

<b>PERPUSTAKAAN FTSP UJ</b>	
<b>HADIAH/BELI</b>	
TGL. TERIMA :	22 - 08 - 2003
NO. JUDUL :	000563
NO. INV. :	512000563001
NO. INDIK. :	4

**TUGAS AKHIR**

**KAPASITAS LENTUR BALOK BADAN TERBUKA  
 PROFIL TABUNG BENTUKAN DINGIN  
 DENGAN VARIASI BENTUK PENGAKU**



MILIK PERPUSTAKAAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

**Disusun Oleh:**

**Nama : DERAJAD WIBOWO**  
**Nomor Mahasiswa : 96 310 264**

**Nama : THOMAS JATMIKO**  
**Nomor Mahasiswa : 97 511 169**

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



**TUGAS AKHIR**

**KAPASITAS LENTUR BALOK BADAN TERBUKA  
PROFIL TABUNG BENTUKAN DINGIN  
DENGAN VARIASI BENTUK PENGAKU**

**Disusun Oleh :**

**Nama : DERAJAD WIBOWO  
Nomor Mahasiswa : 96 310 264**

**Nama : THOMAS JATMIKO  
Nomor Mahasiswa : 97 511 169**

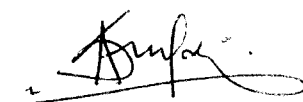
**Teian diperiksa dan disetujui oleh :**

**Ir. Samsudin, MT**

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. Suharyatmo, MT**

**Dosen Pembimbing II**

  
Tanggal: 16/06/03

  
Tanggal: 16/6/03

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirahiim*

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Dengan mengucapkan puji syukur penulis kehadiran Allah SWT serta sholawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi persyaratan untuk mencapai derajat Sarjana Teknik Sipil pada Program S-1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Tugas akhir ini disusun selama 6 (enam) bulan, terhitung sejak Bulan September 2002 sampai dengan Bulan Februari 2003. Tugas akhir ini dimaksudkan untuk menambah pengetahuan dan pengalaman dengan memperhatikan kondisi lapangan dan kondisi teoritis mengenai balok badan terbuka khususnya mengenai balok badan terbuka yang tersusun atas profil tabung 60x60x2,8 sebagai batang longitudinal dan baja tulangan polos  $\varnothing$  12 mm sebagai pengaku. Hal ini penting dalam menunjang studi, karena dapat membandingkan antara pengetahuan yang didapat selama kuliah dengan kenyataan dilapangan.

Selama waktu tersebut penulis banyak sekali mendapat bantuan, bimbingan, fasilitas dan penjelasan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.d selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. Munadhir, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
3. Ir. Samsudin, MT selaku Dosen Pembimbing I.
4. Ir. Suharyatmo, MT selaku Dosen Pembimbing II.
5. Ir. Ilman Noor, MSCE selaku Dosen Tamu.
6. Petugas Laboratorium Mekanika Rekayasa dan Petugas Laboratorium BKT, FTSP-UII.
7. Orang tua, Saudara dan Teman-teman yang senantiasa memberikan doa, semangat dan dorongan baik moril maupun materiil.

Segala daya dan upaya serta kemampuan telah penulis curahkan demi selesainya tugas akhir ini, namun semua itu tidak terlepas dari kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya, serta bagi penulis pada khususnya.

*Billahi taufik walhidayah,*

*Wassalamu' alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Maret 2003

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b>	
<b>Halaman Pengesahan</b>	
<b>Kata Pengantar</b> .....	iii
<b>Daftar Isi</b> .....	v
<b>Daftar Gambar</b> .....	viii
<b>Daftar Tabel</b> .....	xi
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xii
<b>Intisari</b> .....	xiii
<b>Bab I Pendahuluan</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
<b>Bab II Tinjauan Pustaka</b> .....	5
<b>Bab III Landasan Teori</b> .....	10
3.1 Pendahuluan.....	10
3.2 Tekuk Pelat yang Ditekan Secara Merata.....	15
3.2.1 Tekuk Lokal.....	21
3.2.1.1 Tekuk Lokal pada Sayap.....	21
3.2.1.2 Tekuk Lokal pada Badan.....	22
3.3 Batang Tarik.....	24

4	3.4	Batang Tekan .....	27
<b>Bab V E</b>	3.4.1	Persamaan AISC untuk Batang Tekan.....	28
5	3.5	Alat Sambung Las.....	29
5	3.5.1	Kekuatan Nominal Las Sudut .....	31
5	3.6	Tegangan Residu.....	33
F	3.7	Hubungan jarak Pengaku dengan Batang Desak Horizontal.....	33
5	3.8	Hubungan Momen dan Kelengkungan.....	39
5	3.9	Hubungan Beban-Lendutan .....	41
5	3.10	Kekakuan.....	43
c	3.11	Pengelompokan Baja Berdasarkan Tegangan Leleh.....	44
5	3.12	Hipotesis.....	45
I	<b>Bab IV Metode Penelitian</b> .....		46
5	4.1	Metode Penelitian.....	46
5	4.2	Persiapan Bahan dan Alat .....	47
5	4.2.1	Bahan.....	47
5	4.2.2	Peralatan Penelitian.....	47
5	4.3	Model Benda Uji.....	50
5	4.4	Pembuatan Benda Uji.....	52
5	4.5	Pengujian Benda Uji .....	52
<b>Bab VI</b>	4.5.1.	Pengujian Pendahuluan.....	52
5	4.5.1.1	Pengujian Kuat Tarik Baja $\phi$ 12 mm .....	53
5	4.5.1.2	Pengujian Kuat Tarik Profil Tabung 60.60.2,8 .....	53
<b>DAFTAR</b>	4.5.1.3	Pengujian Kuat Geser Las.....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.a	Peristiwa Pembebanan dan Lentutan.....	12
Gambar 3.1.b	Diagram Momen.....	12
Gambar 3.1.c	Diagram Geser.....	12
Gambar 3.2.a	Gaya Batang yang Terjadi.....	12
Gambar 3.2.b	Potongan Melintang Balok Badan Terbuka.....	13
Gambar 3.3.a	Perilaku Elemen.....	14
Gambar 3.3.b	Grafik Hubungan $h/t$ dan $F_{cr}$ .....	14
Gambar 3.4.a	Pelat yang Mendapat Tekan Merata.....	16
Gambar 3.4.b	Elemen Pelat dalam Posisi Lentur.....	16
Gambar 3.4.c	Pelat-Pelat pada Sumbu $x$ dan $y$ .....	16
Gambar 3.5.a	Elemen Tidak Diperkuat.....	22
Gambar 3.5.b	Elemen yang Diperkuat.....	22
Gambar 3.6	Diagram Tegangan Pelat yang Diperkuat.....	22
Gambar 3.7	Koefisien Tekuk Elastis untuk Tekanan pada Pelat Segiempat Datar .....	23
Gambar 3.8	Kekakuan Pelat yang Mengalami Tekan Tepi.....	24
Gambar 3.9	Faktor Panjang Efektif ( $K$ ) untuk Kolom yang Dibebani Secara Terpusat dengan Berbagai Kondisi Ideal.....	29
Gambar 3.10	Ukuran Las Maksimum untuk $t < 1/4''$ (6,4 mm).....	32
Gambar 3.11	Ukuran Las Maksimum untuk $t > 1/4''$ (6,4 mm).....	32

Gambar 3.12	Daerah Plastis dan Pengerasan Regangan pada Hubungan Tegangan-Regangan untuk Baja .....	35
Gambar 3.13	Kekakuan Pelat untuk Elemen yang tidak Diperkuat (Siku Tunggal) dengan Satu Tepi Sendi dan Tepi Llainnya Bebas.....	37
Gambar 3.14.a	Diagram Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan.....	39
Gambar 3.14.b	Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan .....	40
Gambar 3.15	Hubungan Beban-Lendutan pada Balok .....	42
Gambar 3.16	Kekakuan dari Grafik Beban-Lendutan .....	43
Gambar 3.17	Kekakuan dari Grafik Momen-Kelengkungan.....	44
Gambar 4.1	Flowchart Metode Penelitian .....	46
Gambar 4.2	Universal Testing Material Shimatzu UMH30 .....	48
Gambar 4.3	Bentuk Fisik <i>Loading Frame</i> .....	48
Gambar 4.4	Dukungan Sendi dan Rol.....	49
Gambar 4.5	Hidraulic Jack.....	49
Gambar 4.6	Dial Gauge.....	49
Gambar 4.7	Balok Badan Terbuka tanpa Pengaku Diagonal (Benda Uji 1)....	50
Gambar 4.8	Balok Badan Terbuka dengan Pengaku Diagonal (Benda Uji 2). ..	50
Gambar 4.9	Balok Badan Terbuka tanpa Pengaku Diagonal (Benda Uji 3)....	51
Gambar 4.10	Balok Badan Terbuka dengan Pengaku Diagonal (Benda Uji 4). ..	51
Gambar 4.11	Balok Badan Terbuka tanpa Pengaku Diagonal (Benda Uji 5)....	51
Gambar 4.12	Balok Badan Terbuka dengan Pengaku Diagonal (Benda Uji 6). ..	51
Gambar 4.14.a	Benda Uji untuk Uji Kuat Tarik Baja.....	53
Gambar 4.14.b	Benda Uji untuk Uji Profil Tabung 60x60x2,8.....	53



Gambar 4.14.c	Benda Uji untuk Uji Geser Las .....	54
Gambar 4.14.d	Kondisi Pengujian untuk Benda Uji.....	55
Gambar 5.1	Grafik Hubungan Beban-Lendutan Lapangan .....	63
Gambar 5.2	Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Lapangan.....	63
Gambar 5.3	Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rerata.....	65
Gambar 5.4	Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Rerata .....	66
Gambar 5.5	Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Lapangan dengan Beban Lapangan Memakai SAP 2000.....	67
Gambar 5.6	Grafik Hubungan Beban-Lendutan Lapangan dengan Beban Lendutan sebagai Balok .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Daya Tahan Las Sudut yang diijinkan (Ksi) .....	32
Tabel 3.2	Pengelompokan Baja Berdasarkan Tegangan Leleh PPBBI 1984 .....	44
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja dan Kuat Geser Las.....	56
Tabel 5.2	Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Benda Uji 1.	57
Tabel 5.3	Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Benda Uji 2.	58
Tabel 5.4	Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Benda Uji 3.	59
Tabel 5.5	Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Benda Uji 4.	60
Tabel 5.6	Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Benda Uji 5.	61
Tabel 5.7	Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Benda Uji 6.	62
Tabel 5.8	Analisis Kekakuan dari Hubungan Beban-Lendutan.....	64
Tabel 5.9	Analisis Kekakuan dari Hubungan Momen-Kelengkungan .....	65
Tabel 5.10	Analisis Perbandingan Beban-Lendutan secara Teoritis Menggunakan SAP 2000 dengan Beban Lendutan Pengujian .....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Kartu Peserta Tugas Akhir</b> .....	L1
<b>Model Benda Uji</b> .....	L2-1
<b>Hasil Uji Pendahuluan</b> .....	L3-1
1. Hasil Pengujian Profil Tabung (60x60x2,8) mm .....	L3-1
2. Hasil Pengujian Tulangan $\phi$ 12 mm.....	L3-2
3. Hasil Pengujian Geser Las .....	L3-3
<b>Perhitungan Rencana</b> .....	L4-1
1. Tegangan Bahan Profil Tabung Canai Dingin.....	L4-1
2. Kapasitas Penampang.....	L4-2
2.1. Kapasitas Batang Tarik Tulangan $\phi$ 12 mm.....	L4-2
2.2. Kapasitas Batang Desak Tulangan $\phi$ 12 mm.....	L4-3
2.3. Kapasitas Desak Profil Tabung (60x60x2,8) mm.....	L4-4
2.4. Kapasitas Tarik Profil Tabung (60x60x2,8) mm .....	L4.10
<b>Kontrol Perhitungan Las</b> .....	L5-1
<b>Tabel Perhitungan Luas Efektif Untuk Batang Tarik</b> .....	L6-1
<b>Tabel Koefisien Ca Untuk Perhitungan Batang Tekan</b> .....	L6-1
<b>Tabel Jari-Jari Inersia Pendekatan</b> .....	L6.2
<b>Perhitungan Lendutan Benda Uji dipandang sebagai Balok Sederhana</b> ....	L7
<b>Analisis SAP 2000</b> .....	L8
<b>Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian Laboratorium</b> .....	L9

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Balok badan terbuka atau *open web joist* merupakan struktur balok berbentuk rangka yang digunakan sebagai pemikul beban dari atap maupun lantai (biasa digunakan sebagai balok anak dan gording) yang bebannya relatif ringan.

Profil bentukan dingin (*cold formed steel*) adalah profil yang dibentuk dalam keadaan dingin dari bahan pelat. Rangkaian *open web joist* terdiri dari profil struktural yang terbuat dari profil tabung yang dibentuk secara dingin (*cold formed*) difungsikan sebagai batang horizontal menerus, sedangkan untuk profil nonstrukturalnya berupa baja tulangan polos yang difungsikan sebagai *bracing* atau pengaku arah vertikal dan diagonal.

Bagian balok yang menerima gaya tekan perlu mendapat perhatian karena elemen-elemen pembentuk penampang relatif langsing atau rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) besar sehingga bahaya tekuk (*buckling*) dapat terjadi pada tegangan yang rendah. Tekuk yang terjadi dapat berupa tekuk lokal pada sayap (*flens local buckling*) ataupun tekuk lokal pada badan profil tabung (*web local buckling*).

Bahaya tekuk dapat dihindari dengan meningkatkan tegangan kritis pada komponen yang menerima tekan dengan cara menambahkan perkuatan pada tempat-tempat yang menerima momen maksimum dan gaya geser maksimum.

Variasi bentuk pengaku (*bracing*) pada balok badan terbuka untuk meningkatkan kapasitas lentur menarik untuk diteliti. Penelitian eksperimental diperlukan untuk meningkatkan kapasitas balok badan terbuka profil tabung bentukan dingin dengan pengaku (*bracing*) berupa baja tulangan polos.

Profil bentukan dingin dapat berupa profil C canai dingin ataupun profil tabung bentukan dingin, dalam penelitian ini kami menggunakan profil tabung bentukan dingin. Hal ini dikarenakan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan profil C canai dingin gabungan yang dipasang saling berhadapan faktor pengelasan akan berpengaruh pada kekuatan profil tersebut. Untuk itu kami mencoba mengganti profil tersebut dengan profil tabung bentukan dingin.

## 1.2. Tujuan

Mempelajari perilaku balok badan terbuka yang berupa rangkaian profil tabung bentukan dingin dan besi tulangan polos dengan berbagai variasi bentuk pengaku (*bracing*), yaitu:

1. Memperoleh kurva hubungan beban lendutan ( $P-\Delta$ ) dan momen kelengkungan ( $M-\phi$ ).
2. Membandingkan kuat lentur balok badan terbuka berdasarkan variasi bentuk pengaku (*bracing*).

3. Membandingkan kekakuan balok badan terbuka berdasarkan variasi bentuk pengaku (*bracing*).

### 1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai salah satu pertimbangan dalam perencanaan struktur balok badan terbuka menggunakan profil tabung bentukan dingin.
2. Untuk mendapatkan data perencanaan dan pemodelan yang lebih akurat pada perancangan struktur balok badan terbuka menggunakan profil tabung bentukan dingin.

### 1.4. Batasan Masalah

Karena banyak variasi dari bentuk *open web joist* maka penelitian ini dibatasi:

1. *Open web joist* disusun dari profil tabung canai dingin 60 x 60 x 2,8 sebagai batang horizontal menerus dan baja tulangan polos  $\phi$  12 mm sebagai *bracing* atau pengaku arah vertikal dan diagonal.
2. Panjang batang 3 m dengan tinggi 0,4 m.
3. Balok ditumpu dengan tumpuan sederhana ( sendi dan rol ) dengan pembebanan dua titik pada setiap jarak sepertiga bentang.
4. Beban transversal diasumsikan melalui pusat geser dan tidak memperhitungkan tekuk puntir lateral pada balok.

5. Hitungan teori menggunakan SAP 2000 dengan mengasumsikan balok sebagai *frame*.
6. Sambungan menggunakan sambungan las E6013
7. Penelitian ini hanya memperhitungkan kuat lentur saja.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Peristiwa tekuk pada komponen struktur dari pelat baja dapat terjadi dalam bentuk keseluruhan dan tekuk lokal. Tekuk keseluruhan merupakan fungsi dari kelangsingan ( $kl/r$ ). Tekuk setempat dapat terjadi lebih dahulu pada salah satu elemen penyusun penampang sebelum tegangan kritis terlampaui (Salmon dan Johnson, 1990).

*Joist* baja adalah rangka batang standar yang di pabrikasi umumnya digunakan sebagai penumpu langsung dek lantai atau dek atap pada gedung. Elemen struktur ini umumnya digunakan bersama dek logam baja gelombang dan akan memberikan sistem lantai yang ekonomis dan efisien pada gedung yang dibebani relatif ringan. Ada tiga kategori *joist* baja, yaitu : *joist* baja *web* terbuka SERI H dengan tinggi standar 8-30 in dan bentang bersih sampai 60 ft umumnya untuk atap dan lantai, *joist* baja bentang panjang SERI LH dengan tinggi standar 18-48 in dan bentang bersih 96 ft umumnya untuk atap dan lantai, *joist* baja tinggi bentang panjang SERI DLH dengan tinggi standar 52-72 in dan bentang bersih 144 ft umumnya untuk atap (Leonard Spigel and George F. Limbrunner, 1991).



Bila sebuah pelat dipengaruhi langsung oleh desakan, lenturan, atau tegangan geser atau oleh gabungan tegangan-tegangan ini maka pelat tersebut dapat menekuk secara setempat sebelum seluruh bagian konstruksi mengalami kegagalan (Bowles, 1985).

Semakin besar rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) suatu pelat, tegangan kritisnya semakin rendah sehingga tekuk lokal yang terjadi jauh dibawah tegangan lelehnya (Bresler dkk, 1967). Pendapat yang sama juga dikemukakan oleh (Englekirk,1994), (Bowles, 1985), dan (Salmon dan Johnson, 1990).

Kuat lentur pelat pada umumnya berkaitan dengan sayap dan badan profil. Badan balok yang ramping dapat menyebabkan berbagai persoalan (Salmon dan Johnson,1990), yaitu:

1. Tekuk akibat lentur pada bidang badan balok akan mengurangi efisiensi badan balok itu untuk memikul bagian elastis dari momen lentur,
2. Tekuk sayap tekan dalam arah vertikal karena kurangnya kekuatan badan balok untuk mencegah terjadinya tekuk sedemikian rupa,
3. Tekuk karena geser

Tekuk setempat elemen pelat dapat mengakibatkan kehancuran penampang keseluruhan yang terlalu dini, atau paling sedikit menyebabkan tegangan menjadi tidak merata dan mengurangi kekuatan keseluruhan (Salmon dan Johnson, 1990).

Penambahan perkuatan pada balok badan terbuka akan meningkatkan kekuatan batas dari struktur tersebut. Perkuatan tersebut berupa dua buah pelat yang biasanya dipasang pada setiap sisi, tebal dari pelat tersebut tidak boleh kurang dari tebal minimum dan tingginya harus memenuhi dari tinggi keseluruhan struktur tersebut. Tampang bersih dari perkuatan harus disediakan berdasarkan kekuatan untuk menahan geser dan momen lentur dengan aman (Bresler dkk, 1967).

Elemen-elemen pengaku dipasang menempel pada dua bidang permukaan pelat atau hanya satu bidang permukaan saja. Bahan elemen pengaku sebaiknya dibuat minimal kekuatannya sama dengan bahan yang diperkuat (Padosbajayo,1992),(Peraturan Perencanaan Baja Indonesia,1984).

Pada umumnya pengaku yang dipakai adalah yang dipasang menempel pada bidang permukaan pelat, baik dalam arah memanjang (sejajar sumbu batang) maupun dalam arah tegak (tegak lurus sumbu batang) (Gideon Hadi Kusuma,1985).

Pengaku-pengaku tengah mempunyai peranan ganda yaitu meningkatkan tahanan tekuk dan bekerja sebagai batang desak seperti pada aksi rangka batang (Galambos,1980).

Las harus mentransmisikan seluruh beban dari satu batang ke batang lainnya, las pun harus didimensi sesuai dengan bahan dan dibentuk dari material elektroda yang tepat. Untuk keperluan disain, las fillet diasumsikan

Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu lendutan satuan (Gere dan Timoshenko,1985). Kekakuan lentur ( $EI$ ) didefinisikan sebagai momen per unit kelengkungan (West,1980).

Kemampuan dari suatu batang untuk mengalami perubahan untuk melewati batas elastis disebut daktilitas (Englekirk,1984).Pendapat yang sama juga dikemukakan oleh (Lynns Beedle,1958).

Ketinggian ( $h$ ) balok berpengaruh pada beban yang diterima oleh balok badan terbuka profil C canai dingin, semakin tinggi maka kapasitas balok tersebut semakin besar, tetapi ketinggian ( $h$ ) tersebut ada batasnya. Dari hubungan lendutan dan momen kelengkungan diperoleh bahwa semakin tinggi  $h$  maka lendutan yang terjadi akan semakin kecil dan kekakuan balok menjadi semakin besar. Dengan begitu semakin tinggi  $h$  maka kekakuan balok badan terbuka akan semakin baik. Faktor pengelasan pada rangkaian profil C canai dingin gabungan yang dipasang berhadapan berpengaruh terhadap kekuatan profil (Eko Subandriya dan Andri Resmana,2002)

Penambahan pelat perkuatan pada balok badan terbuka memberikan peningkatan pada nilai kekuatan (8,33 %), kekakuan (dari tinjauan hubungan beban-lendutan sebesar 2,77 %) dan 19,03 % dari tinjauan hubungan momen-kelengkungan) dan daktilitas (dari tinjauan hubungan beban-lendutan sebesar 3,93 % dan dari tinjauan hubungan momen-kelengkungan sebesar 5,69 %). Kerusakan yang terjadi pada batang horisontal (batang tepi atas dan bawah) balok badan terbuka profil C canai dingin adalah tekuk lokal pada sayap dan badan. Hal ini

terjadi karena rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) relatif besar sehingga mengalami keruntuhan pada tegangan rendah (Tatit Pratahardia P dan Enny Wulandari,2002).

Tekuk lokal terjadi pada sayap batang horisontal sisi atas karena tegangan kritis profil C canai dingin jauh di bawah tegangan lelehnya. Pengaruh besar sudut batang diagonal yang mengakibatkan batang desak horisontal sisi atas semakin pendek mampu meningkatkan nilai kapasitas balok dengan kenaikan yang sangat kecil, namun batang desak tersebut mengalami tekuk lokal lebih awal (M yudha Anrofa dan M Busron Hanafi,2002).

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Pendahuluan**

Keruntuhan pada balok dapat terjadi karena salah satu hal berikut ini:

1. Tegangan-tegangan yang terjadi pada balok melebihi kapasitas tegangan yang dapat diterima oleh material balok tersebut (untuk balok yang relatif besar).
2. Tegangan-tegangan yang terjadi pada balok menyebabkan balok berada dalam keadaan tidak stabil (untuk balok langsing).

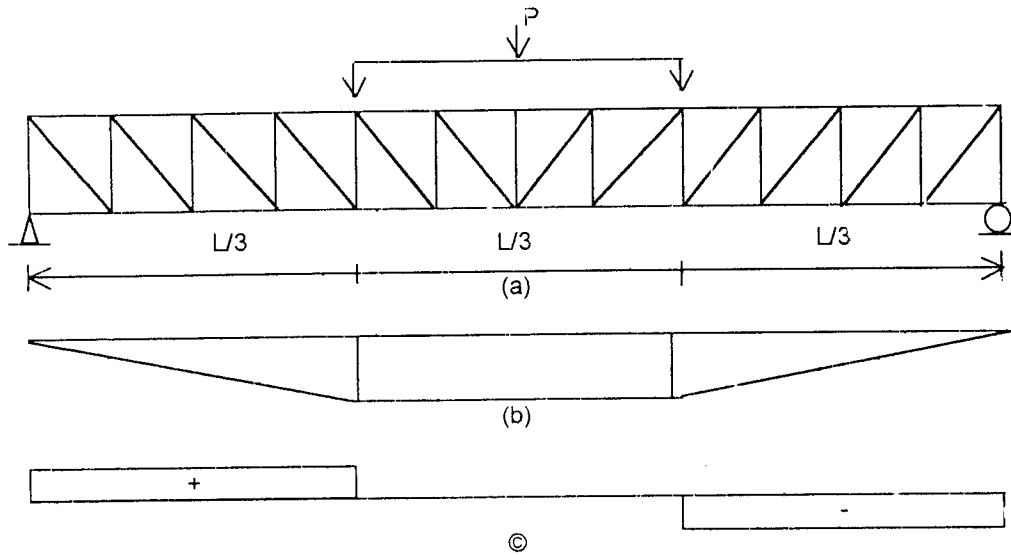
Ketidakstabilan pada balok biasanya dikenal sebagai masalah tekuk pada balok. Perilaku balok yang mengalami tekuk dapat diuraikan sebagai berikut: Sebuah balok yang dikenai beban yang bertambah secara perlahan-lahan akan mengalami lendutan pada arah beban yang diberikan sampai akhirnya balok tetekuk keluar bidang pembebanan. Keruntuhan dari balok langsing lurus dimulai pada saat penambahan tegangan pada keadaan tekuk lateral elastis menyebabkan leleh. Sebuah balok dengan ketebalan menengah dapat leleh sebelum beban tekuk tercapai, hal ini terjadi akibat pengaruh kombinasi tegangan momen dan residu,

dan leleh dapat terjadi setelah tekuk plastis tercapai (*Chen, W.F dan Atsuta, T,1997*).

Tekuk pada balok merupakan masalah kestabilan. Balok akan tetap stabil jika beban yang diterimanya relatif kecil, tetapi jika beban yang diterimanya terus menerus diperbesar maka akan terjadi ketidakstabilan. Jika keseimbangan netral dianggap sebagai suatu keadaan transisi antara stabil dan labil, maka beban yang menyebabkan terjadinya keseimbangan netral disebut dengan beban kritis. Untuk itu, dalam menentukan beban kritis yang dapat diterima balok dapat menggunakan konsep keseimbangan.

Struktur balok badan terbuka dengan tumpuan sederhana dapat dipandang sebagai suatu struktur rangka, tampak pada gambar (3.1.a). Bila struktur tersebut menerima beban transversal yang tegak lurus dengan sumbu longitudinal maka struktur akan mengalami deformasi dan menerima momen, hal ini mengakibatkan terjadinya lentur pada balok. Pemberian beban lentur diatur sedemikian rupa sehingga beban lentur yang diterimanya adalah beban lentur searah (lentur yang terjadi pada satu bidang). Muatan biasanya dianggap bekerja pada *shear-center* (titik pusat geser), sehingga torsi dapat diabaikan (*Padosbajayo,1994*).

Dalam proses analisis, yang perlu ditinjau adalah masalah momen. Nilai momen yang paling kritis akan sangat menentukan dalam perhitungan, seperti pada Gambar (3.1.b). Besar momen maksimum (*M maks*) ini terjadi pada bagian elemen yang tidak mengalami gaya geser (*V<sub>o</sub>*), seperti pada gambar (3.1.c). Untuk diagram momen dan geser yang terjadi tampak pada gambar (3.1.b) dan Gambar

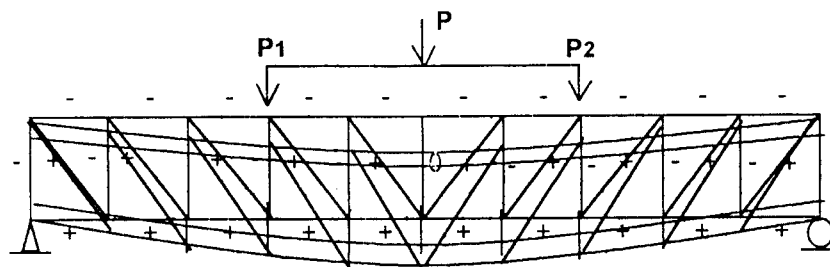


Gambar 3.1. ( a ). Peristiwa pembebanan dan lendutan

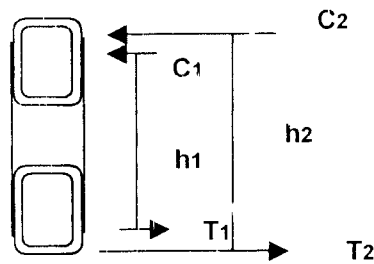
( b ). Diagram momen

( c ). Diagram geser

Jika ditinjau dari gaya-gaya yang bekerja, batang tepi atas dan batang vertikal pada struktur tersebut mengalami gaya tekan, stabilitas struktur tekan perlu mendapat perhatian karena sangat peka terhadap faktor-faktor yang dapat mengakibatkan tekuk (buckling), sedangkan pada batang bagian bawah dan batang diagonal akan mengalami gaya tarik seperti Gambar (3.2.a).



Gambar 3.2.(a) Gaya batang yang terjadi



Gambar 3.2.b. Potongan Melintang Balok Badan Terbuka

Batang tekan dari profil perlu diwaspadai, karena profil tabung canai dingin rawan terjadi tekuk (*buckling*). Untuk menyederhanakan prosedur perencanaan, syarat dasar AISC 1.9 menetapkan bahwa tegangan tekuk kritis tidak boleh lebih kecil dari tegangan leleh pada elemen plat. Dengan kata lain, tekuk tekuk dicegah sebelum tegangan rata-rata sebesar  $F_y$  tercapai dengan menerapkan batasan dasar; tekuk pada tegangan yang lebih rendah dapat ditinjau dengan menggunakan Lampiran C, AISC. Batasan dasar untuk mencegah tekuk adalah:

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E'}{12(1 - \mu^2)(h/t)^2} \geq F_y \quad (3.1.a)$$

Gaya tekan  $C = P_{cr}$  diperoleh berdasarkan tegangan kritis yang terjadi ( $P_{cr}$ ) dikalikan dengan luas penampang ( $A$ ), yaitu :

$$P_{cr} = F_{cr} \cdot A \quad (3.1.b)$$

Mengacu pada Gambar (3.2.b), hubungan antara Momen Nominal dengan  $P_{cr}$  pada struktur rangka batang adalah :

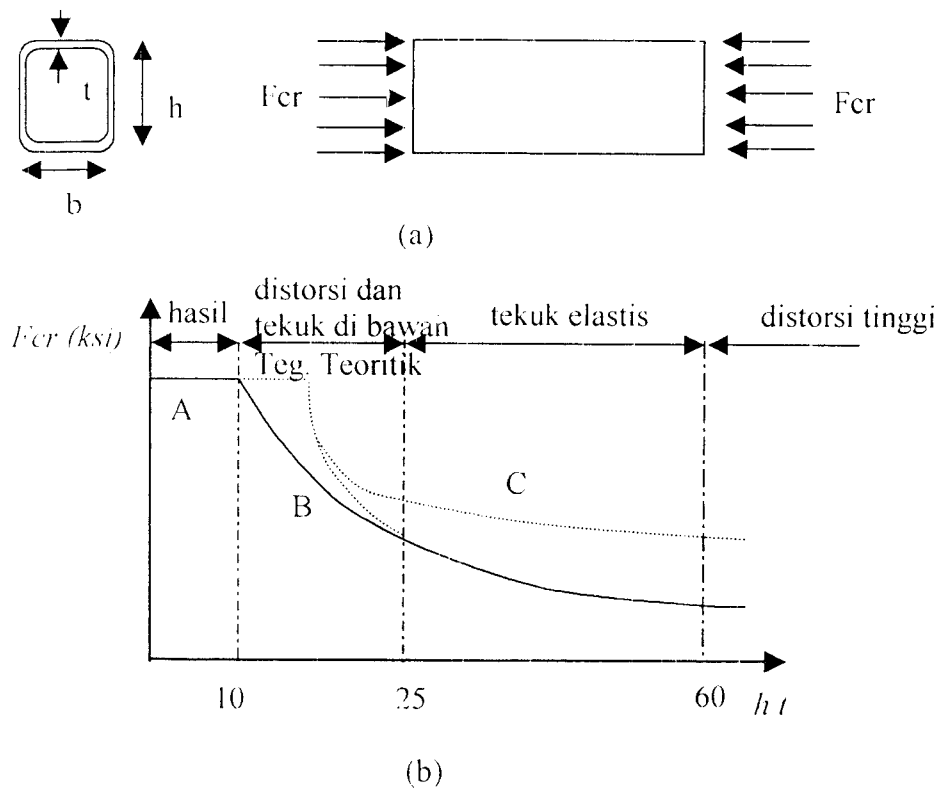
$$M = P_{cr} \cdot h \quad (3.2)$$

$$M = C_1 \cdot h_1 + C_2 \cdot h_2 \quad (3.3)$$



Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar nilai  $h$ , maka momen nominalnya akan semakin besar, momen internal pada struktur rangka batang tersebut merupakan penjumlahan dari kopel gaya.

Tegangan kritis profil tabung canai dingin yang dianalisis berperilaku sebagai pelat dipengaruhi oleh rasio ( $h/t$ ) pada badan dan ( $b/t$ ) pada sayap, semakin tinggi nilai perbandingan ( $h/t$ ) atau ( $b/t$ ), maka tegangan kritisnya semakin rendah dapat dilihat pada Gambar (3.3.b) (*Salmon dan Johnson, 1990*).



Gambar 3.3. (a) Perilaku elemen

(b) Grafik hubungan  $h/t$  dan  $F_{cr}$

*Boris Bresler/T.Y.Lin/John B. Scalzi*, mengemukakan elemen dengan harga ( $h/t$ ) kurang dari 10, maka  $F_{cr} = F_y$ . Hubungan antara kuat tekan dan ( $h/t$ ) tersebut ditunjukkan pada kurva A, pada Gambar (3.3.b).

Pada elemen dengan  $(b/t)$  lebih besar dari 10 kurang dari 25 tekuk lokal dapat terjadi pada tegangan di bawah tegangan tekuk teoritis. Tegangan kritis untuk elemen tersebut mendekati  $F_y$  dan  $F_{cr}$  pada  $(b/t)$  sama dengan 25, ditunjukkan pada kurva B.

Pada elemen dengan  $(b/t)$  antara 25 dan 60 penyimpangan dapat terjadi pada tegangan sama dengan atau lebih besar dari tegangan tekuk teoritis  $F_{cr}$ , ditunjukkan oleh kurva C.

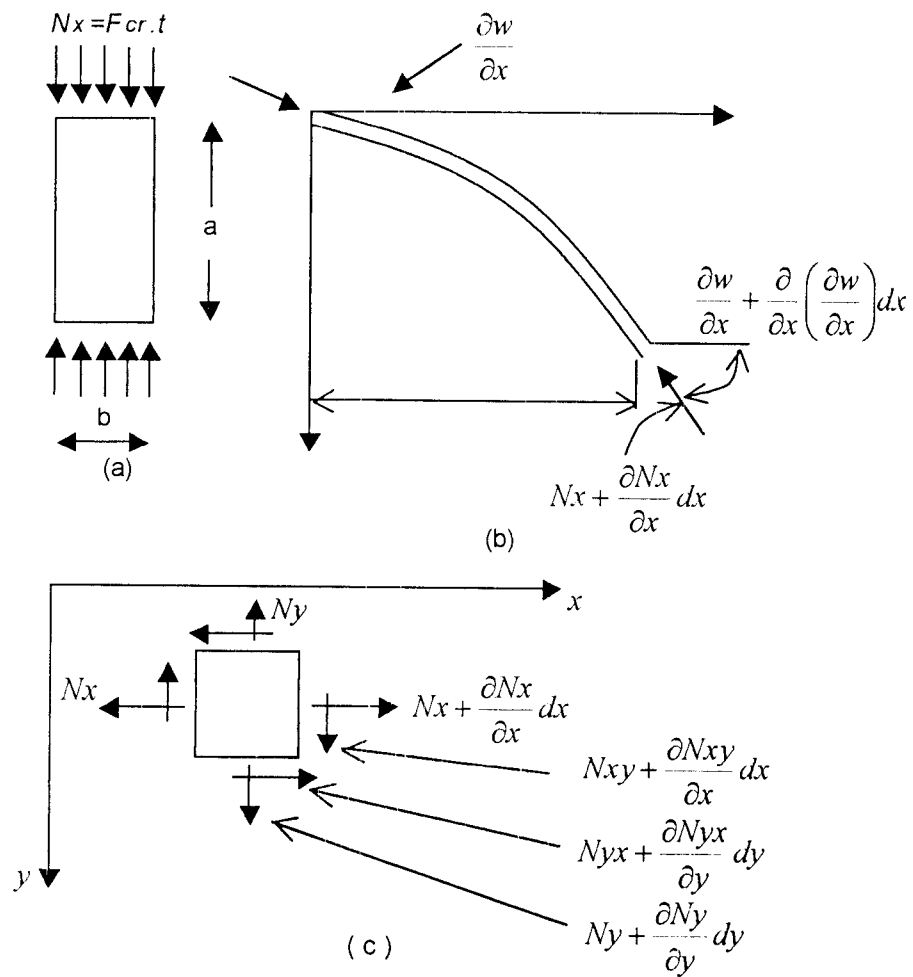
Pada elemen dengan  $(b/t)$  lebih besar dari 60 penyimpangan tegangan kritisnya sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa elemen-elemen tersebut tidak dapat digunakan untuk struktur.

Sebagian besar profil tabung canai dingin memiliki perbandingan  $(h/t)$  yang cukup besar di atas 10 sehingga tegangan kritis yang terjadi jauh di bawah tegangan lelehnya.

### **3.2. Tekuk Pelat yang Ditekan Secara Merata**

Pada penampang profil tabung canai dingin tersusun dari elemen-elemen pelat, tinjauan kemungkinan tekuk batang tidak hanya berdasarkan angka kelangsingan untuk penampang lintang secara keseluruhan saja melainkan juga perlu meninjau kemungkinan adanya tekuk setempat (lokal). Hal ini karena tekuk lokal dapat terjadi lebih dahulu pada salah satu elemen pelat pembentuk penampang. Tekuk setempat menyebabkan elemen yang tertekuk tidak dapat memikul beban yang harus diterimanya, jika ada beban tambahan efisiensi penampang lintang berkurang. (*Salmon dan Johnson, 1994*).

Tekuk pelat perlu ditinjau terhadap komponen gaya tekan  $N_x$  bila pelat tersebut terdefleksi ke posisi sedikit tertekuk, dengan  $q$  yang menyatakan komponen beban transversal akibat lenturan pelat.



