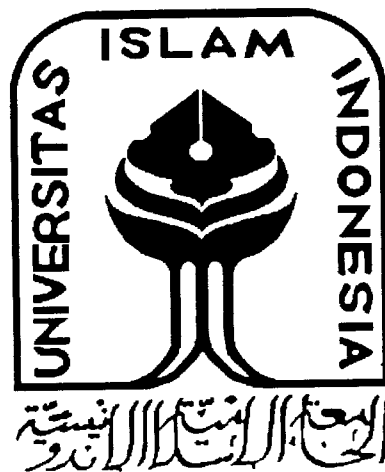


**TUGAS AKHIR  
PENELITIAN LABORATORIUM**

**KAPASITAS LENTUR BALOK BADAN TERBUKA  
(OPEN WEB JOIST) KANTILEVER**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan  
derajat sarjana S-1 Teknik Sipil



**NAMA : TATIT PRATAHARDIA PRAPANCA**  
**NO.MHS : 97 511 217**  
**NIRM : 970051013114120174**

**NAMA : ENNY WULANDARI**  
**NO.MHS : 97 511 392**  
**NIRM : 970051013114120317**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGYAKARTA  
2002**

**TUGAS AKHIR  
PENELITIAN LABORATORIUM**

**KAPASITAS LENTUR BALOK BADAN TERBUKA  
(OPEN WEB JOIST) KANTILEVER**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan  
derajat sarjana S-1 Teknik Sipil



**NAMA : TATIT PRATAHARDIA PRAPANCA**  
**NO.MHS : 97 511 217**  
**NIRM : 970051013114120174**

**NAMA : ENNY WULANDARI**  
**NO.MHS : 97 511 392**  
**NIRM : 970051013114120317**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGYAKARTA  
2002**

LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR

KAPASITAS LENTUR BALOK BADAN TERBUKA  
(*OPEN WEB JOIST*) KANTILEVER

*Disusun Oleh :*

NAMA : TATIT PRATAHARDIA PRAPANCA  
NO.MHS : 97 511 217  
NIRM : 970051013114120174

NAMA : ENNY WULANDARI  
NO.MHS : 97 511 392  
NIRM : 970051013114120317

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Susastrawan, MS

Dosen Pembimbing I

Ir. Fatkhurrohman N, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 6-9-2022



Tanggal : 6-09-2022

## MOTTO

"Bacalah ! dan Tuhanmulah yang paling pemurah  
yang mengajarkan (manusia) dengan perantaraan Kalam.  
Dia mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya"  
**(QS. Al-Alag : 3-5)**

"Sebab sesungguhnya sehabis kesulitan itu ada kemudahan"  
**(QS. Al-Insyirah : 5)**

"Allah won't change a people's fate  
if they don't endeavour to change it themselves"  
**(QS. Ar-Rad : 11)**

"Telah Aku tinggalkan ditengah kamu sekalian dua perkara,  
barang siapa yang mau berpegang teguh kepada keduanya  
tidak akan sesat selama-lamanya yaitu Al-Quran dan Al-Hadits"  
**(Al-Hadits)**

## PERSEMBAHAN

Kupersembahkan untuk:

Yang tercinta :

Ayahanda Purnomo Wibowo dan ibunda Winduwati  
atas pengorbanan, kasih sayang, do'a,  
dan yang selalu menanamkan rasa percaya diri  
serta menumbuhkan semangat sebagai bekal  
untuk melangkah dimasa datang

Yang tersayang :

Adik-adikku Redyarta Bhagaswara dan Andreka Parwasana  
Teman TA-ku Enny Wulandari yang cantik dan manis, I Love You  
Keluarga besar H. Sukiyat Pamungkas  
Atas motivasi dan do'anya

## PERSEMBAHAN

Kupersembahkan untuk :

Ibunda Hj. Sutrisiyah  
dan Ayahanda H. Sukiyat Pamungkas tercinta  
yang selalu melantunkan do'a, memberikan semangat,  
serta menanamkan rasa percaya diriku  
sehingga aku semakin yakin bahwa  
dalam kehidupan ini tidak ada yang tidak mungkin

Kakak-kakaku,  
Mba'arie di Australia, Mba'no di Jogja, Mba' ratri dan di Jakarta  
Adikku Tanti  
yang setia mendengarkan keluh kesahku  
serta memberiku semangat

Tatit Pratahardia Prapanca

Keluarga besar Purnomo Wibowo  
atas motivasi dan do'anya

## KATA PENGANTAR



*Assalamu' alaikum Wr.Wb*

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir sesuai dengan kurikulum yang ada di lingkungan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta yang merupakan salah satu syarat dalam menempuh jenjang keserjanaan Strata I.

Tujuan tugas akhir ini sebagai karya ilmiah untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan dari segala sesuatu yang telah didapatkan di bangku kuliah. Tugas akhir ini merupakan pengujian laboratorium dengan judul “ KAPASITAS LENTUR BALOK BADAN TERBUKA (*OPEN WEB JOIST*) KANTILEVER”. Pada akhirnya segala daya upaya, kemampuan, pengalaman dan waktu telah penyusun curahkan sepenuhnya demi terselesaikannya laporan tugas akhir ini, namun semua ini tidak terlepas dari segala kekurangan yang ada. Karenanya sumbang saran dan kontribusi positif dari pembaca sangat diharapkan sebagai bahan masukan bagi penyusun.

Selama penyusunan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ayahanda H. Sukiyat Pamungkas dan Ibunda Hj. Sutrisiyah serta Ayahanda Purnomo Wibowo dan Ibunda Winduwati tercinta, yang senantiasa melantukan do'a serta menanamkan rasa percaya diri serta semangat yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Ir.H. Susastrawan, MS, selaku dosen pembimbing satu
3. Bapak Ir.Fatkhurrohman Nursodik, MT, selaku dosen pembimbing dua.
4. Bapak Ir. Helmi Akbar Bale, MT, selaku dosen tamu.
5. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
7. Staf Laboratorium Struktur dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
8. Kakak-kakakku Mba Ari, Mba No, dan Mba Ratri serta adikku Mba Tanti, Redyarta Bhagaswara, Andreka Parwasana yang dengan caranya tersendiri telah ikut membantu dan berpartisipasi.
9. Utoro Setio, komunitas Puri Abenk, teman-teman kelas E dan C 97' serta teman-teman TA seangkatan lin Jogja, Nurul, Pipit, Fitriana yang telah



memberikan semangat dan segala masukan, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Harapan penyusun dengan selesainya tugas akhir ini Insya Allah dapat bermanfaat khususnya bagi penyusun dan pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayahnya-Nya kepada kita semua dalam suasana Iman, Islam, dan Ihsan. *Amin ya Rabbal'almiin.*

***Wabillahittaufig wal hidayah***

***Wassalaamu'alaikum Wr.Wb***

Jogyakarta, Agustus 2002

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b>	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	vi
<b>KATA PENGANTAR</b>	viii
<b>DAFTAR ISI</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL</b>	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xvi
<b>DAFTAR NOTASI</b>	xix
<b>INTISARI</b>	xxiii
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	1
1.1    Latar Belakang	1
1.2    Tujuan Penelitian	2
1.3    Manfaat Penelitian	3
1.4    Batasan Masalah	3
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA</b>	4
<b>BAB III    LANDASAN TEORI</b>	7
3.1    Pendahuluan	7
3.2    Batang Tarik	10
3.3    Batang Desak	11

3.4	Stabilitas Dan Kapasitas Lentur Balok	12
3.4.1	Tekuk Lokal	12
3.4.2	Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lokal	18
3.4.3	Tekuk Puntir Lateral	20
3.4.4	Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Puntir Lateral	25
3.5	Alat Sambung Las	27
3.5.1	Kekuatan Nominal Las Sudut	29
3.6	Hubungan Momen Dengan Kelengkungan	30
3.7	Kekakuan	34
3.8	Daktalitas	35
3.9	Hipotesa	36
<b>BAB IV</b>	<b>METODA PENELITIAN</b>	38
4.1	Metoda Penelitian	38
4.2	Bahan	39
4.3	Peralatan Penelitian	39
4.4	Model Benda Uji	42
4.5	Pembuatan Model Benda Uji	43
4.6	Pengujian Benda Uji	44
4.6.1	Pengujian Kuat Desak	44
4.6.2	Pengujian Kuat tarik	45

	4.6.3	Pengujian Kuat Geser Las	45
	4.6.4	Pengujian Kuat Lentur	46
<b>BAB V</b>		<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	47
5.1		Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Dan Kuat Geser Las	47
5.2		Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Badan Terbuka Kantilever	47
	5.2.1	Hubungan Beban-Lendutan Dan Defleksi-Lateral	
		Hasil Pengujian	48
	5.2.2	Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan Dan	
		Defleksi-Lateral	50
	5.2.3	Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian	54
	5.2.4	Analisa Data Hubungan Momen-Kelengkungan	55
	5.2.5	Hubungan $M_{cr}$ $M_y$ Dengan $L_b$ $r_y$	57
5.3		Analisa Kerusakan Pada Benda Uji	58
5.4		Pembahasan	58
	5.4.1	Kekakuan Balok Berdasarkan Hubungan Beban-Lendutan	
		Dan Defleksi-Lateral	58
	5.4.2	Daktalitas Simpangan Berdasarkan Hubungan	
		Beban-Lendutan dan Defleksi-Lateral	60
	5.4.3	Kekakuan Balok Berdasarkan Hubungan	
		Momen-Kelengkungan	61
	5.4.4	Daktalitas Kelengkungan Berdasarkan Hubungan	
		Momen-Kelengkungan	62

<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	63
6.1	Kesimpulan	63
6.2	Saran	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		xxiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>		
LAMPIRAN 1	Lembar Konsultasi	
LAMPIRAN 2	Data Hasil Pengujian Dan Perhitungan	
LAMPIRAN 3	Dokumentasi	

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Hasil pengujian kuat tarik baja	47
Tabel 5.2	Hasil pengujian kuat geser las	47
Tabel 5.3	Analisa kekakuan dari hubungan Beban-Lendutan	50
Tabel 5.4	Analisa kekakuan dari hubungan Defleksi-Lateral	50
Tabel 5.5	Analisa daktalitas simpangan dari hubungan Beban-Lendutan	51
Tabel 5.6	Analisa daktalitas simpangan dari hubungan Defleksi-Lateral	51
Tabel 5.7	Analisa kekakuan dari hubungan Momen-Kelengkungan	55
Tabel 5.8	Analisa daktalitas dari hubungan Momen-Kelengkungan	55
Tabel 5.9	Analisa hubungan $M_{cr}$ , $M_y$ dan $L_b$ , $r_y$	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	(a) Pembebanan, (b) Diagram geser, (c) Diagram momen	7
Gambar 3.2	(a) Gaya batang yang terjadi, (b) Potongan melintang	8
Gambar 3.3	(a) Lendutan maksimal dan momen maksimal balok bertumpuan sederhana	
	(b) Lendutan maksimal dan momen maksimal balok kantilever	9
Gambar 3.4	Rasio tekuk pelat dengan kolom	14
Gambar 3.5	Koefesien tekuk elastis untuk tekanan pada pelat segi empat datar	15
Gambar 3.6	(a) Tekuk pada sayap (jepit-bebas), (b) Tekuk pada badan (jepit-jepit), (c) Distribusi tegangan lentur pada kondisi tumpuan jepit-jepit	16
Gambar 3.7	Perbandingan momen nominal $M_n$ dengan kelangsingan $\lambda$ untuk tekuk lokal	20
Gambar 3.8	Balok profil I pada posisi tertekuk	22
Gambar 3.9	Perbandingan momen nominal $M_n$ dengan panjang tak-berpenopang lateral $L_b$ untuk tekuk puntir lateral	27
Gambar 3.10	Penggunaan las sudut penyambungan	29
Gambar 3.11	Kurva momen-kelengkungan	30
Gambar 3.12	Hubungan Momen $M$ dengan kelengkungan $\phi$	31

Gambar 3.13	Pendekatan kemiringan dengan metoda <i>Central Differences</i>	31
Gambar 3.14	Hubungan Momen $M$ dengan kelengkungan $\phi$	33
Gambar 3.15	Kekakuan dari grafik Beban-Lendutan dan Defleksi-Lateral	34
Gambar 3.16	Kekakuan dari grafik Momen-Kelengkungan	35
Gambar 3.17	(a) Daktalitas simpangan, (b) Daktalitas kelengkungan	36
Gambar 4.1	<i>Hydraulic Jack</i>	40
Gambar 4.2	<i>Dial Gauge</i>	40
Gambar 4.3	Dukungan sendi dan rol	41
Gambar 4.4	<i>Loading Frame</i>	41
Gambar 4.5	Mesin uji tarik	42
Gambar 4.6	Balok badan terbuka dengan $L_b = 1500$ mm	43
Gambar 4.7	Balok badan terbuka dengan $L_b = 1800$ mm	43
Gambar 4.8	Benda uji kuat desak prfil C canai dingin	44
Gambar 4.9	Benda uji untuk kuat tarik baja	45
Gambar 4.10	Benda uji untuk kekuatan las	45
Gambar 5.1	Grafik hubungan Beban-Lendutan dari keempat benda uji	48
Gambar 5.2	Grafik hubungan Defleksi-Lateral dari keempat benda uji	49
Gambar 5.3	Grafik hubungan Beban-Lendutan dari kedua variasi benda uji	52
Gambar 5.4	Grafik hubungan Defleksi -Lateral dari kedua variasi benda uji	53



Gambar 5.5	Grafik hubungan Momen-Kelengkungan dari keempat benda uji	54
Gambar 5.6	Grafik hubungan Momen-Kelengkungan dari kedua variasi benda uji	56
Gambar 5.7	Grafik hubungan $M_{cr}$ $M_y$ dengan $L_b$ $r_y$	57

## DAFTAR NOTASI

$A$	= luas penampang lintang
$A_e$	= luas efektif batang tarik
$A_g$	= luas bruto penampang lintang
$a$	= dimensi panjang kaki las sudut atau <i>fillet</i>
$b$	= lebar penampang
$C$	= gaya desak
$C_b$	= faktor gradien momen, untuk kantilever diambil 1
$C_w$	= konstanta lengkungan puntir
$d$	= diameter tulangan polos
$E$	= modulus elastisitas baja
$F_{cr}$	= tegangan kritis pada kondisi tekuk lokal
$F_{EXX}$	= kekuatan tarik logam las
$F_r$	= tegangan sisa
$F_y$	= tegangan leleh
$F_u$	= kuat tarik <i>ultimit</i>
$G$	= modulus elastisitas geser
$h$	= tinggi keseluruhan penampang
$I_x$	= inersia pada sumbu x
$I_y$	= inersia pada sumbu y

- $J$  = konstanta puntir  
 $K$  = faktor panjang efektif  
 $k$  = koefisien tekuk pelat sesuai kondisi tepi; kekakuan untuk beban-lendutan  
 $L$  = panjang bentangan  
 $L_b$  = panjang tak-berpenopang lateral  
 $L_p$  = panjang tak-berpenopang lateral maksimum untuk penggunaan  $M_n = M_p$   
 $L_r$  = panjang tak-berpenopang lateral maksimum untuk penggunaan  $M_n \geq M_r$   
 $l$  = panjang untuk tulangan polos  
 $M$  = momen lentur  
 $M_{cr}$  = momen kritis untuk tekuk puntir lateral  
 $M_n$  = momen nominal  
 $M_p$  = momen plastis  
 $M_r$  = momen akibat adanya tegangan sisa  
 $M_y$  = momen akibat adanya tegangan leleh  
 $M_1$  = momen terkecil pada ujung segmen yang tak-berpenopang lateral  
 $M_2$  = momen terbesar pada ujung segmen yang tak-berpenopang lateral  
 $N_n$  = kuat desak terfaktor  
 $N_n$  = kuat desak nominal  
 $P$  = beban aksial  
 $R_{mw}$  = kuat tarik las  
 $r_x$  = jari-jari girasi pada sumbu x

- $r_y$  = jari-jari girasi pada sumbu y  
 $S_x$  = modulus penampang elastis pada sumbu x  
 $S_y$  = modulus penampang elastis pada sumbu y  
 $T$  = gaya tarik  
 $T_n$  = kuat tarik nominal  
 $t$  = tebal penampang  
 $t_e$  = dimensi leher efektif las sudut atau *fillet*  
 $Z$  = modulus plastis  
 $\lambda$  = rasio kerampingan untuk elemen pelat  
 $\lambda_c$  = parameter kerampingan untuk kolom; parameter kerampingan untuk pelat  
 $\lambda_p$  = rasio kerampingan maksimum untuk elemen kompak  
 $\lambda_r$  = rasio kerampingan maksimum untuk elemen tak-kompak  
 $\pi$  = konstanta yang bernilai 3,142  
 $\phi$  = diameter tulangan; faktor resistensi LRFD  
 $\phi_t$  = faktor resistensi untuk tarik  
 $\phi_n$  = faktor resistensi untuk desak  
 $\phi_r$  = faktor resistensi untuk las  
 $\phi_u$  = kelengkungan purna luluh  
 $\phi_y$  = kelengkungan leleh pertama  
 $\mu$  = angka poisson untuk baja yang bernilai 0,3  
 $\Delta$  = lendutan

$\Delta x$  = jarak antar dial pada pengujian lentur

$\Delta u$  = simpangan purna luluh

$\Delta y$  = simpangan leleh pertama

$\omega$  = faktor tekuk

$y_l$  = lendutan pada dial 2

$y_{i-1}$  = lendutan pada dial 1

$y_{i-1}$  = lendutan pada dial 3

## INTISARI

Balok badan terbuka (*open web joist*) dari profil C bentukan dingin (*cold formed*) banyak digunakan sebagai pemikul beban untuk atap maupun lantai yang relatif ringan. Pola kegagalan pada balok badan terbuka kantilever berupa bahaya tekuk lokal dan tekuk puntir lateral. Profil C canai dingin memiliki penampang relatif langsing dimana rasio lebar dan tebal ( $b/t$ ) yang besar sehingga rawan terhadap terjadinya tekuk lokal (*local buckling*) baik pada sayap maupun pada badan. Sedangkan tekuk puntir lateral (*lateral torsional buckling*) merupakan rasio panjang dan jari-jari girasi ( $I_b/r_y$ ) yang dapat terjadi sebagai akibat panjang bentang yang tak-berpenopang lateral relatif besar, sehingga struktur kantilever yang mana pada salah satu ujungnya didukung dan ujung lainnya bebas akan rawan terhadap terjadinya tekuk puntir lateral.