Gambar 3.4.a. Pelat yang mendapat tekan merata

b. Elemen pelat dalam posisi lentur

c. Pelat-pelata pada sumbu  $x$  dan  $y$

Penjumlahan gaya-gaya dalam arah  $z$  pada elemen pelat dari Gambar (3.4), memberikan :

$$N_x dy \frac{\partial w}{\partial x} - \left( N_x + \frac{\partial N_x}{\partial x} dx \right) dy \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} dx \right) = q dx dy \quad (3.4)$$

$$- \left( N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial N_x}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial N_x}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) dy dx = q dy dx \quad (3.5)$$

yang dengan pengabaian suku kecil berordo tinggi memberikan :

$$q = -N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad (3.6)$$

Kemudian, persamaan diferensial untuk lentur pelat homogen :

$$D \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = q \quad (3.7)$$

Menjadi :

$$\left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = - \frac{N_x}{D} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \quad (3.8)$$

Yang merupakan persamaan *diferensial parsial* dimana  $w$  merupakan fungsi  $x$  dan  $y$ . Defleksi  $w$  dapat dinyatakan sebagai perkalian dalam fungsi  $x$ , ( $X$ ) dan fungsi  $y$ , ( $Y$ ). Lagipula tekuk dapat diasumsikan memberikan variasi sinusoidal dalam arah  $x$ , dengan demikian :

$$w = X(x) Y(y) \quad (3.9)$$

Dengan memisalkan :

$$X(x) = \sin \frac{m\pi x}{a} \quad (3.10)$$

Dimana fungsi  $X$  memenuhi syarat defleksi nol dan momen nol dari tumpuan sederhana pada  $x = 0$  dan  $x = a$ . Substitusi Persamaan (3.9) ke dalam Persamaan (3.8), setelah eliminasi suku  $\sin \frac{m\pi x}{a}$ , akan memberikan :

$$\left(\frac{m\pi}{a}\right)^4 Y - 2\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \frac{d^2 Y}{dy^2} + \frac{d^4 Y}{dy^4} = \frac{Nx}{D} \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 Y$$

$$\left(\frac{d^4 Y}{dy^4}\right) - 2\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \left(\frac{d^2 Y}{dy^2}\right) + \left[\left(\frac{m\pi}{a}\right)^4 - \frac{Nx}{D} \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2\right] Y = 0 \quad (3.11)$$

Sebuah persamaan diferensial homogen biasa berpangkat empat.

Penyelesaiannya dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$Y = C_1 \sinh \alpha y + C_2 \cosh \alpha y + C_3 \sin \beta y + C_4 \cos \beta y \quad (3.12)$$

Dimana :

$$\alpha = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \frac{Nx}{D} \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2} \quad \text{dan} \quad \beta = \sqrt{-\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \frac{Nx}{D} \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2}$$

Dengan demikian, persamaan defleksi pelat keseluruhan adalah :

$$w = \left(\sin \frac{m\pi x}{a}\right) (C_1 \sinh \alpha y + C_2 \cosh \alpha y + C_3 \sin \beta y + C_4 \cos \beta y) \quad (3.13)$$

Yang memenuhi syarat batas. Dengan mengasumsikan sumbu  $x$  sebagai sumbu simetri pelat, yaitu kondisi tumpuan sepanjang kedua tepi yang sejajar arah pembebanan, koefisien fungsi yang ganjil  $C_1$  dan  $C_3$  harus sama dengan nol.

Dengan demikian :

$$w = \left(\sin \frac{m\pi x}{a}\right) (C_2 \cosh \alpha y + C_4 \cos \beta y) \left(\sin \frac{m\pi x}{a}\right) \quad (3.14)$$

Dengan kondisi tumpuan sederhana di  $y = b/2$  dan  $y = -b/2$ , syarat di  $y = -b/2$  adalah :

$$w = 0 = \left( \sin \frac{m\pi x}{a} \right) \left( C_2 \cosh \alpha \frac{b}{2} + C_4 \cos \beta \frac{b}{2} \right)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0 = \left( \sin \frac{m\pi x}{a} \right) \left( C_2 \cosh \alpha \frac{b}{2} + C_4 \cos \beta \frac{b}{2} \right) \quad (3.15)$$

Untuk penyelesaian selain  $C_2$  dan  $C_4 = 0$ , determinan koefisien-koefisien lain harus sama dengan nol. Dengan demikian, maka :

$$(\alpha^2 + \beta^2) \cosh \alpha \frac{b}{2} \cos \beta \frac{b}{2} = 0 \quad (3.16)$$

Karena  $\alpha^2 \neq -\beta^2$  kecuali bila  $Nx = 0$  (penyelesaian trivial) dan karena  $\cosh \alpha (b/2) > 1$  satu-satunya cara agar persamaan (3.16) dapat dipenuhi dalam persoalan nyata adalah untuk :

$$\cosh \beta \frac{b}{2} = 0$$

Maka dari itu :

$$\beta \frac{b}{2} = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2} \text{ dan seterusnya.}$$

Dengan menggunakan harga terendah dari  $\beta \left( \frac{b}{2} \right)$  dan mensubstitusikan ke dalam

$\beta$  seperti yang didefinisikan di bawah ini, Persamaan (3.12) memberikan :

$$\frac{b}{2} \sqrt{-\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \frac{Nx}{D}\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2} = \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{Nx}{D}\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 = \left[ \frac{\pi^2}{b^2} + \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 \right]^2$$

$$Nx = D \left[ \frac{\pi^2 l^2}{b^2 m \pi} + \frac{m \pi}{a} \right]^2$$

$$N_x = \frac{D\pi^2}{b^2} \left[ \frac{1}{m} \frac{a}{b} + m \frac{b}{a} \right]^2 \quad (3.17)$$

Karena  $N_x = F_{cr} t$  dan  $D = Et^3/[12(1-\mu^2)]$ , tegangan tekuk elastis dapat dinyatakan sebagai :

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2} \quad (3.18)$$

Dengan kasus khusus yang dibahas di sini :

$$k = \left[ \frac{1}{m} \frac{a}{b} + m \frac{b}{a} \right]^2 \quad (3.19)$$

Koefisien tekuk  $k$  merupakan fungsi dari jenis tegangan (dalam kasus ini tekanan merata pada dua tepi yang berlawanan) dan kondisi tumpuan tepi (dalam kasus ini, tumpuan sederhana pada keempat tepi). di samping resiko aspek  $a/b$  yang muncul secara langsung dalam persamaan tersebut.

Persamaan untuk tekuk pelat pada Persamaan (3.18) sepenuhnya bersifat umum dalam bentuk  $k$  dan penurunannya untuk kasus yang dibahas ini dapat dianggap sebagai ilustrasi prosedur bagi kasus lainnya. Bilangan bulat  $m$  menunjukkan banyaknya separuh gelombang yang terjadi dalam arah  $x$  pada saat tekuk. Gambar (3.7) menunjukkan bahwa ada harga  $k$  minimum untuk jumlah separuh gelombang tertentu, yakni kondisi terlemah. Perhatikan bahwa situasi terlemah ini terjadi pada saat panjang pelat merupakan kelipatan bulat dari lebarnya, dan bahwa kelipatan ini sama dengan banyaknya separuh gelombang.

Jadi, dengan  $a/b = m$  akan diperoleh  $k = 4$ . Selanjutnya, bila  $m$  bertambah besar, persamaan  $k$  menjadi makin datar dan mendekati harga konstan 4 untuk rasio  $a/b$  yang besar (*Salmon dan Johnson, 1994*).

### 3.2.1. Tekuk Lokal

Bila sebuah plat dipengaruhi secara langsung oleh desakan, lenturan atau tegangan geser atau gabungan tegangan-tegangan tersebut, maka plat akan mengalami tekukan secara setempat sebelum seluruh elemen mengalami kegagalan. Tegangan yang berkompresi secara merata akan mencapai tegangan tekuk, dimana bila tegangan tekuk dicapai maka plat akan melentur dengan membentuk gelombang yang dipengaruhi oleh syarat-syarat tepi (syarat-syarat batas) dan perbandingan panjang dan lebar ( $a/b$ ) dengan pendistributian kembali yang dihasilkan oleh tegangan desak dan penambahan beban, sampai keseluruhan pelat tersebut tertekuk. (*Joseph E. Bowles, 1985*).

#### 3.2.1.1. Tekuk Lokal pada Sayap

Stabilitas pada sayap dengan kondisi tumpuan tepi jepit-bebas seperti pada gambar (3.5) sebelum mengalami tekuk diwakili dengan persamaan (3.20) berikut ini :

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2) (b/t)^2} \quad (3.20)$$

Dengan :  $b$  adalah lebar sayap,  $E$  adalah modulus elastis =  $2 \times 10^5$  Mpa, angka poisson  $\mu$  diambil 0.3 (untuk baja dan rasio lebar dengan ketebalan ( $b/t$ )), nilai  $k$  untuk kondisi ditunjukkan pada gambar (3.5) dan perbandingan  $L/b$ , seperti pada gambar (3.7) diperoleh  $k = 0.425$ . Dari persamaan (3.4) untuk  $I_y = F_{cr} = 240$  Mpa, diperoleh  $b/t = 17,882$



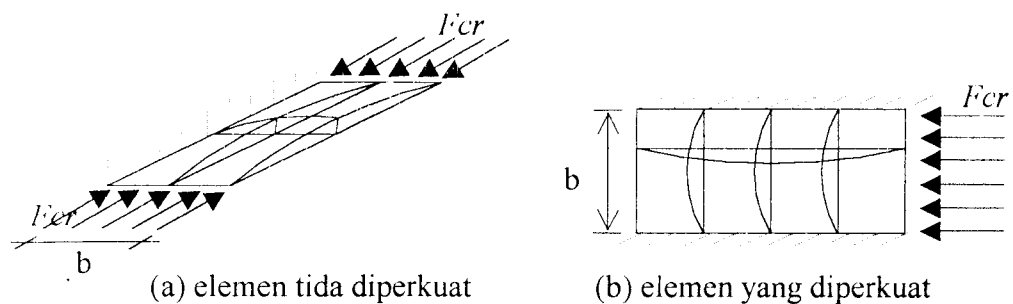
### 3.2.1.2. Tekuk Lokal pada badan

Stabilitas pada badan dengan kondisi tumpuan tepi jepit-jepit sebelum mengalami tekuk seperti pada gambar (3.6) diwakili oleh persamaan (3.21) berikut ini :

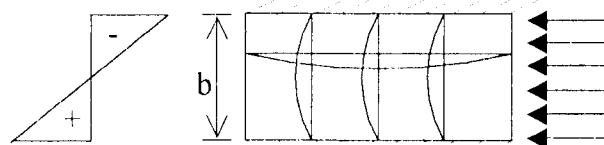
$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E'}{12(1 - \mu^2) (h/t)^2} \quad (3.21)$$

dengan nilai  $k$  untuk kondisi yang ditunjukkan pada gambar (3.6) dan perbandingan rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ), seperti pada gambar (3.7) diperoleh  $k = 4$ . Dari persamaan (3.20)  $F_y = F_{cr} = 240 \text{ Mpa}$ , diperoleh  $h/t = 54.86$

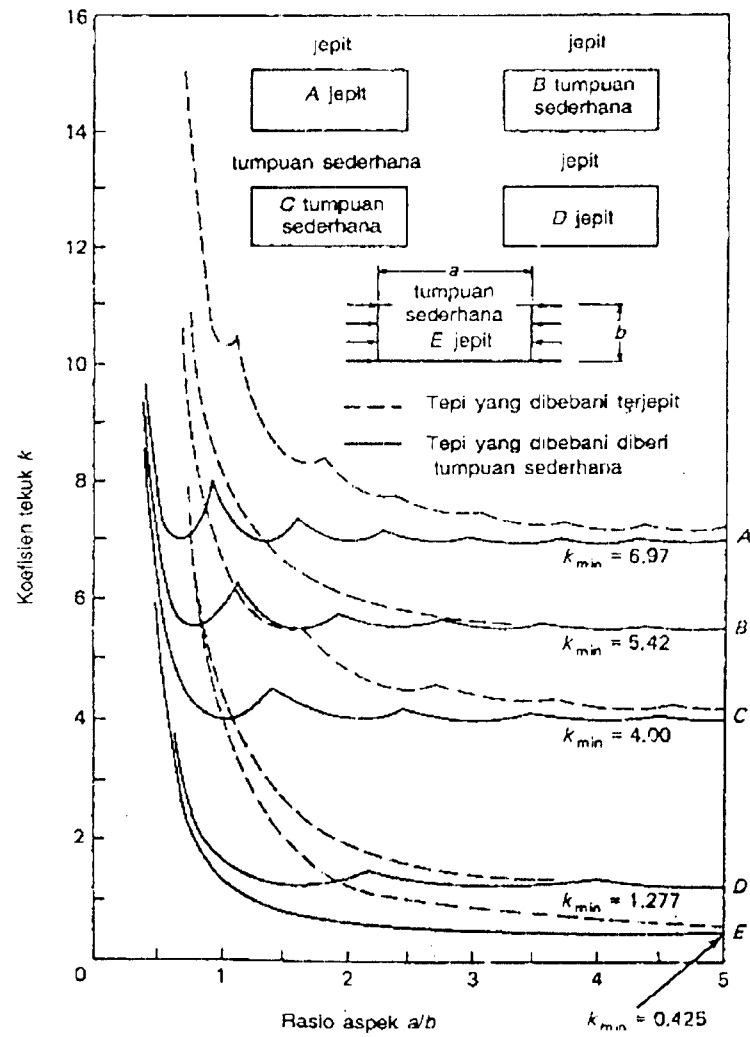
Dari persamaan tersebut dapat diambil kesimpulan, bahwa semakin besar  $b/t$  (pada sayap) atau  $h/t$  (pada badan) maka tegangan  $F_{cr}$  semakin rendah karena itu untuk meningkatkan nilai tegangan kritis dilakukan dengan cara memberi pengaku pada tepi-tepi plat, sehingga akan memperbesar nilai  $k$ , misalnya dari kondisi jepi-bebas dengan  $k$  mendekati 0.425 diubah menjadi kondisi jepit-jepit dengan nilai  $k = 6,97$  (minimum)



Gambar 3.5. Lendutan tekuk pelat yang ditekan secara merata



Gambar 3.6. Diagram tegangan pelat yang diperkuat

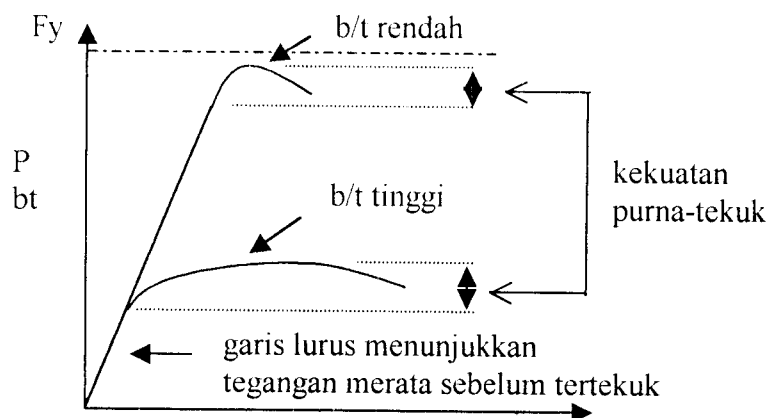


Gambar 3.7. Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada pelat segi empat datar.

(diambil dari Gerrard dan Becker, 1957)

Nilai  $k$  dipengaruhi oleh perbandingan dari  $(L/b)$  dan kondisi dari tepi-tepi pelat dimana semakin besar nilai  $(L/b)$  maka nilai  $k$  akan semakin kecil, dengan demikian  $f_{cr}$  akan semakin kecil nilai  $k$  mendekati 0.425, untuk perbandingan  $(L/b) \geq 5$  dan kondisi tepi-tepi pelat adalah tumpuan sederhana bebas.

Charles G. Salmon dan John E. Johnson menyatakan bahwa pelat yang mempunyai  $(b/t)$  relatif besar (badan tidak kompak) kemungkinan mengalami tekuk setempat (local Buckling) yang sangat besar akibat beban aksial, kemungkinan terjadi pelat akan leleh pada sekitar 40 % dari kekuatan nominal yang disebut sebagai leleh premature seperti terlihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8. Kekakuan pelat yang mengalami tekan tepi

### 3.3. Batang Tarik

Batang tarik sering dijumpai pada struktur baja sebagai batang structural pada rangka jembatan dan atap, serta pada struktur rangka batang seperti menara transmisi dan system pengaku terhadap angin pada gedung bertingkat banyak. Juga, batang ini sering berupa batang sekunder seperti batang untuk memperkuat system lantai rangka batang atau untuk memperkuat system lantai rangka batang

atau untuk penumpu antara pada system dinding berusuk. Batang tarik dapat berupa bentuk profil tunggal atau dibuat dari sejumlah profil structural. Secara umum, pemakaian profil (structural) tunggal lebih ekonomis daripada penampang tersusun (*built-up*).

Batang tersusun akan diperlukan bila :

- a. Kapasitas tarik profil giling (*rolled section*) tunggal tidak memadai
- b. Kekakuan profil tunggal tidak memadai karena angka kelangsingannya (perbandingan panjang tekuk  $L$  dan jari-jari inersia minimum  $r$ ) besar
- c. Pengaruh gabungan dari lenturan dan tarikabn membutuhkan kekakuan lateral yang besar
- d. Detail sambungan memerlukan lintang tertentu
- e. Faktor estetika menentukan

Perencanaan batang tarik merupakan salah satu masalah teknik struktur yang paling sederhana dan bersifat langsung. Prosedur perencanaan yang umum (walaupun metode tegangan kerja/elastis menggunakan tegangan pada kondisi beban kerja) sebenarnya berdasarkan kekuatan batas (*ultimate*) Karena stabilitas bukan merupakan hal utama perencanaan batang tarik pada hakekatnya menentukan luas penampang menentukan luas penampang lintang batang yang cukup untuk menahan beban ( yang diberikan) dengan factor keamanan yang memadai terhadap factor keruntuhan.

Batang tarik adalah komponen struktur yang memikul atau mentransfer gaya tarik antara dua titik pada struktur. Batang tarik merupakan batang yang bersifat efisien dikarenakan tidak menyebabkan tekuk dan tegangannya bersifat merata. Untuk menghindari bahaya-bahaya yang timbul akibat batang yang terlalu

langsing maka batang harus didesain cukup kaku, dengan memperhatikan ketentuan mengenai kelangsingan batang, untuk batang tarik yang berupa batang bulat, diameternya dibatasi sebesar

$$\frac{l}{d} \leq 500 \quad (3.23.a)$$

dengan,

$l$  = panjang batang tarik

$d$  = diameter batang tarik

Kekuatan desain  $\phi_t T_n$  yang berdasarkan pada kriteria leleh (pelelehan pada penampang bruto) adalah

$$\phi_t T_n = \phi_t F_y A_g = 0.6 F_y A_g \quad (3.23.b)$$

atau pada kriteria fraktur (retakan pada penampang bersih akibat adanya lubang) adalah

$$\phi_t T_n = \phi_t F_u A_e = 0.5 F_u A_e \quad (3.23.c)$$

dimana,

$\phi_t$  = faktor resistensi tarik

$T_n$  = kekuatan nominal batang tarik

$F_y$  = tegangan leleh

$F_u$  = tegangan tarik batas

$A_g$  = luas penampang bruto

$A_e$  = luas penampang bersih efektif

Desain kekuatan nominal untuk batang tarik diambil nilai terkecil antara persamaan (3.23.b) dengan (3.23.c).

### 3.4. Batang Tekan

Secara garis besar ada 2 macam batang yang mengalami gaya tekan dalam suatu konstruksi, yaitu :

- a. Batang tekan yang merupakan batang dari suatu rangka batang. Batang ini mengalami gaya tekan aksial searah panjang batangnya. Umumnya dalam suatu rangka, batang tepi atas merupakan batang tekan,
- b. Kolom, merupakan batang tegak yang bekerja untuk menahan balok-balok loteng, rangka atap, lintasan *crane* dalam pabrik dan sebagainya. (Oentoeng, 1999).

Menurut persamaan *Euler* kekuatan batang tekan dinyatakan dengan

$$\text{rumus : } P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (3.24.a)$$

atau bila dinyatakan dalam tegangan tekan rata-rata dengan Inersia,  $I = A_g r^2$

$$\text{diperoleh : } P_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_g} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} \quad (3.24.b)$$

Pendekatan Euler umumnya tidak dipakai dalam perencanaan karena tidak sesuai dengan hasil percobaan ; dalam praktek, kolom dengan panjang yang umum tidak sekuat seperti yang dinyatakan seperti persamaan di atas.

*Consider* dan *Engesser*, 1889 secara terpisah menemukan bahwa sebagian dari kolom dengan panjang yang umum menjadi inelastic sebelum tekuk terjadi dan harga E yang dipakai harus memperhitungkan adanya sejumlah serat yang tertekan dengan regangan di atas batas proporsional.

### 3.4.1. Persamaan Perencanaan AISC untuk Batang tekan

Kurva kekuatan dasar dari Structural Stability Research Council yang dibagi dengan factor keamanan dipakai sebagai persamaan tegangan ijin Spesifikasi AISC untuk angka kelangsingan yang menyebabkan tekuk inelastic.

- Tegangan ijin untuk  $KL/r \leq Cc$ ,

$$F_a = \frac{F_y}{F_s} \left[ 1 - \frac{(KL/r)^2}{2Cc^2} \right] \quad (3.25.a)$$

- Tegangan ijin untuk  $KL/r \geq Cc$ ,

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \quad (3.25.b)$$

- $Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$  (3.25.c)

dengan :

$KL/r$  = angka kelangsingan efektif

$K$  = factor panjang efektif dari Gambar 3.9.

$L$  = panjang kolom

$Cc$  = rasio kelangsingan kolom untuk kondisi tekuk elastis dan tekuk inelastic

$F_y$  = tegangan leleh bahan

$F_s$  = factor keamanan

$E$  = modulus elastisitas

Bentuk kolom yang tertekuk ditunjukkan oleh garis terputus	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Harga K teoretis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Harga perencanaan yang disarankan bila kondisi ideal hanya merupakan pendekatan	0,65	0,80	1,0	1,2	2,10	2,0
Tanda kondisi ujung	Rotasi tak mungkin, Translasi tak mungkin Rotasi bebas, Translasi tak mungkin Rotasi tak mungkin, Translasi bebas Rotasi bebas, Translasi bebas					

Gambar 3.9. Faktor panjang efektif (K) untuk kolom yang dibebani secara terpusat dengan berbagai kondisi ideal

### 3.5. Alat Sambung Las

Proses pengelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya hingga suhu yang tepat, dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi dengan pembangkit panas berupa : listrik, kimiawi, optis, mekanis dan semikonduktor.



Proses pengelasan baja structural biasanya umumnya menggunakan busur listrik (nyala).

Pada penelitian ini digunakan berbagai ketentuan mengenai pengelasan yang diuraikan sebagai berikut :

1. Pengelasan busur nyala logam terlindung.

Pengelasan busur nyala logam terlindung, SMAW (*shielded metal arc welding*) atau proses elektroda tongkat manual kerana merupakan jenis pengelasan yang sederhana. Pemanasan dilakukan dengan busur listrik nyala antara elektroda yang dilapis dan bahan yang akan disambung hingga elektroda yang dilapis habis karena logam pada elektroda dipindahkan ke bahan dasar selama pengelasan dan lapisannya sebagian dikonversi menjadi gas pelindung , sebagian menjadi terak (slag) dan sebagian lagi diserap oleh logam las.

Bahan pelapis elektroda adalah campuran seperti lempung yang terdiri dari pengikat silikat dan bahan bubuk, seperti senyawa flour, karbonat, oksida, paduan logam dan selulosa, yang berfungsi sebagai berikut :

- a. Menghasilkan gas pelindung untuk mencegah masuknya udara dan membuat busur stabil,
- b. Memberikan bahan lain, seperti unsur pengurai oksida, untuk memperhalus struktur butiran pada logam las,
- c. Menghasilkan lapisan terak dan memadatkan las untuk melindungi dari oksigen dan nitrogen dalam udara serta memperlambat pendinginan.

Bahan elektroda ditentukan oleh berbagai spesifikasi American Welding Society dengan identifikasi seperti E60XX dan E70XX yang masing-masing menunjukkan kekuatan tariknya 60 dan 70 ksi. Huruf X menyatakan factor-faktor

seperti posisi pengelasan sumber listrik yang disarankan jenis lapisan dan jenis karakteristik busur nyala.

Pada penelitian ini dipakai elektroda RD 460 dengan diameter 2,6 mm dan panjang 350 mm. RD 460 adalah jenis kawat las high titania oxide yang mempunyai percikan las yang kecil, terak mudah terlepas dan memberikan hasil finishing yang halus. Direkomendasikan untuk *mild steel* pada pemakaian konstruksi bangunan, pipa tangki dan alat-alat pertanian. Spesifikasinya adalah AWS A 5.1 E6013. Untuk pemanasan elektroda ini menggunakan arus listrik AC-DC 70-110 A

## 2. Jenis las dan sambungan las.

Pada penelitian ini dipergunakan jenis las sudut (*fillet weld*) karena bersifat ekonomis secara keseluruhan, mudah dibuat (di bengkel maupun di lapangan), mampu beradaptasi serta merupakan jenis las yang paling banyak dipakai dibandingkan jenis las dasar yang lain.

Jenis sambungan yang dipakai adalah sambungan lewatan karena merupakan jenis sambungan yang paling umum dan mempunyai keuntungan mudah disesuaikan, mudah disambung dan mudah digunakan untuk menyambung pelat yang tebalnya berlainan, serta memungkinkan untuk dikerjakan di lapangan.

### 3.5.1. Kekuatan Nominal Las Sudut

Kekuatan desain per satuan panjang las sudut didasarkan resistensi geser melalui leher las sebagai berikut,

$$\phi R_{nv} = 0.75t_e(0.6F_{EXX}) \quad \text{las sudut} \quad (3.26)$$

dan tidak boleh kurang dari kekuatan patahan (rapture) geser dari logam dasarnya.

$$\phi R_{nw} = 0.75t(0.6F_u) \quad \text{logam dasar} \quad (3.27)$$

dimana  $t_e$  adalah dimensi leher efektif yang ditunjukkan oleh Gambar 3.10 dan Gambar 3.11,

untuk ukuran leher yang sama maka :

$$t_e = 0.707a \quad (3.28)$$

untuk ukuran leher yang tidak sama maka

$$t_e = \frac{ab}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (3.29)$$

dengan,  $t_e$  = dimensi leher efektif

$F_{EXX}$  = kuat tarik material elektroda

$t$  = tebal material dasar disepanjang las

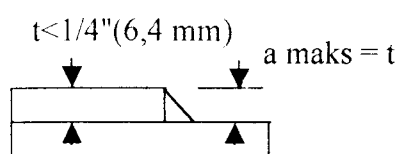
$F_u$  = kuat tarik maksimum logam dasar

$\phi$  = faktor resistensi las sudut = 0,75

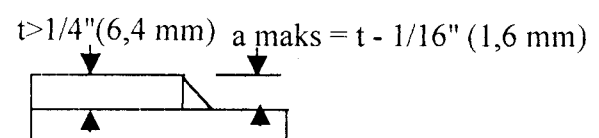
AISC menyatakan daya tahan las sudut yang diijinkan E60XX dalam desain untuk las sudut seperti pada tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.1. Daya Tahan Las Sudut yang Diijinkan,kip/inci

Ukuran Las (inci)	E60XX SMAW (ksi)	E60 SAW (ksi)
1/16	1,59	2,25
1/8	2,38	3,37
3/16	3,18	4,50
1/4	3,98	5,62
5/16	4,77	6,75



Gambar 3.10. Ukuran las maksimum untuk  $t < 1/4"$  (6,4 mm)



Gambar 3.11. Ukuran las maksimum untuk  $t > 1/4"$  (6,4 mm)

### 3.6. Tegangan Residu

Tegangan residu atau tegangan sisa adalah tegangan yang tetap tinggal di dalam batang setelah batang baja selesai dibentuk produk akhir. Tegangan residu ada karena di dalam batang baja terdapat deformasi plastis atau deformasi permanen. Deformasi plastis terjadi karena beberapa sebab antara lain :

1. Pendinginan yang tidak merata setelah proses *hot-rolling*,
2. *Cold-bending* selama pabrikan,
3. Pengelasan. (*Salmon dan Johnson, 1994*).

### 3.7. Hubungan Jarak Pengaku dengan Batang Desak Horizontal

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kuat desak batang adalah kelangsingan. Semakin langsing suatu batang, semakin kecil kuat desaknya. Kelangsingan adalah rasio antara panjang tekuk ( $Lk$ ) dengan jari-jari kelembaman atau gyration ( $r$ ), seperti pada persamaan berikut :

$$\lambda = \frac{Lk}{r_{\min}} \quad (3.29)$$

Semakin pendek jarak antar pengaku mengakibatkan batang tepi atas desak lebih panjang (langsing) sehingga menjadikan batang tersebut mudah mengalami tekuk. Tegangan kritis batang dengan kelangsingan semakin besar maka nilai  $F_{cr}$  akan semakin kecil dan sebaliknya jika suatu batang dengan kelangsingan semakin kecil maka nilai  $F_{cr}$  akan semakin besar.

Untuk kelangsingan suatu batang desak yang ujungnya diberi pengaku, AISC memberi batasan kelangsingan berupa keadaan kritis ( $C_c$ ). Nilai  $C_c$  diwakili oleh persamaan (3.25) berikut ini :

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Q F_y}} \quad (3.30)$$

dengan  $Q$  = faktor bentuk batang yang mengalami tekuk lokal.

Jika suatu batang desak harga  $\frac{Lk}{r_{\min}} > C_c$ , maka batang desak akan mengalami tekuk elastis dimana tegangan kritisnya ( $F_{cr}$ ) diwakili oleh Persamaan (3.31) berikut ini :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(Lk/r_{\min})^2} \quad (3.31)$$

Jika harga  $\frac{Lk}{r_{\min}} < C_c$ , maka batang desak akan mengalami tekuk inelastis, dimana

$F_{cr}$  diwakili oleh Persamaan (3.32) berikut ini :

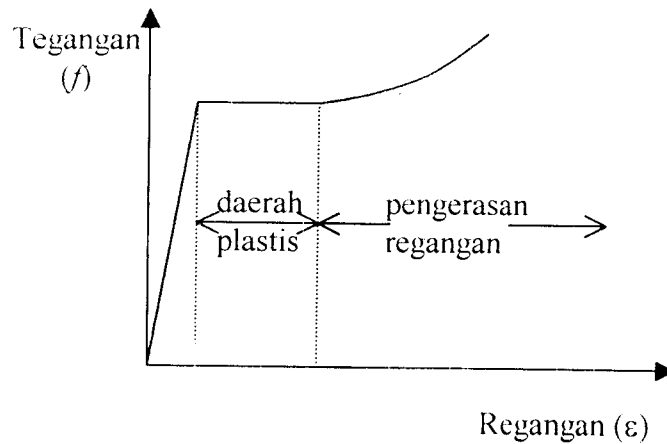
$$F_{cr} = Q \left( 1 - \frac{(Lk/r)^2}{2C_c^2} \right) F_y \quad (3.32)$$

Dimana nilai :

$Q = Q_s \cdot Q_a$  dan  $F_y$  = tegangan leleh baja (ksi)

Nilai  $Q_s$  dan  $Q_a$  dapat dianggap sebagai faktor bentuk. Jika suatu batang tertekan yang terdiri dari elemen yang diperkuat dapat diperlakukan sebagai batang yang tidak diperkuat untuk menentukan tegangan ( $F_{rata-rata}$ ).

Pada perencanaan elemen pelat dengan tekan tepi harus mampu mengalami regangan yang lebih besar dari regangan leleh pertama  $\epsilon_y$ . Tekuk setempat harus tidak terjadi sebelum regangan tekan mencapai jauh ke dalam daerah plastis dan mendekati pengerasan regangan, seperti pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Daerah plastis dan pengerasan regangan  
pada hubungan Tegangan-Regangan untuk baja

Untuk rasio lebar dengan ketebalan harus lebih kecil dari yang digunakan dalam metode tegangan kerja yang hanya mengharuskan pencapaian regangan,  $\epsilon_y$ , atau dengan kata lain  $\lambda$  harus lebih kecil dari  $\lambda_0$ .

Pada profil tabung canai dingin yang diasumsikan sebagai perlakuan pelat apabila diberikan beban secara merata pada ujung-ujungnya maka lendutan tekuk pelat akan dijumpai dalam dua kategori, yaitu :

1. Elemen pelat yang tidak diperkuat, yang memiliki satu tepi bebas yang sejajar pembebanan ( $Q_s$  sebagai faktor bentuk).

Untuk tegangan rencana sifat penampang bruto dapat digunakan, jadi untuk elemen yang tidak diperkuat,

$$\frac{P_{ult}}{A_{bruto}} = \frac{f_{avg}}{f_{maks}} (f_{maks}) \frac{A_{bruto}}{A_{bruto}} = Q_s \cdot f_{maks} \quad (3.33)$$

Dengan meninjau Gambar (3.13), harga  $Q_s$  yang lebih kecil dari 1,0 sama artinya dengan  $\lambda > \lambda_0$ . Oleh AISC disederhanakan menggunakan bentuk garis lurus seperti kurva (A) pada Gambar 3.13. Asumsi yang digunakan yaitu  $\lambda = 0,7$  adalah harga maksimum, dimana  $F_{cr} = F_y$  dan batas proporsional jadi  $\lambda_p = \sqrt{2}$ , yang sama seperti untuk tekuk keseluruhan. Walaupun dalam penurunannya  $Q_s$  didefinisikan sama dengan  $F_{cr}/F_y$ , tetapi ketika tekuk kolom keseluruhan terjadi (berdasarkan  $KL_r$ ) tegangan rata-rata  $P/A = F_a(FS)$  selalu lebih kecil dari  $F_y$ . Hal ini berarti tekuk setempat elemen yang tidak diperkuat akan mengurangi efisiensi penampang lintang hanya bila  $F_{cr}$  untuk elemen plat lebih kecil dari  $F_a(FS)$ . Akan tetapi, karena adanya kekuatan purna tekuk, kurva sejenis Euler dinaikkan ke atas kurva teoritis (kurva C) sehingga kurva perencanaan AISC (kurva B) memberikan  $Q_s = F_{cr} / F_y = 0,65$  untuk  $\lambda_p = \sqrt{2}$ .

Walaupun dalam penurunannya  $Q_s$  didefinisikan sama dengan  $F_{cr} / F_y$ , tetapi tekuk pada batang keseluruhan terjadi (berdasarkan  $Lk_r$ ) tegangan rata-rata  $P/A = F_a(FS)$  selalu lebih kecil dari  $F_y$ . Hal ini berarti tekuk setempat elemen yang tidak diperkuat akan mengurangi efisiensi penampang lintang, bila  $F_{cr}$  untuk pelat lebih kecil dari  $F_a(FS)$ .

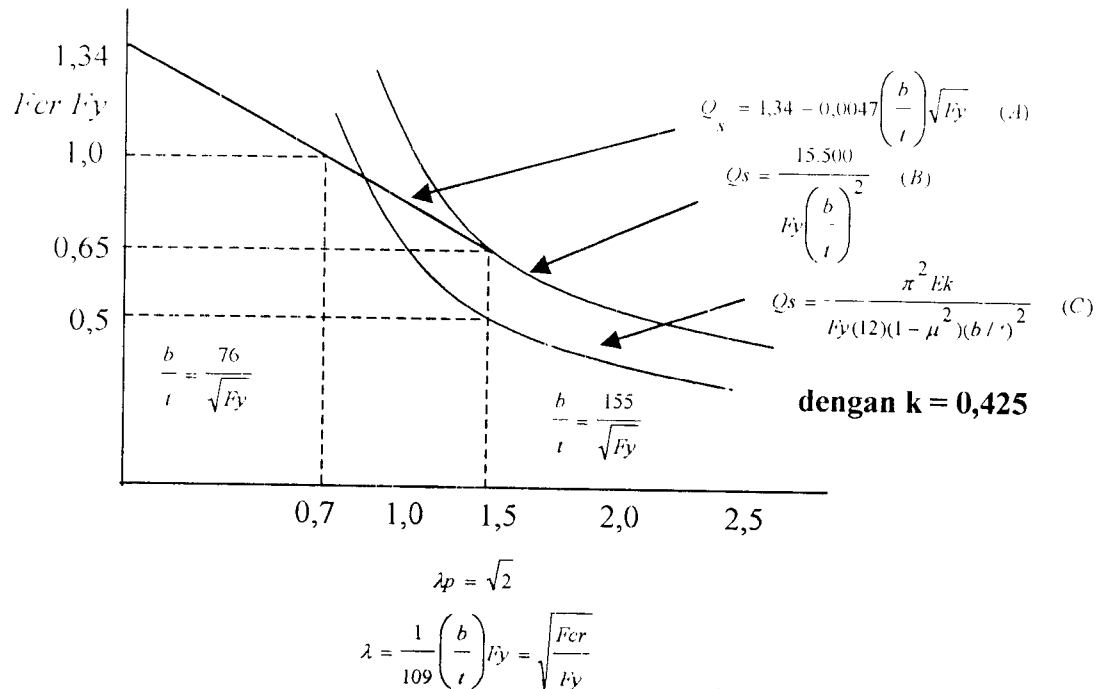
Dengan demikian secara umum untuk sayap tekan kolom :

$$Q_s = \frac{F_{cr}}{F_a(FS)} \geq \frac{F_{cr}}{F_y} \quad (3.34)$$

dan untuk sayap tekan pada balok :

$$Q_s = \frac{F_{cr}}{F_b(FS)} \geq \frac{F_{cr}}{F_y} \quad (3.35)$$

Pada lampiran C AISC memberikan persamaan reduksi tegangan untuk bagian sayap dan tangkai profil T. Persamaan reduksi ini didasarkan pada alasan yang sama seperti yang dijabarkan untuk profil siku tunggal, yang ditunjuk pada Gambar 3.13, berikut ini :



Gambar 3.13. Kekakuan pelat untuk elemen yang tidak diperkuat (siku tunggal) dengan satu tepi sendi dan tepi lainnya bebas.

2. Elemen pelat “yang diperkuat”, yang bertumpu sepanjang dua tepi yang sejajar pembebanan ( $Qa$  sebagai faktor bentuk).