Penelitian eksperimental balok badan terbuka kantilever bertujuan memperoleh gambaran tentang perilaku lentur berdasarkan hubungan beban-lendutan ( $P-\Delta$ ), defleksi-lateral dan momen-kelengkungan ( $M-\phi$ ), yang terdiri dari empat benda uji dengan panjang tak-berpenopang lateral 1500 mm sebagai variasi 1 dan panjang tak-berpenopang lateral 1800 mm sebagai variasi 2.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa panjang tak-berpenopang 1800 mm sebagai variasi 2 mengalami penurunan kekuatan (dari tinjauan hubungan beban-lendutan dan hubungan defleksi-lateral 19,091 % dan dari tinjauan hubungan momen-kelengkungan 1,818 %), kekakuan (dari tinjauan hubungan beban-lendutan 15,069 %, dari tinjauan hubungan defleksi-lateral 55,252 % dan dari tinjauan hubungan momen-kelengkungan 19,030 %). Daktilitas simpangan pada  $L_b$  yang lebih panjang mengalami peningkatan (dari tinjauan hubungan beban-lendutan 4,359 % dan dari tinjauan hubungan defleksi-lateral 55,835%), sedangkan nilai daktilitas kelengkungan mengalami penurunan. (dari tinjauan hubungan momen-kelengkungan 3,394 %).

### Kata Kunci :

- penampang relatif langsing
- tekuk lokal
- panjang tak-berpenopang lateral relatif besar
- tekuk puntir lateral

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Balok badan terbuka (*open web joist*) dari profil C canai dingin merupakan struktur lentur balok berbentuk rangka yang umumnya digunakan sebagai pemikul beban dari atap maupun lantai yang relatif ringan. Balok badan terbuka dirangkai dari profil C canai dingin yang relatif tipis berfungsi sebagai sayap desak dan sayap tarik yang dihubungkan secara tidak menerus dengan baja bulat sebagai batang diagonal dan vertikal yang berfungsi sebagai badan sehingga membentuk struktur rangka. Hubungan antara sayap dan badan yang tidak menerus ini akan mengakibatkan komponen yang menerima gaya desak menjadi tidak stabil dan rawan terhadap bahaya tekuk.

Profil C canai dingin (*cold formed*) dibentuk dari pelat yang relatif tipis sehingga kapasitas lenturnya yang kecil. Balok badan terbuka dari C canai dingin menyebabkan kegagalan dini (*premature collapse*) pada stuktur berupa terjadinya tekuk lokal pada sayap maupun pada badan dan tekuk puntir lateral sebelum tegangan leleh baja tercapai.. Tekuk puntir lateral dapat terjadi karena kurangnya penopang lateral yang akan mengakibatkan struktur mengalami defleksi disertai perpindahan

sayap dan badan kearah lateral sehingga kemampuan struktur dalam menahan beban akan menurun.

Struktur kantilever adalah struktur yang salah satu ujungnya didukung dan ujung lainnya bebas hal ini berbeda dengan balok bertumpuan sederhana yang mempunyai dukungan dikedua sisinya. Lendutan maksimal yang terjadi pada struktur kantilever mempunyai nilai yang lebih besar daripada struktur balok bertumpuan sederhana. Lendutan yang besar akan berpengaruh terhadap nilai kekakuannya, nilai kekakuan struktur kantilever akan lebih kecil dibandingkan dengan balok bertumpuan sederhana. Nilai lendutan akan membatasi kapasitas lentur dari struktur kantilever. Pada penelitian experimental ini akan diteliti kapasitas lentur balok badan terbuka dengan jenis struktur kantilever.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Mempelajari perilaku lentur struktur kantilever yang terbuat dari rangkaian profil C canai dingin dan baja bulat, perilaku tersebut:

1. Memperoleh grafik hubungan beban-lendutan ( $P-\Delta$ ), defleksi-lateral dan momen- kelengkungan ( $M-\phi$ ).
2. Memperoleh nilai kekakuan ( $k$ ) dari grafik hubungan beban-lendutan ( $P-\Delta$ ), defleksi-lateral dan nilai kekakuan ( $EI$ ) dari grafik hubungan momen- kelengkungan ( $M-\phi$ ).



3. Mendapatkan daktalitas simpangan dari grafik hubungan beban-lendutan ( $P-\Delta$ ), defleksi-lateral dan nilai daktalitas kelengkungan dari grafik momen- kelengkungan ( $M-\phi$ ).

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian eksperimental balok badan terbuka adalah tegangan kritis, momen kritis dan perilaku balok dengan panjang tak-berpenopang lateral hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar perencanaan.

### 1.4 Batasan Masalah

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

1. Balok badan terbuka disusun dari profil C canai sebagai batang horizontal menerus dan baja bulat sebagai badan arah vertikal dan diagonal.
2. Bentang balok 3 m dengan tinggi 0,5 m.
3. Balok diasumsikan dengan tumpuan sederhana (sendi dan rol), dengan model pembebanan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7
4. Pada penelitian ini hanya menganalisis bagian dari struktur yang tidak berpenopang (kantilever).
5. Data beban-lateral yang berhubungan dengan tekuk puntir lateral hanya digunakan sebagai data sekunder.
6. Sambungan menggunakan sambungan las.
7. Tegangan residu atau tegangan sisa diabaikan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

*Joist* baja adalah rangka batang standar yang di pabrikasi umumnya digunakan sebagai penumpu langsung dek lantai atau dek atap pada gedung. Elemen struktural ini umumnya digunakan bersama dek logam baja gelombang memberikan sistem lantai yang ekonomis dan efisien pada gedung yang dibebani relatif ringan. (*Leonard Spigel and George F. Limbrunner, 1991*)

Konstruksi kantilever atau yang lazim disebut konstruksi over stek adalah suatu konstruksi dimana pada salah satu ujung batang tidak didukung atau bebas (*N.S. Trahair and M.A. Bradford, 1988*).

Pusat geser (*shear center*) adalah titik pada penampang lintang yang tidak terpuntir bila geser lentur bekerja pada bidang yang melalui titik ini. Pusat geser tidak selalu berhimpit dengan pusat berat penampang. Pada penampang profil I dan Z pusat geser berhimpit dengan titik berat penampang sedangkan penampang profil siku dan canai pusat gesernya tidak berhimpit dengan pusat berat penampang sehingga rawan terhadap tekuk puntir. (*C.G. Salmon dan John E. Johnson, 1991*), (*Boris Bresler, T.Y.Lin, John B Scalzi, 1967*).

Pemberian beban pada bidang yang tidak melalui pusat geser akan mengakibatkan batang terpuntir jika tidak dicegah oleh pengekang external. **(C.G. Salmon dan John E. Johnson, 1991).**

Sayap segi empat pada suatu profil balok akan tertekuk terhadap sumbu lemah namun badan profil akan memberikan sokongan menerus untuk mencegah tekuk ini. Bila beban tekuk ini diperbesar sayap segi empat cenderung akan tertekuk terhadap sumbu kuat. Tekuk mendadak sayap terhadap sumbu kuatnya dalam arah lateral disebut tekuk lateral atau *lateral buckling*. **(C.G. Salmon dan John E. Johnson, 1991).**

Kestabilan struktur lentur dapat berupa tekuk lokal (*local buckling*) dan tekuk puntir lateral (*lateral torsional buckling*). Tekuk lokal merupakan fungsi rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ), sedangkan tekuk puntir lateral merupakan fungsi rasio panjang terhadap jari-jari minimum ( $L_b/r_y$ ). **(C.G. Salmon dan John E. Johnson, 1991).**

Elemen batang desak dengan elemen yang relatif tipis sering menderita *local buckling* atau tekuk lokal yang tergantung pada kondisi dukungan di sepanjang tepi, dan rasio ketebalan efektif ( $b/t$ ). **(Borris Bresler / T.Y. Lin / John B. Scalzi, 1967), (N.S. Trahair and M.A. Bradford, 1988).**

Kekuatan pelat dipengaruhi oleh konstanta yang tergantung pada jenis tegangan, kondisi tumpuan tepi, dan rasio panjang dengan lebar (rasio segi) plat, modulus elastis, angka poisson dan rasio lebar dengan panjang efektif ( $b/t$ ). **(C.G. Salmon dan John E. Johnson, 1991).**

Struktur kantilever mengalami nilai lendutan maksimal enambelas kali lebih besar dan mengalami nilai momen maksimal empat kali lebih besar daripada balok bertumpuan sederhana untuk ukuran beban dan bentang yang sama dengan struktur kantilever. (*Fatkhurrohman N, 2002*).

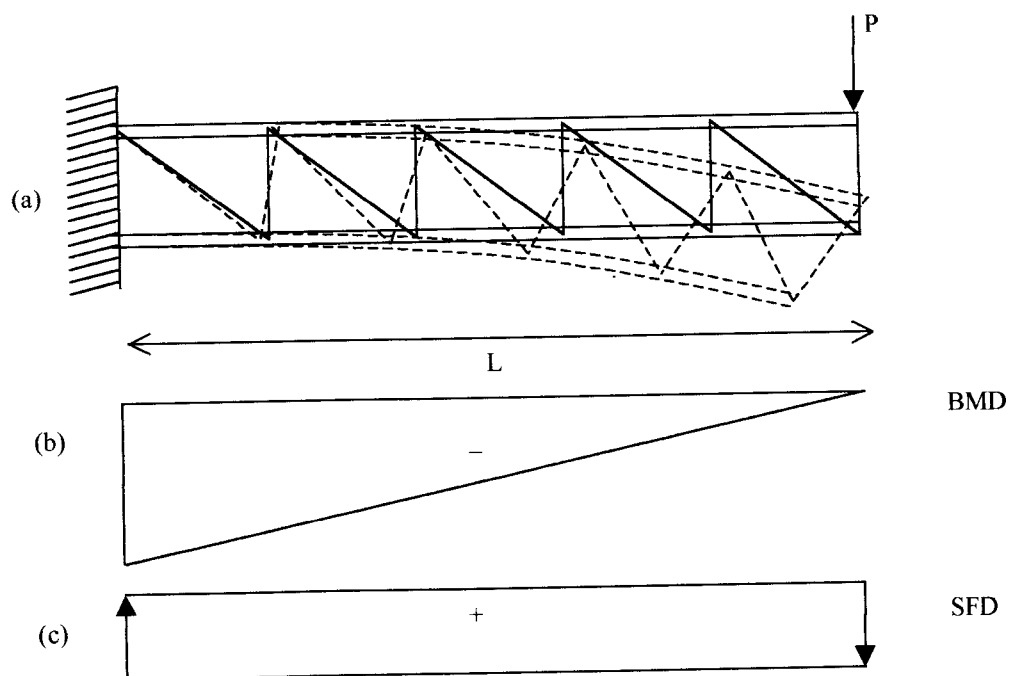
Penampang digolongkan menjadi 3 yaitu penampang kompak adalah penampang yang dapat mencapai keadaan plastis tanpa terjadinya tekuk lokal, penampang tak-kompak adalah penampang yang dapat mencapai tegangan leleh sebelum tekuk lokal terjadi dan penampang langsing adalah penampang yang mengalami kegagalan akibat tekuk lokal sebelum mencapai tegangan leleh. (*Thomas Burns, 1995*).

## BAB III

### LANDASAN TEORI

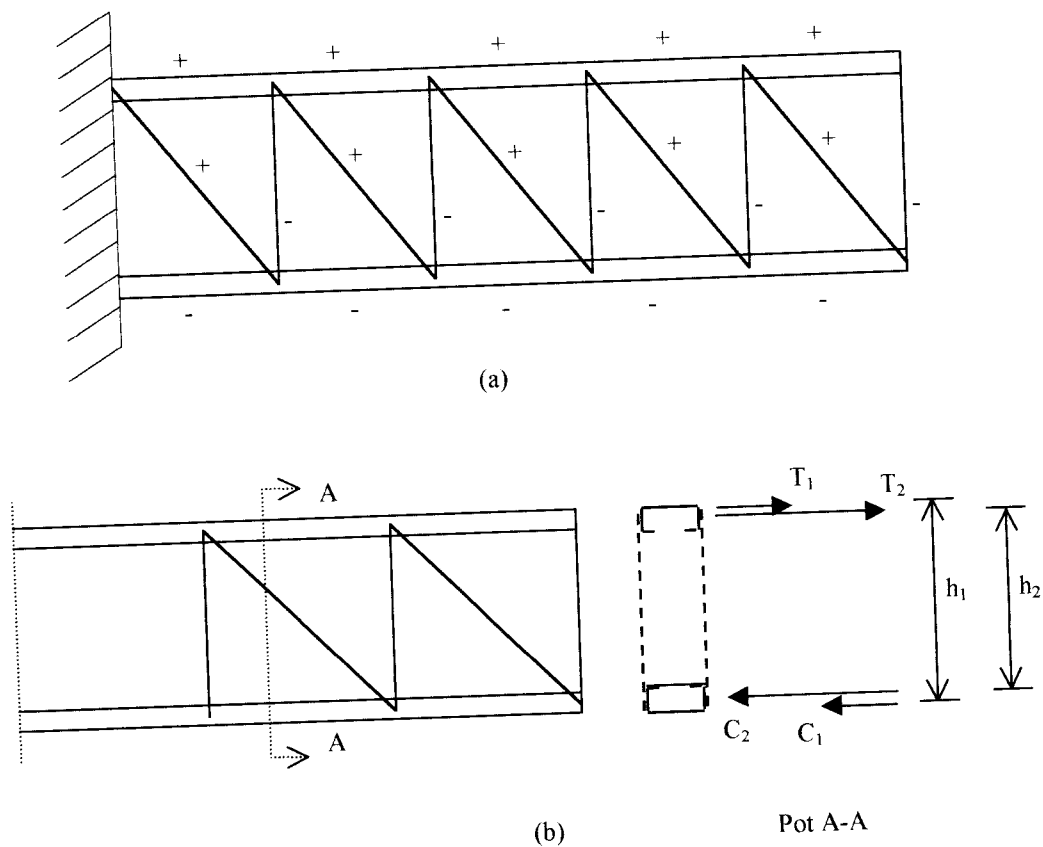
#### 3.1 Pendahuluan

Struktur lentur balok badan terbuka (*open web joist*) kantilever yang terdiri dari batang-batang horizontal, vertikal dan diagonal dapat dipandang sebagai struktur rangka batang, seperti tampak pada Gambar (3.1). Bila struktur tersebut menerima beban transversal maka akan mengalami momen, gaya geser dan deformasi.



Gambar 3.1. (a) Pembebanan, (b) Diagram gaya geser, (c) Diagram momen

Batang-batang tertentur dari struktur tersebut menerima gaya tarik (+) dan gaya desak (-) seperti tampak pada Gambar (3.2.a). Stabilitas dari struktur yang menerima gaya desak perlu mendapat perhatian dikarenakan profil C canai dingin sangat peka terhadap faktor-faktor yang dapat mengakibatkan tekuk



Gambar 3.2 (a) Gaya Batang yang terjadi (b) Potongan melintang

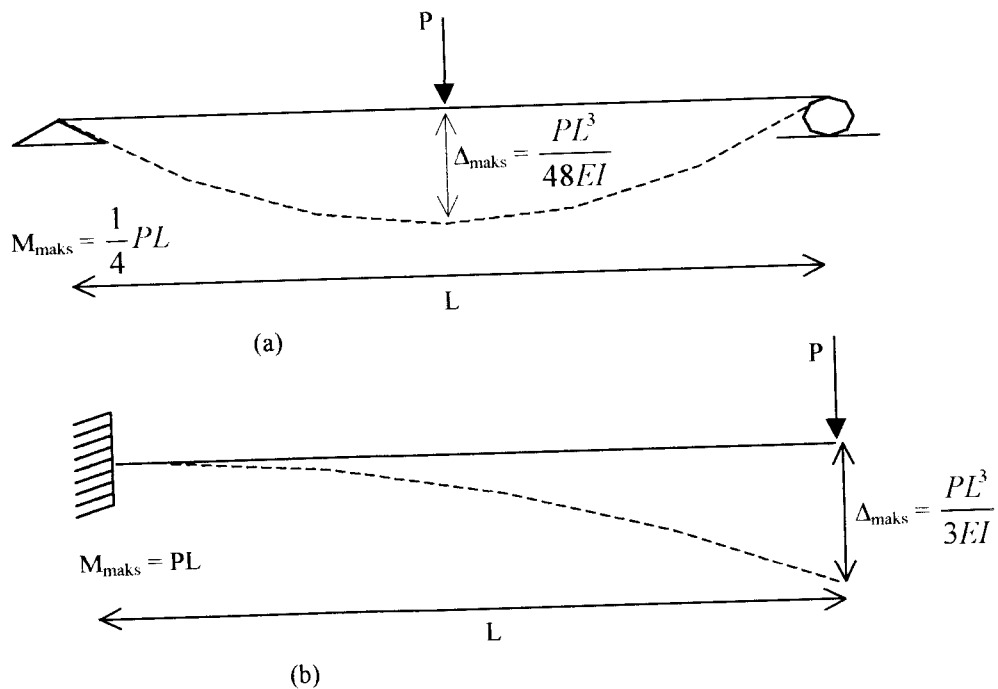
Mengacu pada Gambar (3.2.b) dapat diambil kesimpulan bahwa keseimbangan gaya-gaya internal yang terjadi adalah  $T_1 + T_2 = C_1 + C_2$ , dimana gaya desak  $C$  besar kemungkinan sangat mempengaruhi gaya tarik  $T$ .

Sehingga momen nominal pada balok badan terbuka adalah

$$M = C_1 \cdot h_1 + C_2 \cdot h_2 \quad (3.1)$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa semakin besar nilai  $h$  (lengan momen), maka momen nominal akan semakin besar.

Mengacu pada Gambar (3.3.a) dan (3.3.b), dapat diamati bahwa lendutan maksimum balok kantilever mempunyai nilai sebesar 16 kali lebih besar dari balok bertumpuan sederhana, sedangkan momen maksimumnya mempunyai nilai sebesar 4 kali lebih besar dari balok bertumpuan sederhana. Hal ini menunjukkan bahwa balok kantilever memiliki kapasitas lentur yang lebih kecil daripada balok bertumpuan sederhana.



Gambar 3.3 (a) Lendutan dan momen maksimal balok bertumpuan sederhana  
(b) Lendutan dan momen maksimum balok kantilever

### 3.2 Batang Tarik

*Thomas Burns (1995)*, menyatakan bahwa batang tarik adalah komponen struktur yang memikul atau mentransfer gaya tarik antara dua titik pada struktur. Batang tarik merupakan batang yang bersifat efisien karena tidak mengalami tekuk dan tegangan pada penampangnya relatif merata. Untuk menghindari 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, kelangsingannya dibatasi sebesar

$$\frac{l}{d} \leq 500 \quad (3.2)$$

dengan  $l$  merupakan panjang batang tarik dan  $d$  merupakan diameter batang tarik

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

$$\phi_t T_n = \phi_t F_y A_g = 0,9 F_y A_g \quad (3.3)$$

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

$$\phi_t T_n = \phi_t F_u A_e = 0,75 F_u A_e \quad (3.4)$$

dimana  $\phi_t$  adalah faktor resistensi tarik,  $T_n$  adalah kekuatan nominal batang tarik,  $F_y$  adalah tegangan leleh,  $F_u$  adalah tegangan tarik batas,  $A_g$  adalah luas penampang bruto dan  $A_e$  adalah luas penampang bersih efektif.

Desain kekuatan nominal untuk batang tarik diambil nilai terkecil antara persamaan (3.3) dengan (3.4).



### 3.3 Batang Desak

Menurut *Thomas Burns (1995)*, batang desak merupakan batang pada struktur yang memikul gaya desak aksial searah sumbu memanjang batang. Perencanaan batang desak perlu mendapat perhatian dikarenakan kondisi batas batang desak yaitu tercapainya batas kekuatan yang berupa tercapainya leleh pada penampang dan tidak tercapainya kondisi batas yang berupa instabilitas yang dapat berupa tekuk lokal pada badan, sayap dan berupa tekuk puntir lateral. Gaya desak akan menyebabkan peristiwa tekuk, Euler menyatakan bahwa kelangsingan suatu batang berpengaruh terhadap tegangan desak, semakin besar nilai kelangsingan maka tegangan kritisnya akan semakin kecil hal ini menyebabkan nilai kelangsingan dan tegangan kritisnya berbanding terbalik, persamaan tegangan kritis Euler adalah

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (3.5)$$

Profil canai dingin yang mempunyai elemen penampang yang relatif tipis akan mengalami keruntuhan dini (*premature colapse*) sebagai akibat tegangan kritisnya  $F_{cr}$  jauh dibawah tegangan lelehnya  $F_y$ . Perencanaan batang desak menurut *LRFD 2000*, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$Nu \leq \phi n Nn \quad (3.6)$$

Kuat desak nominalnya adalah

$$Nn = Ag.F_{cr} \quad (3.7)$$

$$F_{cr} = \frac{F_y}{\omega} \quad (3.8)$$

Nilai faktor tekuk  $\omega$  merupakan fungsi kelangsingan batas pelat  $\lambda_c$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{L_k}{i_{\min}} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (3.9)$$

$$\text{untuk } \lambda_c \leq 0,25 \quad \text{maka } \omega = 1 \quad (3.10.a)$$

$$\text{untuk } 0,25 < \lambda_c \leq 1,2 \quad \text{maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \quad (3.10.b)$$

$$\text{untuk } \lambda_c \geq 1,2 \quad \text{maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2 \quad (3.10.c)$$

dengan  $N_u$  adalah kuat desak rencana,  $N_n$  adalah kuat desak nominal,  $\phi_n$  adalah faktor resistensi kekuatan desak sebesar 0,85,  $F_{cr}$  adalah tegangan kritis,  $L_k$  adalah panjang efektif batang desak,  $E$  adalah modulus elastisitas baja sebesar  $2 \times 10^5 \text{ Mpa}$ ,  $i_{\min}$  adalah jari-jari girasi minimum,  $\omega$  adalah faktor panjang tekuk dan  $\lambda_c$  adalah rasio kelangsingan batas.

### 3.4 Stabilitas dan Kapasitas Lentur Balok

Kestabilan batang-batang yang mengalami lentur, dibatasi oleh tekuk lokal, dan tekuk puntir lateral. Peristiwa tekuk lokal merupakan fungsi rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ), sedangkan tekuk puntir lateral merupakan fungsi rasio panjang terhadap jari-jari minimum ( $L_b/r_y$ ).

#### 3.4.1 Tekuk Lokal

*Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991*, menyatakan bahwa tekuk setempat pada elemen pelat dapat mengakibatkan tegangan menjadi tidak merata dan mengurangi kekuatan keseluruhan. *AISC* menetapkan tegangan tekuk kritis  $F_{cr}$  tidak

boleh lebih kecil dari tegangan leleh baja  $F_y$  untuk mencegah terjadinya tekuk. Nilai  $F_{cr}$  tergantung pada nilai koefisien tekuk berdasarkan kondisi tumpuan tepi  $k$  dan nilai rasio lebar terhadap tebal  $b/t$ . Batasan untuk mencegah tekuk pelat dengan persamaan Euler sebagai berikut

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

Dengan mendefinisikan parameter kelangsingan

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} \quad (3.12)$$

Jika  $F_{cr}/F_y$  didefinisikan sebagai  $1/\lambda_c^2$  untuk pelat, disubstitusikan maka persamaan (3.11) menjadi:

$$\lambda_c^2 = \left(\frac{b}{t}\right)^2 \left[ F_y \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 Ek} \right] \quad (3.13)$$

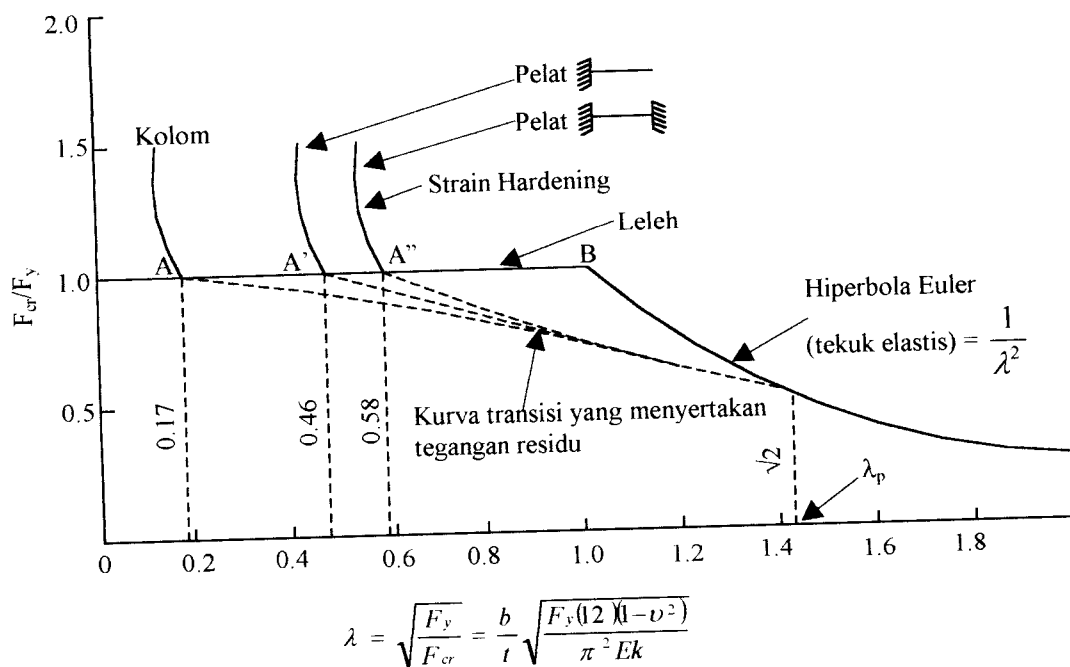
$$\lambda_c = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{F_y 12(1-\mu^2)}{\pi^2 Ek}} \quad (3.14)$$

sehingga

$$\frac{b}{t} = \lambda_c \sqrt{\frac{\pi^2 Ek}{F_y 12(1-\mu^2)}} \quad (3.15)$$

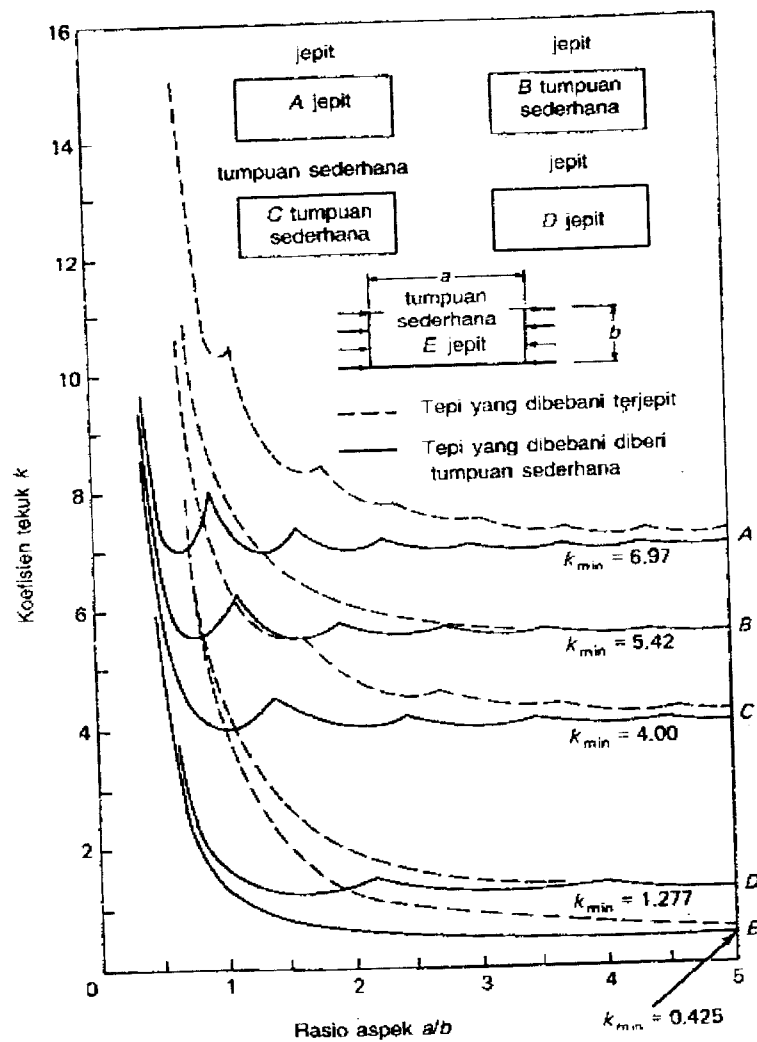
dengan  $\lambda_c$  adalah parameter kerampingan,  $E$  adalah modulus elastisitas,  $\mu$  adalah angka poisson untuk baja dan rasio lebar dengan ketebalan pada plat ( $b/t$ ).

Menurut *Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991*, Nilai  $\lambda_c$  harus dibatasi agar tidak melampaui  $\lambda_0$  bila dikehendaki tercapainya pengerasan dengan tanpa adanya tekuk plat. Dari Gambar (3.4) menurut *Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991*,  $\lambda_c$  hendaknya tidak melampaui sekitar 0,46 untuk elemen tekan tanpa pengaku dan 0,58 untuk elemen dengan pengaku.



Gambar 3.4 Rasio tekuk plat dengan tekuk kolom

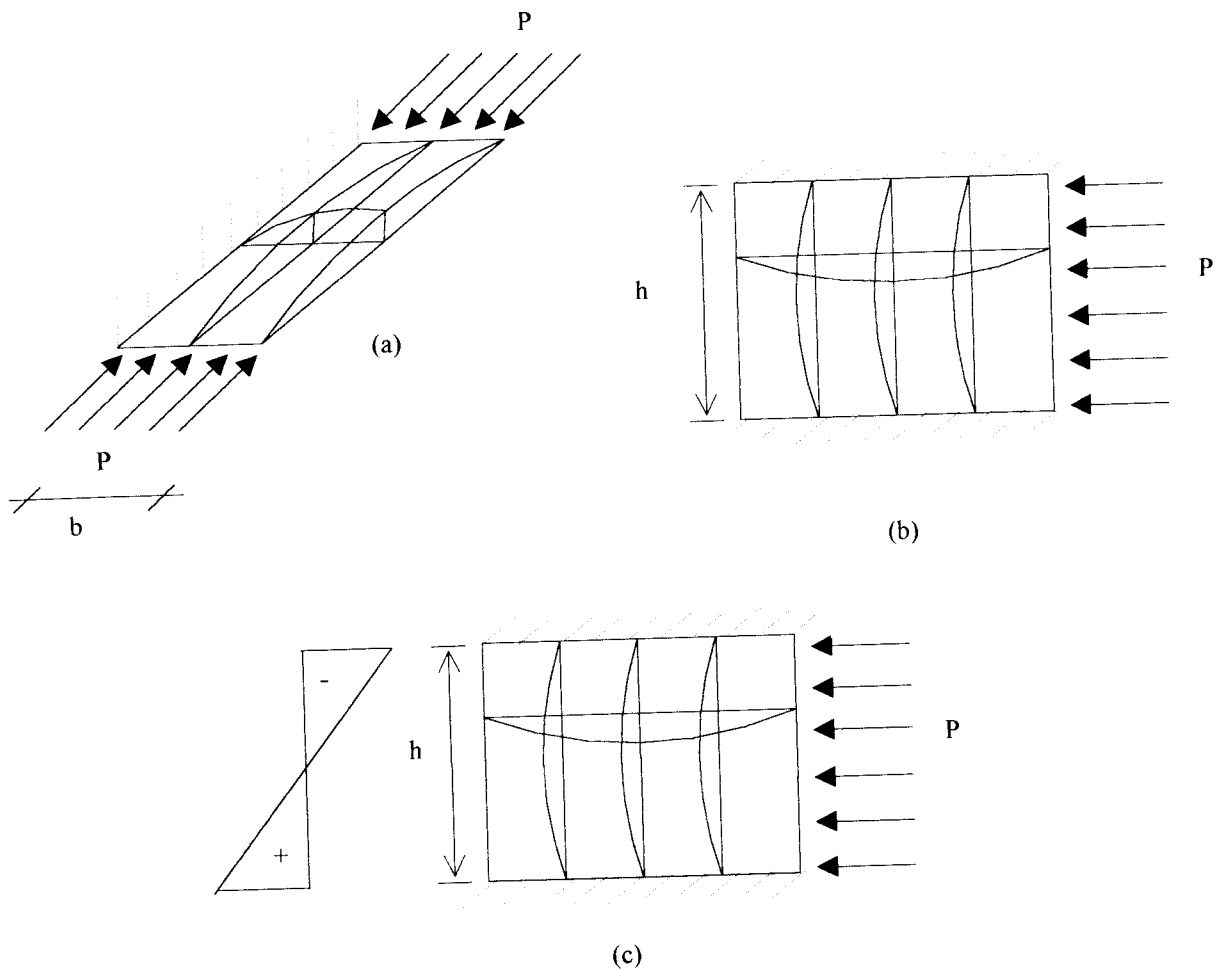
Dan menurut *Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991*, nilai  $k$  adalah konstanta yang tergantung pada jenis tegangan dan kondisi tumpuan tepi. Nilai  $k$  dapat dilihat pada Gambar (3.5)



Gambar 3.5 Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada plat segi empat datar

Gambar diatas memperlihatkan variasi  $k$  terhadap segi ( $a/b$ ) untuk kondisi tepi ideal yang umum yaitu jepit, tumpuan sederhana dan bebas, nilai  $k$  akan mendekati konstan untuk rasio segi ( $a/b$ ) yang semakin besar.

Untuk kondisi tumpuan tepi jepit-bebas dapat diidealisasi seperti Gambar (3.6.a) nilai  $k = 0,425$  sedangkan untuk kondisi tumpuan tepi jepit-jepit dapat diidealisasi seperti Gambar (3.6.b) nilai  $k = 4$ . Menurut *N.S. Trahair, M.A. Bradford, 1988*, untuk plat yang tertekuk dengan kondisi tumpuan jepit-jepit yang memikul tegangan lentur dapat diidealisasi seperti ditunjukkan pada Gambar (3.6.c), mempunyai nilai  $k = 23,9$



Gambar 3.6 (a) Tekuk pada sayap (jepit-bebas)  
 (b) Tekuk horizontal pada badan (jepit-jepit)  
 (c) Distribusi tegangan lentur pada kondisi tumpuan jepit-jepit

Menurut Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991 dari persamaan (3.15) dengan  $\mu = 0,3$  untuk baja, dan  $E = 2.10^5$  Mpa, didapat

$$\frac{b}{t} = 425\lambda_c \sqrt{\frac{k}{F_y(Mpa)}} \quad (3.16)$$

Batas untuk elemen tekan tanpa pengaku  $\lambda_c = 0,46$ , bila  $k = 0.76$  (pada awal *strain hardening*), menghasilkan

$$\frac{b}{t} = \frac{171}{\sqrt{F_y(Mpa)}} \quad (3.17)$$

Untuk elemen dengan pengaku  $\lambda_c = 0,58$ , bila  $k = 4$ , yaitu harga minimum dengan menganggap pengekangan rotasi tepi plat sebagai kondisi jepit, menetapkan batas untuk elemen tekan yang diperkuat sebagai

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{\sqrt{F_y(Mpa)}} \quad (3.18)$$

Untuk  $E = 2.10^5$  MPa dan angka poisson  $\mu = 0,3$ ,  $\lambda_c = 0,58$  dan  $k = 23,9$  maka batasan untuk elemen tekan yang memikul tegangan lentur dan kondisi jepit-jepit seperti pada Gambar (3.6.c) adalah

$$\frac{b}{t} = \frac{1680}{\sqrt{F_y(Mpa)}} \quad (3.19)$$

Dari persamaan-persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar rasio perbandingan lebar dan tebal ( $b/t$ ) maka tegangan kritis  $F_{cr}$  semakin kecil. Maka untuk meningkatkan  $F_{cr}$  dengan cara mengubah koefisien tekuk  $k$  yang bergantung pada kondisi tumpuan tepi plat. Untuk kondisi tumpuan jepit-bebas dengan nilai

minimum 0,425 apabila dirubah menjadi kondisi tumpuan jepit-jepit dengan  $k$  minimum 4 akan menghasilkan kenaikan tegangan kritis  $F_{cr}$  hampir 10 kali lipat.