Untuk elemen pelat yang diperkuat sifat penampang bruto digunakan dalam menentukan tegangan rencana, dimana diwakili oleh Persamaan (3.36) berikut ini :

$$\frac{P_{ult}}{A_{bruto}} = \frac{A_{eff}}{A_{bruto}} \cdot f_{maks} = Qa \cdot f_{maks} \quad (3.36)$$



Pada penelitian ini tegangan yang bekerja pada elemen,  $f$  diasumsikan terlebih dahulu dengan :

$$f = F_a = C_a \cdot F_y \quad (3.36.a)$$

$C_a$  diperoleh dari Tabel 3 hal. 5-119 AISC-ASD (lihat lampiran xx pada penelitian ini), dengan melihat angka kelangsingan efektif,  $KL/r$ .

Faktor bentuk,  $Q_a$  untuk elemen yang diperkuat digunakan konsep pemakaian lebar efektif yang tegangannya dapat dianggap merata (walaupun sesungguhnya tidak merata).

AISC mensyaratkan:

$$\frac{bL}{t} = \frac{253}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{50,3}{b/t\sqrt{f}} \right], \text{ (satuan Inggris)} \quad (3.36b)$$

$$\frac{bL}{t} = \frac{21,0}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{4,1850,3}{b/t\sqrt{f}} \right], \text{ (satuan SI, dengan } f \text{ dalam Mpa)} \quad (3.36.c)$$

$$\frac{b}{t} > \frac{625}{\sqrt{F_y}}, \text{ (satuan SI untuk sayap dengan tebal merata)} \quad (3.36.d)$$

Pada elemen pelat yang diperkuat ini karena penampang lintang pada profil dapat terdiri dari elemen yang tidak diperkuat yang menurut spesifikasi AISC direncanakan dengan memakai tegangan rata-rata yang direduksi dan tidak menggunakan lebar efektif, maka tegangan yang diijinkan pada elemen yang tidak diperkuat digunakan sebagai tegangan maksimum yang dapat diberikan pada elemen yang diperkuat. Jadi tegangan beban kerja adalah :

$$F = \frac{F_{cr}}{FS} \text{ berdasarkan elemen yang tidak diperkuat}$$

Selanjutnya dengan menggunakan harga  $Q_s$  yang rasional dan lebih tinggi (Persamaan 3.34), maka :

$$Q_s = \frac{F_{cr}}{F_a(FS)} \text{ dengan } f = Q_s \cdot F_a \quad (3.37)$$

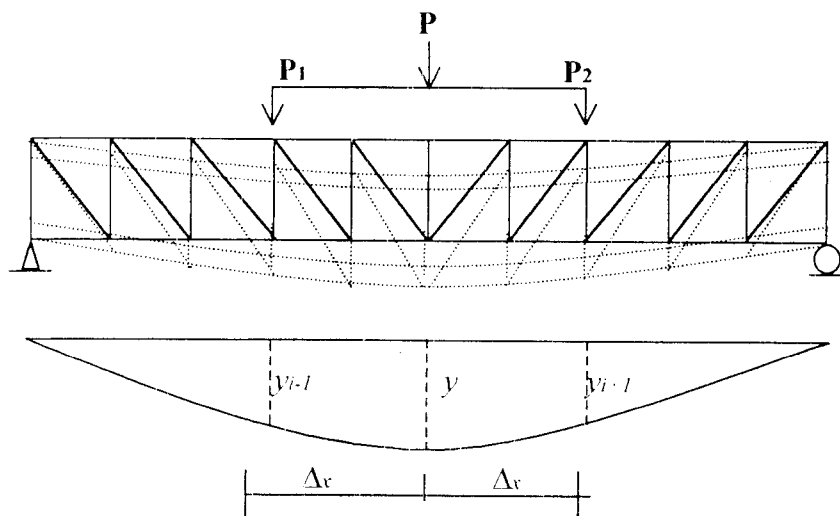
seperti yang ditetapkan oleh AISC-C3.

Akhirnya menurut persamaan 3.36,  $Q_a$  adalah :

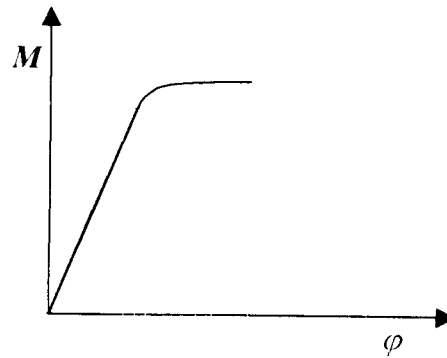
$$Q_a = \frac{(\text{lebar efektif}) \cdot t}{\text{luas yang sebenarnya}} = \frac{A_{eff}}{A_{bruto}} \quad (3.38)$$

### 3.8. Hubungan Momen dan Kelengkungan

Apabila balok badan terbuka diberikan beban maka akan terjadi lendutan, berdasarkan beban tersebut akan diperoleh momen yang merupakan hubungan antara beban dan jaraknya juga kelengkungan yang akan dijelaskan berdasarkan diagram hubungan beban-lendutan dan momen-kelengkungan (Gambar 3.14).



Gambar 3.14. Diagram hubungan beban-lendutan dan momen-kelengkungan.



Gambar 14.b. Grafik hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\varphi$ )

Menurut **Fatkhurrahman N** dari pengujian kuat lentur diperoleh defleksi pada titik-titik distrik. Pendekatan kemiringan menggunakan metode Central Differences.

Mengacu pada Gambar (3.14.a)  $dy/dx$  didekati dengan Persamaan (3.39),

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.39)$$

turunan kedua Persamaan (3.27) adalah :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \frac{d}{dx} (2\Delta_x)}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.40)$$

karena  $(2\Delta_x)$  adalah konstanta maka :

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

sehingga Persamaan (3.40) menjadi :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.41)$$

selanjutnya dari Persamaan (3.41) didapatkan

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

kemudian Persamaan (3.42) disederhanakan menjadi :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i - y_{i-1}}{(\Delta_x)^2} \quad (3.43)$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \phi = \frac{M}{EI} \quad (3.43.a)$$

$$M = EI \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (3.43.b)$$

$$M = EI \cdot \phi \quad (3.44)$$

Pada saat pembebanan telah mencapai pada  $P_{maks}$  (Gambar 3.14.b) dan terjadi momen batas yang menimbulkan mekanisme keruntuhan maka penampang ini akan terus berdeformasi tanpa menghasilkan gaya tahan tambahan. Sudut regangan  $\phi$  akan elastis seluruhnya setelah itu keadaan tidak stabil dan lendutan tidak terkendali.

### 3.9. Hubungan Beban-Lendutan

Apabila suatu beban menyebabkan timbulnya lentur maka balok pasti mengalami lendutan. Meskipun sudah dicek aman terhadap lentur dan geser, suatu balok bias tidak layak apabila balok terlalu fleksibel. Defleksi yang terlihat dengan mata dapat mengurangi keyakinan terhadap kekuatan struktur.

*Lynn S. Beedle*, 1958, menyimpulkan bahwa balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki satu titik yang momennya maksimum. Makin besar beban yang diberikan, makin besar pula momennya. Jika beban besar, material akan terdeformasi semakin cepat dan defleksinya juga semakin besar.

Hubungan beban-lendutan untuk kondisi pembebanan pada penelitian ini ditunjukkan :

$$\Delta = \frac{23P.L^3}{648EI} \quad (3.45)$$

dengan :

$\Delta$  = defleksi balok

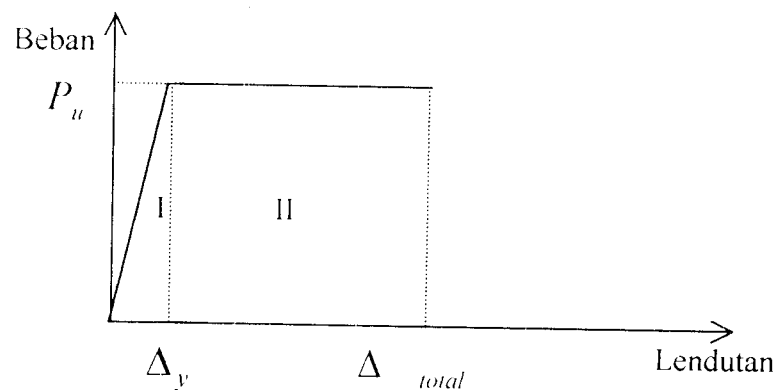
$I$  = momen inersia penampang

$P$  = beban balok

$E$  = modulus elastis bahan

Pada penelitian ini lendutan balok badan terbuka secara teoritis dihitung dengan menggunakan analisis SAP-2000 dengan asumsi berat sendiri balok tidak diperhitungkan dan berdasarkan beban maksimum yang terjadi pada saat pengujian.

Hubungan beban-lendutan pada balok yang dibebani lentur dapat disederhanakan menjadi bentuk bi-linear seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15. Hubungan Beban-Lendutan pada Balok

Pada daerah I yaitu pada daerah praretak, balok masih bersifat elastis penuh, tegangan tarik maksimal yang terjadi pada baja masih lebih kecil dari kuat tarik lentur baja, Kekakuan lentur  $EI$  balok masih mengikuti modulus elastisitas  $E$  baja dan momen inersia penampang balok baja.

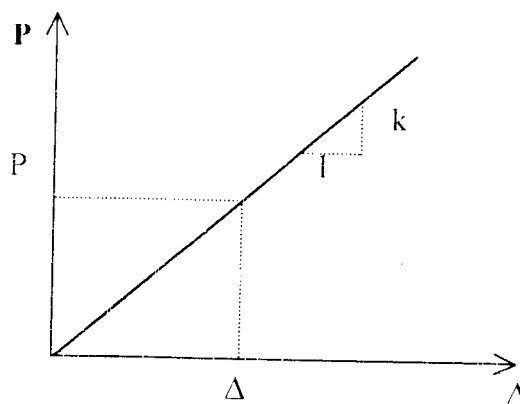
Pada daerah II atau daerah pasca layan, dimana tegangan pada daerah ini sudah mencapai tegangan maksimum, pada daerah ini diagram lendutan lebih landai daripada daerah-daerah sebelumnya. Hal ini karena semakin berkurangnya kekuatan lentur akibat bertambahnya jumlah dan lebar retak di sepanjang bentang.

PPBBI,1984 mensyaratkan, secara umum lendutan maksimum akibat beban mati + beban hidup harus lebih kecil dari  $1/250 L$ . Pada balok yang terletak bebas atas dua tumpuan,  $L$  adalah bentang dari balok tersebut, pada balok menerus atas banyak perletakan,  $L$  adalah jarak antara titik-titik beloknya akibat beban mati, sedangkan pada balok kantilever  $L$  adalah dua kali panjang kantilevernya.

### 3.10. Kekakuan

Menurut Gere dan Timoshenco, 1985, kekakuan ( $k$ ) didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu satuan lendutan. Dengan memperhatikan gambar (3.16), dapat dilihat bahwa beban  $P$  yang bekerja pada struktur dapat menyebabkan terjadinya lendutan  $\Delta$ . Kemiringan dari lengkung yang dihasilkan disebut sebagai kekakuan yang dirumuskan sebagai :

$$k = \frac{P}{\Delta} \quad (3.46)$$

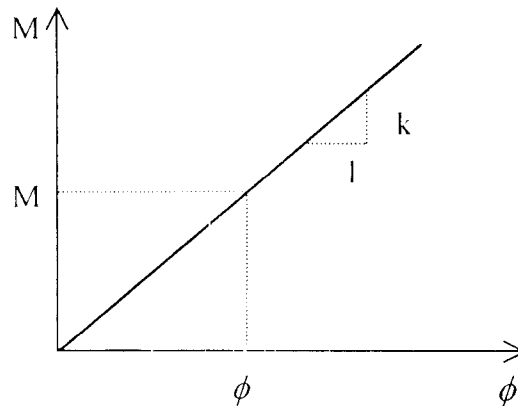


Gambar 3.16. Kekakuan dari grafik beban-lendutan

Sedangkan kekakuan lentur  $EI$  didefinisikan sebagai momen per satuan unit kelengkungan yang dirumuskan sebagai :

$$EI = \frac{M}{\phi} \quad (3.47)$$

Kekakuan lentur ini didapat dari grafik hubungan momen-kelengkungan yang ditunjukkan oleh Gambar (3.17).



Gambar 3.17. Kekakuan dari grafik momen-kelengkungan

### 3.11. Pengelompokan Baja Berdasarkan Tegangan Leleh

Berdasarkan tegangan leleh PPBBI-1984 menelompokkan baja sebagai berikut :

Tabel 3.2. Pengelompokan baja berdasarkan tegangan leleh PPBBI-1984

Macam baja	Tegangan leleh		Tegangan dasar	
	$\sigma_c = f_y$		$\sigma$	
	$kg\ cm^2$	$MPa$	$kg\ cm^2$	$kg\ cm^2$
Bj 34	2100	210	1400	140
Bj 37	2400	240	1600	160
Bj 41	2500	250	1666	166,6
Bj 44	2800	280	1867	193,3
Bj 50	2900	290	1933	240
Bj 52	3600	360	2400	240

### 3.1.2. Hipotesa

Dengan memperhatikan latar belakang, tujuan penelitian, tinjauan pustaka dan landasan teori bahwa :

1. Balok badan terbuka dengan perkuatan maupun tanpa perkuatan akan mengalami tekuk lokal.
2. Profil tabung bentukan dingin akan menghasilkan kekuatan yang lebih baik daripada profil C canai dingin gabungan yang berbentuk seperti profil tabung. Hal ini dikarenakan keempat sisi profil merupakan elemen yang diperkuat sedangkan profil C gabungan yang dibuat seperti profil tabung seperti penelitian yang dilakukan oleh Eko Subandriya P dan Andri Resmana merupakan elemen yang diperkuat modifikasi dimana factor pengeasan akan mempengaruhi kekuatan bahannya.
3. Variasi bentuk pengaku (*bracing*) pada balok badan terbuka akan meningkatkan tegangan kritis pada komponen yang menerima tekan.



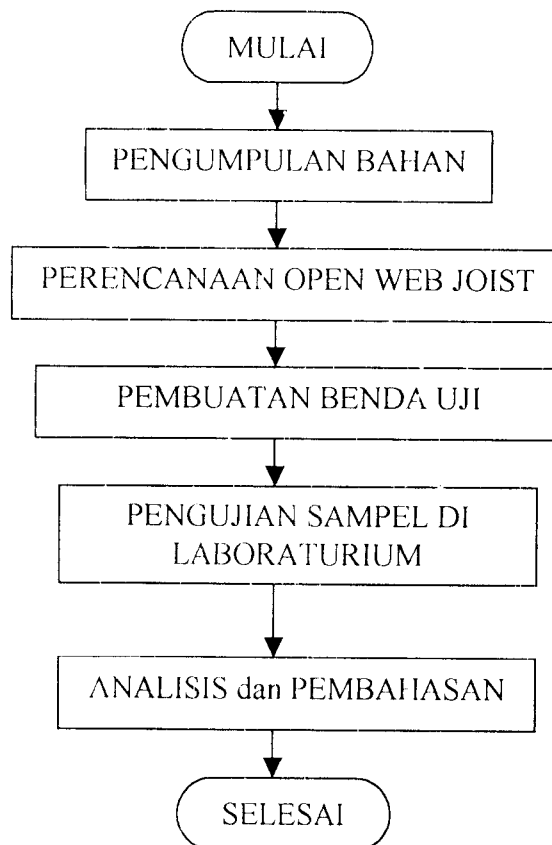


## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1. Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah suatu cara 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. Persiapan Bahan dan Alat

Sebelum melaksanakan penelitian perlu diadakan persiapan bahan dan alat yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian.

### 4.2.1. Bahan

a. Baja profil tabung canai dingin

Baja profil yang digunakan adalah baja profil tabung canai dingin 60x60x2,8 mm dengan panjang 3 meter yang digunakan sebagai batang longitudinal bagian atas dan bagian bawah.

b. Baja tulangan polos

Baja tulangan polos dengan diameter 12 cm digunakan sebagai pengaku (*bracing*).

c. Las

Las menggunakan Elektroda RD 460 dengan diameter 2,6 mm, panjang 350 mm dengan spesifikasi AWS A 5.1 E6013 yang direkomendasikan untuk pengelasan *mild steel*.

### 4.2.2 Peralatan Penelitian

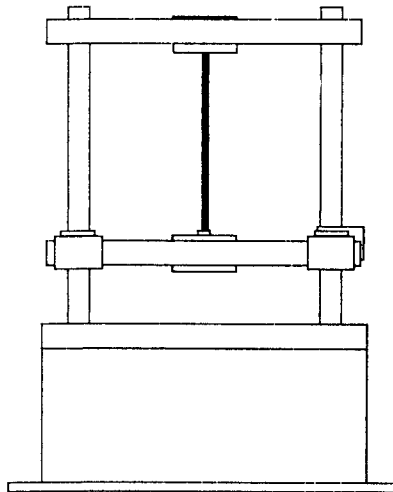
Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan. Adapun peralatan tersebut terdiri dari :

a. Mesin Uji Kuat Tarik

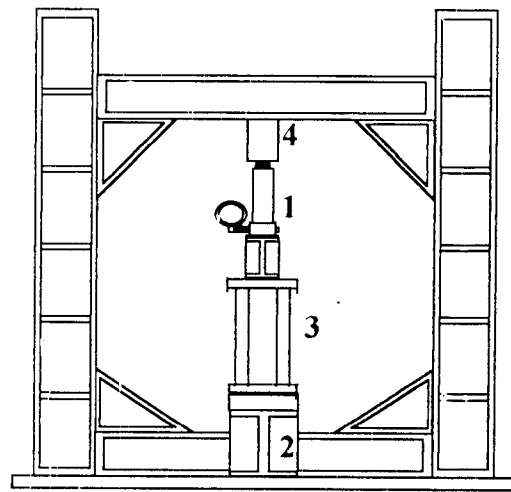
Digunakan untuk mengetahui kuat tarik baja. Alat yang digunakan yaitu Universal Testing Material (UTM) merk Shimadzu type UMH-30 dengan kapasitas 30 ton, seperti pada Gambar 4.2.

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 (*rigid floor*) 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 4.2. Universal Testing Material Shimatzu UMH 30



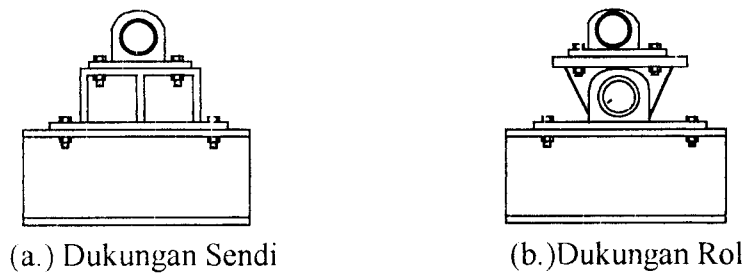
Gambar 4.3. Bentuk fisik *Loading Frame*

Keterangan :

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

c. Dukungan sendi dan rol

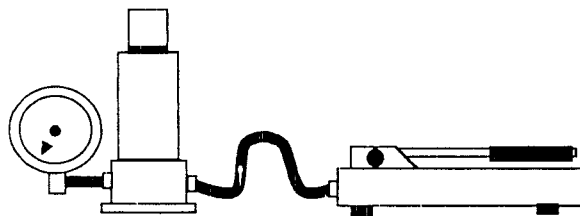
Dukungan sendi dipasang pada salah satu dukungan balok gelagar pelat dan dukungan rol dipasang pada dukungan lainnya, seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Dukungan Sendi dan Rol

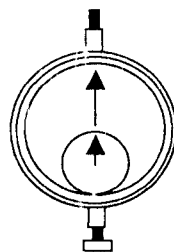
#### d. *Hydraulic Jack*

Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian desak balok badan terbuka dengan beban sentris  $P$  yang mempunyai kapasitas maksimum 30 ton dengan ketelitian pembacaan sebesar 0,3 ton. Alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5

Gambar 4.5. *Hydraulic Jack*

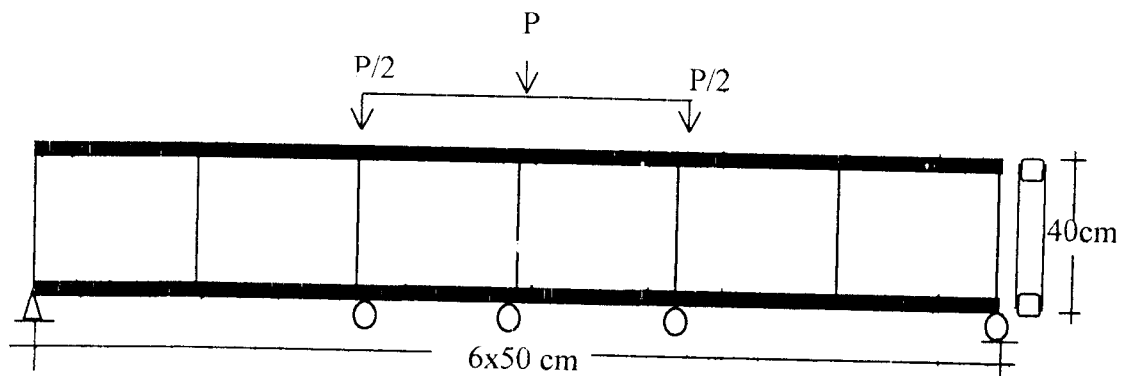
#### e. *Dial Gauge*

*Dial Gauge* digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dengan ketelitian pembacaan *dial* 0,01 mm, seperti pada Gambar 4.6. Pada penelitian tugas akhir ini digunakan *Dial Gauge* sebanyak tiga buah.

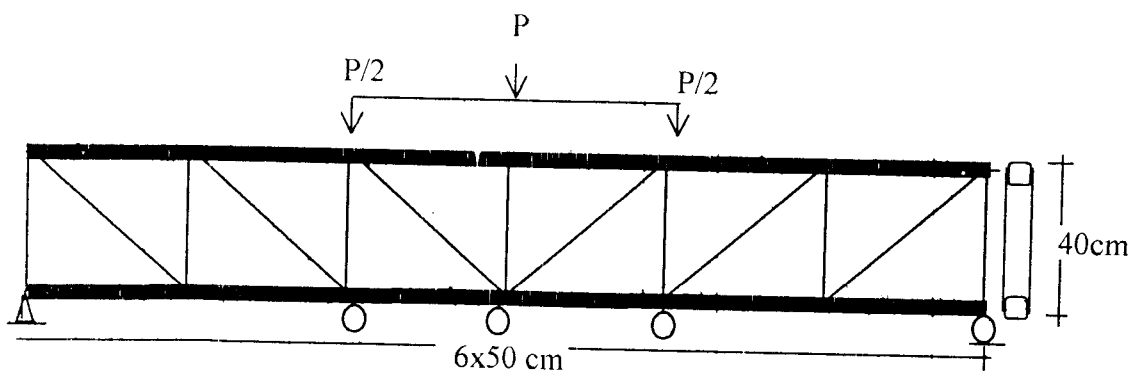
Gambar 4.6. *Dial Gauge*

### 4.3. Model benda uji

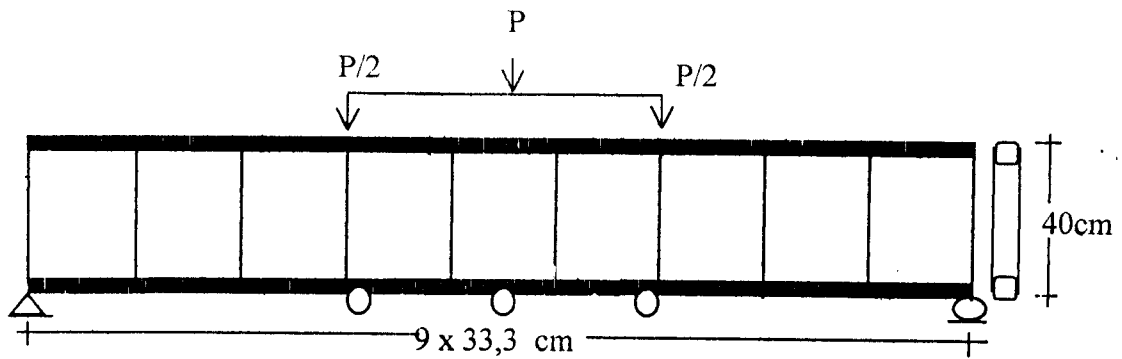
Model benda uji dalam penelitian ini berupa balok badan terbuka dengan panjang 3 m, merupakan balok yang disusun dari 2 profil tabung bentukan dingin 60.60.2,8 sebagai batang horisontal, dan baja tulangan polos diameter 12 mm sebagai pengaku (*bracing*). Benda uji dibuat sebanyak enam buah sampel untuk masing-masing variasi. Jadi jumlah seluruhnya ada enam buah benda uji. Bentuk model benda uji balok badan terbuka dapat dilihat pada gambar (4.7),(4.8),(4.9),(4.10),(4.11),(4.12).



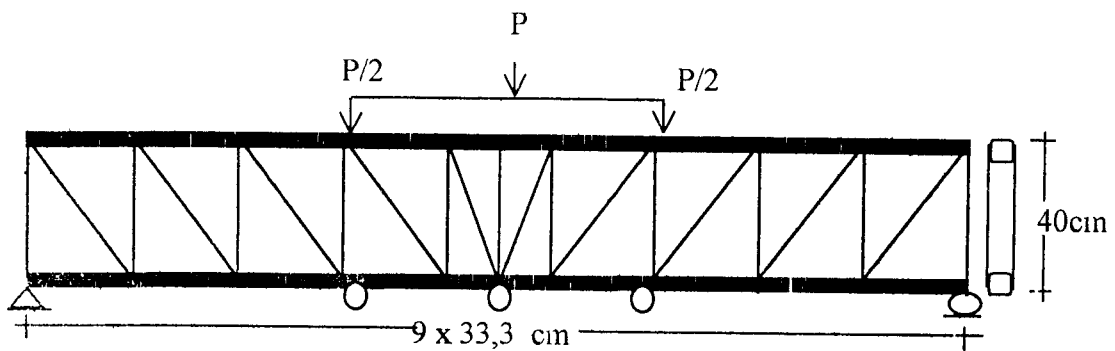
Gambar 4.7. Balok badan terbuka tanpa pengaku diagonal (benda uji 1)



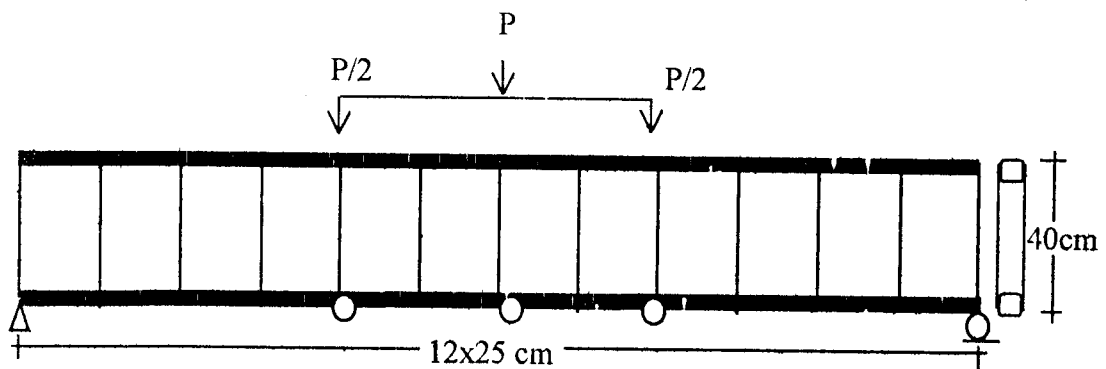
Gambar 4.8. Balok badan terbuka dengan pengaku diagonal (benda uji 2)



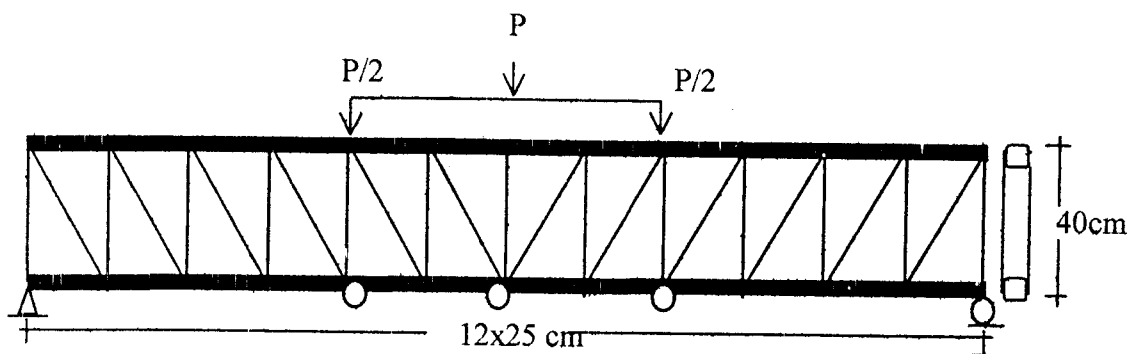
Gambar 4.9. Balok badan terbuka tanpa pengaku diagonal (benda uji 3)



Gambar 4.10. Balok badan terbuka dengan pengaku diagonal (benda uji 4)



Gambar 4.11. Balok badan terbuka tanpa pengaku diagonal (benda uji 5)



Gambar 4.12. Balok badan terbuka dengan pengaku diagonal (benda uji 6)

#### 4.4 Pembuatan Benda Uji

Setelah persiapan bahan dan perhitungan dimensi gelagar pelat , maka selanjutnya adalah pembuatan benda uji sesuai dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Bahan-bahan yang telah disiapkan diukur sesuai dengan gambar rencana.
2. Balok badan terbuka dibentuk dari profil tabung canai dingin 60x60x2,8 sepanjang 3 m sebagai batang longitudinal atas dan bawah balok badan terbuka. Kemudian dirangkai dengan baja tulangan 12 mm dengan sambungan las menggunakan elektroda RD 460 dengan spesifikasi AWS A 5.1 E6013 dengan diameter 2,6 mm dan panjang 350 mm yang direkomendasikan untuk *mild steel* pada bagian sayap profil tabung. Pada bagian dukungan balok dan di bawah beban diberikan plat dukungan tebal 4 mm.

#### 4.5. Pengujian Benda Uji

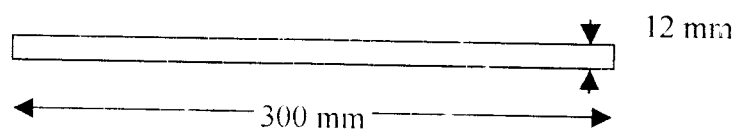
Pengujian benda uji terdiri atas pengujian pendahuluan bahan yang dipergunakan sebagai balok badan terbuka di Laboratorium BKT FTSP UII dan pengujian lentur balok badan terbuka di Laboratorium Mekanika Rekayasa FTSP UII.

##### 4.5.1 Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan ini meliputi uji tarik baja tulangan  $\phi$  12 mm, uji tarik profil tabung 60.60.2,8 dan uji geser las.

#### 4.5.1.1. Pengujian Kuat Tarik Baja $\phi$ 12 mm

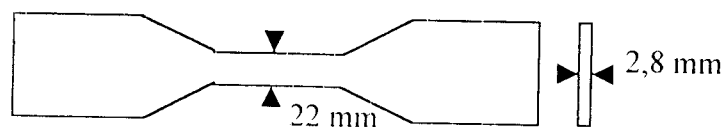
Pengujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Universal Testing Material Shimatzu UMH 30. Tegangan tarik baja dapat diketahui dengan membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari luasan benda uji. Benda uji untuk kuat tarik baja dibuat seperti pada Gambar 4.14.a.



Gambar 4.14.a. Benda uji untuk uji kuat tarik baja

#### 4.5.1.2. Pengujian Kuat Tarik Profil Tabung 60.60.2,8

Pengujian kuat tarik profil tabung 60.60.2,8 dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan alat Universal Testing Material Shimatzu UMH 30. Tegangan tarik baja dapat diketahui dengan membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari luasan benda uji. Benda uji untuk kuat tarik baja dibuat seperti pada Gambar 4.14.b.

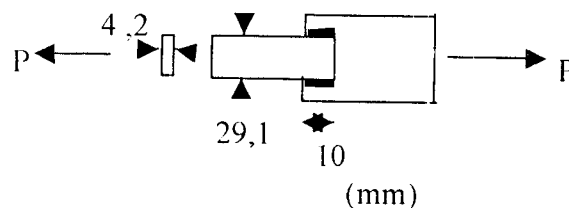


Gambar 4.14.b. Benda uji untuk uji profil tabung 60.60.2,8



#### 4.5.1.2. Pengujian Kuat Geser Las

Pengujian kuat geser dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Universal Testing Material Shimatzu UMH 30 . Tegangan geser las dapat diketahui dengan membagi beban maksimum yang dapat ditahan las dengan luasan bidang las efektif benda uji. Benda uji untuk kuat geser las dibuat seperti pada Gambar 4.14.c.



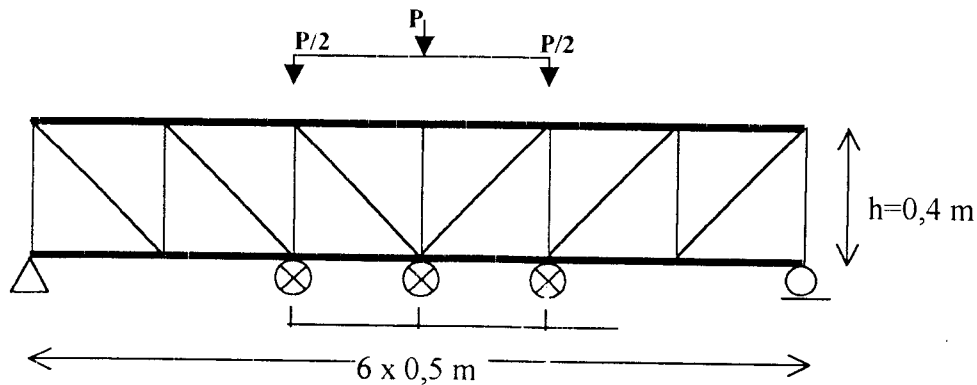
Gambar 4.14.c. Benda uji untuk uji geser las

#### 4.5.2 Pengujian Kuat Lentur

Sebelum pengujian dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan *setting* terhadap peralatan yang akan digunakan, sebagai berikut :

Dukungan rol (Gambar 4.4 b) diletakkan tepat di pusat *loading frame* (Gambar 4.3) dan dukungan sendi (Gambar 4.4.a) diletakkan pada *loading frame* (Gambar 4.3) pada bentang sepanjang 3 m diletakkan dukungan sendi dan dukungan rol. Kemudian pengaku dukung ditempatkan di sisi kanan dan kiri balok badan terbuka sejajar dengan arah pembebanan setiap 1/3 bentang balok (setiap 1 m) sesuai dengan perencanaan pada Gambar 4.15. Selanjutnya *Hidraulic Jack* (Gambar 4.5) diletakkan diatas balok baja sepanjang 1,5 meter yang berfungsi sebagai pembagi beban agar diperoleh dua pusat beban yang membebani benda

uji, dan tiga buah *Dial Gauge* (Gambar 4.6) diletakkan di bawah benda uji. Persiapan pengujian untuk keenam benda uji adalah sama termasuk *setting* alat yang diperlukan.



Gambar 4.14.d. Kondisi pengujian untuk benda uji

Setelah proses *setting* peralatan selesai kemudian dilaksanakan pengujian kuat lentur pada benda uji. Proses pengujian dengan menggunakan *Hydraulic Jack* dilakukan untuk mendapatkan lendutan yang terjadi kemudian diukur dengan menggunakan *Dial Gauge*. Proses pelaksanaan pengujian ini yaitu : *Hydraulic Jack* dipompa untuk mendapatkan beban bertahap, yaitu kelipatan dari 900 kg. Pada setiap kelipatan beban 900 kg, pemompaan *Hydraulic Jack* dihentikan dilanjutkan pembacaan dan pencatatan *Dial Gauge*. Proses ini dilakukan hingga pada batas kekuatan tertentu sampai dengan maksimum, sehingga benda uji akan mengalami leleh sampai terjadi kerusakan pada benda uji.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Uji Pendahuluan

Pengujian ini merupakan uji terhadap kekuatan tarik bahan profil tabung 60x60x2,8; kekuatan tarik baja tulangan  $\phi$  12 mm serta kuat geser las. Pengujian dilakukan di Laboraturium Bahan Konstruksi dan Teknik FTSP UII. Perhitungan mengenai hasil uji pendahuluan dapat di lihat pada Lampiran L3-1.

Adapun hasil uji pendahuluan adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tarik baja dan kuat geser las

No.	Jenis pengujian	Fy (Mpa)
1	Kuat tarik profil tabung 60x60x2.8	323.864
2	Kuat tarik baja tulangan $\phi$ 12 mm	386.589
3	Kuat geser las	436.115

#### 5.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Baja *Open Web Joist*

Pelaksanaan pengujian kuat lentur baja, dilakukan di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian meninjau perilaku lentur murni dan mencegah terjadinya puntir lateral dengan memberikan penyanggah tiap 1 meter pada sisi kanan dan kiri benda uji.

Pada pengujian ini, *open web joist* diberikan beban sentris yang diletakan pada perletakan tertentu dengan dua titik yang panjangnya pada setiap 1/3 bentang

yang bertujuan untuk mendapatkan lentur murni. Secara bertahap *open web joist* diberi beban dengan kenaikan sebesar 900 kg (9 kN), kemudian pada setiap tahap pembebanan besarnya lendutan yang terjadi dicatat. Keenam benda uji ini selanjutnya dibedakan menjadi 2 variasi, dimana variasi 1 adalah benda uji tanpa batang pengaku diagonal dan variasi 2 adalah benda uji dengan batang pengaku diagonal.

### 5.2.1 Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian

Dari data pembebanan dan lendutan juga momen dan kelengkungan yang terjadi selama pengujian hasilnya disajikan pada tabel 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 sebagai berikut:

- a. **Benda uji 1** (*Open Web Joist* Profil Tabung Canai Dingin tanpa pengaku dan dengan jarak  $\lambda$  0,5 m).

Dari hasil pengujian perilaku benda uji 1 didapat data pada tabel 5.2 sebagai berikut:

Tabel 5.2 Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan benda uji 1

No.	Beban	Lendutan			Momen	Kelengkungan
	P (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	(1/6)PxL (kNm)	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	9.00	13.11	15.56	13.12	4.50	0.0196
3	18.00	27.23	32.50	27.24	9.00	0.0421
4	27.00	44.89	54.59	45.66	13.50	0.0745
5	36.00	133.34	171.59	136.25	18.00	0.2944

Pengujian benda uji 1 ini dihentikan pada beban 36 kN karena telah terjadi lendutan yang sangat besar dan kondisi ini tidak dapat lagi ditampung oleh

*Loading Frame* sehingga diperoleh beban maksimum sebesar 36,00 kN dengan lendutan 171.59 mm (dial 2).