### 3.4.2 Kuat Nominal Lentur Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lokal

Tekuk lokal merupakan salah satu masalah instabilitas pada batang desak yang dapat mengakibatkan terjadinya kuruntuhan dini pada struktur dikarenakan tidak tercapainya tegangan leleh. Kelangsingan elemen-elemen tekan suatu komponen yang memikul lentur dibatasi dengan adanya penampang kompak, tak-kompak dan langsing. Menurut *Thomas Burns, 1985* dan *Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991* elemen dikatakan kompak jika penampang mampu untuk mencapai deformasi plastis sebelum terjadinya tekuk dan elemen dikatakan tak-kompak jika penampang mampu mencapai paling sedikit tegangan leleh sebelum tekuk terjadi pada elemen tersebut.

#### 1. Penampang Kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ )

Untuk pelat sayap harus memenuhi persyaratan

$$\frac{b}{t} \leq \frac{171}{\sqrt{F_y(Mpa)}} \quad (3.20)$$

Untuk pelat badan harus memenuhi persyaratan

$$\frac{b}{t} \leq \frac{1680}{\sqrt{F_y(Mpa)}} \quad (3.21)$$

Momen nominal untuk penampang kompak

$$M_n = M_p \quad (3.22)$$



## 2. Penampang Tak-Kompak ( $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ )

Untuk pelat sayap harus memenuhi persyaratan

$$\frac{171}{\sqrt{F_y}(\text{Mpa})} < \frac{b}{t} \leq \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}(\text{Mpa})} \quad (3.23)$$

Untuk pelat badan harus memenuhi persyaratan

$$\frac{1680}{\sqrt{F_y}(\text{Mpa})} < \frac{b}{t} \leq \frac{2250}{\sqrt{F_y}(\text{Mpa})} \quad (3.24)$$

Momen nominal untuk penampang tak-kompak

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \left[ \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right] \quad (3.25)$$

dimana  $F_y$  adalah tegangan leleh,  $F_r$  adalah tegangan residu dan  $S$  adalah modulus elastis sebesar  $I / (d/2)$

## 3. Penampang Langsing ( $\lambda > \lambda_r$ )

Untuk pelat sayap harus memenuhi persyaratan

$$\frac{b}{t} > \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}(\text{Mpa})} \quad (3.26)$$

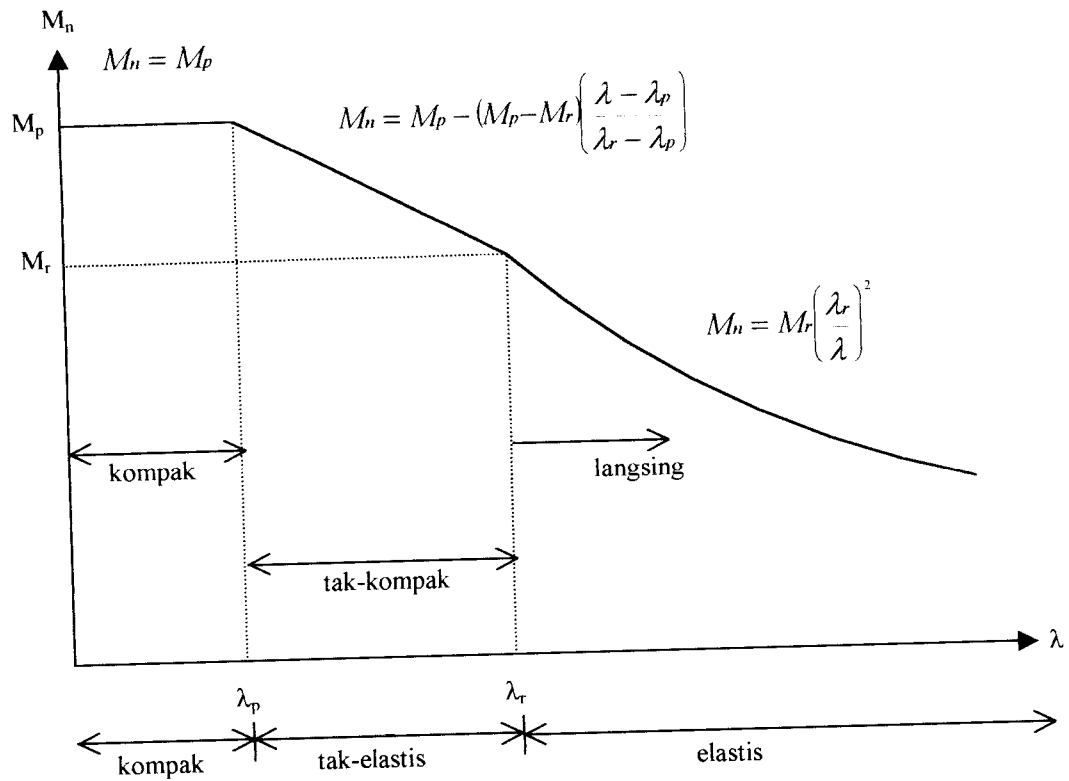
Untuk pelat badan harus memenuhi persyaratan

$$\frac{b}{t} > \frac{2250}{\sqrt{F_y}(\text{Mpa})} \quad (3.27)$$

Momen nominal penampang langsing dihitung dengan persamaan

$$M_n = M_r \left( \frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \quad (3.28)$$

Dari uraian diatas penampang digolongkan menjadi 3 yaitu kompak, tak-kompak dan langsing sebagai fungsi rasio kelangsingan ditunjukkan pada Gambar (3.7).



Gambar 3.7 Perbandingan momen nominal  $M_n$  dengan kelangsingan  $\lambda$  untuk tekuk lokal

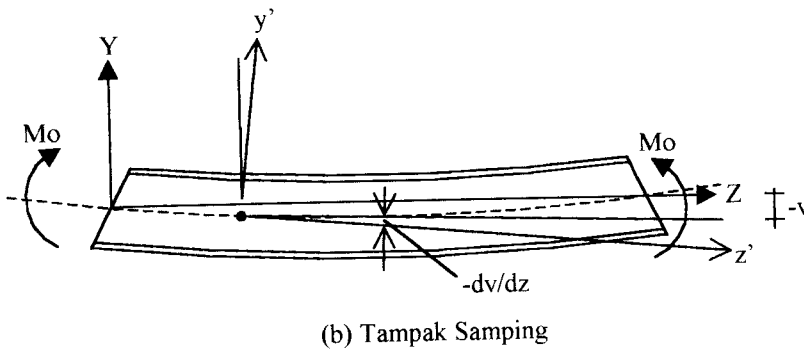
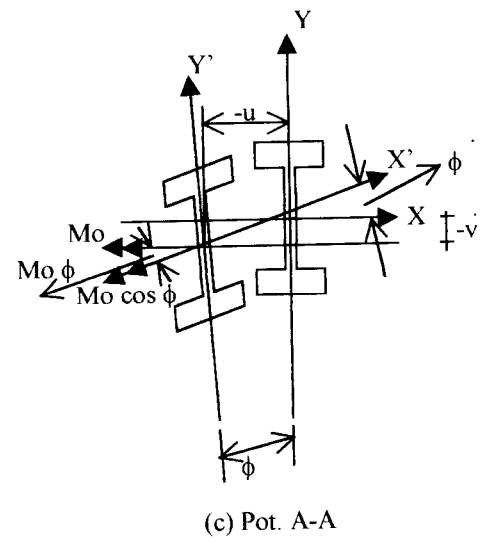
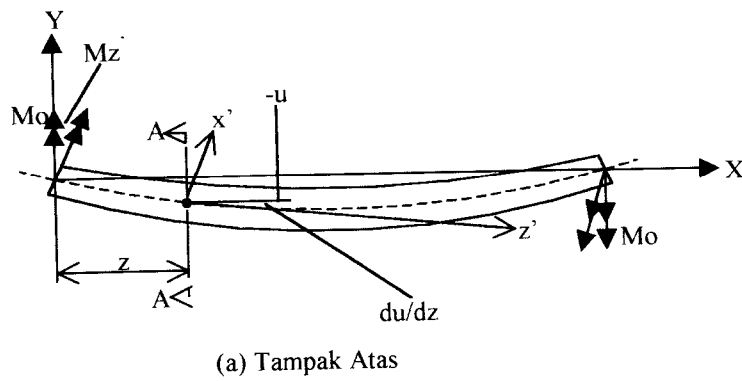
### 3.4.3 Tekuk Puntir Lateral

Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991 dari Gambar (3.8) yang menunjukkan balok profil I pada posisi tertekuk terlihat bahwa momen luar  $M_o$  pada bidang  $YZ$  akan menimbulkan komponen momen  $M_x'$ ,  $M_y'$ , dan  $M_z'$  masing-masing terhadap sumbu  $x'$ ,  $y'$  dan  $z'$ . Akibatnya, balok mengalami lengkungan lentur pada bidang  $x'z'$  dan  $y'z'$  serta lengkungan puntir terhadap sumbu  $z'$ . Dengan

menganggap deformasi kecil, lentur pada bidang  $y'z'$  (bila kosinus arah antara sumbu  $y'$  dan  $y$  serta sumbu  $z'$  dan  $z$  sama dengan 1) dapat dituliskan sebagai

$$EI_x \frac{d^2 v}{dz^2} = M_{x'} = M_0 \tag{3.29}$$

dimana  $v$  adalah perpindahan titik berat dalam arah  $y$



Kosinus Arah

	X	Y	Z
X'	1	$\phi$	$-\frac{du}{dz}$
Y'	$-\phi$	1	$-\frac{dv}{dz}$
Z'	$\frac{du}{dz}$	$\frac{dv}{dz}$	1

Gambar 3.8 Balok profil I pada posisi tertekuk.

Sedang kelengkungan pada bidang  $x'z'$  adalah

$$EI_y \frac{d^2 u}{dz^2} = M_y' = M_0 \phi \quad (3.30)$$

seperti terlihat pada Gambar (3.8.c), dengan  $u$  adalah perpindahan titik berat dalam arah  $x$

Dimana penyelesaian untuk  $M_0 = M_{cr}$  menghasilkan

$$M_{cr}^2 = E^2 C_w I_y \left[ \left( \frac{\pi^2}{L^2} + \frac{GJ}{2EC_w} \right)^2 - \left( \frac{GJ}{2EC_w} \right)^2 \right] \quad (3.31)$$

Momen kritis pada penampang dinyatakan dengan persamaan:

$$M_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^4 E^2 C_w I_y}{L^4} + \frac{\pi^2 E I_y GJ}{L^2}} \quad (3.32)$$

Pemfaktoran  $\pi / L$  dari dalam tanda akar memberikan :

$$M_{cr} = \frac{\pi}{L} \sqrt{\left( \frac{\pi E}{L} \right)^2 C_w I_y + E I_y GJ} \quad (3.33)$$

Untuk menyesuaikan dengan gradien momen dapat dikalikan dengan suatu faktor  $C_b$  dengan demikian secara umum rumus  $M_{cr}$  adalah

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{\left( \frac{\pi E}{L} \right)^2 C_w I_y + E I_y GJ} \quad (3.34)$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui  $M_{cr}$  akan rendah apabila panjang bentang  $L$  bernilai besar dan inersia  $I_y$  bernilai kecil.

Menurut *N.S. Trahair, M.A. Bradford, 1988*, Kondisi dukungan pada kantilever berbeda dengan balok biasa lainnya karena dukungan dari kantilever hanya pada salah satu ujungnya saja atau salah satu ujungnya bebas. Solusi dari tekuk lateral elastis untuk kantilver dengan mengganti  $L$  pada balok biasa dengan panjang dua kalinya  $2L$ , dimana

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{2L} \sqrt{\left(\frac{\pi E}{2L}\right)^2 C_w I_y + E I_y G J} \quad (3.35)$$

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa nilai momen kritis  $M_{cr}$  pada balok kantilever lebih kecil dibandingkan dengan momen kritis  $M_{cr}$  balok dengan dukungan sederhana disebabkan oleh jarak antara penompang lateral  $L$  pada kantilever lebih besar 2 kalinya dibandingkan dengan balok dukungan sederhana.

*Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991*, mengemukakan bahwa tekuk puntir lateral pada suatu balok kantilever tidak seberat kondisi suatu segmen yang mendapat pembebanan momen seragam. Karena pada momen ujung bebas dari kantilever adalah nol, gaya tekan pada sayap akan berkurang dari maksimum pada ujung yang satu menjadi nol pada ujung yang bebas sehingga pembebanannya kurang begitu berat jika dibandingkan dengan gaya tekan yang bekerja merata pada seluruh panjang bentang, sehingga gradien momen  $C_b$  untuk kantilever diambil sebesar satu.

$C_b$  merupakan suatu nilai variasi atau gradien momen yang terjadi pada elemen yang tak-berpenopang yang mempengaruhi kekuatan penampang pada saat tekuk puntir lateral terjadi. Nilai  $C_b$  dihitung dengan persamaan (3.36)

$$C_b = 1.75 + 1.05\left(\frac{M_1}{M_2}\right) + 0.3\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 \leq 2.3 \quad (3.36)$$

dimana  $M_1$  adalah momen terkecil pada ujung bagian tak-berpenopang dan  $M_2$  adalah momen terbesar pada ujung bagian tak-berpenopang.

Bila prosedur perencanaan memperhitungkan momen yang lebih besar dari  $M_y = SF_y$  sampai  $M_p$  (momen plastis), tekuk lateral lebih cenderung terjadi. Baik prosedur perencanaan tegangan kerja maupun plastis secara tersirat mengharuskan penopang lateral diberikan dititik tempat sendi plastis diperkirakan terjadi pada mekanisme keruntuhan. Ketika sendi plastis tercapai di suatu penampang, serat terluar akan meregang sampai mendekati atau benda berada dalam daerah pengerasan regangan.

Jika kekakuan  $EI_y$  dan  $GJ$  ditentukan dengan memperhitungkan daerah inelastis dan juga daerah elastis, persamaan (3.34) dapat dipakai untuk daerah plastis. Karena jarak antara titik sokongan samping pada balok yang direncanakan pada balok untuk mengembangkan momen plastis relatif dekat, suku yang melibatkan kekakuan puntir  $GJ$  dapat diabaikan. Dengan demikian persamaan (3.34) (bila suku kedua diabaikan) menjadi

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 E}{L^2} \sqrt{C_w I_y} \quad (3.37)$$

Karena  $M_{cr}$  harus mencapai  $M_p$ , maka  $M_p = ZF_y$ , dan  $C_w = I_y h^2 / 4$  dan  $I_y = A r_y^2$

Persamaan (3.37) menghasilkan angka kelangsingan maksimum

$$\frac{L}{r_y} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{2F_y} \left( \frac{hA}{Z} \right)} \quad (3.38)$$

Serta gradien momen, leleh parsial, kekakuan puntir dan kekakuan ujung apabila diperhitungkan menurut *LRFD F1.3* akan menghasilkan persamaan

$$\frac{L}{r_y} = \frac{131}{\sqrt{F_y(Mpa)}} \quad (3.39)$$

### 3.4.4 Kuat Lentur Nominal Penampang dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Panjang tak-berpenopang lateral  $L_b$  mempengaruhi tekuk puntir lateral yang dapat menyebabkan reduksi kekuatan momen nominal penampang yang sangat berarti. Berdasarkan  $L_b$ , bentang dapat dikelompokkan menjadi bentang pendek, menengah dan panjang.

#### 1. Bentang Pendek ( $L_b \leq L_p$ )

$L_p$  adalah panjang bentang untuk kondisi penampang kompak yang sesuai dengan persamaan (3.39)

$$L_p = \frac{131}{\sqrt{F_y(Mpa)}} r_y \quad (3.40)$$

sehingga  $L_b$  untuk penampang kompak harus lebih kecil dari persamaan (3.40)

$$L_b \leq \frac{131}{\sqrt{F_y(Mpa)}} r_y \quad (3.41)$$

Momen nominal untuk penampang tersebut

$$M_n = M_p \quad (3.42)$$

## 2. Bentang Menengah ( $L_p < L_b \leq L_r$ )

$L_r$  adalah panjang bentang untuk kondisi batang tak-kompak

$$L_r = \frac{r_y X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}} \quad (3.43)$$

dengan  $X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left( \frac{S_x}{GJ} \right)^2$$

sehingga  $L_b$  untuk penampang tak-kompak harus berada diantara persamaan (3.40) dan persamaan (3.43)

$$\frac{131}{\sqrt{F_y}} r_y < L_b \leq \frac{r_y X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}} \quad (3.44)$$

Momen nominal untuk penampang tak-kompak

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - M_r) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p \quad (3.45)$$

## 3. Bentang Panjang ( $L_b > L_r$ )

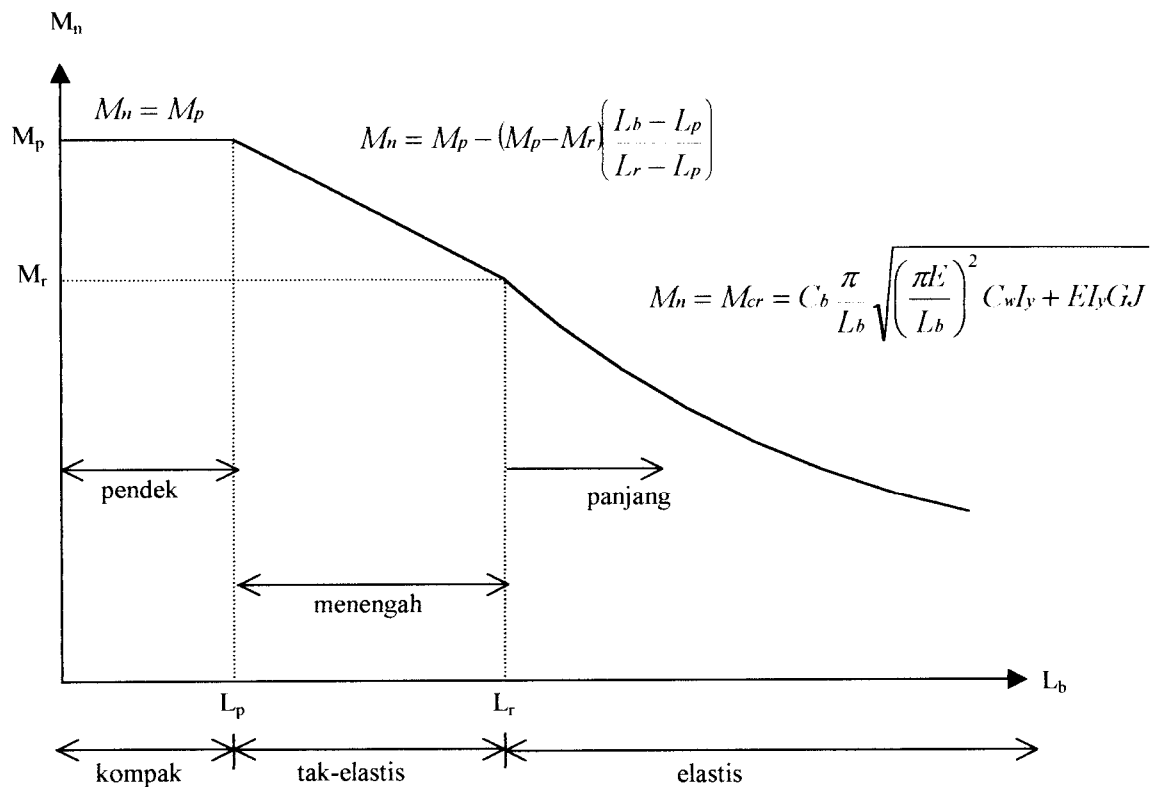
Untuk  $L_b$  yang melampaui  $L_r$ , maka tekuk lokal akan terjadi sebelum serat terluar mencapai tegangan leleh dan efisiensi penampang lintangnya tereduksi, sehingga

$$M_n = M_{cr} \quad (3.46)$$

dimana nilai  $M_{cr}$  dapat diperoleh melalui persamaan (3.35)



Dari uraian diatas mengenai momen nominal untuk bentang pendek, menengah dan panjang ditunjukkan pada Gambar (3.9)



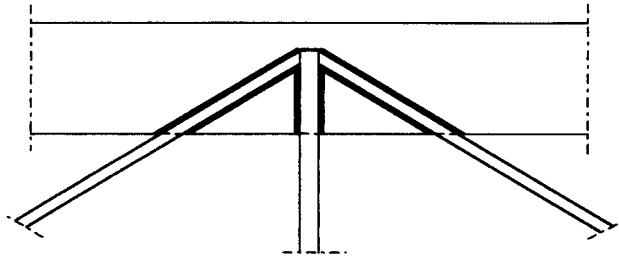
Gambar 3.9 Perbandingan momen nominal  $M_n$  dengan panjang tak-berpenopang lateral ( $L_b$ ) untuk tekuk puntir lateral

### 3.5 Alat Sambung Las

Menurut Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1991 pengelasan merupakan proses penggabungan material (biasanya logam) dengan pemanasan sampai ke temperatur yang sesuai sedemikian rupa sehingga material tersebut melebur menjadi satu kesatuan. Pada penelitian ini digunakan alat sambung berupa las dengan proses SMAW dan tipe las berupa las sudut (*fillet*).

SMAW atau *Shielded Metal Arc Welding* adalah las busur logam berpelindung yang merupakan salah satu proses pengelasan baja struktural yang paling banyak digunakan. Pada proses ini pemanasan dicapai dengan penggunaan sebuah busur listrik diantara elektroda berlapis dan material yang akan digabungkan, sehingga SMAW disebut juga sebagai proses elektroda batang manual. Selama proses pengelasan elektroda berlapis tersebut akan termakan pada saat logam ditransfer dari elektroda ke material dasar. Kawat elektroda menjadi bahan pengisi dan pelapisan sebagian dikonversikan kedalam gas pelindung, sebagian lagi ke dalam terak, dan sebagian lagi diserap oleh logam las. Pelindung busur akan mencegah terjadinya kontaminasi atmosferik dari logam yang meleleh dalam arus busur dan dalam kubangan busur.

Pada penelitian ini digunakan las sudut dikarenakan tipe las ini kurang membutuhkan presisi pada pengepasannya dan masing-masing bagian dari material yang akan disambung cukup ditumpang tindihkan. Pinggiran dari material struktur yang akan disambung jarang membutuhkan persiapan khusus seperti pemotongan miring atau pengirisan tegak, karena kondisi pinggiran hasil pemotongan dengan api atau pengirisan pun sudah cukup memadai. Contoh penggunaan las sudut untuk penyambungan ditunjukkan oleh Gambar (3.10)



Gambar 3.10 Penggunaan las sudut penyambungan

### 3.5.1 Kekuatan Nominal Las Sudut

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

$$\phi R_{nw} = 0.75t_e(0.6F_{EXX}) \quad \text{las sudut} \quad (3.47)$$

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

$$\phi R_{nw} = 0.75t(0.6F_u) \quad \text{logam dasar} \quad (3.48)$$

dimana  $t_e$  adalah dimensi leher efektif yang untuk ukuran leher yang sama maka

$$t_e = 0.707a \quad (3.49)$$

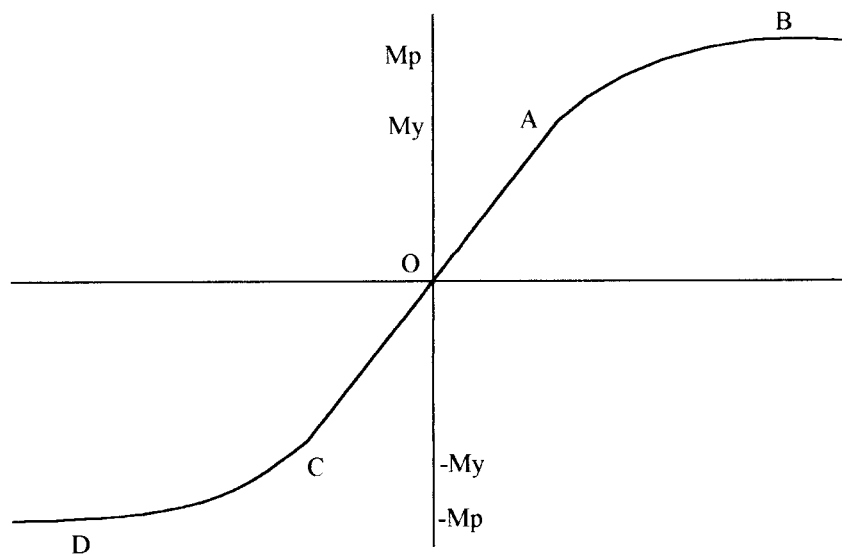
untuk ukuran leher yang tidak sama maka

$$t_e = \frac{ab}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (3.50)$$

dengan  $t_e$  adalah dimensi leher efektif,  $F_{EXX}$  adalah kuat tarik material elektroda,  $t$  adalah tebal material dasar disepanjang las,  $F_u$  adalah kuat tarik maksimum logam dasar, dan  $\phi$  adalah faktor resistensi las sudut = 0,75

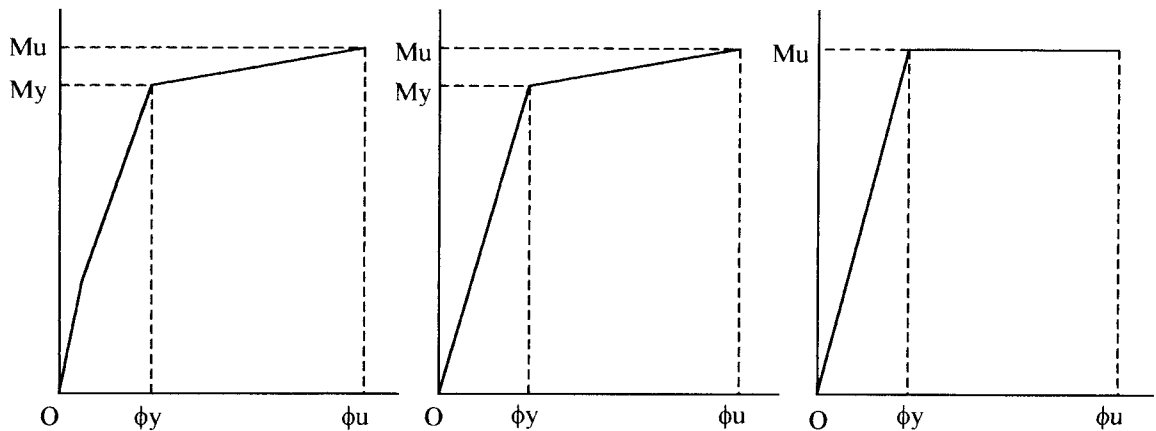
### 3.6 Hubungan Momen Dengan Kelengkungan

Menurut *J.D. Tood, 1984* grafik hubungan momen-kelengkungan yang ditunjukkan oleh Gambar (3.11) OAB adalah kurva momen-kelengkungan jika kurva positif dan OCD adalah kurva momen-kelengkungan jika negatif.

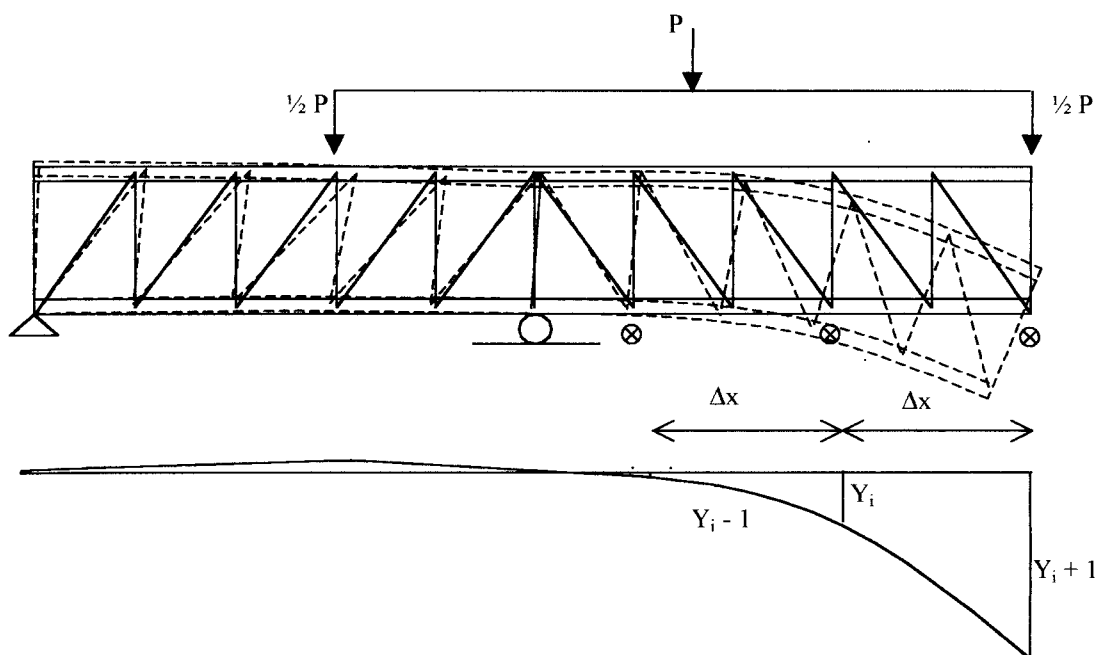


Gambar 3.11 Kurva momen-kelengkungan

Sedangkan momen-kelengkungan yang ideal menurut *Park,Paulay, 1975* ditunjukkan oleh grafik tri-linear kemudian berubah menjadi grafik bi-linear, hal ini ditunjukkan oleh Gambar (3.12)



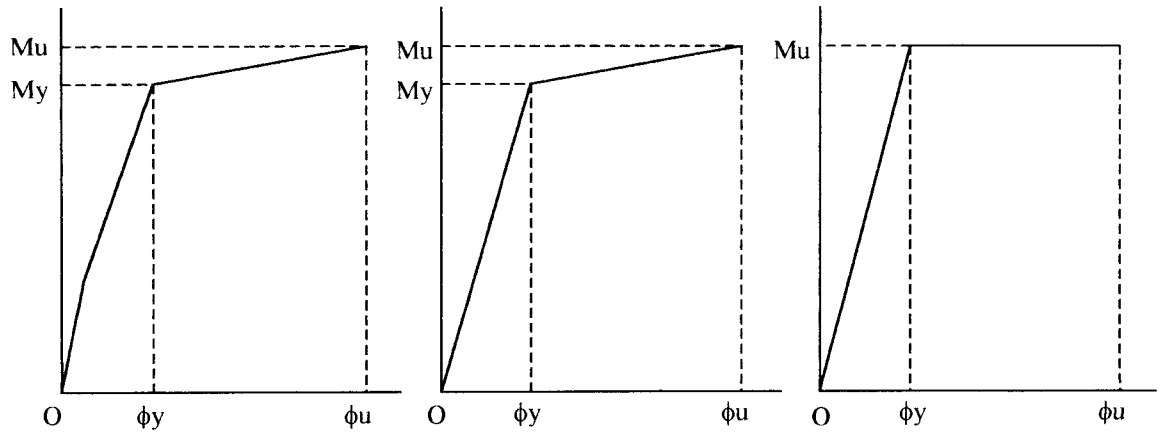
Gambar 3.12 Hubungan antara momen  $M$  dan kelengkungan  $\phi$



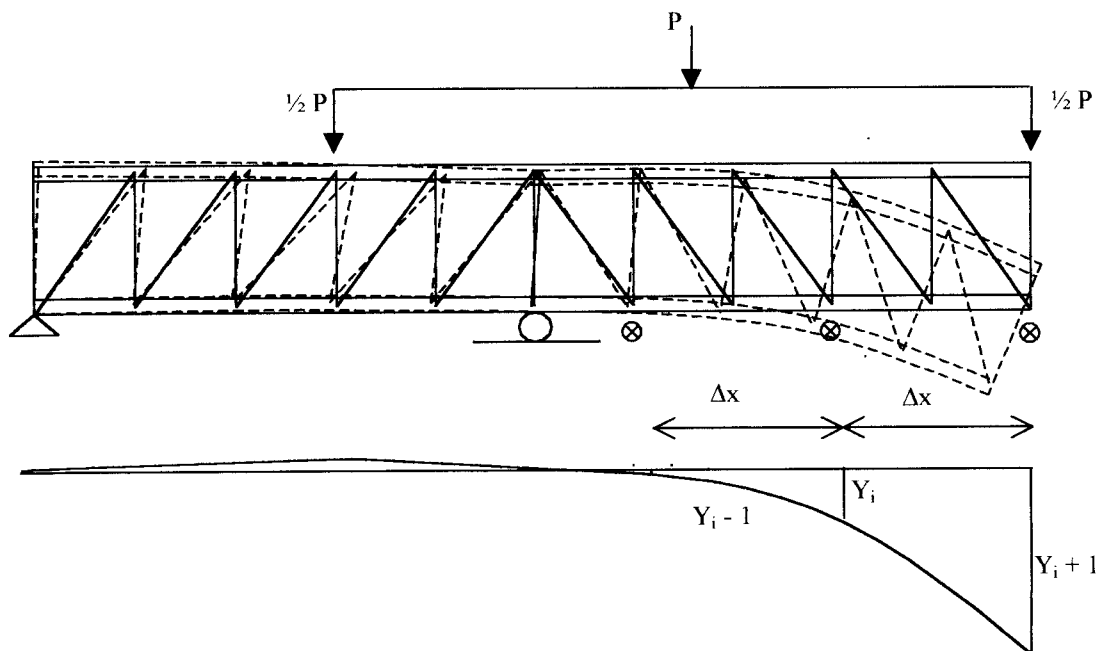
Gambar 3.13 Pendekatan kemiringan dengan metoda *Central Differences*

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

Mengacu pada Gambar (3.13)  $dy/dx$  didekati dengan Persamaan (3.51)



Gambar 3.12 Hubungan antara momen  $M$  dan kelengkungan  $\phi$



Gambar 3.13 Pendekatan kemiringan dengan metoda *Central Differences*

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

Mengacu pada Gambar (3.13)  $dy/dx$  didekati dengan Persamaan (3.51)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.51)$$

turunan kedua Persamaan (3.51) adalah :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \frac{d}{dx} (2\Delta_x)}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.52)$$

karena  $(2\Delta_x)$  adalah konstanta maka

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

sehingga Persamaan (3.52) menjadi

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.53)$$

selanjutnya dari Persamaan (3.53) didapatkan

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.54)$$

kemudian Persamaan (3.54) disederhanakan menjadi :

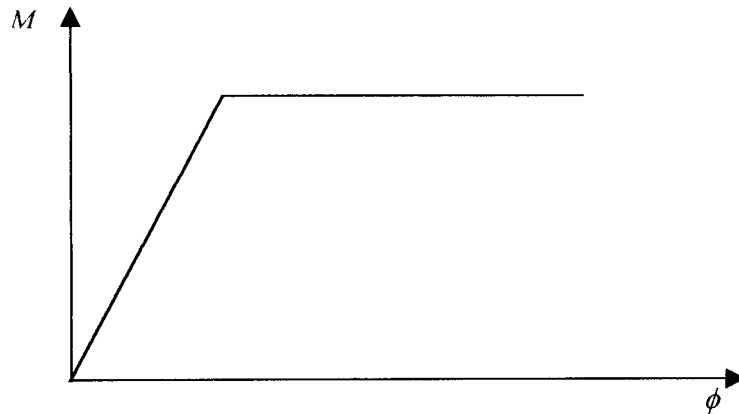
$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta_x)^2} \quad (3.55)$$