- b. Benda uji 2** (*Open Web Joist* Profil Tabung Canai Dingin dengan pengaku dan dengan jarak  $\lambda$  0,5 m)

Dari hasil pengujian perilaku benda uji 2 didapat data pada tabel 5.3 sebagai berikut:

Tabel 5.3 Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan benda uji 2

No.	Beban	Lendutan			Momen	Kelengkungan
	P (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	(1/6)PxL (kNm)	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	9.00	0.61	1.60	0.60	4.50	0.0080
3	18.00	1.59	3.13	1.57	9.00	0.0124
4	27.00	2.55	4.61	2.54	13.50	0.0165
5	36.00	3.47	6.05	3.47	18.00	0.0206
6	45.00	4.57	7.53	4.62	22.50	0.0235
7	54.00	5.70	9.00	5.80	27.00	0.0260
8	63.00	7.06	10.58	7.10	31.50	0.0280
9	72.00	8.07	12.04	8.06	36.00	0.0318
10	81.00	9.54	13.76	9.53	40.50	0.0338
11	90.00	10.72	15.45	10.71	45.00	0.0379
12	99.00	12.08	17.52	12.06	49.50	0.0436
13	108.00	14.08	20.41	13.32	54.00	0.0537
14	117.00	16.80	27.30	16.30	58.50	0.0860

Pengujian benda uji 2 ini dihentikan pada beban 117 kN karena telah terjadi tekuk/rusak pada batang pengaku balok badan terbuka dan diperoleh beban maksimum sebesar 117 kN dengan lendutan 27,30 mm (dial 2).

d. **Benda uji 4** (*Open Web Joist* Profil Tabung Canai Dingin dengan pengaku dan dengan jarak  $\lambda$  0,333 m)

Dari hasil pengujian perilaku benda uji 4 didapat data pada tabel 5.5 sebagai berikut:

Tabel 5.5 Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan benda uji 4

No.	Beban	Lendutan			Momen	Kelengkungan
	P (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	(1/6)PxL (kNm)	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	9.00	0.63	1.15	0.62	4.50	0.0042
3	18.00	1.82	2.55	1.82	9.00	0.0058
4	27.00	2.88	3.86	2.88	13.50	0.0078
5	36.00	4.02	5.22	4.02	18.00	0.0096
6	45.00	5.24	6.62	5.23	22.50	0.0111
7	54.00	6.38	7.91	6.37	27.00	0.0123
8	63.00	7.63	9.38	7.62	31.50	0.0140
9	72.00	8.73	10.80	8.73	36.00	0.0166
10	81.00	9.76	12.38	10.65	40.50	0.0174
11	90.00	10.90	13.95	11.90	45.00	0.0204
12	99.00	12.01	15.70	13.30	49.50	0.0243
13	108.00	13.03	17.50	14.40	54.00	0.0303
14	117.00	14.36	20.90	16.46	58.50	0.0439

Pengujian benda uji 4 ini dihentikan pada beban 117 kN karena telah terjadi tekuk/rusak pada batang pengaku balok badan terbuka dan diperoleh beban maksimum sebesar 117,00 kN dengan lendutan 20,90 mm (dial 2).

**e. Benda uji 5** (*Open Web Joist* Profil Tabung Canai Dingin tanpa pengaku dan dengan jarak  $\lambda$  0,25 m)

Dari hasil pengujian perilaku benda uji 5 didapat data pada tabel 5.6 sebagai berikut:

Tabel 5.6 Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan benda uji 5

No.	Beban	Lendutan			Momen	Kelengkungan
	P	Dial 1	Dial 2	Dial 3	(1/6)PxL	
	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(kNm)	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	9.00	9.55	12.00	10.43	4.50	0.0161
3	18.00	25.82	28.50	23.06	9.00	0.0325
4	27.00	40.10	46.70	40.34	13.50	0.0518
5	36.00	97.80	105.35	94.13	18.00	0.0751
6	45.00	120.35	132.30	120.45	22.50	0.0952

Pengujian benda uji 5 ini dihentikan pada beban 45 kN karena telah terjadi lendutan yang sangat besar dan kondisi ini tidak dapat lagi ditampung oleh *Loading Frame* sehingga diperoleh beban maksimum sebesar 45,00 kN dengan lendutan 132.30 mm (dial 2).

**f. Benda uji 6** (*Open Web Joist* Profil Tabung Canai Dingin dengan pengaku dan dengan jarak  $\lambda$  0,25 m)

Dari hasil pengujian perilaku benda uji diatas didapat data pada tabel 5.7 sebagai berikut:

Tabel 5.7 Hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan benda uji 6

No.	Beban	Lendutan			Momen	Kelengkungan
	P	Dial 1	Dial 2	Dial 3	(1/6)PxL	
	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(kNm)	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	9.00	0.70	0.86	0.70	4.50	0.0013
3	18.00	1.85	2.00	1.85	9.00	0.0012
4	27.00	2.92	3.22	2.92	13.50	0.0024
5	36.00	4.17	4.67	4.17	18.00	0.0040
6	45.00	5.33	6.05	5.32	22.50	0.0058
7	54.00	6.30	7.49	7.01	27.00	0.0067
8	63.00	7.26	8.80	8.29	31.50	0.0082
9	72.00	8.72	10.36	9.50	36.00	0.0100
10	81.00	9.87	11.85	10.76	40.50	0.0123
11	90.00	11.72	13.50	11.71	45.00	0.0143
12	99.00	12.69	14.90	12.69	49.50	0.0177
13	108.00	13.86	16.76	13.85	54.00	0.0232
14	117.00	15.52	19.87	15.52	58.50	0.0348

Pengujian benda uji 6 ini dihentikan pada beban 117,00 kN karena telah terjadi tekuk/rusak pada batang pengaku balok badan terbuka dan diperoleh beban maksimum sebesar 117,00 kN dengan lendutan 19,87 kN (dial 2).

Berdasarkan data-data pada tabel diatas didapatkan grafik hubungan Beban-Lendutan dimana lendutan diambil berdasarkan dari dial 2 (maksimum) seperti disajikan pada gambar 5.1 dan grafik Momen-Kelengkungan pada gambar 5.2 sebagai berikut:





### 5.2.2 ANALISIS DATA HUBUNGAN BEBAN-LENDUTAN

Dari data hasil pengamatan grafik hubungan beban-lendutan pada gambar 5.1, dapat disimpulkan tentang kekakuan balok badan terbuka pada beban ultimit dalam tabel 5.8

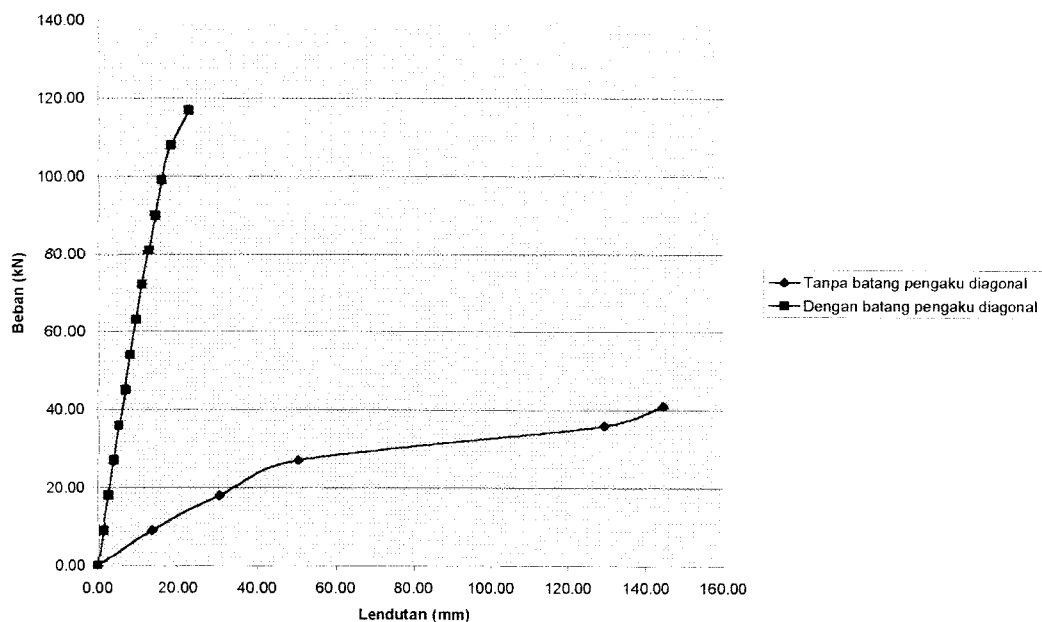
Tabel 5.8 Analisis kekakuan dari hubungan beban-lendutan

Benda uji	Beban, P (kN)	Lendutan (mm)	Kekakuan (kN/m)	Kekakuan rerata (kN/m)	Kekakuan rerata (%)
Benda uji 1	36.00	171.59	209.8024	291.5045	5.54
Benda uji 3	42.00	129.40	324.5750		
Benda uji 5	45.00	132.30	340.1361		
Benda uji 2	117.00	27.30	4285.7143	5257.3581	100.00
Benda uji 4	117.00	20.90	5598.0861		
Benda uji 6	117.00	19.87	5888.2738		

Dari data dalam tabel 5.8 dapat diamati dan diteliti pengaruh bentuk pengaku pada kekakuan balok badan terbuka dan lendutan yang terjadi pada benda uji.

hasil analisis dari keenam benda uji balok badan terbuka, grafik hubungan beban-lendutan dapat disederhanakan menjadi 2 variasi benda uji yaitu balok badan terbuka tanpa pengaku batang diagonal dan dengan pengaku batang diagonal seperti ditunjukkan pada gambar 5.3

Gambar 5.3 Grafik Hubungan Beban-Lendutan rerata



### 5.2.3 Analisis Data Hubungan Momen Kelengkungan

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen-kelengkungan pada gambar 5.2 dapat dicari kekakuan balok badan terbuka seperti disajikan dalam tabel 5.9

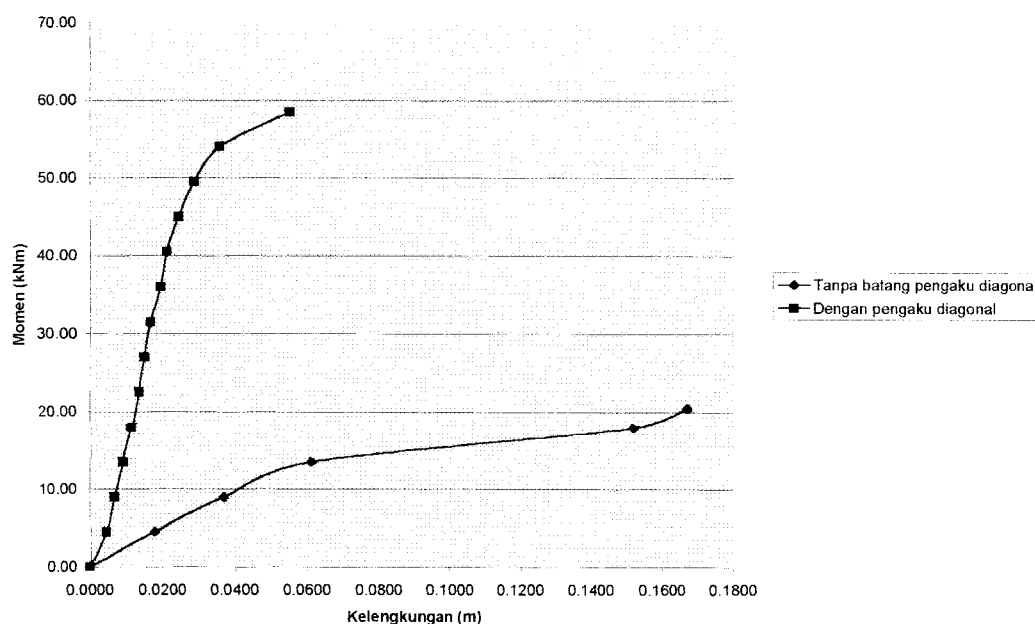
Tabel 5.9 Analisis kekakuan dari hubungan momen-kelengkungan

Benda uji	Momen, M (kNm)	Kelengkungan, $\theta$ (m)	$EI = M/\theta$ (kNm)	EI rerata	EI rerata (%)
Benda uji 1	18.00	0.2944	61.1413	162.2819	13.18
Benda uji 3	21.00	0.1109	189.3598		
Benda uji 5	22.50	0.0952	236.3445		
Benda uji 2	58.50	0.0860	680.2326	1231.28	100.00
Benda uji 4	58.50	0.0439	1332.574		
Benda uji 6	58.50	0.0348	1681.034		

Berdasarkan hasil analisis dari keenam benda uji balok badan terbuka, grafik hubungan momen-kelengkungan dapat disederhanakan menjadi 2 variasi

benda uji, yaitu balok badan terbuka tanpa pengaku batang diagonal dan dengan pengaku batang diagonal seperti ditunjukkan pada gambar 5.4

Gambar 5.4 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan rerata



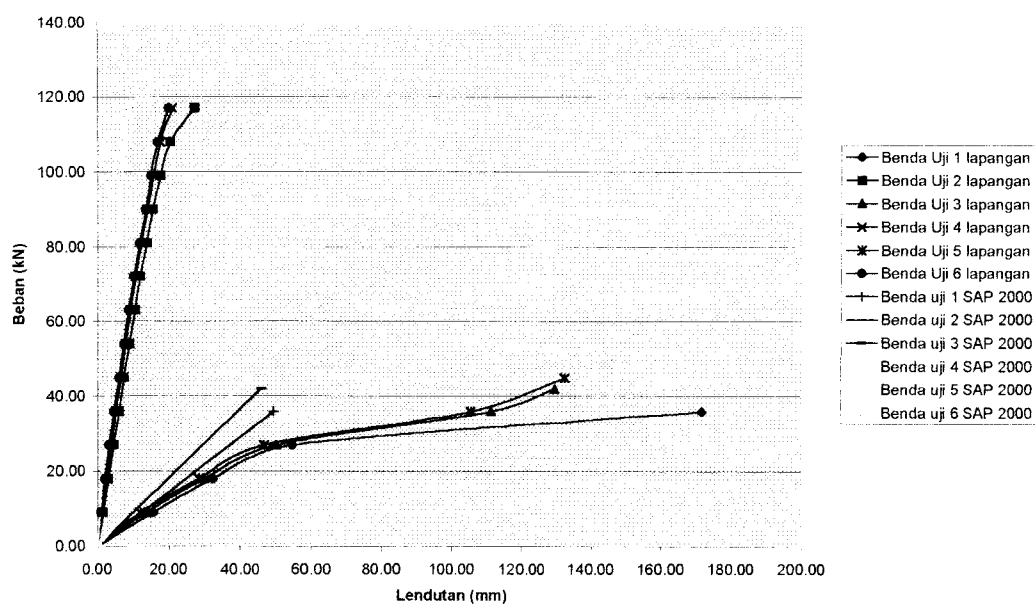
### 5.3. Perbandingan Hubungan Beban Pengujian-Lendutan Teoritis dengan Hubungan Beban Pengujian-Lendutan Pengujian

Dari hasil pengujian kuat lentur balok badan terbuka diperoleh hubungan beban-lendutan lapangan, untuk dapat mengetahui lendutan yang seharusnya terjadi pada balok badan terbuka tersebut maka dilakukan juga perhitungan lendutan dengan menggunakan analisis SAP 2000 dengan anggapan bahwa beban teoritis sama dengan beban yang terjadi pada pengujian. Hasil analisis dapat dilihat pada table 5.10 dan Gambar 5.5

Tabel 5.10 Analisa Perbandingan Beban-Lendutan secara Teoritis Menggunakan SAP 2000 dengan Beban Lendutan Pengujian

Benda Uji (m)	$P_{\text{teoritis}}=P_{\text{pengujian}}$ ( $P_{\text{cr}}$ ) (kN)	$P_{\text{pengujian}}$ ( $P_{\text{max}}$ ) (kN)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Pengujian (mm)
Benda uji 1 $L=3;h=0,4; \lambda=0,5;$ tanpa pengaku diagonal	36	36	49.4	171.59
Benda uji 2 $L=3;h=0,4; \lambda=0,5;$ dengan pengaku diagonal	117	117	8.4	27.30
Benda uji 3 $L=3;h=0,4; \lambda=0,33;$ tanpa pengaku diagonal	42	42	45.9	129.40
Benda uji 4 $L=3;h=0,4; \lambda=0,33;$ dengan pengaku diagonal	117	117	8.2	20.90
Benda uji 5 $L=3;h=0,4; \lambda=0,25;$ tanpa pengaku diagonal	45	45	42	132.30
Benda uji 6 $L=3;h=0,4; \lambda=0,25;$ dengan pengaku diagonal	117	117	8.3	19.87

Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Lapangan dengan Beban Lendutan Lapangan Memakai SAP 2000





### 5.5 Analisis Kerusakan pada Benda Uji

Kerusakan yang terjadi pada balok badan terbuka tanpa pengaku batang diagonal (benda uji 1, 3, 5, dalam hal ini disebut variasi 1) dalam penelitian ini terjadi pada bagian badan balok yang menerima gaya geser. Umumnya kerusakan terjadi pada ujung batang vertical ditandai dengan membengkoknya batang vertical, namun kerusakan yang terjadi disini bukan merupakan tekuk melainkan geser. Sedangkan untuk profil tabung itu sendiri tidak terjadi kerusakan (tekuk) karena kapasitasnya lebih besar dari gaya batang yang terjadi. Hitungan teoritis mengenai kapasitas batang dapat dilihat pada Lampiran 4.

Batang pengaku diagonal pada penelitian ini tidak ada yang mengalami kerusakan, hal ini disebabkan kapasitas tarik batang tersebut lebih besar dari gaya batang yang terjadi.

Kerusakan yang terjadi pada balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal (benda uji 2, 4 dan 6 dalam hal ini disebut variasi 2) khususnya pada bagian pengaku vertical yang berfungsi sebagai batang desak. Hal ini disebabkan karena kapasitas desak baja  $\phi 12$  tidak mampu mendukung gaya batang yang terjadi. Hitungan mengenai hal ini dapat dilihat pada Lampiran 4.

## 5.6 Pembahasan

### 5.6.1 Kuat Lentur Balok Berdasarkan Hubungan Beban-Lendutan

Dengan mengamati grafik hubungan beban-lendutan keenam benda uji pada gambar 5.1, dapat dilihat bahwa keenam benda uji yang dikelompokkan menjadi 2 variasi memiliki perilaku kuat lentur yang cukup jauh berbeda.

Balok badan terbuka tanpa batang pengaku batang diagonal (benda uji 1, 3, 5) mempunyai kekuatan yang jauh dibawah balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal (benda uji 2, 4, 6). Hal ini ditunjukkan dari gambar 5.3 grafik beban-lendutan dimana balok badan terbuka tanpa perkuatan hanya mampu menahan beban maksimum,  $P_{maks \text{ rata-rata}}$  sebesar 41 kN, sedangkan balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal mampu menahan beban maksimum,  $P_{maks \text{ rata-rata}}$  sebesar 117 kN. Hal ini menandakan bahwa batang pengaku diagonal dapat meningkatkan kekuatan balok badan terbuka sebesar 285,366%.

Dari data tabel hubungan beban-lendutan dapat juga dipakai untuk mencari kekakuan  $\left(\frac{P}{\Delta}\right)$ . Pada pengujian ini nilai kekakuan keenam benda uji berbeda-beda yang kemudian dirata-rata untuk 2 variasi yaitu balok badan terbuka tanpa batang pengaku diagonal dan dengan batang pengaku diagonal yang dapat diketahui kenaikan nilai-nilai kekakuan dari balok badan terbuka tersebut seperti disajikan pada tabel 5.8 Analisis kekakuan dari hubungan beban-lendutan.

Untuk balok badan terbuka variasi 1 (benda uji 1, 3, 5) yaitu balok badan terbuka tanpa batang pengaku diagonal, rata-rata beban maksimumnya adalah sebesar 41 kN dan mempunyai nilai kekakuan rata-rata sebesar 291,5045 kN/m. Sedangkan untuk balok badan terbuka variasi 2 (benda uji 2, 4, 6) yaitu balok



badan terbuka dengan batang pengaku diagonal , rata-rata beban maksimumnya adalah sebesar 117 kN dan nilai kekakuan rata-ratanya sebesar 5257,3581 kN/m. Dengan melihat balok badan terbuka variasi ke-1 sebagai pembandingnya, maka dapat dilihat bahwa balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal mengalami kenaikan nilai kekakuan sebesar 94,46 %.

Berdasarkan uraian diatas dapat diketahui bahwa semakin rapat jarak antar pengaku maka kemampuan balok memikul beban kerja semakin besar. Dengan adanya pengaku diagonal yang berfungsi sebagai batang tarik pada balok akan meningkatkan kekakuan pada balok sehingga beban yang dapat diterimanya pun semakin besar. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa besarnya lendutan yang dihasilkan oleh beban yang bekerja semakin besar sebanding dengan beban yang diberikan.

### **5.6.2 Kuat Lentur Balok ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan**

Dengan mengamati grafik hubungan momen-kelengkungan keenam benda uji pada gambar 5.2, dapat dilihat bahwa keenam benda uji yang dibedakan menjadi 2 variasi tanpa batang pengaku diagonal dan dengan batang pengaku diagonal memiliki perilaku kuat lentur yang juga cukup jauh berbeda.

Balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal (benda uji 2, 4, 6) mempunyai kuat lentur yang lebih besar dibandingkan dengan balok badan terbuka tanpa batang pengaku diagonal (benda uji 1, 3, 5). Hal ini ditunjukkan dari gambar 5.4 grafik momen-kelengkungan dimana balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal mampu menahan momen maksimum rata-rata,  $M_{maks}$

sebesar 58,5 kNm, sedangkan balok badan terbuka tanpa batang pengaku diagonal hanya mampu menahan momen maksimum rata-rata,  $M_{maks}$  sebesar 20,5 kNm.

Dari data tabel hubungan momen-kelengkungan dapat dipakai juga untuk mencari kekakuan, sehingga diperoleh kekakuan pada balok badan terbuka tanpa pengaku batang diagonal dan balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal, seperti ditunjukkan pada tabel 5.9.

Pada balok badan terbuka variasi 1 (benda uji 1, 3, 5) yaitu balok badan terbuka tanpa batang pengaku diagonal mempunyai factor kekakuan rata-rata sebesar 162,2819 kNm<sup>2</sup> pada beban maksimum rata-rata yang menimbulkan momen maksimum rata-rata sebesar 20,5 kNm. Sedangkan untuk balok variasi 2 (benda uji 2, 4, 6) yaitu balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal mempunyai kekakuan rata-rata sebesar 1231,28 kNm<sup>2</sup> pada beban maksimum rata-rata yang menimbulkan momen maksimum rata-rata sebesar 58,5 kNm. Disini dapat dilihat bahwa balok badan terbuka dengan pengaku batang diagonal mampu menaikkan factor kekakuan sebesar 86,82% dibandingkan dengan balok badan terbuka tanpa batang pengaku diagonal.

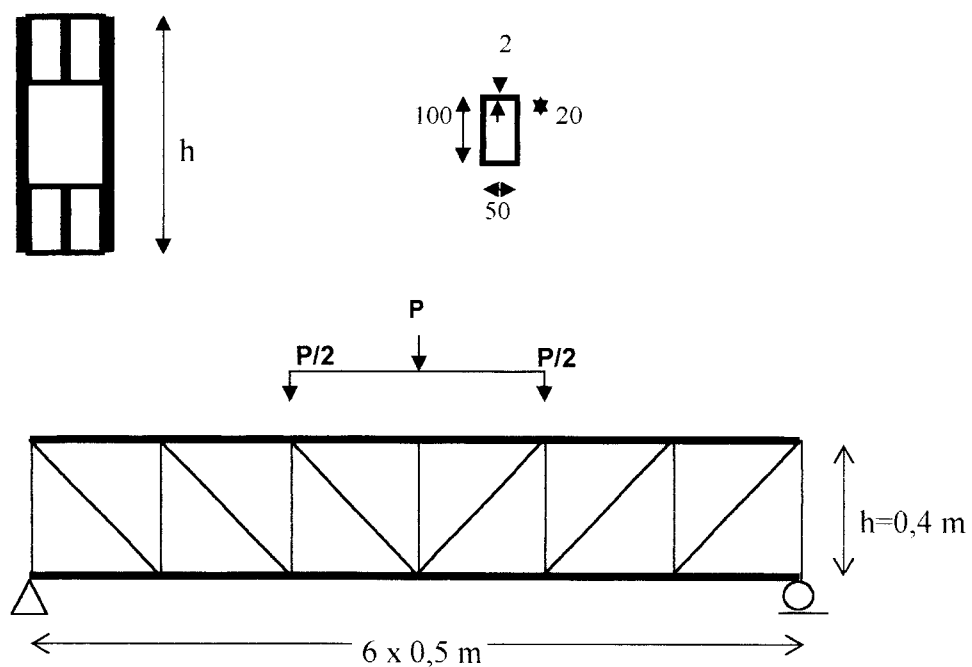
Berdasarkan uraian diatas dapat diketahui bahwa semakin besar beban yang bekerja maka momen yang terjadi akan semakin besar. Dengan besarnya momen yang terjadi maka kelengkungan balok badan terbuka akan semakin besar. Semakin rapat jarak antar pengaku maka kuat lentur balok badan terbuka semakin besar. Hal yang harus diperhatikan adalah semakin rapat jarak pengaku akan menyebabkan berat sendiri balok yang besar pula dan ini akan menyebabkan balok akan melendut meskipun belum diberi beban kerja.

### 5.6.3 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya

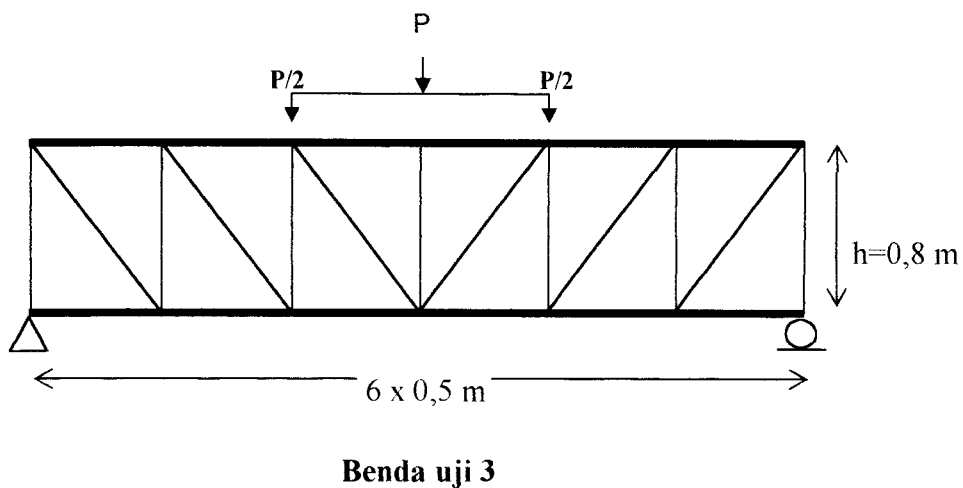
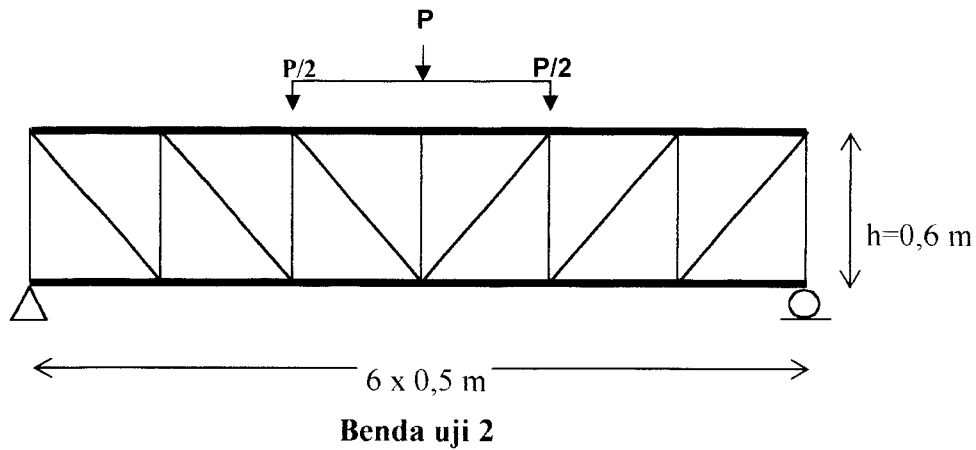
Penelitian ini dilakukan oleh :

1. Eko Subandriya P
2. Andri Resmana

Penelitian sebelumnya ini adalah penelitian mengenai balok badan terbukamenggunakan profil C canai dingin 100.100.20.2 mm yang digabung atau dirangkaikan sebagai batang longitudinal dan pengaku baja tulangan  $\phi$  19 dan  $\phi$  13 sebagai batang desak serta  $\phi$  16 sebagai batang tarik sedemikian rupa menggunakan sambungan las dengan variasi tinggi, gambar sebagai berikut :



**Benda uji 1**



Dari penelitian sebelumnya ini diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Ketinggian balok berpengaruh pada beban yang diterima oleh balok profil C tersebut, semakin tinggi maka kapasitas balok tersebut semakin besar.
2. Dari hubungan beban-lendutan dan momen kelengkungan diketahui bahwa semakin tinggi balok maka lendutan yang terjadi akan semakin kecil dan kekuatan balok menjadi semakin besar. Dengan begitu semakin tinggi balok maka kekakuan balok badan terbuka akan semakin baik.
3. Elemen batang pengisi balok badan terbuka mempunyai kapasitas yang lebih besar dari beban yang terjadi sehingga tidak terjadi bahaya tekuk

sedangkan profil C canai dingin horizontal pada sisi atas mengalami tekuk akibat kapasitas bahannya lebih kecil dari gaya batang yang terjadi.

4. Balok badan terbuka mempunyai daktilitas yang tidak baik karena tekuk lokal pada profil C canai dingin.

Berdasarkan kesimpulan yang ada pada penelitian sebelumnya dan hasil-hasil yang diperoleh pada penelitian sekarang dapat diketahui bahwa :

1. Semakin tinggi balok badan terbuka maka kekuatannya akan semakin besar akan tetapi harus diperhatikan juga factor kelangsingannya.
2. Kekakuan balok badan terbuka dipengaruhi oleh tinggi balok dan jarak pengaku.
3. Karena profil tabung canai dingin mempunyai kapasitas desak yang lebih baik dari profil C gabungan maka tekuk yang terjadi pada batang horizontal bagian atas dapat dihindari untuk memperoleh daktilitas yang lebih baik.

#### **5.4.6. Pengelompokan Baja berdasarkan PPBBI 1984**

Berdasarkan uji bahan yang dilakukan di Laboraturium BKT FTSP UII diperoleh Kuat tarik baja yang kemudian dikelompokkan sebagai berikut :

1. Baja tulangan polos  $\phi$  12 mm, Kuat tarik ( $F_y$ ) = 386,589 Mpa termasuk macam baja BJ-52.
2. Pelat dari profil tabung, kuat tarik ( $F_y$ ) = 323,864 Mpa termasuk macam baja BJ-50.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal jauh lebih kuat dibandingkan dengan balok badan terbuka tanpa batang pengaku diagonal hal ini ditunjukkan bahwa beban maksimum yang dapat dicapai oleh balok badan terbuka dengan batang pengaku diagonal rata-rata yakni sebesar 117 kN sedangkan balok badan terbuka tanpa batang pengaku diagonal rata-rata sebesar 41 kN,
2. Dengan adanya batang pengaku diagonal akan meningkatkan nilai kekakuan balok badan terbuka sebesar 94,46 % jika ditinjau dari hubungan beban-lendutan dan terjadi peningkatan kekakuan sebesar 86,82 % jika ditinjau dari hubungan-momen dan kelengkungan,
3. Pada balok badan terbuka tanpa pengaku batang diagonal kerusakan yang terjadi adalah rusak geser pada ujung-ujung batang pengaku vertikal sedangkan untuk balok badan terbuka dengan pengaku batang diagonal kerusakan yang terjadi ditandai dengan tertekuknya batang pengaku vertikal. Sedangkan untuk batang longitudinalnya (profil trubung canai

dingin) tidak mengalami kerusakan untuk semua mode benda uji karena kapasitas batang tersebut mampu menerima beban yang bekerja pada balok badan terbuka tersebut.

4. Berdasarkan perbandingan penelitian sebelumnya dan penelitian sekarang dapat disimpulkan bahwa balok badan terbuka menggunakan profil tabung canai dingin lebih kuat, hal ini disebabkan karena kapasitas desak profil tabung canai dingin lebih baik dibandingkan kapasitas desak profil C canai dingin.
5. Berdasarkan PPBBI,1984 mengenai persyaratan lendutan  $1/250 L$  ( $L = 300 \text{ cm} = \text{panjang balok}$ ), maka untuk masing masing-masing model benda uji aman digunakan pada beban sebagai berikut :
  - a. Benda uji 1 aman digunakan pada beban maksimum  $< 9 \text{ kN}$
  - b. Benda uji 2 aman digunakan pada beban maksimum  $< 72 \text{ kN}$
  - c. Benda uji 3 aman digunakan pada beban maksimum  $< 9 \text{ kN}$
  - d. Benda uji 4 aman digunakan pada beban maksimum  $< 81 \text{ kN}$
  - e. Benda uji 5 aman digunakan pada beban maksimum  $< 9 \text{ kN}$
  - f. Benda uji 6 aman digunakan pada beban maksimum  $< 90 \text{ kN}$

## 6.2 Saran-saran

1. Sebelum melaksanakan penelitian sebaiknya beban rencana dihitung terlebih dahulu sehingga pengaturan model benda uji dan alat-alat yang digunakan dapat diatur dengan baik sehingga pembacaan dial dapat maksimal,

2. Perlu adanya perencanaan material atau profil yang lebih efisien sehingga diperoleh kekuatan yang sebanding antara profil tabung canai dingin dengan baja tulangan polosnya,
3. Diperlukan penelitian mengenai variasi batang pengaku karena pada penelitian ini kerusakan yang terjadi terutama pada batang pengaku vertical guna mendapatkan kekuatan balok badan terbuka yang lebih baik, misalnya menggantikan pengaku diagonal sebagai batang tarik dengan pengaku diagonal sebagai batang desak, atau memberikan pengaku silang (*Cross*), atau dapat juga memberikan pengaku dukung pada setiap tumpuan dan pada beban terpusat



## DAFTAR PUSTAKA

- Charles G. Salmon, John E. Johnson, *STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKU*, Jilid 1-Edisi Kedua, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1990.
- Boldgett, Omer, W., *DESIGN OF WELDED STRUCTURES*, The James F. Lincolnd Are Welding Foundation, 1996.
- Bowles, Joseph, E., *DESAIN BAJA KONSTRUKSI*, PT Erlangga, Jakarta, 1985.
- Bresler, Boris, Lin, T.Y dan Scalzi, J.B., *DESIGN OF STEEL STRUCTURES*, 2<sup>nd</sup> ed, John Wiley and Sons, New York, 1957.
- Kuzmanovic, Bogdan O. dan Willems, N., *STEEL DESIGN FOR STRUCTURAL ENGINEERS*, Prentice-Hall, inc-Englewood Chiff, New Jersey, 1977.
- Logowo Aji D dan A. Subekti, *KUAT LENTUR BALOK BADAN TERBUKA (OPEN WEB JOIST) DARI PROFIL C CANAI DINGIN*, Skripsi, UII, Yogyakarta, 2001.
- Michael Bruneau, Chia-Ming Uang, Andrew Wittaker, *DUCTILE DESIGN OF STEEL STRUCTURE*, McGraw-Hill, 1998.
- Padosbajayo, *PENGETAHUAN DASAR STRUKTUR BAJA*, Edisi Ketiga, Yogyakarta, 1994.
- Spiegel, Leonard dan Limbrunner, George, *DESAIN BAJA STRUKTURAL TERAPAN*, PT Eresco, 1991.
- M Yudha Anrofa, M Busron Hanafi, *PRILAKU BALOK BADAN TERBUKA DENGAN VARIASI SUDUT BATANG DIAGONAL*, Skripsi, UII, Yogyakarta, 2002.
- PERATURAN PERENCANAAN BANGUNAN BAJA INDONESIA ( PPBBI-1984), Cetakan kedua, Mei 1984

# LAMPIRAN

No.

1. Nama

2. Tempat

3. Pekerjaan

4. Pendidikan

5. Agama

6. Status

7. Alamat

8. Keterangan

9. Tanggal

10. Tanda Tangan

11. Nama

12. Tempat

13. Pekerjaan

14. Pendidikan

15. Agama



16. Nama

17. Tempat

18. Pekerjaan

19. Pendidikan

20. Agama

21. Status

22. Alamat

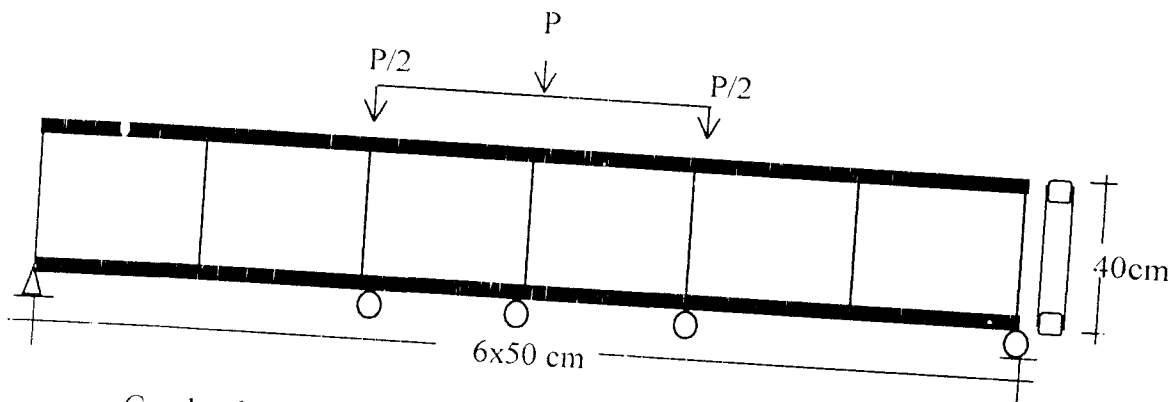
23. Keterangan

24. Tanggal

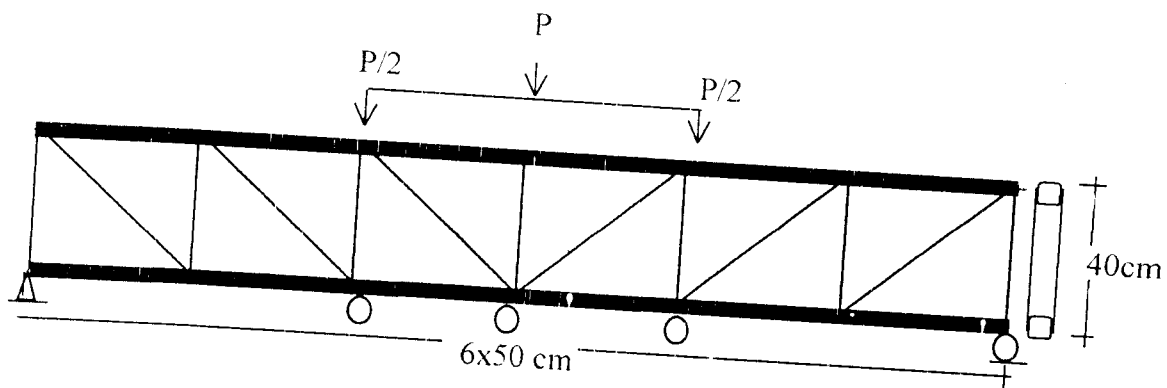
25. Tanda Tangan

L2-1

**KAPASITAS LENTUR BALOK BADAN TERBUKA  
MENGUNAKAN PROFIL TABUNG CANAI DINGIN  
DENGAN VARIASI BENTUK PENGAKU**



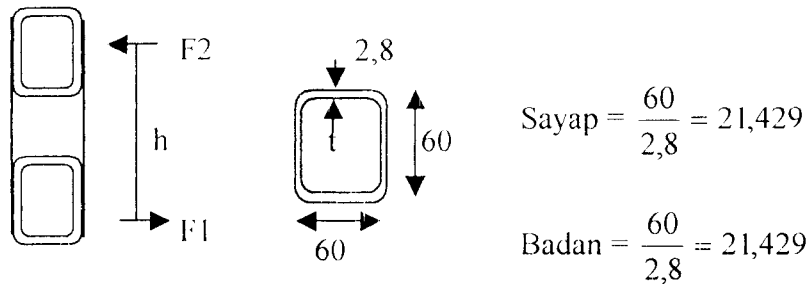
Gambar benda uji 1 (Balok badan terbuka tanpa pengaku diagonal)



Gambar benda uji 2 (Balok badan terbuka dengan pengaku diagonal)

## PERHITUNGAN RENCANA

### 1. Tegangan Bahan Profil Tabung Canai Dingin



$$f_{cr1} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2) \left(\frac{h}{t}\right)^2}, \text{ dengan nilai } k = 6,97 \text{ pada sayap (dari Gambar 3.7)}$$

$$= \frac{6,97 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{12(1-0,3^2) \left(\frac{60}{2,8}\right)^2}$$

$$= 1574,575 \text{ Mpa} > f_y = 323,864 \text{ Mpa (dipakai } f_{cr} = 323,864 \text{ MPa)}$$

$$f_{cr2} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2) \left(\frac{h}{t}\right)^2}, \text{ dengan nilai } k = 6,97 \text{ pada badan (dari Gambar 3.7)}$$

$$= \frac{6,97 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{12(1-0,3^2) \left(\frac{60}{2,8}\right)^2}$$

$$= 1574,575 \text{ Mpa} > f_y = 323,864 \text{ Mpa (dipakai } f_{cr} = 323,864 \text{ MPa)}$$

$$P_{cr1} = f_{cr} \times A_{sayap}$$

$$= 323,864 \times (60 \times 2,8 \times 2)$$

$$= 108818,304 \text{ N} = 108,818 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 P_{cr2} &= F_{cr} \times A_{batang} \\
 &= 323,864 \times (60 \times 2,8 \times 2) \\
 &= 108818,304 \text{ N} = 108,818 \text{ KN} \\
 \Sigma P_{cr} &= 108,818 + 108,818 = 217,636 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$P_{cr, \text{rata-rata}} = \frac{217,636}{2} = 108,818 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 M_{in} &= P_{\text{rata-rata}} \cdot h \\
 &= 108,818 \cdot (0,4 - 2 \cdot 0,03) \\
 &= 36,998 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M = 1,6 PL$$

$$P = \frac{6M}{L} = \frac{6 \cdot 36,998}{3} = 73,996 \text{ KN} \approx 74 \text{ KN}$$

$$P_1 = P_2 = \frac{74}{2} = 37 \text{ KN}$$

## 2. Kapasitas Penampang

### 2.1. Kapasitas Batang Tarik $\phi 12 \text{ mm}$ , $h = 0,4 \text{ m}$

$$F_y = 386,589 \text{ Mpa} = 3865,89 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 1,1304 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 1 \cdot 1,1304 = 1,1304 \text{ cm}^2, (C_t = 1 \text{ dari Lampiran L6-1})$$

$$I = 1,64 \cdot \pi \cdot d^4 = 1017,36 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1017,36}{113,04}} = 3 \text{ mm}$$

$$\phi T_n = 0,6 F_y A_g = 0,6 \cdot 3865,89 \cdot 1,1304 = 2622,001 \text{ kg}$$

$$\phi T_n = 0,5 F_u A_e = 0,5 \cdot 5683,829 \cdot 1,1304 = 3212,5 \text{ kg}$$

Jadi kapasitas batang tarik baja  $\phi 12 \text{ mm}$  adalah 2622,001 kg (yang terkecil)

## 2.2. Kapasitas Batang Desak $\phi$ 12 mm, h = 0,4 m

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 1,1304 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot d^4 = 1017,36 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$= \sqrt{\frac{1017,36}{113,04}} = 3 \text{ mm}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{f_y}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{386,589}} = 101,054$$

$$\frac{lk}{r} = \frac{400 \times 1}{3} = 133,33 > C_c = 101,054$$

Maka tegangan yang terjadi adalah :

$$f_u = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r)^2}$$

$$f_u = \frac{12\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{23(133,33)^2}$$

$$f_u = 57,933 \text{ Mpa}$$

$$= 579,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = \frac{P}{A}$$

$$P = f_u \times A = 579,33 \times 1,1304 = 755,446 \text{ kg}$$

Jadi kapasitas desak baja tulangan  $\phi$  12 mm adalah 755,466 kg

### 2.3. Kapasitas Desak Profil Tabung

Batang Tekan AISC

Syarat : 1.  $\sigma_{yangterjadi} \leq \sigma_{ijin}$

$$2. \lambda_{batang} \leq 200$$

$$\text{Dengan } \lambda = \frac{lk}{r_{min}} \text{ dan } r_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$$

Keterangan :  $\lambda$  = kelangsingan batang

$l$  = panjang batang

$k$  = factor panjang efektif dengan kondisi tumpuan

$r_{min}$  = jari-jari girasi minimum

\*) Syarat Kelangsingan :

$$\frac{l_k}{r} > C_c, \text{ terjadi tekuk elastis } \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(l_k / r)^2}$$

$$\frac{l_k}{r} < C_c, \text{ terjadi tekuk inelastic } \sigma_{cr} = Q \cdot F_y \left[ 1 - \frac{l_k / r^2}{2C_c^2} \right] < 0,6F_y$$

\*) Kelangsingan kritik dengan pengaku =  $C_c$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Q \cdot F_y}}$$

dengan :  $Q$  = factor bentuk elemen

$Q_s$  = factor bentuk elemen yang tidak diperkuat

$Q_a$  = factor bentuk elemen yang diperkuat



### 2.3.1. Kapasitas Desak Profil Tabung Benda Uji 1 = Benda Uji 2 ( $l = 50 \text{ cm}$ )

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1,0,50}{2,4} = 20,83, K = 1 \text{ diperoleh dari Gambar 3.7}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{1987}{\sqrt{F_y}} = \frac{1987}{\sqrt{323,864}} = 110,41$$

Untuk mencari harga  $C_u$  digunakan Tabel 3 AISC-ASD hal. 5-119 (lampiran L6-1 pada laporan penelitian ini) dengan membandingkan harga :

$$\frac{Kl/r}{C_c} = \frac{20,83}{110,41} = 0,19, \text{ diperoleh harga } C_u = 0,56$$

$$f = C_u \cdot Q \cdot F_y = 0,56 \cdot 1,0 \cdot 323,864 = 182,98 \text{ MPa}$$

Selanjutnya dengan menganggap  $f = F_u = 182,98$ , dicari rasio perbandingan lebar efektif dengan ketebalan :

$$\frac{bL}{t} = \frac{21,0}{\sqrt{182,98}} \left[ 1 - \frac{4,18}{19,43 \sqrt{182,98}} \right] = 1,53$$

Luas efektif penampang adalah :

$$\begin{aligned} A_{eff} &= A_{bruto} - \left( \frac{b}{t} - \frac{bL}{t} \right) t^2 \\ &= 6,406 - (19,43 - 1,53) 0,28^2 \\ &= 5,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Faktor bentuknya adalah :

$$Q_u = \frac{A_{eff}}{A_{bruto}} = \frac{5,00}{6,406} = 0,78$$

Tegangan ijin pada penampang bruto ditentukan dengan menggunakan :

$$C_c' = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Q \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{0,78 \cdot 323,864}} = 124,95$$

$$\frac{Kl/r}{C_c} = \frac{20,83}{124,95} = 0,17$$

Dengan menggunakan table 3 AISC-ASD hal 5-119 (lampiran L6-1 pada laporan penelitian ini),diperoleh :

$$C_a = 0,570$$

$$F_a = C_a \cdot Q \cdot F_y = 0,570 \cdot 0,78 \cdot 323,864 = 143,99 \text{ Mpa} = 1439,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = F_a \cdot A_{bruto} = 1439,9 \cdot 6,406 = 9224,00 \text{ kg}$$

Jadi kapasitas desak profil tabung benda uji 1 dan benda uji 2 adalah 9224 kg.

### 2.3.2. Kapasitas Desak Profil Tabung Benda Uji 3 = Benda Uji 4 ( $l = 33 \text{ cm}$ )

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1,0 \cdot 33}{2,4} = 13,75, K = 1 \text{ diperoleh dari Gambar 3.7}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{1987}{\sqrt{F_y}} = \frac{1987}{\sqrt{323,864}} = 110,41$$

Untuk mencari harga  $C_a$  digunakan Tabel 3 AISC-ASD hal. 5-119 (lampiran L6-1 pada laporan penelitian ini) dengan membandingkan harga :

$$\frac{Kl/r}{C_c} = \frac{13,75}{110,41} = 0,12, \text{ diperoleh harga } C_a = 0,580$$

$$f = C_a \cdot Q \cdot F_y = 0,58 \cdot 1,0 \cdot 323,864 = 187,84 \text{ MPa}$$

Selanjutnya dengan menganggap  $f = F_a = 187,84$ , dicari rasio perbandingan lebar efektif dengan ketebalan :

$$\frac{bE}{t} = \frac{21,0}{\sqrt{187,84}} \left[ 1 - \frac{4,18}{19,43 \sqrt{187,84}} \right] = 1,51$$

Luas efektif penampang adalah :

$$\begin{aligned} A_{eff} &= A_{bruto} - \left( \frac{b}{t} - \frac{b.E}{t} \right) t^2 \\ &= 6,406 - (19,43 - 1,51) 0,28^2 \\ &= 5,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Faktor bentuknya adalah :

$$Qa = \frac{A_{eff}}{A_{bruto}} = \frac{5,00}{6,406} = 0,78$$

Tegangan ijin pada penampang bruto ditentukan dengan menggunakan :

$$Cc' = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Q.Fy}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{0,78 \cdot 323,864}} = 124,95$$

$$\frac{Kl/r}{Cc'} = \frac{13,75}{124,95} = 0,11$$

Dengan menggunakan table 3 AISC-ASD hal 5-119 (lampiran L6-1 pada laporan penelitian ini),diperoleh :

$$Ca = 0,582$$

$$Fa = Ca \cdot Q \cdot Fy = 0,582 \cdot 0,78 \cdot 323,864 = 147,02 \text{ Mpa} = 1470,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = Fa \cdot A_{bruto} = 1470,2 \cdot 6,406 = 9418,10 \text{ kg}$$

Jadi kapasitas desak profil tabung benda uji 3 dan benda uji 4 adalah 9418,10 kg.

### 2.3.3. Kapasitas Desak Profil Tabung Benda Uji 5 = Benda Uji 6 ( $l = 25 \text{ cm}$ )

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1,0 \cdot 25}{2,4} = 10,42, K = 1 \text{ diperoleh dari Gambar 3.7}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}} = \frac{1987}{\sqrt{323,864}} = 110,41$$

Untuk mencari harga  $C_a$  digunakan Tabel 3 AISC-ASD hal. 5-119 (lampiran L6-1 pada laporan penelitian ini) dengan membandingkan harga :

$$\frac{Kl/r}{C_c} = \frac{10,42}{110,41} = 0,09, \text{ diperoleh harga } C_a = 0,586$$

$$f = C_a \cdot Q \cdot F_y = 0,586 \cdot 1,0 \cdot 323,864 = 189,78 \text{ MPa}$$

Selanjutnya dengan menganggap  $f = F_a = 189,78$ , dicari rasio perbandingan lebar efektif dengan ketebalan :

$$\frac{bE}{t} = \frac{21,0}{\sqrt{189,78}} \left[ 1 - \frac{4,18}{19,43 \sqrt{189,78}} \right] = 1,50$$

Luas efektif penampang adalah :

$$\begin{aligned} A_{eff} &= A_{bruto} - \left( \frac{b}{t} - \frac{bE}{t} \right) t^2 \\ &= 6,406 - (19,43 - 1,5) 0,28^2 \\ &= 5,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Faktor bentuknya adalah :

$$Q_a = \frac{A_{eff}}{A_{bruto}} = \frac{5,00}{6,406} = 0,78$$

Tegangan ijin pada penampang bruto ditentukan dengan menggunakan :

$$C_c' = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Q \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{0,78 \cdot 323,864}} = 124,95$$

$$\frac{Kl/r}{C_c'} = \frac{10,42}{124,95} = 0,08$$

Dengan menggunakan table 3 AISC-ASD hal 5-119 (lampiran L6-1 pada laporan penelitian ini),diperoleh :

$$C_a = 0,588$$

$$F_a = C_a \cdot Q \cdot F_y = 0,588 \cdot 0,78 \cdot 323,864 = 148,54 \text{ Mpa} = 1485,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = F_a \cdot A_{bruto} = 1485,4 \cdot 6,406 = 9515,47 \text{ kg}$$

Jadi kapasitas desak profil tabung benda uji 5 dan benda uji 6 adalah 9515,47 kg.

#### 2.4. Kapasitas Tarik Profil Tabung 60.60.2,8

$$F_y = 323,864 \text{ Mpa} = 32386,4 \text{ kg/cm}^2$$

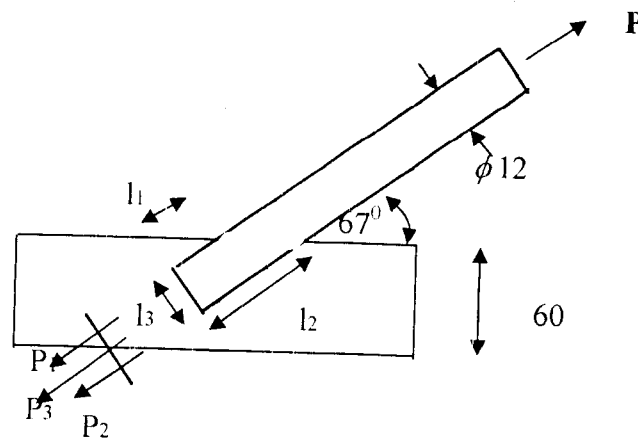
$$A = (60,2 \cdot 8,2) + (54,4 \cdot 2,8 \cdot 2) = 640,64 \text{ mm}^2$$

$$\phi T_n = 0,6 F_y \cdot A_g = 0,6 \cdot 323,864 \cdot 640,64 = 124103,756 \text{ N} = 124,104 \text{ kN}$$

Jadi kapasitas tarik profil tabung 60.60.2,8 adalah 124,104 kN = 12410,4 kg.

## KONTROL PERHITUNGAN LAS

PPBI Dengan rumus Huber Henry :



Data :

- Kuat tarik profil tabung = 323,864 Mpa
- Kuat tarik baja tulangan  $\phi$  12 mm = 386,589 Mpa
- Diameter tulangan = 12 mm
- Tegangan luluh las = 436,115 kg/cm<sup>2</sup>
- Beban  $P_{\text{terjadi}}$  (diambil beban terbesar) = 70,120 kN = 7012 kg (dari benda uji 6)
- $\frac{1}{2} P_{\text{terjadi}} = 35,06$  kN = 3506 kg
- Panjang las ( $l_n$ ) =  $l_1 + l_2 + l_3$   
 $= 60,1 + 65,2 + 12$   
 $= 137,3$  mm
- $t_c = 0,707$ .  $a = 0,707 \cdot 12 = 8,484$  mm

Arah gaya sejajar bidang geser las, dengan  $\alpha = 0^\circ$

$$A = \text{Luas penampang las} = l_n \times t_e = 137,3 \times 8,484 = 1164,85 \text{ mm}^2 = 11,649 \text{ cm}^2$$

$$\text{Untuk } \alpha = 0^0, \sigma_{ijin} = 0,3 \times Fu = 0,3 \times 436,115 = 130,8345 \text{ MPa}$$

$$= 1308,345 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{ijin} \text{ las} = \sigma_{ijin} \times A$$

$$= 1308,345 \times 11,649$$

$$= 15240,91091 \text{ kg} > \frac{1}{2} P_{\text{terjadi}} (\text{diambil beban terbesar}) = 3506 \text{ kg (aman)}$$

Jadi tidak terjadi kerusakan atau putus pada semua sambungan las karena kapasitas las 15240,91091 kg > 3506 kg beban aksial maksimum yang terjadi.

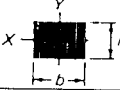
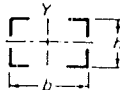
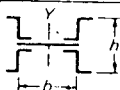
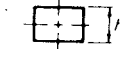
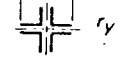
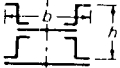

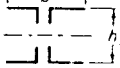
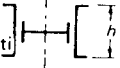

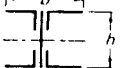

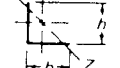
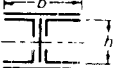
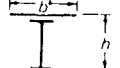
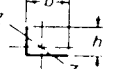
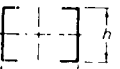
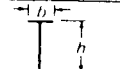

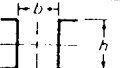

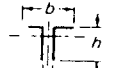
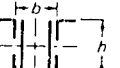

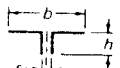

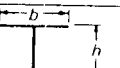
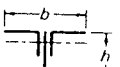
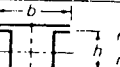
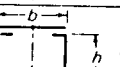
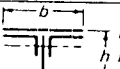
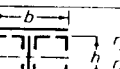
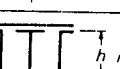
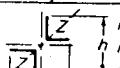
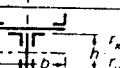
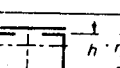
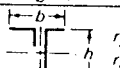
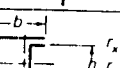
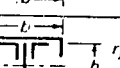
Jenis Batang	Jumlah Aal Penyambung Minimum dalam Satu Baris	Syarat Khusus	Luas Netto Efektif $A_e$
(a) Batang tarik dengan panjang penuh yang semua elemen penampang lintangnya disambung untuk menyalurkan gaya tarik	1	Tidak ada	$A_n^*$
(b) Penyambung batang tarik yang pendek, seperti plat penyambung, plat juhul, atau penyambung balok ke kolom	1	Tidak ada	$A_n$ tetapi tidak melampaui 0,85 $A_g$
(c) Profil giling W, M, atau S	3	lebar sayap > tinggi profil sambungan ke sayap atau sayap-sayap	0,90 $A_g$
(d) Profil T struktural yang dibuat dari penampang yang memenuhi syarat (c) di atas	3		0,90 $A_g$
(e) Profil W, M, atau S yang tidak memenuhi syarat (c) dan profil lain (termasuk penampang tersusun), yang memiliki semen lepas (yang tidak disambung) yang tidak sebidang dengan pembebanan	3	Tidak ada	0,85 $A_g$
(f) Semua profil pada (c), (d), atau (e)	2	Tidak ada	0,85 $A_g$

\* Luas netto sesungguhnya yang dihitung menurut AISC-1.14.2.1 dan 1.14.4.

$\frac{Kl/r}{C_c}$	$C_s$	$\frac{Kl/r}{C_c}$	$C_s$	$\frac{Kl/r}{C_c}$	$C_s$	$\frac{Kl/r}{C_c}$	$C_s$
.01	.599	.26	.548	.51	.472	.76	.375
.02	.597	.27	.546	.52	.469	.77	.371
.03	.596	.28	.543	.53	.465	.78	.366
.04	.594	.29	.540	.54	.462	.79	.362
.05	.593	.30	.538	.55	.458	.80	.357
.06	.591	.31	.535	.56	.455	.81	.353
.07	.589	.32	.532	.57	.451	.82	.348
.08	.588	.33	.529	.58	.447	.83	.344
.09	.586	.34	.527	.59	.444	.84	.339
.10	.584	.35	.524	.60	.440	.85	.335
.11	.582	.36	.521	.61	.436	.86	.330
.12	.580	.37	.518	.62	.432	.87	.325
.13	.578	.38	.515	.63	.428	.88	.321
.14	.576	.39	.512	.64	.424	.89	.316
.15	.574	.40	.509	.65	.420	.90	.311
.16	.572	.41	.506	.66	.416	.91	.306
.17	.570	.42	.502	.67	.412	.92	.301
.18	.568	.43	.499	.68	.408	.93	.296
.19	.565	.44	.496	.69	.404	.94	.291
.20	.563	.45	.493	.70	.400	.95	.286
.21	.561	.46	.489	.71	.396	.96	.281
.22	.558	.47	.486	.72	.392	.97	.276
.23	.556	.48	.483	.73	.388	.98	.271
.24	.553	.49	.479	.74	.384	.99	.266
.25	.551	.50	.476	.75	.379	1.00	.261

\* When ratios exceed the noncompact section limits of Sect. B5.1, use  $\frac{Kl/r}{C_c}$  in lieu of  $\frac{Kl/r}{C_c}$  values and equation  $F_a = C_s Q_s Q_r F_y$  (Appendix Sect. B5).



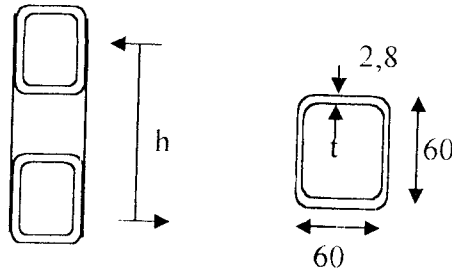
 $r_x = 0,29h$ $r_y = 0,29b$	 $r_x = 0,42h$ $r_y = 0,42b$	 $r_x = 0,31h$ $r_y = 0,48b$
 $r_x = 0,40h$ $h$ rata-rata	 $r_y =$ sama seperti untuk 2 L	 $r_x = 0,37h$ $r_y = 0,28b$
 $r_x = 0,25h$	 $r_x = 0,42h$ $r_y =$ sama seperti untuk 2 L	 $r_x = 0,31h$
 $r = \sqrt{\frac{H^2 + h^2}{16}}$ $r = 0,35H_m$	 $r_x = 0,39h$ $r_y = 0,21b$	 $r_x = 0,31h$
 $r_x = 0,31h$ $r_y = 0,31h$ $r_z = 0,197h$	 $r_x = 0,45h$ $r_y = 0,235b$	 $r_x = 0,40h$ $r_y = 0,21b$
 $r_x = 0,29h$ $r_y = 0,32b$ $r_z = 0,18 \frac{h+b}{2}$	 $r_x = 0,36h$ $r_y = 0,45b$	 $r_x = 0,38h$ $r_y = 0,22b$
 $r_x = 0,31h$ $r_y = 0,215b$ $r_z = b(0,21+0,02s)$	 $r_x = 0,36h$ $r_y = 0,6(0,6)$	 $r_x = 0,39h$
 $r_x = 0,32h$ $r_y = 0,21b$ $r_z = b(0,19+0,02s)$	 $r_x = 0,36h$ $r_y = 0,53b$	 $r_x = 0,35h$
 $r_x = 0,29h$ $r_y = 0,24b$ $r_z = b(0,23+0,02s)$	 $r_x = 0,39h$ $r_y = 0,55b$	 $r_x = 0,435h$ $r_y = 0,25b$
 $r_x = 0,30h$ $r_y = 0,17b$	 $r_x = 0,42h$ $r_y = 0,32b$	 $r_x = 0,42h$
 $r_x = 0,25h$ $r_y = 0,21b$	 $r_x = 0,44h$ $r_y = 0,28b$	 $r_x = 0,42h$
 $r_x = 0,21h$ $r_y = 0,21b$ $r_z = 0,19h$	 $r_x = 0,50h$ $r_y = 0,28b$	 $r_x = 0,285h$ $r_y = 0,37b$
 $r_x = 0,38h$ $r_y = 0,19b$	 $r_x = 0,39h$ $r_y = 0,21b$	 $r_x = 0,42h$ $r_y = 0,23b$

\*Sumber : J.A.L. Waddell, "Bridge Engineering," John Wiley & Sons, Inc., 1916.

Perhitungan lendutan benda uji dipandang sebagai balok sederhana

Dimensi profil: (60 x 60 x 2,8) mm

Tinggi, h : 400 mm



$$y_a = y_b = 200 \text{ mm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b x h^3 + A x d^2$$

$$I_x = \left[ \frac{1}{12} \times 60 \times 2,8^3 + (60 \times 2,8) \left( 200 - \frac{2,8}{2} \right)^2 \right] + 2 \left[ \frac{1}{12} \times 60 \times 2,8^3 + (60 \times 2,8) \left( 140 + \frac{2,8}{2} \right)^2 \right] \\ + 4 \left[ \frac{1}{12} \times 2,8 \times (60 - 2 \times 2,8)^3 + (2,8 \times (60 - 2 \times 2,8)) 170^2 \right]$$

$$= 31059084,73 \text{ mm}^4$$

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

$$P_1 = P_2 = 37 \text{ kN}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$\Delta_{maks} = \frac{23 P L^3}{648 E I}$$

$$\Delta_{maks} = \frac{23 \times 37 \cdot 10^3 \times (3 \cdot 10^3)^3}{648 \times 2 \cdot 10^5 \times 31059084,73} = 5,708 \text{ mm}$$



; File C:\My Documents\tugas akhir\model 1.\$2k saved  
6/4/03 14:53:38 in KN-m

L8A-1

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=KN PAGE=SECTIONS

JOINT

1 X=-1.5 Y=0 Z=0  
2 X=-1 Y=0 Z=0  
3 X=-.5 Y=0 Z=0  
4 X=0 Y=0 Z=0  
5 X=.5 Y=0 Z=0  
6 X=1 Y=0 Z=0  
7 X=1.5 Y=0 Z=0  
8 X=-1.5 Y=0 Z=.4  
9 X=-1 Y=0 Z=.4  
10 X=-.5 Y=0 Z=.4  
11 X=0 Y=0 Z=.4  
12 X=.5 Y=0 Z=.4  
13 X=1 Y=0 Z=.4  
14 X=1.5 Y=0 Z=.4

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3  
ADD=7 DOF=U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=BOX IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=323864  
NAME=CIRCLE IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=386589

FRAME SECTION

NAME=BOX MAT=BOX SH=B T=.06,.06,.0028,.0028 A=6.4064E-04  
J=5.240179E-07 I=3.501824E-07,3.501824E-07  
AS=.000336,.000336

NAME=PENGAKU MAT=CIRCLE SH=P T=.024 A=4.523893E-04  
J=3.257203E-08 I=1.628602E-08,1.628602E-08 AS=4.071504E-04,  
4.071504E-04

FRAME

1 J=1,2 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0  
2 J=2,3 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0  
3 J=3,4 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0  
4 J=4,5 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0  
5 J=5,6 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0  
6 J=6,7 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0  
7 J=1,8 SEC=PENGAKU NSEG=2 ANG=0

8	J=2,9	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0
9	J=3,10	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0
10	J=4,11	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0
11	J=5,12	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0
12	J=6,13	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0
13	J=7,14	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0
14	J=8,9	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
15	J=9,10	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
16	J=10,11	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
17	J=11,12	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
18	J=12,13	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
19	J=13,14	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0

LOAD

NAME=P CSYS=0

TYPE=FORCE

ADD=10 UZ=-18

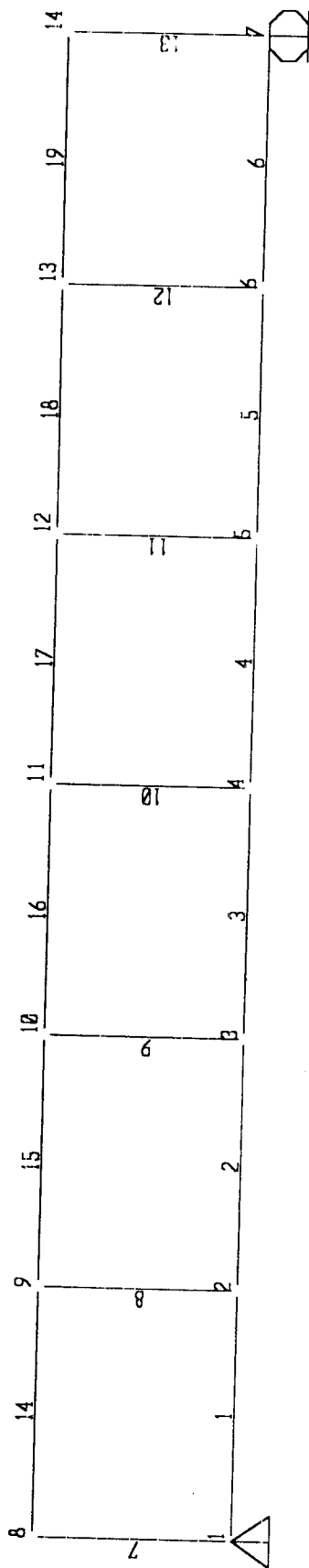
ADD=12 UZ=-18

Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 1  
Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 18 \text{ kN}$

No. Batang	Gaya Batang	Kapasitas Batang	Keterangan
1	10.6661	124.104	Aman
2	21.1447	124.104	Aman
3	27.2700	124.104	Aman
4	27.2700	124.104	Aman
5	21.1447	124.104	Aman
6	10.6661	124.104	Aman
7	-4.5296	7.555	Aman
8	-0.0754	7.555	Aman
9	-4.4002	7.555	Aman
10	-0.1121	7.555	Aman
11	-4.4002	7.555	Aman
12	-0.0754	7.555	Aman
13	-4.5296	7.555	Aman
14	-10.6661	92.24	Aman
15	-21.1447	92.24	Aman
16	-27.2700	92.24	Aman
17	-27.2700	92.24	Aman
18	-21.1447	92.24	Aman
19	-10.6661	92.24	Aman

Lendutan Benda Uji 1  
Berdasarkan Analisis SAP 2000

JOINT	LOAD	Lendutan, U3 (m)
1	P	0.0000
2	P	-0.0239
3	P	-0.0429
4	P	-0.0494
5	P	-0.0429
6	P	-0.0239
7	P	0.0000
8	P	0.0000
9	P	-0.0239
10	P	-0.0429
11	P	-0.0494
12	P	-0.0429
13	P	-0.0239
14	P	0.0000





Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji I  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 18 \text{ kN}$

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0.0000	10.6661	9.1125	-1.10359E-15	0	-2.9407E-16	2.4282
1	P	0.1250	10.6661	9.1187	-1.10433E-15	0	-1.56075E-16	1.2887
1	P	0.2500	10.6661	9.1248	-1.10508E-15	0	-1.7987E-17	0.1485
1	P	0.3750	10.6661	9.1310	-1.10582E-15	0	1.20194E-16	-0.9925
1	P	0.5000	10.6661	9.1371	-1.10657E-15	0	2.58468E-16	-2.1342
2	P	0.0000	21.1447	8.9372	-1.08235E-15	0	-5.82213E-16	4.8074
2	P	0.1250	21.1447	8.9433	-1.0831E-15	0	-4.46872E-16	3.6899
2	P	0.2500	21.1447	8.9495	-1.08384E-15	0	-3.11439E-16	2.5716
2	P	0.3750	21.1447	8.9557	-1.08459E-15	0	-1.75912E-16	1.4525
2	P	0.5000	21.1447	8.9618	-1.08533E-15	0	-4.02916E-17	0.3327
3	P	0.0000	27.2700	0.1121	-1.35816E-17	0	-4.41381E-16	3.6446
3	P	0.1250	27.2700	0.1183	-1.43266E-17	0	-4.39637E-16	3.6302
3	P	0.2500	27.2700	0.1244	-1.50716E-17	0	-4.37799E-16	3.6150
3	P	0.3750	27.2700	0.1306	-1.58166E-17	0	-4.35869E-16	3.5991
3	P	0.5000	27.2700	0.1368	-1.65616E-17	0	-4.33845E-16	3.5823
4	P	0.0000	27.2700	-0.1368	1.65616E-17	0	-4.33845E-16	3.5823
4	P	0.1250	27.2700	-0.1306	1.58166E-17	0	-4.35869E-16	3.5991
4	P	0.2500	27.2700	-0.1244	1.50716E-17	0	-4.37799E-16	3.6150
4	P	0.3750	27.2700	-0.1183	1.43266E-17	0	-4.39637E-16	3.6302
4	P	0.5000	27.2700	-0.1121	1.35816E-17	0	-4.41381E-16	3.6446
5	P	0.0000	21.1447	-8.9618	1.08533E-15	0	-4.02916E-17	0.3327
5	P	0.1250	21.1447	-8.9557	1.08459E-15	0	-1.75912E-16	1.4525
5	P	0.2500	21.1447	-8.9495	1.08384E-15	0	-3.11439E-16	2.5716
5	P	0.3750	21.1447	-8.9433	1.0831E-15	0	-4.46872E-16	3.6899
5	P	0.5000	21.1447	-8.9372	1.08235E-15	0	-5.82213E-16	4.8074
6	P	0.0000	10.6661	-9.1371	1.10657E-15	0	2.58468E-16	-2.1342
6	P	0.1250	10.6661	-9.1310	1.10582E-15	0	1.20194E-16	-0.9925
6	P	0.2500	10.6661	-9.1248	1.10508E-15	0	-1.7987E-17	0.1485
6	P	0.3750	10.6661	-9.1187	1.10433E-15	0	-1.56075E-16	1.2887
6	P	0.5000	10.6661	-9.1125	1.10359E-15	0	-2.9407E-16	2.4282
7	P	0.0000	-9.0592	-10.6661	0	0	0	-2.1342
7	P	0.2000	-9.0522	-10.6661	0	0	0	-0.0010
7	P	0.4000	-9.0453	-10.6661	0	0	0	2.1322
8	P	0.0000	-0.1368	10.4786	0	0	0	2.0959
8	P	0.2000	-0.1438	10.4786	0	0	0	0.0002
8	P	0.4000	-0.1507	10.4786	0	0	0	-2.0955
9	P	0.0000	-8.7865	6.1253	0	0	0	1.2250
9	P	0.2000	-8.7935	6.1253	0	0	0	0.0000
9	P	0.4000	-8.8004	6.1253	0	0	0	-1.2251
10	P	0.0000	-0.2104	0.0000	0	0	0	0.0000
10	P	0.2000	-0.2173	0.0000	0	0	0	0.0000
10	P	0.4000	-0.2243	0.0000	0	0	0	0.0000
11	P	0.0000	-8.7865	-6.1253	0	0	0	-1.2250
11	P	0.2000	-8.7935	-6.1253	0	0	0	0.0000
11	P	0.4000	-8.8004	-6.1253	0	0	0	1.2251

12	P	0.0000	-0.1368	-10.4786	0	0	0	-2.0959
12	P	0.2000	-0.1438	-10.4786	0	0	0	-0.0002
12	P	0.4000	-0.1507	-10.4786	0	0	0	2.0955
13	P	0.0000	-9.0453	-10.6661	0	0	0	-2.1322
13	P	0.2000	-9.0522	-10.6661	0	0	0	0.0010
13	P	0.4000	-9.0592	-10.6661	0	0	0	2.1342
14	P	0.0000	-10.6661	-9.0453	1.09544E-15	0	2.58226E-16	-2.1322
14	P	0.1250	-10.6661	-9.0391	1.0947E-15	0	1.21343E-16	-1.0019
14	P	0.2500	-10.6661	-9.0330	1.09395E-15	0	-1.54479E-17	0.1276
14	P	0.3750	-10.6661	-9.0268	1.09321E-15	0	-1.52145E-16	1.2563
14	P	0.5000	-10.6661	-9.0207	1.09246E-15	0	-2.8875E-16	2.3843
15	P	0.0000	-21.1447	-9.1575	1.10903E-15	0	-3.49183E-17	0.2883
15	P	0.1250	-21.1447	-9.1513	1.10829E-15	0	-1.73501E-16	1.4326
15	P	0.2500	-21.1447	-9.1452	1.10754E-15	0	-3.1199E-16	2.5762
15	P	0.3750	-21.1447	-9.1390	1.1068E-15	0	-4.50386E-16	3.7189
15	P	0.5000	-21.1447	-9.1329	1.10605E-15	0	-5.88689E-16	4.8609
16	P	0.0000	-27.2700	0.0806	-9.75977E-18	0	-4.40331E-16	3.6359
16	P	0.1250	-27.2700	0.0867	-1.05048E-17	0	-4.39065E-16	3.6254
16	P	0.2500	-27.2700	0.0929	-1.12498E-17	0	-4.37705E-16	3.6142
16	P	0.3750	-27.2700	0.0990	-1.19948E-17	0	-4.36252E-16	3.6022
16	P	0.5000	-27.2700	0.1052	-1.27398E-17	0	-4.34706E-16	3.5895
17	P	0.0000	-27.2700	-0.1052	1.27398E-17	0	-4.34706E-16	3.5895
17	P	0.1250	-27.2700	-0.0990	1.19948E-17	0	-4.36252E-16	3.6022
17	P	0.2500	-27.2700	-0.0929	1.12498E-17	0	-4.37705E-16	3.6142
17	P	0.3750	-27.2700	-0.0867	1.05048E-17	0	-4.39065E-16	3.6254
17	P	0.5000	-27.2700	-0.0806	9.75977E-18	0	-4.40331E-16	3.6359
18	P	0.0000	-21.1447	9.1329	-1.10605E-15	0	-5.88689E-16	4.8609
18	P	0.1250	-21.1447	9.1390	-1.1068E-15	0	-4.50386E-16	3.7189
18	P	0.2500	-21.1447	9.1452	-1.10754E-15	0	-3.1199E-16	2.5762
18	P	0.3750	-21.1447	9.1513	-1.10829E-15	0	-1.73501E-16	1.4326
18	P	0.5000	-21.1447	9.1575	-1.10903E-15	0	-3.49183E-17	0.2883
19	P	0.0000	-10.6661	9.0207	-1.09246E-15	0	-2.8875E-16	2.3843
19	P	0.1250	-10.6661	9.0268	-1.09321E-15	0	-1.52145E-16	1.2563
19	P	0.2500	-10.6661	9.0330	-1.09395E-15	0	-1.54479E-17	0.1276
19	P	0.3750	-10.6661	9.0391	-1.0947E-15	0	1.21343E-16	-1.0019
19	P	0.5000	-10.6661	9.0453	-1.09544E-15	0	2.58226E-16	-2.1322