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

$$M = EI \cdot \phi$$

$$M = EI \cdot \frac{d^2y}{dx^2} \quad (3.56)$$

Hubungan momen  $M$  dan kelengkungan (curvatur)  $\phi$  ditunjukkan pada Gambar (3.14)



Gambar 3.14 Hubungan Momen  $M$  dan kelengkungan  $\phi$

Pada saat pembebanan telah tercapai pada  $P_{max}$  dan terjadi momen batas yang menimbulkan mekanisme kerutuhan maka penampang ini akan terus berdeformasi tanpa menghasilkan daya tahan tambahan. Sudut regangan  $\phi$  akan elastis seluruhnya setelah itu keadaan tidak stabil dan lendutan tidak terkendali. Karena profil C canai dingin mempunyai tegangan kritis yang jauh dibawah tegangan lelehnya ( $F_{cr} < F_y$ ) maka  $M_{cr} < M_y$ , dimana :

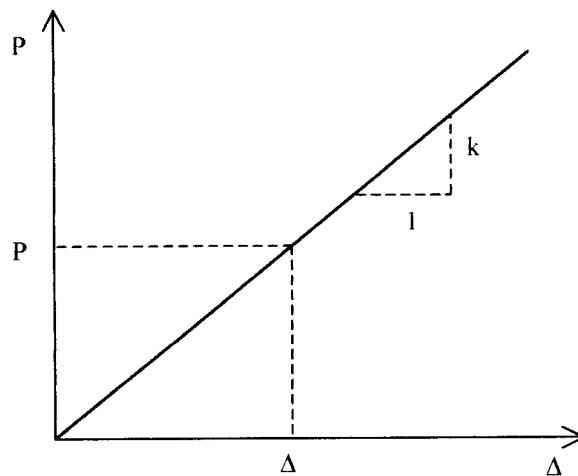
$$M_{cr} = F_{cr} \times S_x \sim M_y = F_y \times S_x \quad (3.57)$$



### 3.7 Kekakuan

Menurut Gere dan Timoshenco, 1985, kekakuan ( $k$ ) didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu lendutan satuan. Dengan memperhatikan Gambar (3.15), dapat dilihat bahwa beban  $P$  yang bekerja pada struktur menyebabkan terjadinya lendutan  $\Delta$ . Besarnya lendutan sesuai dengan beban yang bekerja pada struktur sehingga akan bersifat elastis linear, kemiringan dari lengkung yang dihasilkan disebut sebagai kekakuan yang dirumuskan sebagai

$$k = \frac{P}{\Delta} \quad (3.58)$$

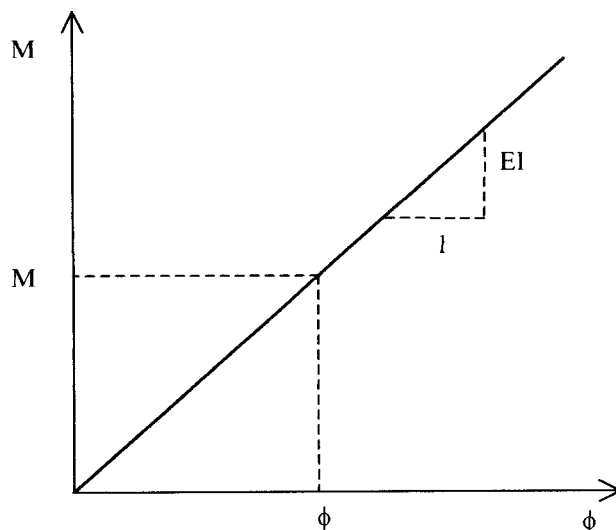


Gambar 3.15 Kekakuan dari grafik beban-lendutan dan beban-lateral

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

$$EI = \frac{M}{\phi} \quad (3.59)$$

Kekakuan lentur ini didapat dari grafik hubungan momen-kelendutan yang ditunjukkan oleh Gambar (3.16)



Gambar 3.16 Kekakuan dari grafik momen-kelengkungan

### 3.8 Daktalitas

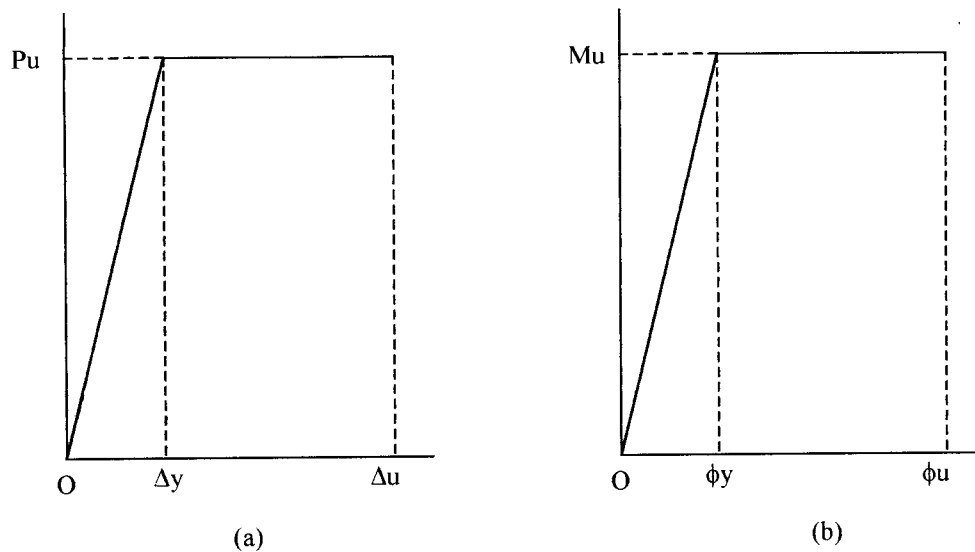
Menurut *Park dan Paulay, 1975*, bahwa suatu material dikatakan daktail apabila bahan tersebut dapat menahan deformasi purna luluh. Daktalitas  $\mu$  merupakan rasio dari deformasi purna luluh dengan deformasi pada saat pertama luluh..

Dalam penelitian ini, setelah didapat grafik beban-lendutan dan grafik beban-lateral, maka daktalitas simpangan dapat dicari, hal ini ditunjukkan oleh Gambar (3.17.a).

$$\mu_{\text{simpangan}} = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (3.60)$$

Sedangkan daktalitas kelengkungan didapat dari grafik hubungan momen-kelengkungan, hal ini ditunjukkan oleh Gambar (3.17.b).

$$\mu_{kelengkungan} = \frac{\phi_u}{\phi_y} \quad (3.61)$$



Gambar 3.17 (a). Daktalitas simpangan  
(b). Daktalitas kelengkungan

### 3.9 Hipotesa

Dengan memperhatikan latar belakang, tinjauan pustaka, serta landasan teori dapat diambil kesimpulan awal (hipotesa) bahwa apabila struktur *open web joist kantilever* yang diberi beban sentris  $P$  akan terjadi lentur yang dapat mengakibatkan terjadinya tekuk lokal maupun tekuk puntir lateral, hipotesa yang dapat diambil yaitu:

1. Profil C canai dingin mempunyai rasio ( $b/t$ ) atau ( $h/t$ ) yang besar akan menyebabkan kapasitas lenturnya lebih rendah daripada tegangan lelehnya.

$$F_{cr} \leq F_y$$

2. Akan terjadi tekuk puntir lateral akibat momen kritis penampang lebih kecil daripada momen leleh

$$M_{cr} \leq M_y$$

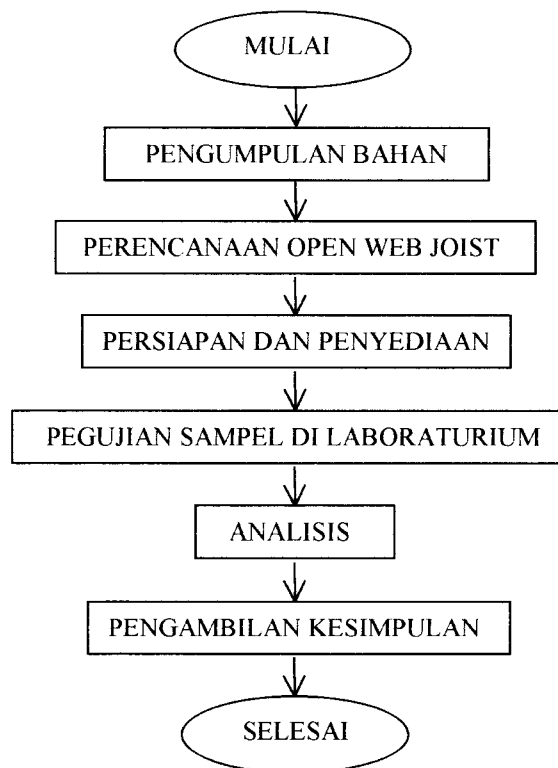
3. Tekuk puntir lateral sangat dipengaruhi oleh panjang tak-berpenopang  $L_b$ , semakin besar nilai  $L_b$  maka  $M_{cr}$  penampang akan semakin kecil.

## 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. Jalan dari penelitian ini dapat dilihat pada flowchart Gambar (4.1)



Gambar 4.1 Flowchart metode penelitian

## 4.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Baja profil

Baja Profil yang digunakan adalah baja profil C canai dingin ukuran 100 x 50 x 20 x 2,3 mm sebagai batang horisontal

2. Badan

Pada badan untuk batang vertikal menggunakan baja bulat diameter 12 mm dan untuk batang diagonal menggunakan baja bulat diameter 10 mm

3. Las

Sambungan las menggunakan Elektroda E70XX dengan kekuatan tarik maksimum  $f_u = 70 \text{ Ksi}$

4. Pelat pengaku

Pelat pengaku berupa pelat tipis setebal 2 mm yang berfungsi menghubungkan sayap pada batang desak profil C canai dingin.

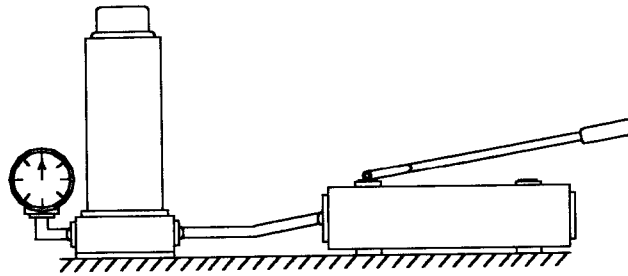
## 4.3 Peralatan Penelitian

Pengujian ini menggunakan beberapa alat yang terdiri dari :

1. *Hydraulic Jack*

Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur balok bada terbuka (*open web joist*) dengan kapasitas

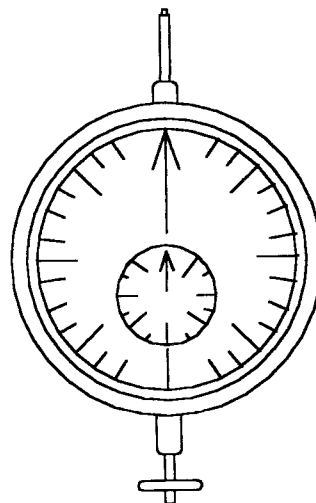
maksimum yang dimiliki adalah 250 kN dan ketelitian pembacaan sebesar 3 kN, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.1)



Gambar 4.1 *Hydraulic Jack*

## 2 *Dial Gauge*

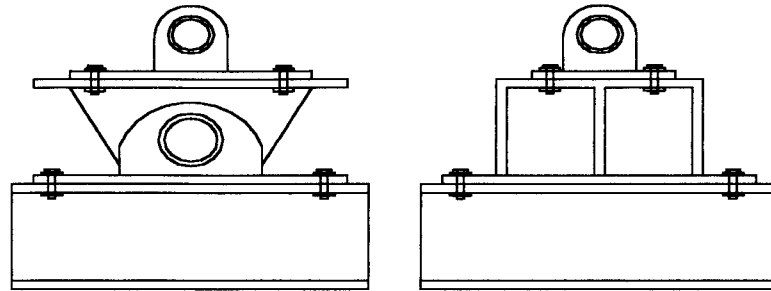
Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dengan ketelitian pembacaan 0,01 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.2)



Gambar 4.2 *Dial Gauge*

### 3. Dukungan Sendi dan Rol

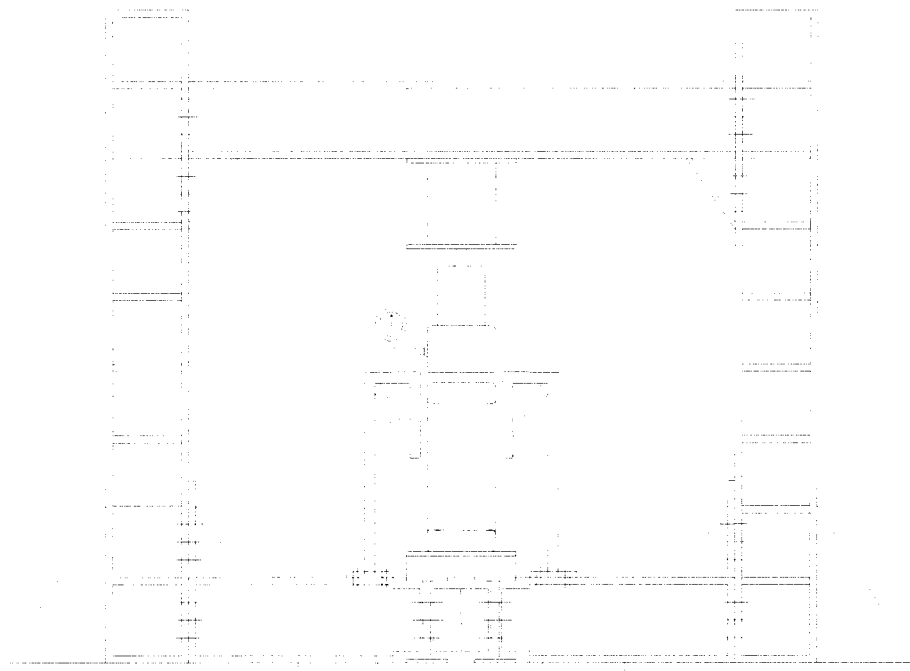
Dukungan sendi dipasang pada salah satu dukungan balok badan terbuka (*open web joist*) dan dukungan rol dipasang pada dukungan lainnya, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.3)



Gambar 4.3 Dukungan sendi rol

### 4. *Loading Frame*

Untuk keperluan penelitian ini telah dibuat loding frame dari bahan baja WF 450x200x9x14 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.4)

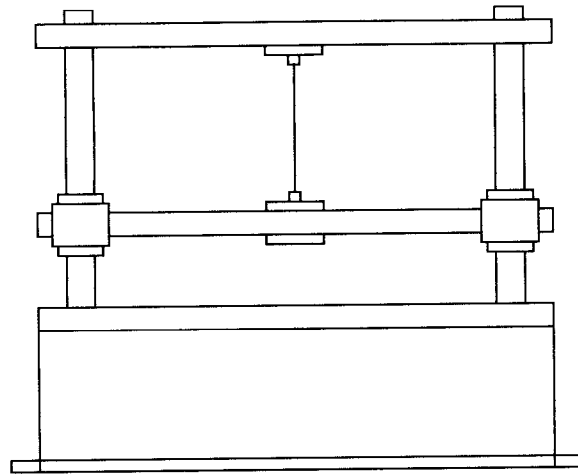


Gambar 4.4 *Loading Frame*



## 5. Mesin Uji Kuat Tarik

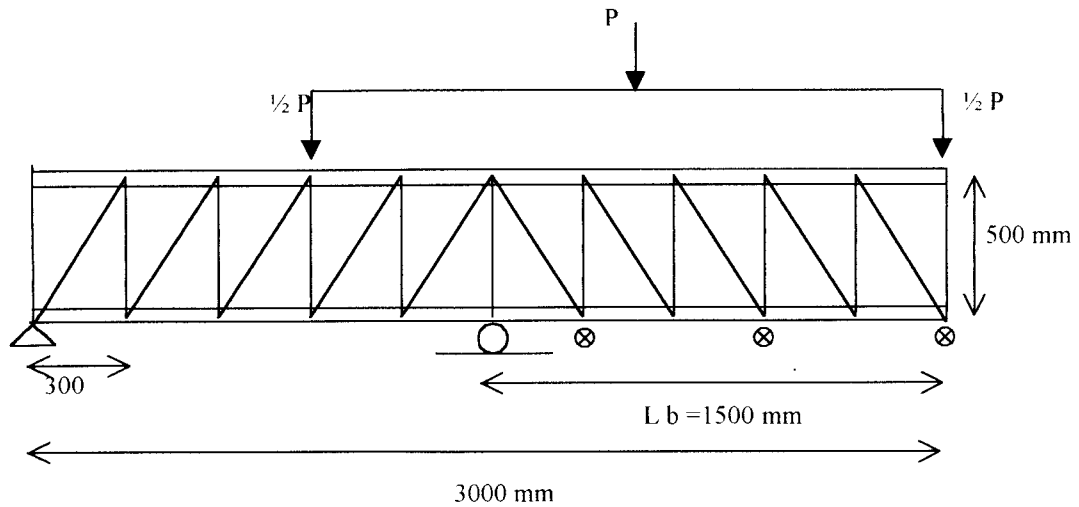
Digunakan untuk mengetahui kuat tarik baja. Alat yang digunakan adalah *Universal Testing Material* (UTM) merk *Shimatsu* type *UMH-30* dengan kapasitas 30 ton, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.5)