; File C:\My Documents\tugas akhir\New Folder\model 2.\$2k  
 saved 5/27/03 8:03:30 in KN-m

## SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ LENGTH=m FORCE=KN PAGE=SECTIONS

## JOINT

1 X=-1.5 Y=0 Z=0  
 2 X=-1 Y=0 Z=0  
 3 X=-.5 Y=0 Z=0  
 4 X=0 Y=0 Z=0  
 5 X=.5 Y=0 Z=0  
 6 X=1 Y=0 Z=0  
 7 X=1.5 Y=0 Z=0  
 8 X=-1.5 Y=0 Z=.4  
 9 X=-1 Y=0 Z=.4  
 10 X=-.5 Y=0 Z=.4  
 11 X=0 Y=0 Z=.4  
 12 X=.5 Y=0 Z=.4  
 13 X=1 Y=0 Z=.4  
 14 X=1.5 Y=0 Z=.4

## RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3  
 ADD=7 DOF=U3

## PATTERN

NAME=DEFAULT

## MATERIAL

NAME=BOX IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
 T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=323864  
 NAME=CIRCLE IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
 T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=386589

## FRAME SECTION

NAME=BOX MAT=BOX SH=B T=.06,.06,.0028,.0028 A=6.4064E-04  
 J=5.240179E-07 I=3.501824E-07,3.501824E-07  
 AS=.000336,.000336  
 NAME=PENGAKU MAT=CIRCLE SH=P T=.024 A=4.523893E-04  
 J=3.257203E-08 I=1.628602E-08,1.628602E-08 AS=4.071504E-04,  
 4.071504E-04

## FRAME

1 J=2,1 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
 JREL=R2,R3  
 2 J=3,2 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
 JREL=R2,R3  
 3 J=4,3 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
 JREL=R2,R3

4	J=5,4	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
5	J=6,5	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
6	J=7,6	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
7	J=1,8	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
8	J=8,2	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
9	J=2,9	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
10	J=9,3	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
11	J=3,10	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
12	J=10,4	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
13	J=4,11	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
14	J=4,12	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
15	J=5,12	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
16	J=5,13	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
17	J=6,13	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
18	J=6,14	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
19	J=14,7	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
20	J=8,9	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
21	J=9,10	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
22	J=10,11	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
23	J=11,12	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
24	J=12,13	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				
25	J=13,14	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
	JREL=R2,R3				

LOAD

NAME=P CSYS=0

TYPE=FORCE

ADD=10 UZ=-58.5

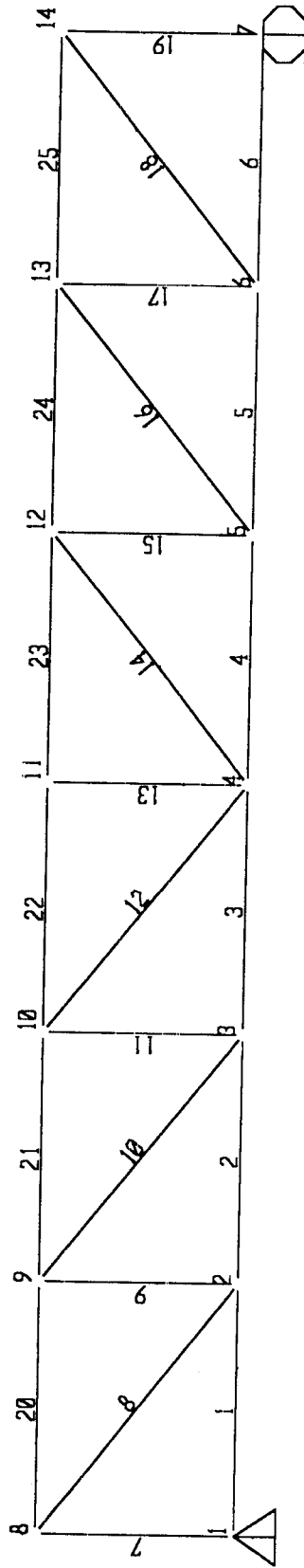
ADD=12 UZ=-58.5

Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 2  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 58.5 \text{ kN}$

No. Batang	Gaya Batang	Kapasitas Batang	Keterangan
1	0.6017	124.104	Aman
2	73.1425	124.104	Aman
3	142.2200	124.104	Tidak Aman
4	142.2200	124.104	Tidak Aman
5	73.1425	124.104	Aman
6	0.6017	124.104	Aman
7	-29.0297	7.555	Tidak Aman
8	45.9579	26.22	Tidak Aman
9	-28.1733	7.555	Tidak Aman
10	43.9775	26.22	Tidak Aman
11	-28.5872	7.555	Tidak Aman
12	1.8358	26.22	Aman
13	-1.5440	7.555	Aman
14	1.8358	26.22	Aman
15	-28.5872	7.555	Tidak Aman
16	43.9775	26.22	Tidak Aman
17	-28.1733	7.555	Tidak Aman
18	45.9579	26.22	Tidak Aman
19	-29.0297	7.555	Tidak Aman
20	-72.4316	92.24	Aman
21	-141.8642	92.24	Tidak Aman
22	-145.1155	92.24	Tidak Aman
23	-145.1155	92.24	Tidak Aman
24	-141.8642	92.24	Tidak Aman
25	-72.4316	92.24	Aman

Lendutan Benda Uji 2  
Berdasarkan Analisis SAP 2000

JOINT	LOAD	LENDUTAN, U3 (m)
1	P	0.0000
2	P	-0.0041
3	P	-0.0074
4	P	-0.0084
5	P	-0.0074
6	P	-0.0041
7	P	0.0000
8	P	-0.0003
9	P	-0.0044
10	P	-0.0077
11	P	-0.0085
12	P	-0.0077
13	P	-0.0044
14	P	-0.0003



Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 2  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 58,5 \text{ kN}$

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0.0000	0.6017	0.6790	-8.22325E-17	0	-2.71642E-17	0.2243
1	P	0.1250	0.6017	0.6852	-8.29775E-17	0	-1.68386E-17	0.1390
1	P	0.2500	0.6017	0.6913	-8.37225E-17	0	-6.41979E-18	0.0530
1	P	0.3750	0.6017	0.6975	-8.44676E-17	0	4.09209E-18	-0.0338
1	P	0.5000	0.6017	0.7036	-8.52126E-17	0	1.46971E-17	-0.1214
2	P	0.0000	73.1425	1.6351	-1.98021E-16	0	-1.06043E-16	0.8756
2	P	0.1250	73.1425	1.6413	-1.98766E-16	0	-8.12433E-17	0.6708
2	P	0.2500	73.1425	1.6474	-1.99511E-16	0	-5.6351E-17	0.4653
2	P	0.3750	73.1425	1.6536	-2.00256E-16	0	-3.13655E-17	0.2590
2	P	0.5000	73.1425	1.6597	-2.01001E-16	0	-6.28694E-18	0.0519
3	P	0.0000	142.2200	-0.6916	8.37606E-17	0	-5.50543E-17	0.4546
3	P	0.1250	142.2200	-0.6855	8.30156E-17	0	-6.54778E-17	0.5407
3	P	0.2500	142.2200	-0.6793	8.22706E-17	0	-7.58032E-17	0.6260
3	P	0.3750	142.2200	-0.6732	8.15256E-17	0	-8.60454E-17	0.7105
3	P	0.5000	142.2200	-0.6670	8.07806E-17	0	-9.61895E-17	0.7943
4	P	0.0000	142.2200	0.6670	-8.07806E-17	0	-9.61895E-17	0.7943
4	P	0.1250	142.2200	0.6732	-8.15256E-17	0	-8.60454E-17	0.7105
4	P	0.2500	142.2200	0.6793	-8.22706E-17	0	-7.58032E-17	0.6260
4	P	0.3750	142.2200	0.6855	-8.30156E-17	0	-6.54778E-17	0.5407
4	P	0.5000	142.2200	0.6916	-8.37606E-17	0	-5.50543E-17	0.4546
5	P	0.0000	73.1425	-1.6597	2.01001E-16	0	-6.28694E-18	0.0519
5	P	0.1250	73.1425	-1.6536	2.00256E-16	0	-3.13655E-17	0.2590
5	P	0.2500	73.1425	-1.6474	1.99511E-16	0	-5.6351E-17	0.4653
5	P	0.3750	73.1425	-1.6413	1.98766E-16	0	-8.12433E-17	0.6708
5	P	0.5000	73.1425	-1.6351	1.98021E-16	0	-1.06043E-16	0.8756
6	P	0.0000	0.6017	-0.7036	8.52126E-17	0	1.46971E-17	-0.1214
6	P	0.1250	0.6017	-0.6975	8.44676E-17	0	4.09209E-18	-0.0338
6	P	0.2500	0.6017	-0.6913	8.37225E-17	0	-6.41979E-18	0.0530
6	P	0.3750	0.6017	-0.6852	8.29775E-17	0	-1.68386E-17	0.1390
6	P	0.5000	0.6017	-0.6790	8.22325E-17	0	-2.71642E-17	0.2243
7	P	0.0000	-58.0594	-0.6017	0	0	0	-0.1214
7	P	0.2000	-58.0525	-0.6017	0	0	0	-0.0010
7	P	0.4000	-58.0455	-0.6017	0	0	0	0.1193
8	P	0.0000	91.9158	0.0893	-1.08138E-17	0	-3.84036E-18	0.0317
8	P	0.3202	91.9088	0.0980	-1.1866E-17	0	-2.09818E-19	0.0017
8	P	0.6403	91.9019	0.1067	-1.29182E-17	0	3.75759E-18	-0.0310
9	P	0.0000	-56.3328	0.7109	0	0	0	0.1430
9	P	0.2000	-56.3397	0.7109	0	0	0	0.0008
9	P	0.4000	-56.3467	0.7109	0	0	0	-0.1414
10	P	0.0000	87.9549	0.0647	-7.83514E-18	0	-4.83898E-18	0.0400
10	P	0.3202	87.9479	0.0734	-8.88732E-18	0	-2.16208E-18	0.0179
10	P	0.6403	87.9410	0.0821	-9.93951E-18	0	8.51686E-19	-0.0070
11	P	0.0000	-57.1604	0.3558	0	0	0	0.0680
11	P	0.2000	-57.1674	0.3558	0	0	0	-0.0032
11	P	0.4000	-57.1743	0.3558	0	0	0	-0.0743



12	P	0.0000	3.6715	0.0457	-5.53404E-18	0	-4.50806E-18	0.0372
12	P	0.3202	3.6646	0.0544	-6.58623E-18	0	-2.56787E-18	0.0212
12	P	0.6403	3.6576	0.0631	-7.63841E-18	0	-2.9082E-19	0.0024
13	P	0.0000	-3.0741	0.0000	0	0	0	0.0000
13	P	0.2000	-3.0811	0.0000	0	0	0	0.0000
13	P	0.4000	-3.0880	0.0000	0	0	0	0.0000
14	P	0.0000	3.6715	0.0457	-5.53404E-18	0	-4.50806E-18	0.0372
14	P	0.3202	3.6646	0.0544	-6.58623E-18	0	-2.56787E-18	0.0212
14	P	0.6403	3.6576	0.0631	-7.63841E-18	0	-2.9082E-19	0.0024
15	P	0.0000	-57.1604	-0.3558	0	0	0	-0.0680
15	P	0.2000	-57.1674	-0.3558	0	0	0	0.0032
15	P	0.4000	-57.1743	-0.3558	0	0	0	0.0743
16	P	0.0000	87.9549	0.0647	-7.83514E-18	0	-4.83898E-18	0.0400
16	P	0.3202	87.9479	0.0734	-8.88732E-18	0	-2.16208E-18	0.0179
16	P	0.6403	87.9410	0.0821	-9.93951E-18	0	8.51686E-19	-0.0070
17	P	0.0000	-56.3328	-0.7109	0	0	0	-0.1430
17	P	0.2000	-56.3397	-0.7109	0	0	0	-0.0008
17	P	0.4000	-56.3467	-0.7109	0	0	0	0.1414
18	P	0.0000	91.9158	0.0893	-1.08138E-17	0	-3.84036E-18	0.0317
18	P	0.3202	91.9088	0.0980	-1.1866E-17	0	-2.09818E-19	0.0017
18	P	0.6403	91.9019	0.1067	-1.29182E-17	0	3.75759E-18	-0.0310
19	P	0.0000	-58.0455	-0.6017	0	0	0	-0.1193
19	P	0.2000	-58.0525	-0.6017	0	0	0	0.0010
19	P	0.4000	-58.0594	-0.6017	0	0	0	0.1214
20	P	0.0000	-72.4316	-0.6959	8.428E-17	0	1.82903E-17	-0.1510
20	P	0.1250	-72.4316	-0.6898	8.3535E-17	0	7.80182E-18	-0.0644
20	P	0.2500	-72.4316	-0.6836	8.279E-17	0	-2.5935E-18	0.0214
20	P	0.3750	-72.4316	-0.6775	8.2045E-17	0	-1.28957E-17	0.1065
20	P	0.5000	-72.4316	-0.6713	8.12999E-17	0	-2.31047E-17	0.1908
21	P	0.0000	-141.8642	-2.1096	2.55488E-16	0	-9.48433E-19	0.0078
21	P	0.1250	-141.8642	-2.1035	2.54743E-16	0	-3.28379E-17	0.2711
21	P	0.2500	-141.8642	-2.0973	2.53998E-16	0	-6.46342E-17	0.5337
21	P	0.3750	-141.8642	-2.0912	2.53253E-16	0	-9.63373E-17	0.7955
21	P	0.5000	-141.8642	-2.0850	2.52508E-16	0	-1.27947E-16	1.0565
22	P	0.0000	-145.1155	1.5125	-1.83168E-16	0	-1.15203E-16	0.9513
22	P	0.1250	-145.1155	1.5186	-1.83913E-16	0	-9.22608E-17	0.7618
22	P	0.2500	-145.1155	1.5248	-1.84658E-16	0	-6.92251E-17	0.5716
22	P	0.3750	-145.1155	1.5309	-1.85403E-16	0	-4.60963E-17	0.3806
22	P	0.5000	-145.1155	1.5371	-1.86148E-16	0	-2.28744E-17	0.1889
23	P	0.0000	-145.1155	-1.5371	1.86148E-16	0	-2.28744E-17	0.1889
23	P	0.1250	-145.1155	-1.5309	1.85403E-16	0	-4.60963E-17	0.3806
23	P	0.2500	-145.1155	-1.5248	1.84658E-16	0	-6.92251E-17	0.5716
23	P	0.3750	-145.1155	-1.5186	1.83913E-16	0	-9.22608E-17	0.7618
23	P	0.5000	-145.1155	-1.5125	1.83168E-16	0	-1.15203E-16	0.9513
24	P	0.0000	-141.8642	2.0850	-2.52508E-16	0	-1.27947E-16	1.0565
24	P	0.1250	-141.8642	2.0912	-2.53253E-16	0	-9.63373E-17	0.7955
24	P	0.2500	-141.8642	2.0973	-2.53998E-16	0	-6.46342E-17	0.5337
24	P	0.3750	-141.8642	2.1035	-2.54743E-16	0	-3.28379E-17	0.2711
24	P	0.5000	-141.8642	2.1096	-2.55488E-16	0	-9.48433E-19	0.0078

25	P	0.0000	-72.4316	0.6713	-8.12999E-17	0	-2.31047E-17	0.1908
25	P	0.1250	-72.4316	0.6775	-8.2045E-17	0	-1.28957E-17	0.1065
25	P	0.2500	-72.4316	0.6836	-8.279E-17	0	-2.5935E-18	0.0214
25	P	0.3750	-72.4316	0.6898	-8.3535E-17	0	7.80182E-18	-0.0644
25	P	0.5000	-72.4316	0.6959	-8.428E-17	0	1.82903E-17	-0.1510

; File C:\My Documents\tugas akhir\model 3.\$2k saved  
6/4/03 15:01:36 in KN-m

## SYSTEM

DOF=UX, UZ, RY LENGTH=m FORCE=KN PAGE=SECTIONS

## JOINT

1	X=-1.4985	Y=0	Z=0
2	X=-1.1655	Y=0	Z=0
3	X=-.8325	Y=0	Z=0
4	X=-.4995	Y=0	Z=0
5	X=-.1665	Y=0	Z=0
6	X=.1665	Y=0	Z=0
7	X=.4995	Y=0	Z=0
8	X=.8325	Y=0	Z=0
9	X=1.1655	Y=0	Z=0
10	X=1.4985	Y=0	Z=0
11	X=-1.4985	Y=0	Z=.4
12	X=-1.1655	Y=0	Z=.4
13	X=-.8325	Y=0	Z=.4
14	X=-.4995	Y=0	Z=.4
15	X=-.1665	Y=0	Z=.4
16	X=.1665	Y=0	Z=.4
17	X=.4995	Y=0	Z=.4
18	X=.8325	Y=0	Z=.4
19	X=1.1655	Y=0	Z=.4
20	X=1.4985	Y=0	Z=.4

## RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1, U2, U3  
ADD=10 DOF=U3

## PATTERN

NAME=DEFAULT

## MATERIAL

NAME=BOX IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=323864  
NAME=CIRCLE IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=386589

## FRAME SECTION

NAME=BOX MAT=BOX SH=B T=.06, .06, .0028, .0028 A=6.4064E-04  
J=5.240179E-07 I=3.501824E-07, 3.501824E-07  
AS=.000336, .000336  
NAME=PENGAKU MAT=CIRCLE SH=P T=.024 A=4.523893E-04  
J=3.257203E-08 I=1.628602E-08, 1.628602E-08 AS=4.071504E-04, 4.071504E-04

## FRAME

1	J=2,1	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
2	J=3,2	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
3	J=4,3	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
4	J=5,4	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
5	J=6,5	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
6	J=7,6	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
7	J=8,7	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
8	J=9,8	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
9	J=10,9	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
10	J=1,11	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
11	J=2,12	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
12	J=3,13	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
13	J=4,14	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
14	J=5,15	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
15	J=6,16	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
16	J=7,17	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
17	J=8,18	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
18	J=9,19	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
19	J=20,10	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
20	J=11,12	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
21	J=12,13	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
22	J=13,14	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
23	J=14,15	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
24	J=15,16	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
25	J=16,17	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
26	J=17,18	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
27	J=18,19	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
28	J=19,20	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0

## LOAD

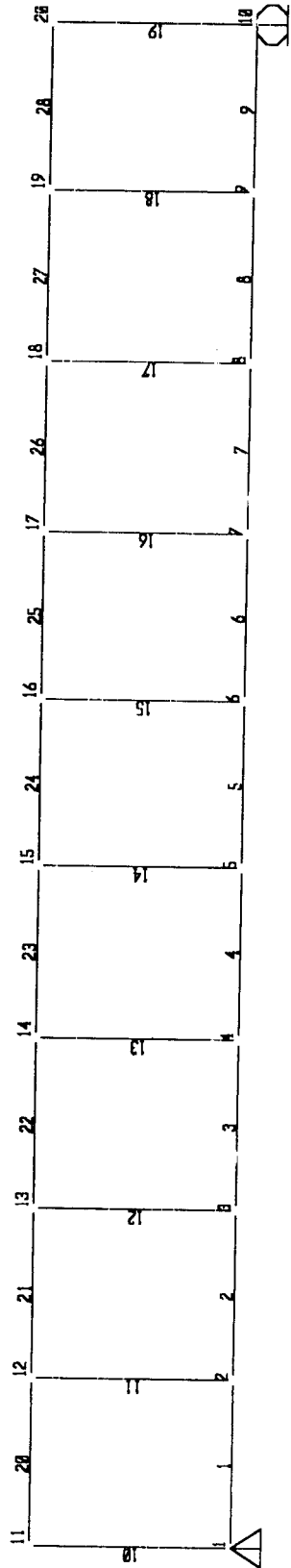
NAME=P CSYS=0  
TYPE=FORCE  
ADD=14 UZ=-21  
ADD=17 UZ=-21

Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 3  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 21 \text{ kN}$

No. Batang	Gaya Batang	Kapasitas Batang	Keterangan
1	10.0492	124.104	Aman
2	20.4113	124.104	Aman
3	29.4406	124.104	Aman
4	35.1887	124.104	Aman
5	36.9675	124.104	Aman
6	35.1887	124.104	Aman
7	29.4406	124.104	Aman
8	20.4113	124.104	Aman
9	10.0492	124.104	Aman
10	-5.2809	7.555	Aman
11	-0.0172	7.555	Aman
12	-0.1272	7.555	Aman
13	-5.0337	7.555	Aman
14	-0.1126	7.555	Aman
15	-0.1126	7.555	Aman
16	-5.0337	7.555	Aman
17	-0.1272	7.555	Aman
18	-0.0172	7.555	Aman
19	-5.2809	7.555	Aman
20	-10.0492	94.181	Aman
21	-20.4113	94.181	Aman
22	-29.4406	94.181	Aman
23	-35.1887	94.181	Aman
24	-36.9675	94.181	Aman
25	-35.1887	94.181	Aman
26	-29.4406	94.181	Aman
27	-20.4113	94.181	Aman
28	-10.0492	94.181	Aman

Lendutan Benda Uji 3  
Berdasarkan Analisis SAP 2000

JOINT	LOAD	LENDUTAN, U3 (m)
1	P	0.0000
2	P	-0.0151
3	P	-0.0295
4	P	-0.0405
5	P	-0.0459
6	P	-0.0459
7	P	-0.0405
8	P	-0.0295
9	P	-0.0151
10	P	0.0000
11	P	0.0000
12	P	-0.0151
13	P	-0.0295
14	P	-0.0406
15	P	-0.0459
16	P	-0.0459
17	P	-0.0406
18	P	-0.0295
19	P	-0.0151
20	P	0.0000



Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 3  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban  $P_1 = P_2 = 21$  kN

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0.0000	10.0492	10.6390	-1.2884E-15	0	-1.8625E-16	1.5379
1	P	0.0833	10.0492	10.6431	-1.2889E-15	C	-7.8863E-17	0.6512
1	P	0.1667	10.0492	10.6472	-1.2894E-15	0	2.85698E-17	-0.2359
1	P	0.2500	10.0492	10.6513	-1.2899E-15	0	1.36044E-16	-1.1233
1	P	0.3333	10.0492	10.6554	-1.2904E-15	0	2.43559E-16	-2.0111
2	P	0.0000	20.4113	10.5881	-1.2823E-15	0	-3.6295E-16	2.9969
2	P	0.0833	20.4113	10.5922	-1.2828E-15	0	-2.5607E-16	2.1144
2	P	0.1667	20.4113	10.5963	-1.2833E-15	0	-1.4915E-16	1.2315
2	P	0.2500	20.4113	10.6004	-1.2838E-15	0	-4.2188E-17	0.3484
2	P	0.3333	20.4113	10.6045	-1.2843E-15	0	6.48135E-17	-0.5352
3	P	0.0000	29.4406	10.3172	-1.2495E-15	0	-5.6117E-16	4.6337
3	P	0.0833	29.4406	10.3213	-1.25E-15	0	-4.5703E-16	3.7738
3	P	0.1667	29.4406	10.3254	-1.2505E-15	0	-3.5284E-16	2.9135
3	P	0.2500	29.4406	10.3295	-1.251E-15	0	-2.4862E-16	2.0529
3	P	0.3333	29.4406	10.3336	-1.2515E-15	0	-1.4435E-16	1.1919
4	P	0.0000	35.1887	0.2334	-2.8269E-17	0	-4.317E-16	3.5646
4	P	0.0833	35.1887	0.2375	-2.8766E-17	0	-4.2932E-16	3.5450
4	P	0.1667	35.1887	0.2416	-2.9262E-17	0	-4.2691E-16	3.5250
4	P	0.2500	35.1887	0.2457	-2.9759E-17	0	-4.2445E-16	3.5047
4	P	0.3333	35.1887	0.2498	-3.0256E-17	0	-4.2195E-16	3.4841
5	P	0.0000	36.9675	-0.0082	9.9335E-19	0	-3.885E-16	3.2080
5	P	0.0833	36.9675	-0.0041	4.96674E-19	0	-3.8857E-16	3.2085
5	P	0.1667	36.9675	0.0000	-1.7789E-24	0	-3.8859E-16	3.2086
5	P	0.2500	36.9675	0.0041	-4.9668E-19	0	-3.8857E-16	3.2085
5	P	0.3333	36.9675	0.0082	-9.9335E-19	0	-3.885E-16	3.2080
6	P	0.0000	35.1887	-0.2498	3.02555E-17	0	-4.2195E-16	3.4841
6	P	0.0833	35.1887	-0.2457	2.97589E-17	0	-4.2445E-16	3.5047
6	P	0.1667	35.1887	-0.2416	2.92622E-17	0	-4.2691E-16	3.5250
6	P	0.2500	35.1887	-0.2375	2.87655E-17	0	-4.2932E-16	3.5450
6	P	0.3333	35.1887	-0.2334	2.82688E-17	0	-4.317E-16	3.5646
7	P	0.0000	29.4406	-10.3336	1.25146E-15	0	-1.4435E-16	1.1919
7	P	0.0833	29.4406	-10.3295	1.25097E-15	0	-2.4862E-16	2.0529
7	P	0.1667	29.4406	-10.3254	1.25047E-15	0	-3.5284E-16	2.9135
7	P	0.2500	29.4406	-10.3213	1.24997E-15	0	-4.5703E-16	3.7738
7	P	0.3333	29.4406	-10.3172	1.24948E-15	0	-5.6117E-16	4.6337
8	P	0.0000	20.4113	-10.6045	1.28427E-15	0	6.48139E-17	-0.5352
8	P	0.0833	20.4113	-10.6004	1.28377E-15	0	-4.2188E-17	0.3484
8	P	0.1667	20.4113	-10.5963	1.28328E-15	0	-1.4915E-16	1.2315
8	P	0.2500	20.4113	-10.5922	1.28278E-15	0	-2.5607E-16	2.1144
8	P	0.3333	20.4113	-10.5881	1.28228E-15	0	-3.6295E-16	2.9969
9	P	0.0000	10.0492	-10.6554	1.29043E-15	0	2.43559E-16	-2.0111
9	P	0.0833	10.0492	-10.6513	1.28994E-15	0	1.36044E-16	-1.1233
9	P	0.1667	10.0492	-10.6472	1.28944E-15	0	2.857E-17	-0.2359
9	P	0.2500	10.0492	-10.6431	1.28894E-15	0	-7.8863E-17	0.6512
9	P	0.3333	10.0492	-10.6390	1.28845E-15	0	-1.8625E-16	1.5379



Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 3  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban  $P_1 = P_2 = 21 \text{ kN}$

10	P	0.0000	-10.5618	-10.0492	0	0	0	-2.0111
10	P	0.2000	-10.5548	-10.0492	0	0	0	-0.0013
10	P	0.4000	-10.5479	-10.0492	0	0	0	2.0085
11	P	0.0000	-0.0206	10.3621	0	0	0	2.0717
11	P	0.2000	-0.0275	10.3621	0	0	0	-0.0007
11	P	0.4000	-0.0345	10.3621	0	0	0	-2.0731
12	P	0.0000	-0.2406	9.0293	0	0	0	1.8068
12	P	0.2000	-0.2475	9.0293	0	0	0	0.0009
12	P	0.4000	-0.2545	9.0293	0	0	0	-1.8050
13	P	0.0000	-10.0534	5.7481	0	0	0	1.1496
13	P	0.2000	-10.0604	5.7481	0	0	0	0.0000
13	P	0.4000	-10.0673	5.7481	0	0	0	-1.1496
14	P	0.0000	-0.2113	1.7788	0	0	0	0.3549
14	P	0.2000	-0.2183	1.7788	0	0	0	-0.0009
14	P	0.4000	-0.2252	1.7788	0	0	0	-0.3567
15	P	0.0000	-0.2113	-1.7788	0	0	0	-0.3549
15	P	0.2000	-0.2183	-1.7788	0	0	0	0.0009
15	P	0.4000	-0.2252	-1.7788	0	0	0	0.3567
16	P	0.0000	-10.0534	-5.7481	0	0	0	-1.1496
16	P	0.2000	-10.0604	-5.7481	0	0	0	0.0000
16	P	0.4000	-10.0673	-5.7481	0	0	0	1.1496
17	P	0.0000	-0.2406	-9.0293	0	0	0	-1.8068
17	P	0.2000	-0.2475	-9.0293	0	0	0	-0.0009
17	P	0.4000	-0.2545	-9.0293	0	0	0	1.8050
18	P	0.0000	-0.0206	-10.3621	0	0	0	-2.0717
18	P	0.2000	-0.0275	-10.3621	0	0	0	0.0007
18	P	0.4000	-0.0345	-10.3621	0	0	0	2.0731
19	P	0.0000	-10.5479	-10.0492	0	0	0	-2.0085
19	P	0.2000	-10.5548	-10.0492	0	0	0	0.0013
19	P	0.4000	-10.5618	-10.0492	0	0	0	2.0111
20	P	0.0000	-10.0492	-10.5479	1.27742E-15	0	2.43248E-16	-2.0085
20	P	0.0833	-10.0492	-10.5438	1.27692E-15	0	1.36817E-16	-1.1297
20	P	0.1667	-10.0492	-10.5397	1.27643E-15	0	3.04278E-17	-0.2512
20	P	0.2500	-10.0492	-10.5356	1.27593E-15	0	-7.592E-17	0.6269
20	P	0.3333	-10.0492	-10.5315	1.27543E-15	0	-1.8223E-16	1.5047
21	P	0.0000	-20.4113	-10.5521	1.27793E-15	0	6.86734E-17	-0.5670
21	P	0.0833	-20.4113	-10.5480	1.27743E-15	0	-3.78E-17	0.3121
21	P	0.1667	-20.4113	-10.5439	1.27693E-15	0	-1.4423E-16	1.1909
21	P	0.2500	-20.4113	-10.5398	1.27644E-15	0	-2.5062E-16	2.0694
21	P	0.3333	-20.4113	-10.5357	1.27594E-15	0	-3.5697E-16	2.9476
22	P	0.0000	-29.4406	-10.7763	1.30508E-15	0	-1.3816E-16	1.1408
22	P	0.0833	-29.4406	-10.7722	1.30458E-15	0	-2.469E-16	2.0387
22	P	0.1667	-29.4406	-10.7681	1.30408E-15	0	-3.5559E-16	2.9362
22	P	0.2500	-29.4406	-10.7640	1.30359E-15	0	-4.6424E-16	3.3334
22	P	0.3333	-29.4406	-10.7599	1.30309E-15	0	-5.7286E-16	4.7302

Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 3  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban  $P_1 = P_2 = 21 \text{ kN}$

24	P	0.2500	-36.9675	0.0041	-4.9668E-19	0	-3.8285E-16	3.1612
24	P	0.3333	-36.9675	0.0082	-9.9335E-19	0	-3.8279E-16	3.1607
25	P	0.0000	-35.1887	-0.2031	2.45986E-17	0	-4.2576E-16	3.5156
25	P	0.0833	-35.1887	-0.1990	2.4102E-17	0	-4.2779E-16	3.5323
25	P	0.1667	-35.1887	-0.1949	2.36053E-17	0	-4.2978E-16	3.5488
25	P	0.2500	-35.1887	-0.1908	2.31086E-17	0	-4.3172E-16	3.5648
25	P	0.3333	-35.1887	-0.1867	2.26119E-17	0	-4.3363E-16	3.5806
26	P	0.0000	-29.4406	10.7599	-1.3031E-15	0	-5.7286E-16	4.7302
26	P	0.0833	-29.4406	10.7640	-1.3036E-15	0	-4.6424E-16	3.8334
26	P	0.1667	-29.4406	10.7681	-1.3041E-15	0	-3.5559E-16	2.9362
26	P	0.2500	-29.4406	10.7722	-1.3046E-15	0	-2.469E-16	2.0387
26	P	0.3333	-29.4406	10.7763	-1.3051E-15	0	-1.3816E-16	1.1408
27	P	0.0000	-20.4113	10.5357	-1.2759E-15	0	-3.5697E-16	2.9476
27	P	0.0833	-20.4113	10.5398	-1.2764E-15	0	-2.5062E-16	2.0694
27	P	0.1667	-20.4113	10.5439	-1.2769E-15	0	-1.4423E-16	1.1909
27	P	0.2500	-20.4113	10.5480	-1.2774E-15	0	-3.78E-17	0.3121
27	P	0.3333	-20.4113	10.5521	-1.2779E-15	0	6.86738E-17	-0.5671
28	P	0.0000	-10.0492	10.5315	-1.2754E-15	0	-1.8223E-16	1.5047
28	P	0.0833	-10.0492	10.5356	-1.2759E-15	0	-7.592E-17	0.6269
28	P	0.1667	-10.0492	10.5397	-1.2764E-15	0	3.04279E-17	-0.2512
28	P	0.2500	-10.0492	10.5438	-1.2769E-15	0	1.36817E-16	-1.1297
28	P	0.3333	-10.0492	10.5479	-1.2774E-15	0	2.43248E-16	-2.0085

; File C:\My Documents\tugas akhir\New Folder\model 4.\$2k  
saved 5/27/03 8:29:10 in KN-m

## SYSTEM

DOF=UX,UZ LENGTH=m FORCE=KN PAGE=SECTIONS

## JOINT

1 X=-1.4985 Y=0 Z=0  
2 X=-1.1655 Y=0 Z=0  
3 X=-.8325 Y=0 Z=0  
4 X=-.4995 Y=0 Z=0  
5 X=-.1665 Y=0 Z=0  
6 X=-2.220446E-16 Y=0 Z=0  
7 X=.1665 Y=0 Z=0  
8 X=.4995 Y=0 Z=0  
9 X=.8325 Y=0 Z=0  
10 X=1.1655 Y=0 Z=0  
11 X=1.4985 Y=0 Z=0  
12 X=-1.4985 Y=0 Z=.4  
13 X=-1.1655 Y=0 Z=.4  
14 X=-.8325 Y=0 Z=.4  
15 X=-.4995 Y=0 Z=.4  
16 X=-.1665 Y=0 Z=.4  
17 X=-2.220446E-16 Y=0 Z=.4  
18 X=.1665 Y=0 Z=.4  
19 X=.4995 Y=0 Z=.4  
20 X=.8325 Y=0 Z=.4  
21 X=1.1655 Y=0 Z=.4  
22 X=1.4985 Y=0 Z=.4

## RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3  
ADD=11 DOF=U3

## PATTERN

NAME=DEFAULT

## MATERIAL

NAME=BOX IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=323864  
NAME=CIRCLE IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=386589

## FRAME SECTION

NAME=BOX MAT=BOX SH=B T=.06,.06,.0028,.0028 A=6.4064E-  
04 J=5.240179E-07 I=3.501824E-07,3.501824E-07  
AS=.000336,.000336

NAME=PENGAJU MAT=CIRCLE SH=P T=.024 A=4.523893E-04  
 J=3.257203E-08 I=1.628602E-08,1.628602E-08 AS=4.071504E-04,4.071504E-04

## FRAME

1	J=2,1	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
2	J=3,2	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
3	J=4,3	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
4	J=5,4	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
5	J=6,5	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
6	J=7,6	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
7	J=8,7	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
8	J=9,8	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
9	J=10,9	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
10	J=11,10	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
11	J=1,12	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
12	J=12,2	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
13	J=2,13	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
14	J=13,3	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
15	J=3,14	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
16	J=14,4	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
17	J=4,15	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
18	J=15,5	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
19	J=5,16	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
20	J=16,6	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
21	J=17,6	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
22	J=6,18	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
23	J=7,18	SEC=PENGAJU	NSEG=2	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					

24 J=7,19 SEC=PENGAJU NSEG=2 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
25 J=8,19 SEC=PENGAJU NSEG=2 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
26 J=8,20 SEC=PENGAJU NSEG=2 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
27 J=9,20 SEC=PENGAJU NSEG=2 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
28 J=9,21 SEC=PENGAJU NSEG=2 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
29 J=10,21 SEC=PENGAJU NSEG=2 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
30 J=10,22 SEC=PENGAJU NSEG=2 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
31 J=22,11 SEC=PENGAJU NSEG=2 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
32 J=12,13 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
33 J=13,14 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
34 J=14,15 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
35 J=15,16 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
36 J=16,17 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
37 J=17,18 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
38 J=18,19 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
39 J=19,20 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
40 J=20,21 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3  
41 J=21,22 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0 IREL=R2,R3  
JREL=R2,R3

## LOAD

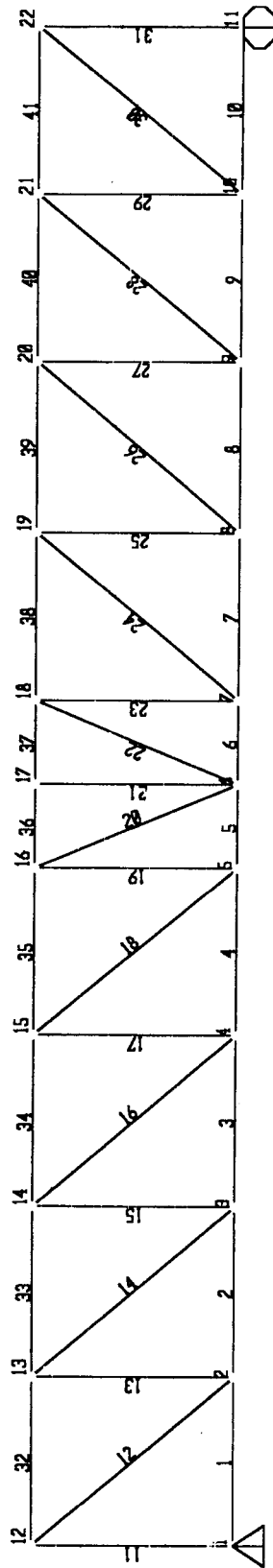
NAME=P CSYS=0  
TYPE=FORCE  
ADD=15 UZ=-58.5  
ADD=19 UZ=-58.5

Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 4  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 58,5$  kN

No. Batang	Gaya Batang	Kapasitas Batang	Keterangan
1	0.5657	124.104	Aman
2	48.5024	124.104	Aman
3	97.2340	124.104	Aman
4	142.0814	124.104	Tidak Aman
5	144.7031	124.104	Tidak Aman
6	144.7031	124.104	Tidak Aman
7	142.0814	124.104	Tidak Aman
8	97.2341	124.104	Aman
9	48.5023	124.104	Aman
10	0.5657	124.104	Aman
11	-28.8899	7.555	Tidak Aman
12	36.8552	26.22	Tidak Aman
13	-28.3523	7.555	Tidak Aman
14	37.4467	26.22	Tidak Aman
15	-27.9414	7.555	Tidak Aman
16	34.6504	26.22	Tidak Aman
17	-27.9704	7.555	Tidak Aman
18	1.9804	26.22	Aman
19	-1.5084	7.555	Aman
20	0.0568	26.22	Aman
21	0.5839	7.555	Aman
22	0.0568	26.22	Aman
23	-1.5084	7.555	Aman
24	1.9804	26.22	Aman
25	-27.9704	7.555	Tidak Aman
26	34.6504	26.22	Tidak Aman
27	-27.9414	7.555	Tidak Aman
28	37.4468	26.22	Tidak Aman
29	-28.3523	7.555	Tidak Aman
30	36.8552	26.22	Tidak Aman
31	-28.8899	7.555	Tidak Aman
32	-47.9174	94.181	Aman
33	-96.6203	94.181	Tidak Aman
34	-141.7397	94.181	Tidak Aman
35	-144.6882	94.181	Tidak Aman
36	-144.7307	94.181	Tidak Aman
37	-144.7307	94.181	Tidak Aman
38	-144.6882	94.181	Tidak Aman
39	-141.7397	94.181	Tidak Aman
40	-96.6203	94.181	Tidak Aman
41	-47.9173	94.181	Aman

Lendutan Benda Uji 4  
Berdasarkan Analisis SAP 2000

JOINT	LOAD	LENDUTAN U3 (m)
1	P	0.0000
2	P	-0.0027
3	P	-0.0052
4	P	-0.0072
5	P	-0.0081
6	P	-0.0082
7	P	-0.0081
8	P	-0.0072
9	P	-0.0052
10	P	-0.0027
11	P	0.0000
12	P	-0.0003
13	P	-0.0029
14	P	-0.0054
15	P	-0.0074
16	P	-0.0081
17	P	-0.0082
18	P	-0.0081
19	P	-0.0074
20	P	-0.0054
21	P	-0.0029
22	P	-0.0003





Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 4  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 58.5 \text{ kN}$

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0.0000	0.5657	1.0153	-1.2296E-16	0	-2.7523E-17	2.2726E-01
1	P	0.0833	0.5657	1.0194	-1.2345E-16	0	-1.7256E-17	1.4248E-01
1	P	0.1667	0.5657	1.0235	-1.2395E-16	0	-6.9474E-18	5.7366E-02
1	P	0.2500	0.5657	1.0276	-1.2445E-16	0	3.4023E-18	-2.8094E-02
1	P	0.3333	0.5657	1.0317	-1.2494E-16	0	1.3793E-17	-1.1390E-01
2	P	0.0000	48.5024	0.7659	-9.2752E-17	0	-3.7767E-17	3.1185E-01
2	P	0.0833	48.5024	0.7700	-9.3249E-17	0	-3.0017E-17	2.4786E-01
2	P	0.1667	48.5024	0.7741	-9.3746E-17	0	-2.2226E-17	1.3352E-01
2	P	0.2500	48.5024	0.7782	-9.4242E-17	0	-1.4393E-17	1.1884E-01
2	P	0.3333	48.5024	0.7823	-9.4739E-17	0	-6.5186E-18	5.3825E-02
3	P	0.0000	97.2340	2.2398	-2.7125E-16	0	-1.0705E-16	8.8397E-01
3	P	0.0833	97.2340	2.2439	-2.7175E-16	0	-8.4430E-17	6.9715E-01
3	P	0.1667	97.2340	2.2480	-2.7224E-16	0	-6.1763E-17	5.0999E-01
3	P	0.2500	97.2340	2.2521	-2.7274E-16	0	-3.9056E-17	3.2249E-01
3	P	0.3333	97.2340	2.2562	-2.7324E-16	0	-1.6307E-17	1.3465E-01
4	P	0.0000	142.0814	-0.6140	7.4354E-17	0	-6.9796E-17	5.7631E-01
4	P	0.0833	142.0814	-0.6099	7.3857E-17	0	-7.5971E-17	6.2731E-01
4	P	0.1667	142.0814	-0.6058	7.3360E-17	0	-8.2105E-17	6.7796E-01
4	P	0.2500	142.0814	-0.6016	7.2864E-17	0	-8.8198E-17	7.2826E-01
4	P	0.3333	142.0814	-0.5975	7.2367E-17	0	-9.4249E-17	7.7823E-01
5	P	0.0000	144.7031	-0.6735	8.1566E-17	0	-5.4488E-17	4.4992E-01
5	P	0.0417	144.7031	-0.6715	8.1318E-17	0	-5.7881E-17	4.7794E-01
5	P	0.0833	144.7031	-0.6694	8.1069E-17	0	-6.1264E-17	5.0587E-01
5	P	0.1250	144.7031	-0.6674	8.0821E-17	0	-6.4637E-17	5.3372E-01
5	P	0.1667	144.7031	-0.6653	8.0573E-17	0	-6.7999E-17	5.6148E-01
6	P	0.0000	144.7031	0.6653	-8.0573E-17	0	-6.7999E-17	5.6148E-01
6	P	0.0417	144.7031	0.6674	-8.0821E-17	0	-6.4637E-17	5.3372E-01
6	P	0.0833	144.7031	0.6694	-8.1069E-17	0	-6.1264E-17	5.0587E-01
6	P	0.1250	144.7031	0.6715	-8.1318E-17	0	-5.7881E-17	4.7794E-01
6	P	0.1667	144.7031	0.6735	-8.1566E-17	0	-5.4488E-17	4.4992E-01
7	P	0.0000	142.0814	0.5975	-7.2367E-17	0	-9.4249E-17	7.7823E-01
7	P	0.0833	142.0814	0.6016	-7.2864E-17	0	-8.8198E-17	7.2826E-01
7	P	0.1667	142.0814	0.6058	-7.3360E-17	0	-8.2105E-17	6.7796E-01
7	P	0.2500	142.0814	0.6099	-7.3857E-17	0	-7.5971E-17	6.2731E-01
7	P	0.3333	142.0814	0.6140	-7.4354E-17	0	-6.9796E-17	5.7631E-01
8	P	0.0000	97.2341	-2.2562	2.7324E-16	0	-1.6307E-17	1.3465E-01
8	P	0.0833	97.2341	-2.2521	2.7274E-16	0	-3.9056E-17	3.2249E-01
8	P	0.1667	97.2341	-2.2480	2.7224E-16	0	-6.1763E-17	5.0999E-01
8	P	0.2500	97.2341	-2.2439	2.7175E-16	0	-8.4430E-17	6.9715E-01
8	P	0.3333	97.2341	-2.2398	2.7125E-16	0	-1.0705E-16	8.8397E-01
9	P	0.0000	48.5023	-0.7823	9.4739E-17	0	-6.5186E-18	5.3825E-02
9	P	0.0833	48.5023	-0.7782	9.4242E-17	0	-1.4393E-17	1.1884E-01
9	P	0.1667	48.5023	-0.7741	9.3746E-17	0	-2.2226E-17	1.8352E-01
9	P	0.2500	48.5023	-0.7700	9.3249E-17	0	-3.0017E-17	2.4786E-01
9	P	0.3333	48.5023	-0.7659	9.2752E-17	0	-3.7767E-17	3.1185E-01

10	P	0.0000	0.5657	-1.0317	1.2494E-16	0	1.3793E-17	-1.1390E-01
10	P	0.0833	0.5657	-1.0276	1.2445E-16	0	3.4023E-18	-2.8094E-02
10	P	0.1667	0.5657	-1.0235	1.2395E-16	0	-6.9474E-18	5.7366E-02
10	P	0.2500	0.5657	-1.0194	1.2345E-16	0	-1.7256E-17	1.4248E-01
10	P	0.3333	0.5657	-1.0153	1.2296E-16	0	-2.7523E-17	2.2726E-01
11	P	0.0000	-57.7799	-0.5657	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.1390E-01
11	P	0.2000	-57.7729	-0.5657	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-7.5183E-04
11	P	0.4000	-57.7660	-0.5657	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.1239E-01
12	P	0.0000	73.7104	0.2127	-2.5763E-17	0	-6.9650E-18	5.7511E-02
12	P	0.2603	73.7034	0.2185	-2.6464E-17	0	-1.6651E-19	1.3749E-03
12	P	0.5207	73.6965	0.2243	-2.7166E-17	0	6.8146E-18	-5.6269E-02
13	P	0.0000	-56.6907	0.5850	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.1684E-01
13	P	0.2000	-56.6976	0.5850	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.6125E-04
13	P	0.4000	-56.7046	0.5850	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.1717E-01
14	P	0.0000	74.8935	0.2243	-2.7159E-17	0	-7.8382E-18	6.4722E-02
14	P	0.2603	74.8865	0.2300	-2.7860E-17	0	-6.7634E-19	5.5847E-03
14	P	0.5207	74.8796	0.2358	-2.8562E-17	0	6.6682E-18	-5.5060E-02
15	P	0.0000	-55.8689	0.6137	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.2335E-01
15	P	0.2000	-55.8758	0.6137	0.0000E+00	0	0.0000E+00	6.0412E-04
15	P	0.4000	-55.8828	0.6137	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.2214E-01
16	P	0.0000	69.3009	0.1826	-2.2119E-17	0	-7.7746E-18	6.4196E-02
16	P	0.2603	69.2939	0.1884	-2.2821E-17	0	-1.9247E-18	1.5893E-02
16	P	0.5207	69.2870	0.1942	-2.3522E-17	0	4.1078E-18	-3.3919E-02
17	P	0.0000	-55.9268	0.3418	0.0000E+00	0	0.0000E+00	6.4881E-02
17	P	0.2000	-55.9338	0.3418	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-3.4700E-03
17	P	0.4000	-55.9407	0.3418	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-7.1820E-02
18	P	0.0000	3.9609	0.0925	-1.1199E-17	0	-5.1583E-18	4.2593E-02
18	P	0.2603	3.9539	0.0983	-1.1901E-17	0	-2.1513E-18	1.7764E-02
18	P	0.5207	3.9470	0.1041	-1.2602E-17	0	1.0383E-18	-8.5734E-03
19	P	0.0000	-3.0030	0.0149	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-2.8365E-04
19	P	0.2000	-3.0099	0.0149	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-3.2710E-03
19	P	0.4000	-3.0169	0.0149	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-6.2583E-03
20	P	0.0000	0.1136	-0.0174	2.1074E-18	0	-3.2413E-19	2.6764E-03
20	P	0.2167	0.1067	-0.0145	1.7567E-18	0	-7.4274E-19	6.1329E-03
20	P	0.4333	0.0997	-0.0116	1.4060E-18	0	-1.0854E-18	8.9620E-03
21	P	0.0000	1.1678	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	5.8704E-11
21	P	0.2000	1.1609	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	6.5057E-11
21	P	0.4000	1.1539	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	7.1409E-11
22	P	0.0000	0.1136	-0.0174	2.1074E-18	0	-3.2413E-19	2.6764E-03
22	P	0.2167	0.1067	-0.0145	1.7567E-18	0	-7.4274E-19	6.1329E-03
22	P	0.4333	0.0997	-0.0116	1.4060E-18	0	-1.0854E-18	8.9620E-03
23	P	0.0000	-3.0030	-0.0149	0.0000E+00	0	0.0000E+00	2.6365E-04
23	P	0.2000	-3.0099	-0.0149	0.0000E+00	0	0.0000E+00	3.2710E-03
23	P	0.4000	-3.0169	-0.0149	0.0000E+00	0	0.0000E+00	6.2583E-03
24	P	0.0000	3.9609	0.0925	-1.1199E-17	0	-5.1583E-18	4.2593E-02
24	P	0.2603	3.9539	0.0983	-1.1901E-17	0	-2.1513E-18	1.7764E-02
24	P	0.5207	3.9470	0.1041	-1.2602E-17	0	1.0383E-18	-8.5734E-03

25	P	0.0000	-55.9268	-0.3418	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-6.4881E-02
25	P	0.2000	-55.9338	-0.3418	0.0000E+00	0	0.0000E+00	3.4700E-03
25	P	0.4000	-55.9407	-0.3418	0.0000E+00	0	0.0000E+00	7.1820E-02
26	P	0.0000	69.3009	0.1826	-2.2119E-17	0	-7.7746E-18	6.4196E-02
26	P	0.2603	69.2939	0.1884	-2.2821E-17	0	-1.9247E-18	1.5893E-02
26	P	0.5207	69.2870	0.1942	-2.3522E-17	0	4.1078E-18	-3.3919E-02
27	P	0.0000	-55.8689	-0.6137	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.2335E-01
27	P	0.2000	-55.8758	-0.6137	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-6.0412E-04
27	P	0.4000	-55.8828	-0.6137	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.2214E-01
28	P	0.0000	74.8935	0.2243	-2.7159E-17	0	-7.8382E-18	6.4722E-02
28	P	0.2603	74.8866	0.2300	-2.7860E-17	0	-6.7634E-19	5.5847E-03
28	P	0.5207	74.8796	0.2358	-2.8562E-17	0	6.6681E-18	-5.5060E-02
29	P	0.0000	-56.6907	-0.5850	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.1684E-01
29	P	0.2000	-56.6976	-0.5850	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.6125E-04
29	P	0.4000	-56.7046	-0.5850	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.1717E-01
30	P	0.0000	73.7103	0.2127	-2.5763E-17	0	-6.9650E-18	5.7511E-02
30	P	0.2603	73.7034	0.2185	-2.6464E-17	0	-1.6651E-19	1.3749E-03
30	P	0.5207	73.6964	0.2243	-2.7166E-17	0	6.8146E-18	-5.6269E-02
31	P	0.0000	-57.7660	-0.5657	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.1239E-01
31	P	0.2000	-57.7729	-0.5657	0.0000E+00	0	0.0000E+00	7.5183E-04
31	P	0.4000	-57.7799	-0.5657	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.1390E-01
32	P	0.0000	-47.9174	-1.2763	1.5457E-16	0	2.0576E-17	-1.6990E-01
32	P	0.0833	-47.9174	-1.2722	1.5407E-16	0	7.7165E-18	-6.3717E-02
32	P	0.1667	-47.9174	-1.2681	1.5357E-16	0	-5.1020E-18	4.2128E-02
32	P	0.2500	-47.9174	-1.2640	1.5308E-16	0	-1.7879E-17	1.4763E-01
32	P	0.3333	-47.9174	-1.2599	1.5258E-16	0	-3.0615E-17	2.5279E-01
33	P	0.0000	-96.6203	-0.5594	6.7745E-17	0	-8.6260E-18	7.1227E-02
33	P	0.0833	-96.6203	-0.5553	6.7248E-17	0	-1.4251E-17	1.1767E-01
33	P	0.1667	-96.6203	-0.5512	6.6751E-17	0	-1.9834E-17	1.6377E-01
33	P	0.2500	-96.6203	-0.5471	6.6255E-17	0	-2.5376E-17	2.0953E-01
33	P	0.3333	-96.6203	-0.5430	6.5758E-17	0	-3.0876E-17	2.5495E-01
34	P	0.0000	-141.7397	-3.2904	3.9848E-16	0	-8.1630E-18	6.7404E-02
34	P	0.0833	-141.7397	-3.2863	3.9799E-16	0	-4.1349E-17	3.4143E-01
34	P	0.1667	-141.7397	-3.2822	3.9749E-16	0	-7.4494E-17	6.1511E-01
34	P	0.2500	-141.7397	-3.2781	3.9699E-16	0	-1.0760E-16	8.8846E-01
34	P	0.3333	-141.7397	-3.2740	3.9650E-16	0	-1.4066E-16	1.1615E+00
35	P	0.0000	-144.6882	2.2829	-2.7647E-16	0	-1.2764E-16	1.0540E+00
35	P	0.0833	-144.6882	2.2870	-2.7697E-16	0	-1.0458E-16	8.6357E-01
35	P	0.1667	-144.6882	2.2911	-2.7746E-16	0	-8.1483E-17	6.7282E-01
35	P	0.2500	-144.6882	2.2952	-2.7796E-16	0	-5.8340E-17	4.8173E-01
35	P	0.3333	-144.6882	2.2993	-2.7846E-16	0	-3.5156E-17	2.9029E-01
36	P	0.0000	-144.7307	-0.5921	7.1710E-17	0	-3.4867E-17	2.8790E-01
36	P	0.0417	-144.7307	-0.5901	7.1461E-17	0	-3.7849E-17	3.1253E-01
36	P	0.0833	-144.7307	-0.5880	7.1213E-17	0	-4.0822E-17	3.3707E-01
36	P	0.1250	-144.7307	-0.5860	7.0965E-17	0	-4.3784E-17	3.6153E-01
36	P	0.1667	-144.7307	-0.5839	7.0716E-17	0	-4.6735E-17	3.8590E-01

37	P	0.0000	-144.7307	0.5839	-7.0716E-17	0	-4.6735E-17	3.8590E-01
37	P	0.0417	-144.7307	0.5860	-7.0965E-17	0	-4.3784E-17	3.6153E-01
37	P	0.0833	-144.7307	0.5880	-7.1213E-17	0	-4.0822E-17	3.3707E-01
37	P	0.1250	-144.7307	0.5901	-7.1461E-17	0	-3.7849E-17	3.1253E-01
37	P	0.1667	-144.7307	0.5921	-7.1710E-17	0	-3.4867E-17	2.8790E-01
38	P	0.0000	-144.6882	-2.2993	2.7846E-16	0	-3.5156E-17	2.9029E-01
38	P	0.0833	-144.6882	-2.2952	2.7796E-16	0	-5.8340E-17	4.8173E-01
38	P	0.1667	-144.6882	-2.2911	2.7746E-16	0	-8.1483E-17	6.7282E-01
38	P	0.2500	-144.6882	-2.2870	2.7697E-16	0	-1.0458E-16	8.6357E-01
38	P	0.3333	-144.6882	-2.2829	2.7647E-16	0	-1.2764E-16	1.0540E+00
39	P	0.0000	-141.7397	3.2740	-3.9650E-16	0	-1.4066E-16	1.1615E+00
39	P	0.0833	-141.7397	3.2781	-3.9699E-16	0	-1.0760E-16	8.8846E-01
39	P	0.1667	-141.7397	3.2822	-3.9749E-16	0	-7.4494E-17	6.1511E-01
39	P	0.2500	-141.7397	3.2863	-3.9799E-16	0	-4.1349E-17	3.4143E-01
39	P	0.3333	-141.7397	3.2904	-3.9848E-16	0	-8.1630E-18	6.7404E-02
40	P	0.0000	-96.6203	0.5430	-6.5758E-17	0	-3.0876E-17	2.5495E-01
40	P	0.0833	-96.6203	0.5471	-6.6255E-17	0	-2.5376E-17	2.0953E-01
40	P	0.1667	-96.6203	0.5512	-6.6751E-17	0	-1.9834E-17	1.6377E-01
40	P	0.2500	-96.6203	0.5553	-6.7248E-17	0	-1.4251E-17	1.1767E-01
40	P	0.3333	-96.6203	0.5594	-6.7745E-17	0	-8.6260E-18	7.1227E-02
41	P	0.0000	-47.9173	1.2599	-1.5258E-16	0	-3.0615E-17	2.5279E-01
41	P	0.0833	-47.9173	1.2640	-1.5308E-16	0	-1.7879E-17	1.4763E-01
41	P	0.1667	-47.9173	1.2681	-1.5357E-16	0	-5.1020E-18	4.2128E-02
41	P	0.2500	-47.9173	1.2722	-1.5407E-16	0	7.7165E-18	-6.3717E-02
41	P	0.3333	-47.9173	1.2763	-1.5457E-16	0	2.0576E-17	-1.6990E-01

L8E-1

; File C:\My Documents\tugas akhir\model 5.\$2k saved 6/4/03  
15:06:32 in KN-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=KN PAGE=SECTIONS

JOINT

1 X=-1.5 Y=0 Z=0  
2 X=-1.25 Y=0 Z=0  
3 X=-1 Y=0 Z=0  
4 X=-.75 Y=0 Z=0  
5 X=-.5 Y=0 Z=0  
6 X=-.25 Y=0 Z=0  
7 X=1.665335E-16 Y=0 Z=0  
8 X=.25 Y=0 Z=0  
9 X=.5 Y=0 Z=0  
10 X=.75 Y=0 Z=0  
11 X=1 Y=0 Z=0  
12 X=1.25 Y=0 Z=0  
13 X=1.5 Y=0 Z=0  
14 X=-1.5 Y=0 Z=.4  
15 X=-1.25 Y=0 Z=.4  
16 X=-1 Y=0 Z=.4  
17 X=-.75 Y=0 Z=.4  
18 X=-.5 Y=0 Z=.4  
19 X=-.25 Y=0 Z=.4  
20 X=-1.665335E-16 Y=0 Z=.4  
21 X=.25 Y=0 Z=.4  
22 X=.5 Y=0 Z=.4  
23 X=.75 Y=0 Z=.4  
24 X=1 Y=0 Z=.4  
25 X=1.25 Y=0 Z=.4  
26 X=1.5 Y=0 Z=.4

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3  
ADD=13 DOF=U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=BOX IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=323864  
NAME=CIRCLE IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=386589

; File C:\My Documents\tugas akhir\model 5.\$2k saved 6/4/03  
15:06:22 in KN-m

## SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=KN PAGE=SECTIONS

## JOINT

1 X=-1.5 Y=0 Z=0  
2 X=-1.25 Y=0 Z=0  
3 X=-1 Y=0 Z=0  
4 X=-.75 Y=0 Z=0  
5 X=-.5 Y=0 Z=0  
6 X=-.25 Y=0 Z=0  
7 X=1.665335E-16 Y=0 Z=0  
8 X=.25 Y=0 Z=0  
9 X=.5 Y=0 Z=0  
10 X=.75 Y=0 Z=0  
11 X=1 Y=0 Z=0  
12 X=1.25 Y=0 Z=0  
13 X=1.5 Y=0 Z=0  
14 X=-1.5 Y=0 Z=.4  
15 X=-1.25 Y=0 Z=.4  
16 X=-1 Y=0 Z=.4  
17 X=-.75 Y=0 Z=.4  
18 X=-.5 Y=0 Z=.4  
19 X=-.25 Y=0 Z=.4  
20 X=-1.665335E-16 Y=0 Z=.4  
21 X=.25 Y=0 Z=.4  
22 X=.5 Y=0 Z=.4  
23 X=.75 Y=0 Z=.4  
24 X=1 Y=0 Z=.4  
25 X=1.25 Y=0 Z=.4  
26 X=1.5 Y=0 Z=.4

## RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3  
ADD=13 DOF=U3

## PATTERN

NAME=DEFAULT

## MATERIAL

NAME=BOX IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=323864  
NAME=CIRCLE IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=386589

## FRAME SECTION

NAME=BOX MAT=BOX SH=B T=.06,.06,.0028,.0028 A=6.4064E-04  
 J=5.240179E-07 I=3.501824E-07,3.501824E-07  
 AS=.000336,.000336

NAME=PENGAKU MAT=CIRCLE SH=P T=.024 A=4.523893E-04  
 J=3.257203E-08 I=1.628602E-08,1.628602E-08 AS=4.071504E-04,  
 4.071504E-04

## FRAME

1	J=2,1	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
2	J=3,2	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
3	J=4,3	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	IREL=R2,R3
JREL=R2,R3					
4	J=5,4	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
5	J=6,5	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
6	J=7,6	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
7	J=8,7	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
8	J=9,8	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
9	J=10,9	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
10	J=11,10	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
11	J=12,11	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
12	J=13,12	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
13	J=1,14	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
14	J=2,15	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
15	J=3,16	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
16	J=4,17	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
17	J=5,18	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
18	J=6,19	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
19	J=7,20	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
20	J=8,21	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
21	J=9,22	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
22	J=10,23	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
23	J=11,24	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
24	J=12,25	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
25	J=26,13	SEC=PENGAKU	NSEG=2	ANG=0	
26	J=14,15	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
27	J=15,16	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
28	J=16,17	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
29	J=17,18	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
30	J=18,19	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
31	J=19,20	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
32	J=20,21	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
33	J=21,22	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
34	J=22,23	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
35	J=23,24	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
36	J=24,25	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	
37	J=25,26	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0	

LOAD

L8E-3

NAME=P CSYS=0

TYPE=FORCE

ADD=18 UZ=-22.5

ADD=22 UZ=-22.5

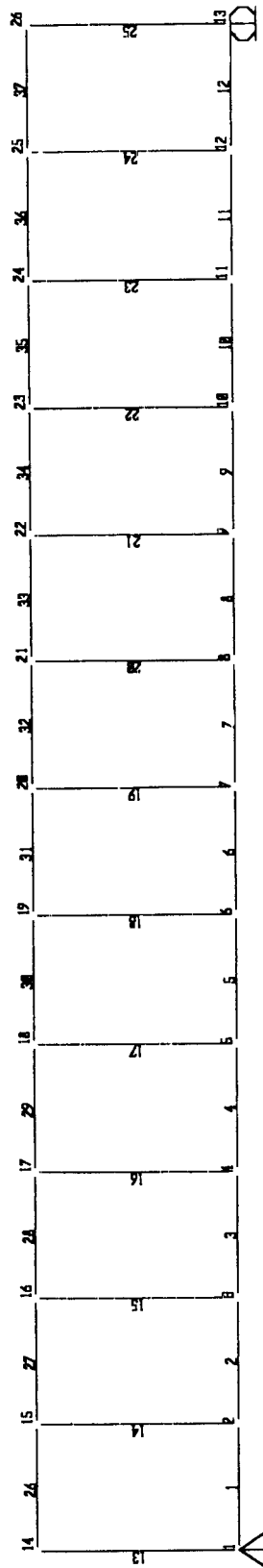


Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 5  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 22,5$  kN

No. Batang	Gaya Batang	Kapasitas Batang	Keterangan
1	9.0273	124.104	Aman
2	18.4097	124.104	Aman
3	27.3386	124.104	Aman
4	34.9301	124.104	Aman
5	40.0700	124.104	Aman
6	42.4346	124.104	Aman
7	42.4346	124.104	Aman
8	40.0700	124.104	Aman
9	34.9301	124.104	Aman
10	27.3386	124.104	Aman
11	18.4097	124.104	Aman
12	9.0273	124.104	Aman
13	-5.6135	7.555	Aman
14	-0.1610	7.555	Aman
15	0.1832	7.555	Aman
16	-0.3395	7.555	Aman
17	-5.1500	7.555	Aman
18	-0.3386	7.555	Aman
19	0.1955	7.555	Aman
20	-0.3386	7.555	Aman
21	-5.1500	7.555	Aman
22	-0.3395	7.555	Aman
23	0.1832	7.555	Aman
24	-0.1610	7.555	Aman
25	-5.6135	7.555	Aman
26	-9.0273	95.155	Aman
27	-18.4097	95.155	Aman
28	-27.3386	95.155	Aman
29	-34.9301	95.155	Aman
30	-40.0700	95.155	Aman
31	-42.4346	95.155	Aman
32	-42.4346	95.155	Aman
33	-40.0700	95.155	Aman
34	-34.9301	95.155	Aman
35	-27.3386	95.155	Aman
36	-18.4097	95.155	Aman
37	-9.0273	95.155	Aman

Lendutan Benda Uji 5  
Berdasarkan Analisis SAP 2000

JOINT	LOAD	LENDUTAN, U3 (m)
1	P	0.0000
2	P	-0.0103
3	P	-0.0204
4	P	-0.0296
5	P	-0.0367
6	P	-0.0407
7	P	-0.0420
8	P	-0.0407
9	P	-0.0367
10	P	-0.0296
11	P	-0.0204
12	P	-0.0103
13	P	0.0000
14	P	0.0000
15	P	-0.0103
16	P	-0.0204
17	P	-0.0296
18	P	-0.0367
19	P	-0.0407
20	P	-0.0420
21	P	-0.0407
22	P	-0.0367
23	P	-0.0296
24	P	-0.0204
25	P	-0.0103
26	P	0.0000



Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 5  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 22,5 \text{ kN}$

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0.0000	9.0273	11.4987	-1.3926E-15	0	-1.2946E-16	1.0690
1	P	0.0625	9.0273	11.5018	-1.3929E-15	0	-4.2412E-17	0.3502
1	P	0.1250	9.0273	11.5049	-1.3933E-15	0	4.4658E-17	-0.3688
1	P	0.1875	9.0273	11.5079	-1.3937E-15	0	1.3175E-16	-1.0879
1	P	0.2500	9.0273	11.5110	-1.3941E-15	0	2.1887E-16	-1.8072
2	P	0.0000	18.4097	11.1645	-1.3521E-15	0	-2.4032E-16	1.9843
2	P	0.0625	18.4097	11.1676	-1.3525E-15	0	-1.5580E-16	1.2865
2	P	0.1250	18.4097	11.1706	-1.3528E-15	0	-7.1260E-17	0.5884
2	P	0.1875	18.4097	11.1737	-1.3532E-15	0	1.3304E-17	-0.1099
2	P	0.2500	18.4097	11.1768	-1.3536E-15	0	9.7892E-17	-0.8083
3	P	0.0000	27.3386	11.5046	-1.3933E-15	0	-3.7255E-16	3.0763
3	P	0.0625	27.3386	11.5077	-1.3937E-15	0	-2.8546E-16	2.3571
3	P	0.1250	27.3386	11.5108	-1.3940E-15	0	-1.9835E-16	1.6378
3	P	0.1875	27.3386	11.5138	-1.3944E-15	0	-1.1121E-16	0.9183
3	P	0.2500	27.3386	11.5169	-1.3948E-15	0	-2.4048E-17	0.1986
4	P	0.0000	34.9301	10.8133	-1.3096E-15	0	-5.1638E-16	4.2638
4	P	0.0625	34.9301	10.8164	-1.3099E-15	0	-4.3452E-16	3.5879
4	P	0.1250	34.9301	10.8195	-1.3103E-15	0	-3.5263E-16	2.9118
4	P	0.1875	34.9301	10.8226	-1.3107E-15	0	-2.7073E-16	2.2355
4	P	0.2500	34.9301	10.8256	-1.3111E-15	0	-1.8880E-16	1.5590
5	P	0.0000	40.0700	0.5010	-6.0670E-17	0	-4.0724E-16	3.3626
5	P	0.0625	40.0700	0.5040	-6.1042E-17	0	-4.0343E-16	3.3312
5	P	0.1250	40.0700	0.5071	-6.1415E-17	0	-3.9961E-16	3.2996
5	P	0.1875	40.0700	0.5102	-6.1787E-17	0	-3.9576E-16	3.2678
5	P	0.2500	40.0700	0.5133	-6.2160E-17	0	-3.9188E-16	3.2359
6	P	0.0000	42.4346	-0.1885	2.2829E-17	0	-3.4432E-16	2.8431
6	P	0.0625	42.4346	-0.1854	2.2457E-17	0	-3.4574E-16	2.8548
6	P	0.1250	42.4346	-0.1824	2.2084E-17	0	-3.4713E-16	2.8663
6	P	0.1875	42.4346	-0.1793	2.1712E-17	0	-3.4850E-16	2.8776
6	P	0.2500	42.4346	-0.1762	2.1339E-17	0	-3.4984E-16	2.8887
7	P	0.0000	42.4346	0.1762	-2.1339E-17	0	-3.4984E-16	2.8887
7	P	0.0625	42.4346	0.1793	-2.1712E-17	0	-3.4850E-16	2.8776
7	P	0.1250	42.4346	0.1824	-2.2084E-17	0	-3.4713E-16	2.8663
7	P	0.1875	42.4346	0.1854	-2.2457E-17	0	-3.4574E-16	2.8548
7	P	0.2500	42.4346	0.1885	-2.2829E-17	0	-3.4432E-16	2.8431
8	P	0.0000	40.0700	-0.5133	6.2160E-17	0	-3.9188E-16	3.2359
8	P	0.0625	40.0700	-0.5102	6.1787E-17	0	-3.9576E-16	3.2678
8	P	0.1250	40.0700	-0.5071	6.1415E-17	0	-3.9961E-16	3.2996
8	P	0.1875	40.0700	-0.5040	6.1042E-17	0	-4.0343E-16	3.3312
8	P	0.2500	40.0700	-0.5010	6.0670E-17	0	-4.0724E-16	3.3626
9	P	0.0000	34.9301	-10.8256	1.3111E-15	0	-1.8880E-16	1.5590
9	P	0.0625	34.9301	-10.8226	1.3107E-15	0	-2.7073E-16	2.2355
9	P	0.1250	34.9301	-10.8195	1.3103E-15	0	-3.5263E-16	2.9118
9	P	0.1875	34.9301	-10.8164	1.3099E-15	0	-4.3452E-16	3.5879
9	P	0.2500	34.9301	-10.8133	1.3096E-15	0	-5.1638E-16	4.2638

10	P	0.0000	27.3386	-11.5169	1.3948E-15	0	-2.4048E-17	0.1986
10	P	0.0625	27.3386	-11.5138	1.3944E-15	0	-1.1121E-16	0.9183
10	P	0.1250	27.3386	-11.5108	1.3940E-15	0	-1.9835E-16	1.6378
10	P	0.1875	27.3386	-11.5077	1.3937E-15	0	-2.8546E-16	2.3571
10	P	0.2500	27.3386	-11.5046	1.3933E-15	0	-3.7255E-16	3.0763
11	P	0.0000	18.4097	-11.1768	1.3536E-15	0	9.7892E-17	-0.9083
11	P	0.0625	18.4097	-11.1737	1.3532E-15	0	1.3304E-17	-0.1099
11	P	0.1250	18.4097	-11.1706	1.3528E-15	0	-7.1260E-17	0.5884
11	P	0.1875	18.4097	-11.1676	1.3525E-15	0	-1.5580E-16	1.2865
11	P	0.2500	18.4097	-11.1645	1.3521E-15	0	-2.4032E-16	1.9843
12	P	0.0000	9.0273	-11.5110	1.3941E-15	0	2.1887E-16	-1.8072
12	P	0.0625	9.0273	-11.5079	1.3937E-15	0	1.3175E-16	-1.0879
12	P	0.1250	9.0273	-11.5049	1.3933E-15	0	4.4658E-17	-0.3688
12	P	0.1875	9.0273	-11.5018	1.3929E-15	0	-4.2412E-17	0.3502
12	P	0.2500	9.0273	-11.4987	1.3926E-15	0	-1.2946E-16	1.0690
13	P	0.0000	-11.2270	-9.0273	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.8072
13	P	0.2000	-11.2200	-9.0273	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0018
13	P	0.4000	-11.2131	-9.0273	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.8037
14	P	0.0000	-0.3080	9.3824	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.8757
14	P	0.2000	-0.3150	9.3824	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0008
14	P	0.4000	-0.3219	9.3824	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.8773
15	P	0.0000	0.3663	8.9289	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.7858
15	P	0.2000	0.3594	8.9289	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
15	P	0.4000	0.3524	8.9289	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.7858
16	P	0.0000	-0.6651	7.5915	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.5193
16	P	0.2000	-0.6720	7.5915	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0010
16	P	0.4000	-0.6790	7.5915	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.5173
17	P	0.0000	-10.2862	5.1398	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.0280
17	P	0.2000	-10.2931	5.1398	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
17	P	0.4000	-10.3001	5.1398	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.0280
18	P	0.0000	-0.6633	2.3646	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.4719
18	P	0.2000	-0.6702	2.3646	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0010
18	P	0.4000	-0.6772	2.3646	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.4739
19	P	0.0000	0.3909	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
19	P	0.2000	0.3840	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
19	P	0.4000	0.3770	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
20	P	0.0000	-0.6633	-2.3646	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.4719
20	P	0.2000	-0.6702	-2.3646	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0010
20	P	0.4000	-0.6772	-2.3646	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.4739
21	P	0.0000	-10.2862	-5.1398	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.0280
21	P	0.2000	-10.2931	-5.1398	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
21	P	0.4000	-10.3001	-5.1398	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.0280
22	P	0.0000	-0.6651	-7.5915	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.5193
22	P	0.2000	-0.6720	-7.5915	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0010
22	P	0.4000	-0.6790	-7.5915	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.5173
23	P	0.0000	0.3663	-8.9289	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.7858
23	P	0.2000	0.3594	-8.9289	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
23	P	0.4000	0.3524	-8.9289	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.7858