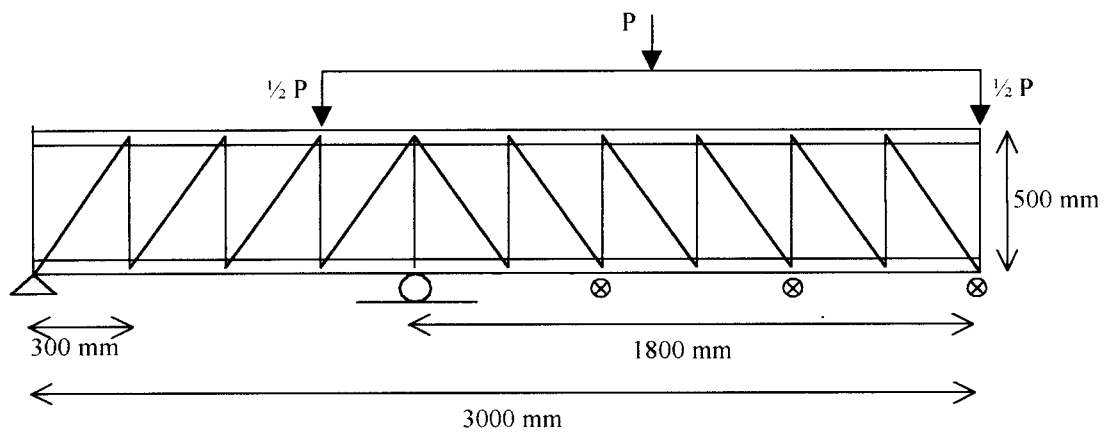
Gambar 4.5 Mesin uji kuat tarik

### 4.4 Model Benda Uji

Model benda uji dalam pengujian ini berupa balok badan terbuka dengan panjang 3m, merupakan balok yang disusun dari profil C canai dingin ukuran 100 x 50 x 20 x 2,3 mm sebagai batang horizontal, baja bulat diameter 12 mm sebagai batang vertikal dan baja bulat diameter 10 mm sebagai batang diagonal serta pelat tipis dengan tebal 2 mm sebagai perkuatan untuk batang desak pada profil C canai dingin. Jumlah benda uji sebanyak 4 buah dengan variasi panjang tak berpenopang (L<sub>b</sub>). Bentuk benda uji dapat dilihat pada Gambar (4.6) dan Gambar (4.7)



Gambar 4.6 Balok badan terbuka dengan  $L_b$  1500 mm



Gambar 4.7 Balok badan terbuka dengan  $L_b$  1800 mm

#### 4.5 Pembuatan model benda uji

Balok badan terbuka yang merupakan rangkaian profil C canai dingin dengan panjang bentang 3 m atas bawah saling berhadapan dan dirangkaikan baja bulat dengan diameter 10 mm dan 12 mm terhadap sisi profil C canai dingin yang

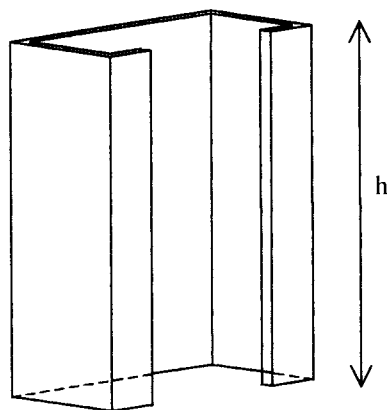
disambungkan dengan menggunakan las. Model benda uji ini berjumlah 4 buah dengan variasi panjang tak berpenompang ( $L_b$ ) terdiri dari 2 buah model dengan  $L_b = 1500$  mm dan 2 buah model dengan  $L_b = 1800$  mm.

#### 4.6 Pengujian Benda Uji

Sebelum pengujian benda uji, terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan pada bahan-bahan yang akan digunakan, meliputi: pengujian kuat desak pelat, pengujian kuat tarik pelat dan pengujian kuat geser las. Setelah itu baru dilakukan pengujian pada benda uji, yang dilakukan secara bertahap.

##### 4.6.1 Pengujian Kuat Desak

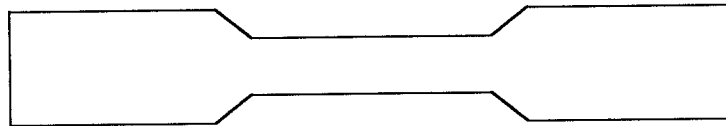
Pengujian kuat desak dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Untuk mencari kerampingan batang desak dalam hubungannya dengan tekuk puntir lateral dengan panjang sampel ( $h$ ) masing-masing 100 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm dan 500 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.8)



Gambar 4.8 Benda uji kuat desak profil canai

#### 4.6.2 Pengujian Kuat Tarik

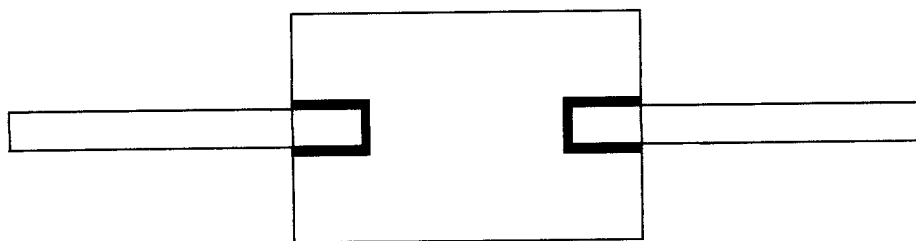
Tegangan tarik pelat baja dapat diketahui dengan membagi beban maksimum luas rata-rata dari luasan benda uji. Benda uji untuk kuat tarik baja seperti ditunjukkan pada Gambar (4.9)



Gambar 4.9 Benda uji untuk kuat tarik baja

#### 4.6.3 Pengujian Kuat Geser Las

Pengujian kuat geser las untuk mengetahui kuat ultimit las listrik yang digunakan dalam pengelasan benda uji. Tegangan ultimit las dapat diketahui dengan membagi kuat tarik las rata-rata dari luasan benda uji, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.10)



Gambar 4.10 Benda uji untuk kekuatan las



#### 4.6.4 Pengujian Kuat Lentur

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

Dukungan sendi dan rol (Gambar 4.3) diletakan pada *loading frame* (Gambar 4.4) yang dipergunakan untuk menumpu benda uji dengan panjang 3m. Kemudian pengaku lateral ditempatkan pada sisi kanan dan kiri benda uji sepanjang dukungan sendi dan rol agar tidak mengalami tekuk lateral kearah samping sedangkan untuk kantilevernya tidak diberi pengaku lateral.

Selanjutnya *hidraulic jack* (Gambar.4.1) diletakan diatas balok sepanjang 2.1 m yang berfungsi sebagai pembagi beban agar diperoleh dua pusat beban yang membebani benda uji dan 6 buah *dial gauge* (Gambar 4.2) diletakan di bawah dan samping benda uji.

Setelah *setting* peralatan selesai kemudian dilakukan pengujian kuat lentur pada benda uji. Pengujian dengan menggunakan *hidraulic jack* dilakukan untuk mendapatkan lendutan dan lateral yang terjadi kemudian diukur dengan menggunakan *dial gauge*. Proses pengujian ini adalah dengan cara memompa *hidraulic jack* secara bertahap dengan kelipatan 300 Kg. Pada setiap kelipatan 300 Kg, Pemompaan *hidraulic jack* dihentikan kemudian dilanjutkan dengan pembacaan dan pencatatan *dial gauge*. Hal ini dilakukan hingga pada batas kekuatan tertentu sampai dengan benda uji mengalami leleh dan terjadi kerusakan.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja dan Kuat Geser Las

Pelaksanaan pengujian kuat tarik dan kuat geser las dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari hasil pengujian ini dapat diketahui kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan seperti pada Tabel (5.1) dan Tabel (5.2) berikut ini:

Tabel 5.1 Hasil pengujian Kuat Tarik Baja

No.	Jenis Pengujian	$F_u$ (Mpa)	$F_y$ (Mpa)
1.	Kuat tarik pelat profil	269,022	214,130
2.	Kuat tarik baja tulangan $\varnothing$ 10 mm	550,410	374,330

Tabel 5.2 Hasil pengujian Kuat Geser Las

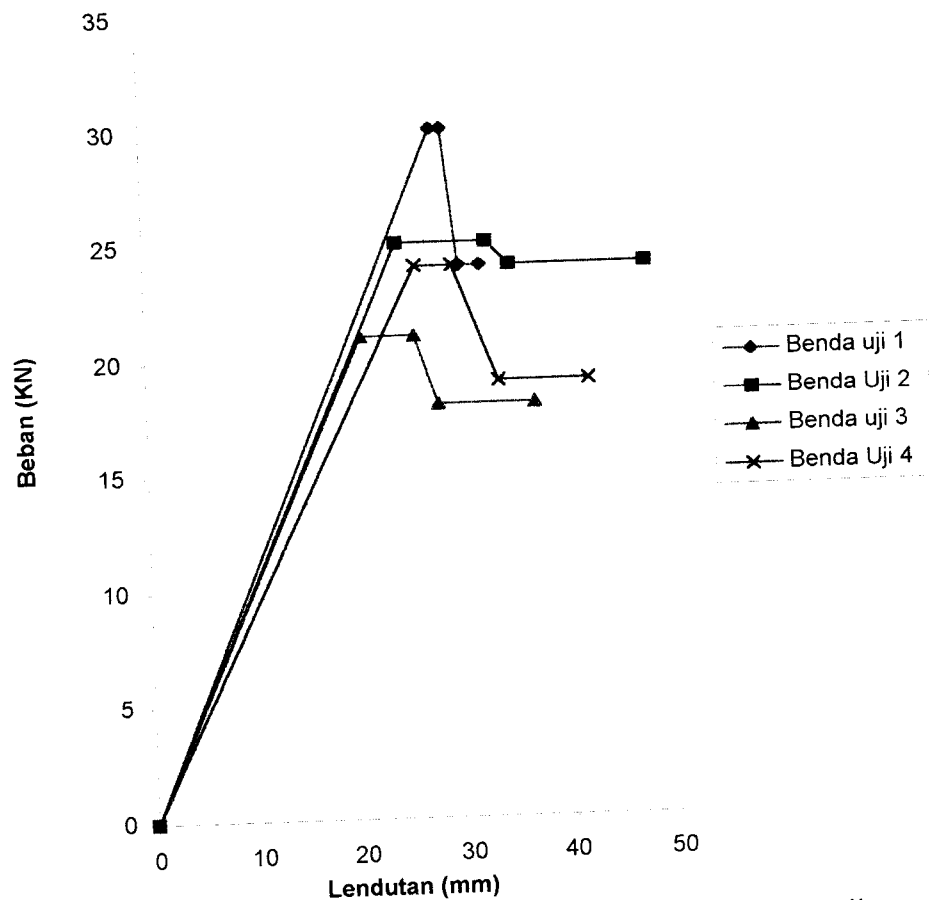
Jenis Pengujian	$F_u$ (Mpa)
Kuat geser las	336,429

#### 5.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Baja Balok Badan Terbuka (*Open Web Joist*) Kantilever

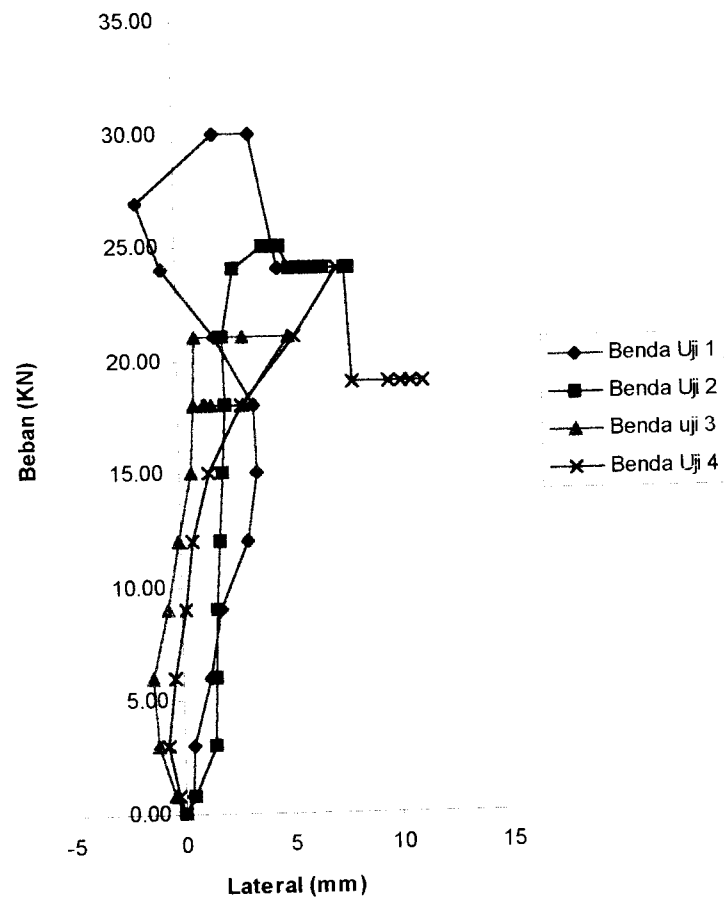
Dari hasil pengujian ini didapat grafik hubungan beban-lendutan, defleksi-lateral dan momen-kelengkungan.

### 5.2.1 Hubungan Beban-Lendutan dan Defleksi-Lateral Hasil Pengujian

Pada pengujian ini kuat lentur ini, benda uji balok badan terbuka diberikan dua beban seperti pada Gambar (4.6) dan Gambar (4.7) secara bertahap balok badan terbuka tersebut diberi kenaikan sebesar 300 kg (3 KN), kemudian pada setiap tahap pembebanan ledutan dan lateral yang terjadi dicatat. Hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran. Dari data hasil pengujian pada keempat benda uji balok badan terbuka dapat dibuat grafik hubungan beban-lendutan seperti pada Gambar (5.1). Dan grafik defleksi-lateral seperti pada Gambar (5.2)



Gambar 5.1 Grafik hubungan beban-lendutan dari keempat benda uji



Gambar 5.2 Grafik hubungan defleksi-lateral dari keempat benda uj



### 5.2.2 Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan Dan Defleksi-Lateral

Dari data hasil pengamatan grafik hubungan beban-lendutan pada Gambar (5.1) dan grafik hubungan Defleksi-Lateral pada Gambar (5.2), dapat disimpulkan tentang kekakuan balok badan terbuka pada beban ultimit dalam Tabel (5.3) dan Tabel (5.4)

Tabel 5.3 Analisa Kekakuan Dari Hubungan Beban-Lendutan

Benda Uji mm	Beban (P) KN	Lendutan ( $\Delta$ ) mm	Kekakuan (P/ $\Delta$ ) KN/m	Kekakuan Rata-rata KN/m	Kekakuan Rata-rata (%)
Lb = 1500	30,00	20,55	1459,854	1291,725	100
Lb = 1500	25,00	22,25	1123,596		
Lb = 1800	21,00	20,26	1036,525	1094,078	84,931
Lb = 1800	24,00	20,84	1151,631		

Tabel 5.4 Analisa Kekakuan Dari Hubungan Defleksi-Lateral

Benda Uji mm	Beban (P) KN	Lateral ( $\Delta$ ) mm	Kekakuan (P/ $\Delta$ ) KN/m	Kekakuan Rata-rata KN/m	Kekakuan Rata-rata (%)
Lb = 1500	30,00	3,52	8522,727	6865,530	100
Lb = 1500	25,00	4,8	5208,333		
Lb = 1800	21,00	5,11	4109,589	3587,362	52,252
Lb = 1800	24,00	7,83	3065,134		

Dari data pada Tabel (5.3) dan Tabel (5.4) dapat diamati dan diteliti pengaruh panjang tak berpenopang  $L_b$  pada balok badan terbuka serta lendutan dan lateral yang terjadi pada benda uji. Dari Gambar (5.1) dapat dicari daktalitas lendutan yang disajikan dalam Tabel (5.5) dan dari Gambar (5.2) dapat dicari daktalitas lateral yang disajikan dalam Tabel (5.6)

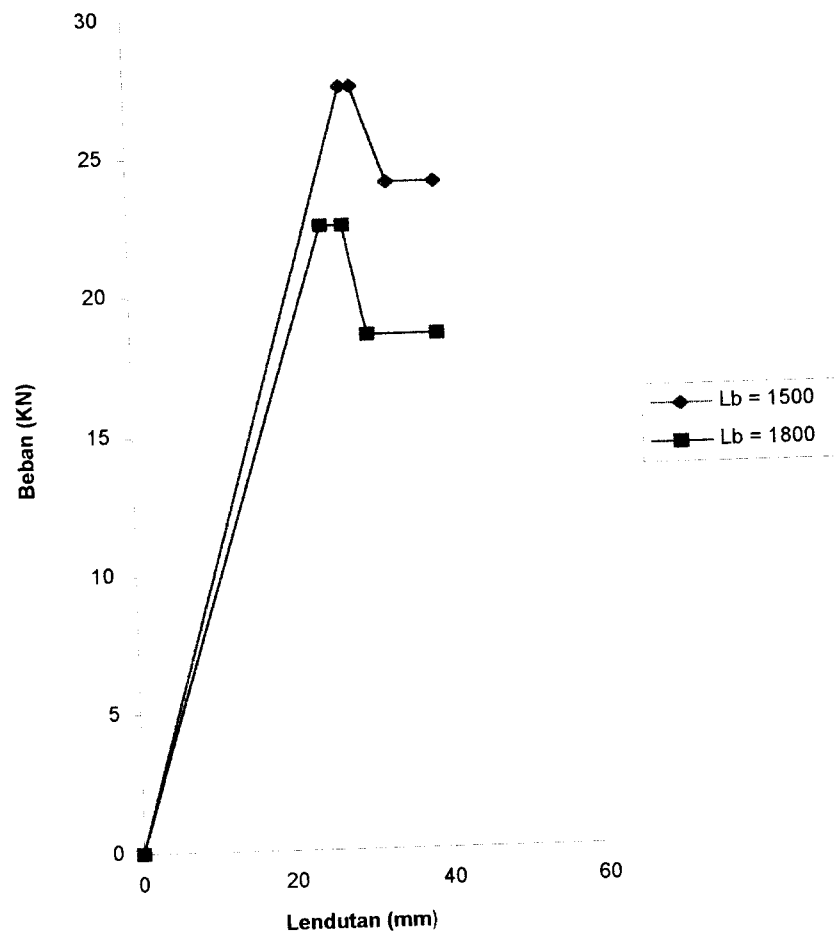
Tabel 5.5 Analisa Daktalitas Simpangan Dari Hubungan Beban-Lendutan