24	P	0.0000	-0.3080	-9.3824	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.8757
24	P	0.2000	-0.3150	-9.3824	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0008
24	P	0.4000	-0.3219	-9.3824	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.8773
25	P	0.0000	-11.2131	-9.0273	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-1.8037
25	P	0.2000	-11.2200	-9.0273	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0018
25	P	0.4000	-11.2270	-9.0273	0.0000E+00	0	0.0000E+00	1.8072
26	P	0.0000	-9.0273	-11.2131	1.3580E-15	0	2.1844E-16	-1.8037
26	P	0.0625	-9.0273	-11.2100	1.3576E-15	0	1.3357E-16	-1.1030
26	P	0.1250	-9.0273	-11.2069	1.3572E-15	0	4.8736E-17	-0.4024
26	P	0.1875	-9.0273	-11.2039	1.3569E-15	0	-3.6080E-17	0.2979
26	P	0.2500	-9.0273	-11.2008	1.3565E-15	0	-1.2087E-16	0.9981
27	P	0.0000	-18.4097	-11.5088	1.3938E-15	0	1.0628E-16	-0.8776
27	P	0.0625	-18.4097	-11.5057	1.3934E-15	0	1.9184E-17	-0.1584
27	P	0.1250	-18.4097	-11.5027	1.3930E-15	0	-6.7894E-17	0.5606
27	P	0.1875	-18.4097	-11.4996	1.3927E-15	0	-1.5495E-16	1.2794
27	P	0.2500	-18.4097	-11.4965	1.3923E-15	0	-2.4198E-16	1.9981
28	P	0.0000	-27.3386	-11.1302	1.3479E-15	0	-2.5707E-17	0.2123
28	P	0.0625	-27.3386	-11.1271	1.3476E-15	0	-1.0994E-16	0.9078
28	P	0.1250	-27.3386	-11.1240	1.3472E-15	0	-1.9415E-16	1.6032
28	P	0.1875	-27.3386	-11.1209	1.3468E-15	0	-2.7834E-16	2.2983
28	P	0.2500	-27.3386	-11.1179	1.3464E-15	0	-3.6251E-16	2.9933
29	P	0.0000	-34.9301	-11.7830	1.4270E-15	0	-1.7851E-16	1.4740
29	P	0.0625	-34.9301	-11.7799	1.4266E-15	0	-2.6768E-16	2.2103
29	P	0.1250	-34.9301	-11.7768	1.4262E-15	0	-3.5683E-16	2.9464
29	P	0.1875	-34.9301	-11.7737	1.4259E-15	0	-4.4596E-16	3.6824
29	P	0.2500	-34.9301	-11.7706	1.4255E-15	0	-5.3507E-16	4.4182
30	P	0.0000	-40.0700	0.4432	-5.3674E-17	0	-4.1057E-16	3.3902
30	P	0.0625	-40.0700	0.4463	-5.4047E-17	0	-4.0721E-16	3.3624
30	P	0.1250	-40.0700	0.4494	-5.4419E-17	0	-4.0382E-16	3.3344
30	P	0.1875	-40.0700	0.4524	-5.4792E-17	0	-4.0041E-16	3.3062
30	P	0.2500	-40.0700	0.4555	-5.5164E-17	0	-3.9697E-16	3.2779
31	P	0.0000	-42.4346	-0.2078	2.5161E-17	0	-3.3982E-16	2.8059
31	P	0.0625	-42.4346	-0.2047	2.4788E-17	0	-3.4138E-16	2.8188
31	P	0.1250	-42.4346	-0.2016	2.4416E-17	0	-3.4292E-16	2.8315
31	P	0.1875	-42.4346	-0.1985	2.4043E-17	0	-3.4443E-16	2.8440
31	P	0.2500	-42.4346	-0.1955	2.3671E-17	0	-3.4592E-16	2.8563
32	P	0.0000	-42.4346	0.1955	-2.3671E-17	0	-3.4592E-16	2.8563
32	P	0.0625	-42.4346	0.1985	-2.4043E-17	0	-3.4443E-16	2.8440
32	P	0.1250	-42.4346	0.2016	-2.4416E-17	0	-3.4292E-16	2.8315
32	P	0.1875	-42.4346	0.2047	-2.4788E-17	0	-3.4138E-16	2.8188
32	P	0.2500	-42.4346	0.2078	-2.5161E-17	0	-3.3982E-16	2.8059
33	P	0.0000	-40.0700	-0.4555	5.5164E-17	0	-3.9697E-16	3.2779
33	P	0.0625	-40.0700	-0.4524	5.4792E-17	0	-4.0041E-16	3.3062
33	P	0.1250	-40.0700	-0.4494	5.4419E-17	0	-4.0382E-16	3.3344
33	P	0.1875	-40.0700	-0.4463	5.4047E-17	0	-4.0721E-16	3.3624
33	P	0.2500	-40.0700	-0.4432	5.3674E-17	0	-4.1057E-16	3.3902

34	P	0.0000	-34.9301	11.7706	-1.4255E-15	0	-5.3507E-16	4.4182
34	P	0.0625	-34.9301	11.7737	-1.4259E-15	0	-4.4596E-16	3.6824
34	P	0.1250	-34.9301	11.7768	-1.4262E-15	0	-3.5683E-16	2.9464
34	P	0.1875	-34.9301	11.7799	-1.4266E-15	0	-2.6768E-16	2.2103
34	P	0.2500	-34.9301	11.7830	-1.4270E-15	0	-1.7851E-16	1.4740
35	P	0.0000	-27.3386	11.1179	-1.3464E-15	0	-3.6251E-16	2.9933
35	P	0.0625	-27.3386	11.1209	-1.3468E-15	0	-2.7834E-16	2.2983
35	P	0.1250	-27.3386	11.1240	-1.3472E-15	0	-1.9415E-16	1.6032
35	P	0.1875	-27.3386	11.1271	-1.3476E-15	0	-1.0994E-16	0.9078
35	P	0.2500	-27.3386	11.1302	-1.3479E-15	0	-2.5707E-17	0.2123
36	P	0.0000	-18.4097	11.4965	-1.3923E-15	0	-2.4198E-16	1.9981
36	P	0.0625	-18.4097	11.4996	-1.3927E-15	0	-1.5495E-16	1.2794
36	P	0.1250	-18.4097	11.5027	-1.3930E-15	0	-6.7894E-17	0.5606
36	P	0.1875	-18.4097	11.5057	-1.3934E-15	0	1.9184E-17	-0.1584
36	P	0.2500	-18.4097	11.5088	-1.3938E-15	0	1.0628E-16	-0.8776
37	P	0.0000	-9.0273	11.2008	-1.3565E-15	0	-1.2087E-16	0.9961
37	P	0.0625	-9.0273	11.2039	-1.3569E-15	0	-3.6080E-17	0.2979
37	P	0.1250	-9.0273	11.2069	-1.3572E-15	0	4.8736E-17	-0.4024
37	P	0.1875	-9.0273	11.2100	-1.3576E-15	0	1.3357E-16	-1.1030
37	P	0.2500	-9.0273	11.2131	-1.3580E-15	0	2.1844E-16	-1.8037

L8F-1

; File C:\My Documents\tugas akhir\New Folder\model 6.\$2k  
saved 5/27/03 8:50:34 in KN-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ LENGTH=m FORCE=KN PAGE=SECTIONS

JOINT

1 X=0 Y=0 Z=0  
2 X=.25 Y=0 Z=0  
3 X=.5 Y=0 Z=0  
4 X=.75 Y=0 Z=0  
5 X=1 Y=0 Z=0  
6 X=1.25 Y=0 Z=0  
7 X=1.5 Y=0 Z=0  
8 X=1.75 Y=0 Z=0  
9 X=2 Y=0 Z=0  
10 X=2.25 Y=0 Z=0  
11 X=2.5 Y=0 Z=0  
12 X=2.75 Y=0 Z=0  
13 X=3 Y=0 Z=0  
14 X=0 Y=0 Z=.4  
15 X=.25 Y=0 Z=.4  
16 X=.5 Y=0 Z=.4  
17 X=.75 Y=0 Z=.4  
18 X=1 Y=0 Z=.4  
19 X=1.25 Y=0 Z=.4  
20 X=1.5 Y=0 Z=.4  
21 X=1.75 Y=0 Z=.4  
22 X=2 Y=0 Z=.4  
23 X=2.25 Y=0 Z=.4  
24 X=2.5 Y=0 Z=.4  
25 X=2.75 Y=0 Z=.4  
26 X=3 Y=0 Z=.4

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3  
ADD=13 DOF=U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=BOX IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=323864  
NAME=CIRCLE IDES=S M=7.8271 W=76.8195  
T=0 E=1.999E+08 U=.3 A=.0000117 FY=386589

FRAME SECTION

NAME=PENGAKU MAT=CIRCLE SH=P T=.024 A=4.523893E-04  
J=3.257203E-08 I=1.628602E-08,1.628602E-08 AS=4.071504E-04,4.071504E-04



NAME=BOX MAT=BOX SH=B T=.06,.06,.0028,.0028 A=6.4064E-  
 04 J=5.240179E-07 I=3.501824E-07,3.501824E-07  
 AS=.000336,.000336

## FRAME

1	J=2,1	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
2	J=3,2	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
3	J=4,3	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
4	J=5,4	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
5	J=6,5	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
6	J=7,6	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
7	J=8,7	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
8	J=9,8	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
9	J=10,9	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
10	J=11,10	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
11	J=12,11	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
12	J=13,12	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
13	J=1,14	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
14	J=14,2	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
15	J=2,15	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
16	J=15,3	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
17	J=3,16	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
18	J=16,4	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
19	J=4,17	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
20	J=17,5	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
21	J=5,18	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=C
22	J=18,6	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
23	J=6,19	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
24	J=19,7	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
25	J=7,20	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
26	J=7,21	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
27	J=8,21	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
28	J=8,22	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
29	J=9,22	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
30	J=23,9	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
31	J=10,23	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
32	J=24,10	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
33	J=11,24	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
34	J=25,11	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
35	J=12,25	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
36	J=26,12	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
37	J=26,13	SEC=PENGAKE	NSEG=2	ANG=0
38	J=14,15	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
39	J=15,16	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
40	J=16,17	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
41	J=17,18	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
42	J=18,19	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
43	J=19,20	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
44	J=20,21	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
45	J=21,22	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0
46	J=22,23	SEC=BOX	NSEG=4	ANG=0

```
47 J=23,24 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0
48 J=24,25 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0
49 J=25,26 SEC=BOX NSEG=4 ANG=0
```

LOAD

NAME=P CSYS=0

TYPE=FORCE

ADD=18 UZ=-58.5

ADD=22 UZ=-58.5

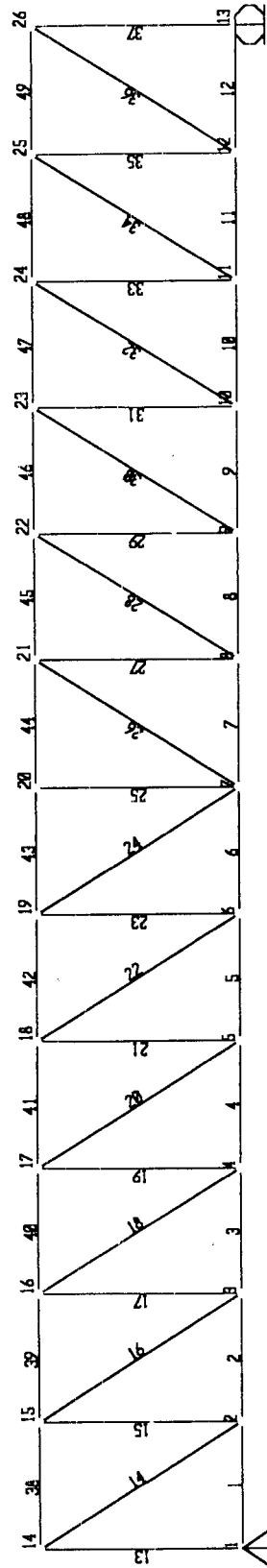
Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 6  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 58,5 \text{ kN}$

No. Batang	Gaya Batang	Kapasitas Batang	Keterangan
1	0.6061	124.104	Aman
2	36.5263	124.104	Aman
3	72.7517	124.104	Aman
4	109.1527	124.104	Aman
5	141.6326	124.104	Tidak Aman
6	144.3485	124.104	Tidak Aman
7	144.3485	124.104	Tidak Aman
8	141.6326	124.104	Tidak Aman
9	109.1527	124.104	Aman
10	72.7517	124.104	Aman
11	36.5263	124.104	Aman
12	0.6061	124.104	Aman
13	-28.7485	7.555	Tidak Aman
14	33.0236	26.22	Tidak Aman
15	-27.9855	7.555	Tidak Aman
16	33.3065	26.22	Tidak Aman
17	-28.0971	7.555	Tidak Aman
18	33.4623	26.22	Tidak Aman
19	-27.3937	7.555	Tidak Aman
20	30.0536	26.22	Tidak Aman
21	-27.0902	7.555	Tidak Aman
22	2.4028	26.22	Aman
23	-2.3608	7.555	Aman
24	0.4532	26.22	Aman
25	0.4100	7.555	Aman
26	0.4532	26.22	Aman
27	-2.3608	7.555	Aman
28	2.4028	26.22	Aman
29	-27.0902	7.555	Tidak Aman
30	30.0536	26.22	Tidak Aman
31	-27.3937	7.555	Tidak Aman
32	33.4623	26.22	Tidak Aman
33	-28.0971	7.555	Tidak Aman
34	33.3065	26.22	Tidak Aman
35	-27.9855	7.555	Tidak Aman
36	33.0236	26.22	Tidak Aman
37	-28.7485	7.55	Tidak Aman
38	-35.8987	95.155	Aman
39	-72.1296	95.155	Aman
40	-108.5175	95.155	Tidak Aman
41	-141.2609	95.155	Tidak Aman
42	-144.3002	95.155	Tidak Aman
43	-144.8184	95.155	Tidak Aman
44	-144.8184	95.155	Tidak Aman
45	-144.3002	95.155	Tidak Aman
46	-141.2609	95.155	Tidak Aman
47	-108.5175	95.155	Tidak Aman
48	-72.1296	95.155	Aman
49	-35.8987	95.155	Aman

Lendutan Benda Uji 6  
Berdasarkan Analisis SAP 2000

JOINT	LOAD	LENDUTAN, U3 (M)
1	P	0.0000
2	P	-0.0021
3	P	-0.0040
4	P	-0.0058
5	P	-0.0073
6	P	-0.0081
7	P	-0.0083
8	P	-0.0081
9	P	-0.0073
10	P	-0.0058
11	P	-0.0040
12	P	-0.0021
13	P	0.0000
14	P	-0.0003
15	P	-0.0023
16	P	-0.0043
17	P	-0.0061
18	P	-0.0076
19	P	-0.0081
20	P	-0.0083
21	P	-0.0081
22	P	-0.0076
23	P	-0.0061
24	P	-0.0043
25	P	-0.0023
26	P	-0.0003

WJF L V V V



Gaya Batang untuk setiap Elemen Benda Uji 6  
 Hasil Analisis SAP 2000 dengan Beban,  $P_1 = P_2 = 58,5 \text{ kN}$

FRAME	LOAD	STATION	P	V2	V3	T	M2	M3
1	P	0.0000	0.6061	1.3271	-1.6071E-16	0	-2.5554E-17	0.2110
1	P	0.0625	0.6061	1.3301	-1.6109E-16	0	-1.5498E-17	0.1280
1	P	0.1250	0.6061	1.3332	-1.6146E-16	0	-5.4186E-18	0.0447
1	P	0.1875	0.6061	1.3363	-1.6183E-16	0	4.6843E-18	-0.0387
1	P	0.2500	0.6061	1.3394	-1.6220E-16	0	1.4810E-17	-0.1223
2	P	0.0000	36.5263	1.1554	-1.3992E-16	0	-3.5691E-17	0.2947
2	P	0.0625	36.5263	1.1584	-1.4029E-16	0	-2.6935E-17	0.2224
2	P	0.1250	36.5263	1.1615	-1.4067E-16	0	-1.8154E-17	0.1499
2	P	0.1875	36.5263	1.1646	-1.4104E-16	0	-9.3511E-18	0.0772
2	P	0.2500	36.5263	1.1677	-1.4141E-16	0	-5.2453E-19	0.0043
3	P	0.0000	72.7517	1.2336	-1.4940E-16	0	-4.8365E-17	0.3994
3	P	0.0625	72.7517	1.2367	-1.4977E-16	0	-3.9016E-17	0.3222
3	P	0.1250	72.7517	1.2398	-1.5014E-16	0	-2.9644E-17	0.2448
3	P	0.1875	72.7517	1.2428	-1.5052E-16	0	-2.0248E-17	0.1672
3	P	0.2500	72.7517	1.2459	-1.5089E-16	0	-1.0829E-17	0.0894
4	P	0.0000	109.1527	2.9845	-3.6145E-16	0	-1.1416E-16	0.9426
4	P	0.0625	109.1527	2.9876	-3.6182E-16	0	-9.1556E-17	0.7560
4	P	0.1250	109.1527	2.9907	-3.6219E-16	0	-6.8931E-17	0.5692
4	P	0.1875	109.1527	2.9938	-3.6256E-16	0	-4.6282E-17	0.3822
4	P	0.2500	109.1527	2.9968	-3.6294E-16	0	-2.3610E-17	0.1950
5	P	0.0000	141.6326	-0.4110	4.9779E-17	0	-8.5519E-17	0.7061
5	P	0.0625	141.6326	-0.4080	4.9407E-17	0	-8.8619E-17	0.7317
5	P	0.1250	141.6326	-0.4049	4.9034E-17	0	-9.1695E-17	0.7571
5	P	0.1875	141.6326	-0.4018	4.8662E-17	0	-9.4748E-17	0.7824
5	P	0.2500	141.6326	-0.3987	4.8289E-17	0	-9.7778E-17	0.8074
6	P	0.0000	144.3485	-1.1617	1.4069E-16	0	-4.6432E-17	0.3834
6	P	0.0625	144.3485	-1.1586	1.4032E-16	0	-5.5214E-17	0.4559
6	P	0.1250	144.3485	-1.1556	1.3994E-16	0	-6.3972E-17	0.5282
6	P	0.1875	144.3485	-1.1525	1.3957E-16	0	-7.2707E-17	0.6004
6	P	0.2500	144.3485	-1.1494	1.3920E-16	0	-8.1419E-17	0.6723
7	P	0.0000	144.3485	1.1494	-1.3920E-16	0	-8.1419E-17	0.6723
7	P	0.0625	144.3485	1.1525	-1.3957E-16	0	-7.2707E-17	0.6004
7	P	0.1250	144.3485	1.1556	-1.3994E-16	0	-6.3972E-17	0.5282
7	P	0.1875	144.3485	1.1586	-1.4032E-16	0	-5.5214E-17	0.4559
7	P	0.2500	144.3485	1.1617	-1.4069E-16	0	-4.6432E-17	0.3834
8	P	0.0000	141.6326	0.3987	-4.8289E-17	0	-9.7778E-17	0.8074
8	P	0.0625	141.6326	0.4018	-4.8662E-17	0	-9.4748E-17	0.7824
8	P	0.1250	141.6326	0.4049	-4.9034E-17	0	-9.1695E-17	0.7571
8	P	0.1875	141.6326	0.4080	-4.9407E-17	0	-8.8619E-17	0.7317
8	P	0.2500	141.6326	0.4110	-4.9779E-17	0	-8.5519E-17	0.7061
9	P	0.0000	109.1527	-2.9968	3.6294E-16	0	-2.3610E-17	0.1950
9	P	0.0625	109.1527	-2.9938	3.6256E-16	0	-4.6282E-17	0.3822
9	P	0.1250	109.1527	-2.9907	3.6219E-16	0	-6.8931E-17	0.5692
9	P	0.1875	109.1527	-2.9876	3.6182E-16	0	-9.1556E-17	0.7560
9	P	0.2500	109.1527	-2.9845	3.6145E-16	0	-1.1416E-16	0.9426

10	P	0.0000	72.7517	-1.2459	1.5089E-16	0	-1.0829E-17	0.0894
10	P	0.0625	72.7517	-1.2428	1.5052E-16	0	-2.0248E-17	0.1672
10	P	0.1250	72.7517	-1.2398	1.5014E-16	0	-2.9644E-17	0.2448
10	P	0.1875	72.7517	-1.2367	1.4977E-16	0	-3.9016E-17	0.3222
10	P	0.2500	72.7517	-1.2336	1.4940E-16	0	-4.8365E-17	0.3994
11	P	0.0000	36.5263	-1.1677	1.4141E-16	0	-5.2453E-19	0.0043
11	P	0.0625	36.5263	-1.1646	1.4104E-16	0	-9.3511E-18	0.0772
11	P	0.1250	36.5263	-1.1615	1.4067E-16	0	-1.8154E-17	0.1499
11	P	0.1875	36.5263	-1.1584	1.4029E-16	0	-2.6935E-17	0.2224
11	P	0.2500	36.5263	-1.1554	1.3992E-16	0	-3.5691E-17	0.2947
12	P	0.0000	0.6061	-1.3394	1.6220E-16	0	1.4810E-17	-0.1223
12	P	0.0625	0.6061	-1.3363	1.6183E-16	0	4.6843E-18	-0.0387
12	P	0.1250	0.6061	-1.3332	1.6146E-16	0	-5.4186E-18	0.0447
12	P	0.1875	0.6061	-1.3301	1.6109E-16	0	-1.5498E-17	0.1280
12	P	0.2500	0.6061	-1.3271	1.6071E-16	0	-2.5554E-17	0.2110
13	P	0.0000	-57.4970	-0.6061	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.1223
13	P	0.2000	-57.4901	-0.6061	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0011
13	P	0.4000	-57.4831	-0.6061	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.1201
14	P	0.0000	66.0471	0.3393	-4.1096E-17	0	-9.7973E-18	0.0809
14	P	0.2358	66.0402	0.3437	-4.1622E-17	0	-4.2829E-20	0.0004
14	P	0.4717	66.0332	0.3480	-4.2148E-17	0	9.8358E-18	-0.0812
15	P	0.0000	-55.9571	0.6276	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.1256
15	P	0.2000	-55.9640	0.6276	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0001
15	P	0.4000	-55.9710	0.6276	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.1255
16	P	0.0000	66.6129	0.3520	-4.2630E-17	0	-1.0590E-17	0.0874
16	P	0.2358	66.6060	0.3563	-4.3156E-17	0	-4.7397E-19	0.0039
16	P	0.4717	66.5990	0.3607	-4.3682E-17	0	9.7664E-18	-0.0806
17	P	0.0000	-56.1802	0.6221	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.1242
17	P	0.2000	-56.1872	0.6221	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0002
17	P	0.4000	-56.1941	0.6221	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.1246
18	P	0.0000	66.9246	0.3489	-4.2256E-17	0	-1.0755E-17	0.0888
18	P	0.2358	66.9177	0.3533	-4.2782E-17	0	-7.2659E-19	0.0060
18	P	0.4717	66.9107	0.3576	-4.3308E-17	0	9.4257E-18	-0.0778
19	P	0.0000	-54.7735	0.6352	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.1275
19	P	0.2000	-54.7805	0.6352	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0005
19	P	0.4000	-54.7874	0.6352	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.1266
20	P	0.0000	60.1071	0.2965	-3.5910E-17	0	-1.0299E-17	0.0850
20	P	0.2358	60.1002	0.3009	-3.6436E-17	0	-1.7676E-18	0.0146
20	P	0.4717	60.0932	0.3052	-3.6962E-17	0	6.8879E-18	-0.0569
21	P	0.0000	-54.1666	0.3717	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0703
21	P	0.2000	-54.1735	0.3717	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0041
21	P	0.4000	-54.1805	0.3717	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0784
22	P	0.0000	4.8056	0.1424	-1.7242E-17	0	-5.9929E-18	0.0495
22	P	0.2358	4.7986	0.1467	-1.7768E-17	0	-1.8644E-18	0.0154
22	P	0.4717	4.7917	0.1511	-1.8294E-17	0	2.3882E-18	-0.0197
23	P	0.0000	-4.7077	0.0483	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0052
23	P	0.2000	-4.7147	0.0483	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0045
23	P	0.4000	-4.7216	0.0483	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0141

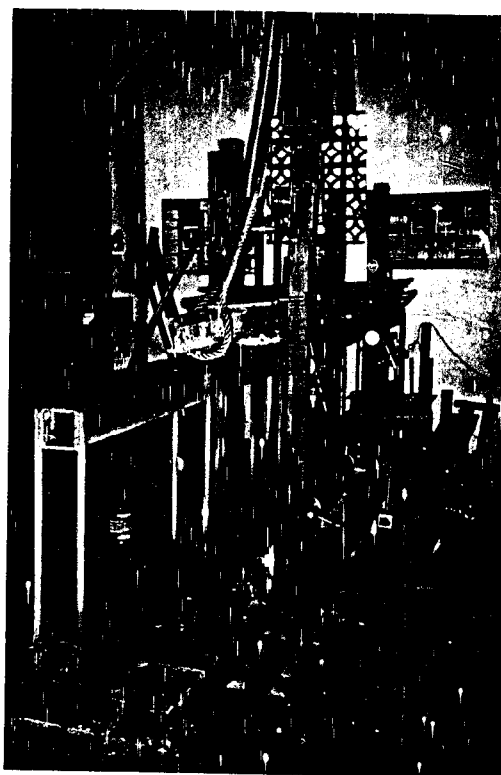
24	P	0.0000	0.9063	-0.0123	1.4891E-18	0	-8.4728E-19	0.0070
24	P	0.2358	0.8994	-0.0080	9.6302E-19	0	-1.1364E-18	0.0094
24	P	0.4717	0.8924	-0.0036	4.3693E-19	0	-1.3015E-18	0.0107
25	P	0.0000	0.8200	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
25	P	0.2000	0.8130	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
25	P	0.4000	0.8061	0.0000	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0000
26	P	0.0000	0.9063	-0.0123	1.4891E-18	0	-8.4728E-19	0.0070
26	P	0.2358	0.8994	-0.0080	9.6302E-19	0	-1.1364E-18	0.0094
26	P	0.4717	0.8924	-0.0036	4.3693E-19	0	-1.3015E-18	0.0107
27	P	0.0000	-4.7077	-0.0483	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0052
27	P	0.2000	-4.7147	-0.0483	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0045
27	P	0.4000	-4.7216	-0.0483	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0141
28	P	0.0000	4.8056	0.1424	-1.7242E-17	0	-5.9929E-18	0.0495
28	P	0.2358	4.7986	0.1467	-1.7768E-17	0	-1.8644E-18	0.0154
28	P	0.4717	4.7917	0.1511	-1.8294E-17	0	2.3882E-18	-0.0197
29	P	0.0000	-54.1666	-0.3717	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0703
29	P	0.2000	-54.1735	-0.3717	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0041
29	P	0.4000	-54.1805	-0.3717	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0784
30	P	0.0000	60.1071	0.2965	-3.5910E-17	0	-1.0299E-17	0.0850
30	P	0.2358	60.1002	0.3009	-3.6436E-17	0	-1.7676E-18	0.0146
30	P	0.4717	60.0932	0.3052	-3.6962E-17	0	6.8879E-18	-0.0569
31	P	0.0000	-54.7735	-0.6352	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.1275
31	P	0.2000	-54.7805	-0.6352	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0005
31	P	0.4000	-54.7874	-0.6352	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.1266
32	P	0.0000	66.9246	0.3489	-4.2256E-17	0	-1.0755E-17	0.0888
32	P	0.2358	66.9177	0.3533	-4.2782E-17	0	-7.2659E-19	0.0060
32	P	0.4717	66.9107	0.3576	-4.3308E-17	0	9.4257E-18	-0.0778
33	P	0.0000	-56.1802	-0.6221	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.1242
33	P	0.2000	-56.1872	-0.6221	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0002
33	P	0.4000	-56.1941	-0.6221	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.1246
34	P	0.0000	66.6129	0.3520	-4.2630E-17	0	-1.0590E-17	0.0874
34	P	0.2358	66.6060	0.3563	-4.3156E-17	0	-4.7397E-19	0.0039
34	P	0.4717	66.5990	0.3607	-4.3682E-17	0	9.7664E-18	-0.0806
35	P	0.0000	-55.9571	-0.6276	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.1256
35	P	0.2000	-55.9640	-0.6276	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.0001
35	P	0.4000	-55.9710	-0.6276	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.1255
36	P	0.0000	66.0471	0.3393	-4.1096E-17	0	-9.7973E-18	0.0809
36	P	0.2358	66.0402	0.3437	-4.1622E-17	0	-4.2829E-20	0.0004
36	P	0.4717	66.0332	0.3480	-4.2148E-17	0	9.8358E-18	-0.0812
37	P	0.0000	-57.4831	-0.6061	0.0000E+00	0	0.0000E+00	-0.1201
37	P	0.2000	-57.4901	-0.6061	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.0011
37	P	0.4000	-57.4970	-0.6061	0.0000E+00	0	0.0000E+00	0.1223
38	P	0.0000	-35.8987	-1.6551	2.0044E-16	0	2.4346E-17	-0.2010
38	P	0.0625	-35.8987	-1.6520	2.0007E-16	0	1.1830E-17	-0.0977
38	P	0.1250	-35.8987	-1.6490	1.9970E-16	0	-6.6303E-19	0.0055
38	P	0.1875	-35.8987	-1.6459	1.9933E-16	0	-1.3133E-17	0.1084
38	P	0.2500	-35.8987	-1.6428	1.9895E-16	0	-2.5579E-17	0.2112



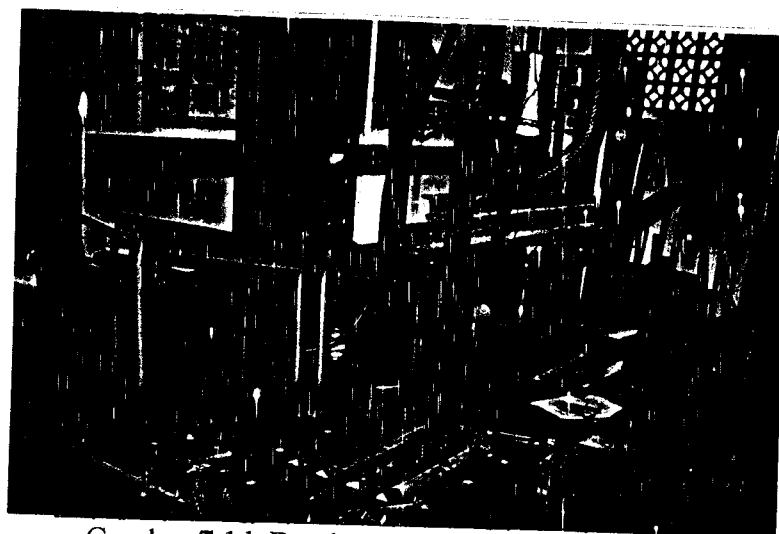
39	P	0.0000	-72.1296	-1.2988	1.5729E-16	0	2.2021E-19	-0.0018
39	P	0.0625	-72.1296	-1.2957	1.5692E-16	0	-9.5989E-18	0.0793
39	P	0.1250	-72.1296	-1.2926	1.5655E-16	0	-1.9395E-17	0.1601
39	P	0.1875	-72.1296	-1.2896	1.5618E-16	0	-2.9167E-17	0.2408
39	P	0.2500	-72.1296	-1.2865	1.5580E-16	0	-3.8917E-17	0.3213
40	P	0.0000	-108.5175	-0.8997	1.0896E-16	0	-1.3124E-17	0.1084
40	P	0.0625	-108.5175	-0.8966	1.0859E-16	0	-1.9922E-17	0.1645
40	P	0.1250	-108.5175	-0.8936	1.0822E-16	0	-2.6697E-17	0.2204
40	P	0.1875	-108.5175	-0.8905	1.0784E-16	0	-3.3449E-17	0.2762
40	P	0.2500	-108.5175	-0.8874	1.0747E-16	0	-4.0178E-17	0.3318
41	P	0.0000	-141.2609	-4.8473	5.8704E-16	0	-1.4436E-17	0.1192
41	P	0.0625	-141.2609	-4.8442	5.8667E-16	0	-5.1114E-17	0.4221
41	P	0.1250	-141.2609	-4.8412	5.8630E-16	0	-8.7769E-17	0.7247
41	P	0.1875	-141.2609	-4.8381	5.8592E-16	0	-1.2440E-16	1.0272
41	P	0.2500	-141.2609	-4.8350	5.8555E-16	0	-1.6101E-16	1.3295
42	P	0.0000	-144.3002	3.4981	-4.2364E-16	0	-1.4651E-16	1.2097
42	P	0.0625	-144.3002	3.5012	-4.2401E-16	0	-1.2002E-16	0.9910
42	P	0.1250	-144.3002	3.5042	-4.2439E-16	0	-9.3504E-17	0.7721
42	P	0.1875	-144.3002	3.5073	-4.2476E-16	0	-6.6968E-17	0.5530
42	P	0.2500	-144.3002	3.5104	-4.2513E-16	0	-4.0409E-17	0.3337
43	P	0.0000	-144.8184	-0.4223	5.1142E-17	0	-3.8936E-17	0.3215
43	P	0.0625	-144.8184	-0.4192	5.0769E-17	0	-4.2121E-17	0.3478
43	P	0.1250	-144.8184	-0.4161	5.0397E-17	0	-4.5282E-17	0.3739
43	P	0.1875	-144.8184	-0.4131	5.0024E-17	0	-4.8420E-17	0.3998
43	P	0.2500	-144.8184	-0.4100	4.9651E-17	0	-5.1535E-17	0.4255
44	P	0.0000	-144.8184	0.4100	-4.9651E-17	0	-5.1535E-17	0.4255
44	P	0.0625	-144.8184	0.4131	-5.0024E-17	0	-4.8420E-17	0.3998
44	P	0.1250	-144.8184	0.4161	-5.0397E-17	0	-4.5282E-17	0.3739
44	P	0.1875	-144.8184	0.4192	-5.0769E-17	0	-4.2121E-17	0.3478
44	P	0.2500	-144.8184	0.4223	-5.1142E-17	0	-3.8936E-17	0.3215
45	P	0.0000	-144.3002	-3.5104	4.2513E-16	0	-4.0409E-17	0.3337
45	P	0.0625	-144.3002	-3.5073	4.2476E-16	0	-6.6968E-17	0.5530
45	P	0.1250	-144.3002	-3.5042	4.2439E-16	0	-9.3504E-17	0.7721
45	P	0.1875	-144.3002	-3.5012	4.2401E-16	0	-1.2002E-16	0.9910
45	P	0.2500	-144.3002	-3.4981	4.2364E-16	0	-1.4651E-16	1.2097
46	P	0.0000	-141.2609	4.8350	-5.8555E-16	0	-1.6101E-16	1.3295
46	P	0.0625	-141.2609	4.8381	-5.8592E-16	0	-1.2440E-16	1.0272
46	P	0.1250	-141.2609	4.8412	-5.8630E-16	0	-8.7769E-17	0.7247
46	P	0.1875	-141.2609	4.8442	-5.8667E-16	0	-5.1114E-17	0.4221
46	P	0.2500	-141.2609	4.8473	-5.8704E-16	0	-1.4436E-17	0.1192
47	P	0.0000	-108.5175	0.8874	-1.0747E-16	0	-4.0178E-17	0.3318
47	P	0.0625	-108.5175	0.8905	-1.0784E-16	0	-3.3449E-17	0.2762
47	P	0.1250	-108.5175	0.8936	-1.0822E-16	0	-2.6697E-17	0.2204
47	P	0.1875	-108.5175	0.8966	-1.0859E-16	0	-1.9922E-17	0.1645
47	P	0.2500	-108.5175	0.8997	-1.0896E-16	0	-1.3124E-17	0.1084
48	P	0.0000	-72.1296	1.2865	-1.5580E-16	0	-3.8917E-17	0.3213
48	P	0.0625	-72.1296	1.2896	-1.5618E-16	0	-2.9167E-17	0.2408
48	P	0.1250	-72.1296	1.2926	-1.5655E-16	0	-1.9395E-17	0.1601
48	P	0.1875	-72.1296	1.2957	-1.5692E-16	0	-9.5989E-18	0.0793
48	P	0.2500	-72.1296	1.2988	-1.5729E-16	0	2.2021E-19	-0.0018

49	P	0.0000	-35.8987	1.6428	-1.9895E-16	0	-2.5579E-17	0.2112
49	P	0.0625	-35.8987	1.6459	-1.9933E-16	0	-1.3133E-17	0.1084
49	P	0.1250	-35.8987	1.6490	-1.9970E-16	0	-6.6303E-19	0.0055
49	P	0.1875	-35.8987	1.6520	-2.0007E-16	0	1.1830E-17	-0.0977
49	P	0.2500	-35.8987	1.6551	-2.0044E-16	0	2.4346E-17	-0.2010

**DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN  
LABORATORIUM**



Gambar 7.1.a *Site lab* Benda Uji 1



Gambar 7.1.b Benda Uji 1 Setelah Pembebanan



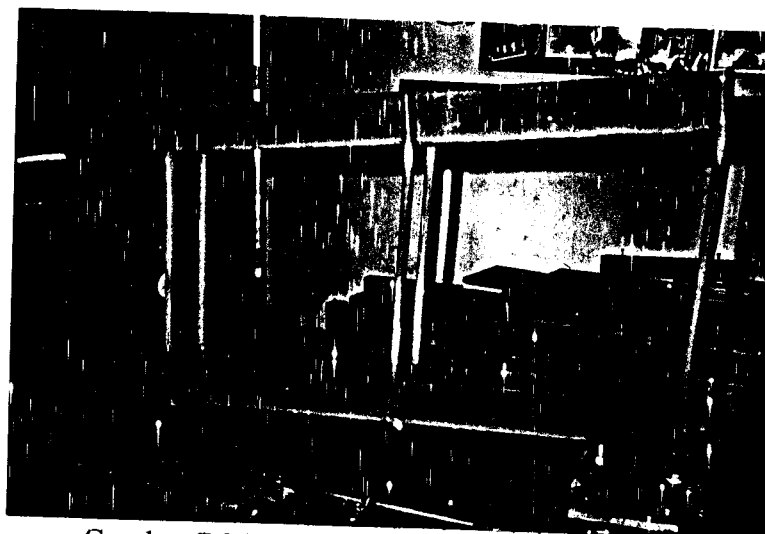
Gambar 7.2.a *Site lab* Benda Uji 2



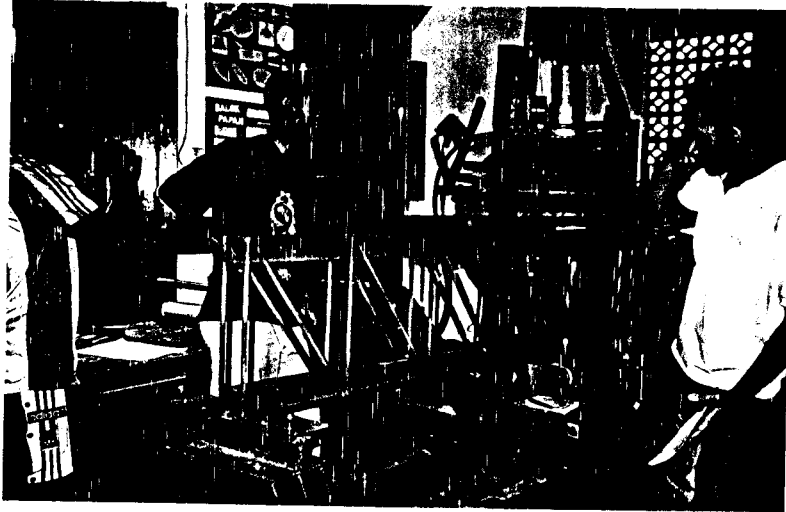
Gambar 7.2.b Benda Uji 2 Setelah Pembebanan



Gambar 7.3.a *Site lab* Benda Uji 3



Gambar 7.3.b Benda Uji 3 Setelah Pembebanan



Gambar 7.4.a *Site lab* Benda Uji 4



Gambar 7.4.b Benda Uji 4 Setelah Pembebanan