Benda Uji mm	Beban (P) KN	Lendutan ( $\Delta_y$ ) mm	Lendutan Maks ( $\Delta_u$ ) mm	Daktalitas ( $\Delta_u/\Delta_y$ )	Daktalitas Rata-rata	Daktalitas Rata-rata (%)
Lb = 1500	30,00	18,76	20,55	1,0954	1,2244	95,641
Lb = 1500	25,00	16,44	22,25	1,3534		
Lb = 1800	21,00	14,83	20,26	1,3661	1,2802	100
Lb = 1800	24,00	17,45	20,84	1,1943		

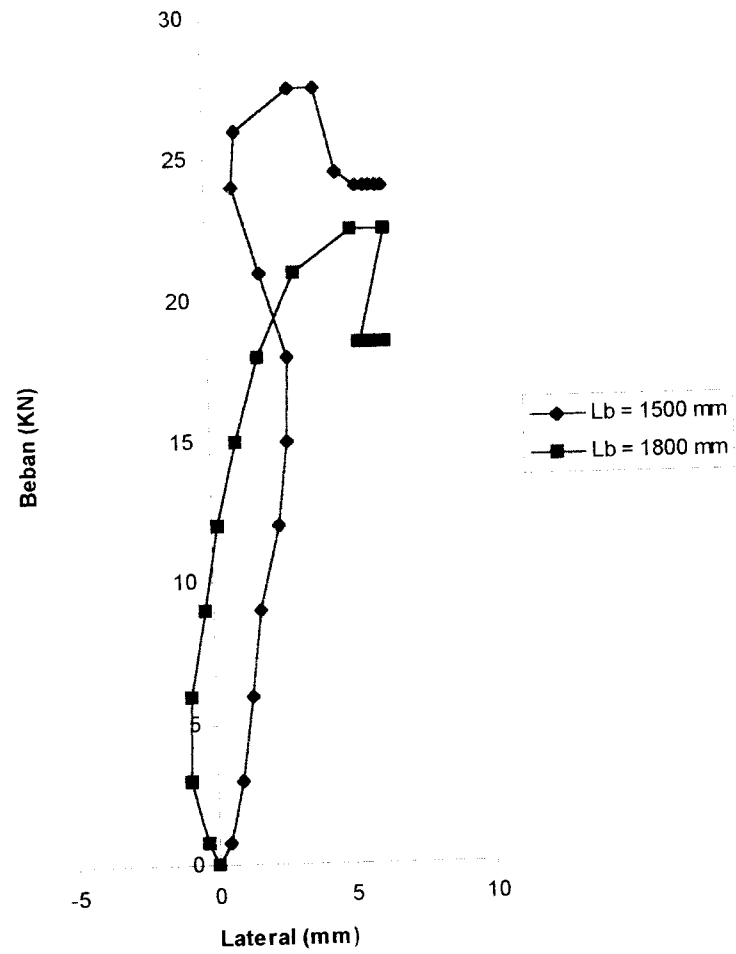
Tabel 5.6 Analisa Daktalitas Simpangan Dari Hubungan Defleksi-Lateral

Benda Uji mm	Beban (P) KN	Lateral ( $\Delta_y$ ) mm	Lateral Maks ( $\Delta_u$ ) mm	Daktalitas ( $\Delta_u/\Delta_y$ )	Daktalitas Rata-rata	Daktalitas Rata-rata (%)
Lb = 1500	3,00	1,85	3,52	1,903	1,544	44,165
Lb = 1500	25,00	4,05	4,8	1,185		
Lb = 1800	21,00	0,87	5,11	5,874	3,496	100
Lb = 1800	24,00	7,43	8,3	1,117		

Berdasarkan analisa dari keempat benda uji balok badan terbuka, yang dikelompokkan menjadi dua variasi, yaitu balok badan terbuka panjang tak berpenopang ( $L_b$ ) = 1500 mm dengan panjang tak berpenopang ( $L_b$ ) = 1800 mm, diperoleh grafik hubungan beban-lendutan yang disajikan pada Gambar (5.3) dan grafik hubungan defleksi-lateral yang disajikan pada Gambar (5.4)



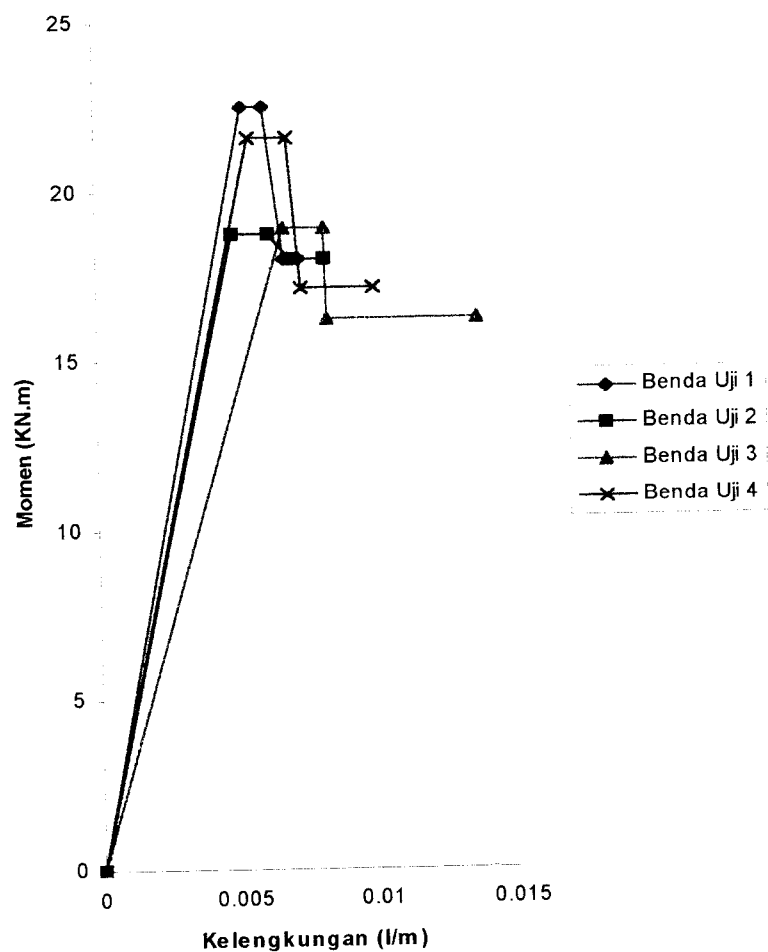
Gambar 5.3 Grafik hubungan beban-lendutan dari kedua variasi benda uji



Gambar 5.4 Grafik hubungan defleksi-lateral dari kedua variasi benda uji

### 5.2.3 Hubungan Momen Kelengkungan Hasil Pengujian

Dari data hasil pengujian diperoleh grafik hubungan beban-lendutan ( $P-\Delta$ ) sehingga dapat dicari momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\phi$ ). Hubungan grafik  $M-\phi$  dapat digunakan untuk mencari nilai kekakuan. Dari data hasil pengujian pada keempat benda uji balok badan terbuka dapat dibuat grafik hubungan momen-kelengkungan seperti pada Gambar (5.5)



Gambar 5.5 Grafik hubungan momen-kelengkungan dari keempat benda uji

### 5.2.4 Analisa Data Hubungan Momen-Kelengkungan

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen-kelengkungan pada Gambar (5.5) dapat dicari kekakuan balok badan terbuka, seperti pada Tabel (5.7)

Tabel 5.7 Analisa Kekakuan Dari Hubungan Momen-Kelengkungan

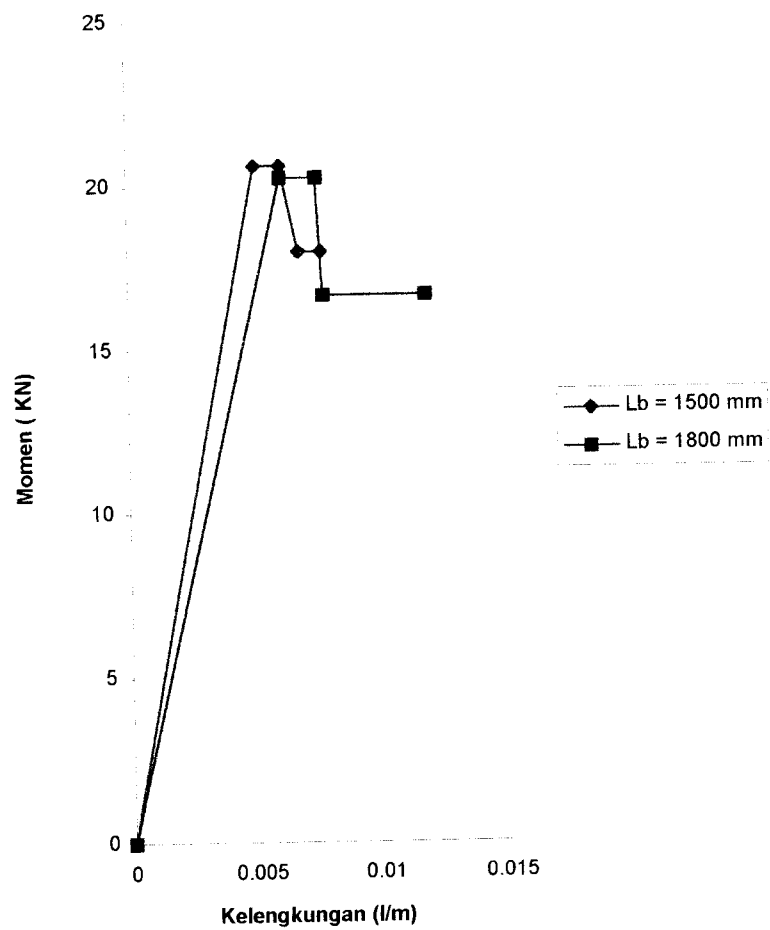
Benda Uji mm	Momen (M) KNm	Kelengkungan ( $\phi$ ) 1/m	EI = M/ $\phi$ Kgm <sup>2</sup>	EI Rata-rata	EI Rata-rata (%)
Lb = 1500	22,50	0,0061	3688,525	3356,360	100
Lb = 1500	18,75	0,0062	3024,194		
Lb = 1800	18,90	0,0082	2304,878	2717,657	80,970
Lb = 1800	21,60	0,0069	3130,435		

Dari Gambar (5.5) juga dapat dicari daktalitas kelengkungan balok badan terbuka seperti dalam Tabel (5.8)

Tabel 5.8 Analisa Daktalitas Kelengkungan Dari Hubungan Momen-Kelengkungan

Benda Uji mm	M KNm	$\phi_y$ 1/m	$\phi_u$ 1/m	Daktalitas $\phi_u/\phi_y$	Daktalitas Rata-rata	Daktalitas Rata-rata (%)
Lb = 1500	22,50	0,0053	0,0061	1,151	1,208	100
Lb = 1500	18,75	0,0049	0,0062	1,265		
Lb = 1800	18,90	0,0076	0,0082	1,079	1,167	96,606
Lb = 1800	21,60	0,0055	0,0069	1,255		

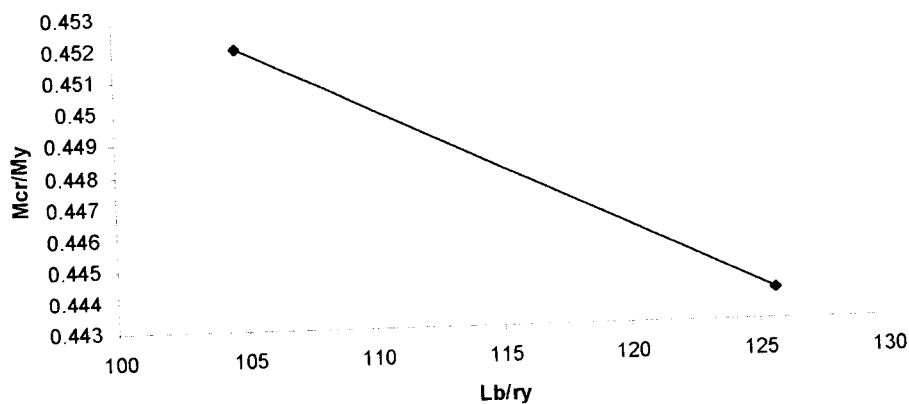
Berdasarkan hasil analisa dari keempat benda uji balok badan terbuka, grafik hubungan momen-kelengkungan dapat dikelompokkan lagi menjadi dua variasi benda uji yaitu balok badan terbuka dengan panjang tak berpenopang ( $L_b$ ) = 1500 mm dengan panjang tak berpenopang ( $L_b$ ) = 1800 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar (5.6)



Gambar 5.6 Grafik hubungan momen-kelengkungan dari kedua variasi benda uji

### 5.2.5 Hubungan $M_{cr}/M_y$ dengan $L_b/r_y$

Dari data hasil pengujian keempat benda uji yang terdiri dari dua variasi yaitu variasi 1 dengan  $L_b = 1500$  mm dan variasi 2 dengan  $L_b = 1800$  mm dapat diperoleh grafik hubungan  $M_{cr}/M_y$  dengan  $L_b/r_y$  seperti ditunjukkan pada Gambar (5.7)



Gambar 5.7 Grafik hubungan  $M_{cr}/M_y$  dengan  $L_b/r_y$

Dari hasil pengujian diperoleh grafik hubungan  $M_{cr}/M_y$  dengan  $L_b/r_y$  seperti Gambar (5.7) sehingga perbandingan nilai  $M_{cr}$  untuk keempat benda uji ditunjukkan pada Tabel (5.9)

Tabel. 5.9 Analisa hubungan  $M_{cr}/M_y$  dengan  $L_b/r_y$

Benda Uji mm	$M_{cr}/M_y$	$L_b/r_y$	$L_b/r_y$ rata-rata	$M_{cr}/M_y$ rata-rata	$M_{cr}/M_y$ %
Lb = 1500	0,452	104,676	104,676	0,452	100
Lb = 1500	0,452	104,676			
Lb = 1800	0,444	125,611	125,611	0,444	98,230
Lb = 1800	0,444	125,611			



Dari Tabel (5.8) dapat diketahui bahwa  $L_b = 1800$  mm mengalami penurunan nilai kekuatan sebesar 1,770 % terhadap  $L_b = 1500$  mm. Hal ini menunjukkan semakin besar panjang tak berpenopang mengakibatkan penurunan nilai  $M_{cr}$ .

### 5.3 Analisa Kerusakan Pada Benda Uji

Balok badan terbuka dengan panjang tak berpenopang ( $L_b$ ) = 1500 mm sebagai variasi 1 dan panjang tak berpenopang ( $L_b$ ) = 1800 mm sebagai variasi 2 kerusakannya terletak pada gaya geser maksimal dan momen maksimal seperti pada Lampiran (L2-56 dan L2-57) dan pada foto Lampiran (L3-3) berupa tekuk pada batang vertikal dan horisontal. Kerusakan pada batang desak profil C canai berupa tekuk lokal akibat dari profil C canai memiliki rasio lebar terhadap tebal  $b/t$  (pada sayap) dan  $h/t$  (pada badan). Kerusakan tekuk putir lateral diakibatkan oleh adanya panjang tak berpenopang lateral dimana semakin panjang bagian yang tak berpenopang lateral, kemampuan untuk memikul beban yang bekerja akan semakin kecil.

### 5.4 Pembahasan

#### 5.4.1 Kekakuan Balok Berdasarkan Hubungan Beban-Lendutan Dan Defleksi-Lateral

Dengan mengamati grafik hubungan beban-lendutan dan defleksi-lateral untuk keempat benda uji pada Gambar (5.1) dan Gambar (5.2), dapat dilihat bahwa keempat benda uji memiliki perilaku kuat lentur yang hampir sama. Mulai titik pangkal koordinat sampai pada titik leleh, kurva masih tampak linier, setelah itu

kurva tampak lebih condong sampai titik ultimit. Kemudian terjadi penurunan beban sampai titik tertentu, setelah itu kurva tampak datar dengan beban tetap sedangkan lendutannya mengalami peningkatan.

Balok badan terbuka dengan  $L_b = 1800$  mm sebagai variasi 2 (benda uji 3 dan 4) mengalami penurunan kuat lentur sebesar 19,091 % dibandingkan dengan  $L_b = 1500$  mm sebagai variasi 1 (benda uji 1 dan 2). Hal ini ditunjukkan pada grafik hubungan beban-lendutan dan defleksi-lateral dimana balok badan terbuka dengan  $L_b = 1500$  mm mampu menahan beban maksimum ( $P_{maks}$ ) rata-rata sebesar 27,50 KN, sedangkan balok badan terbuka dengan  $L_b = 1800$  mm hanya mampu menahan beban maksimum ( $P_{maks}$ ) rata-rata sebesar 22,25 KN.

Dari data Tabel 5.2 hubungan beban-lendutan dapat dipakai juga untuk mencari kekakuan ( $P/\Delta$ ). Pada pengujian ini nilai kekakuan keempat benda uji berbeda-beda yang kemudian dirata-rata untuk dua variasi yaitu balok badan terbuka dengan  $L_b = 1500$  mm dengan  $L_b = 1800$  mm. Untuk balok variasi 1 yaitu  $L_b = 1500$  mm rata-rata beban maksimumnya adalah 27,50 KN mempunyai nilai kekakuan sebesar 1291,725 KN/m dan balok variasi 2 yaitu  $L_b = 1800$  mm rata-rata beban maksimumnya adalah 22,25 KN mempunyai nilai kekakuan sebesar 1094,078 KN/m sehingga balok variasi 2 mengalami penurunan sebesar 15,069 % terhadap balok variasi 1.

Dari data Tabel 5.3 hubungan defleksi-lateral dapat dipakai juga untuk mencari kekakuan ( $P/\Delta$ ). Pada pengujian ini nilai kekakuan keempat benda uji

berbeda-beda yang kemudian dirata-rata untuk dua variasi yaitu balok badan terbuka dengan  $L_b = 1500$  mm dengan  $L_b = 1800$  mm. Untuk balok variasi 1 yaitu  $L_b = 1500$  mm rata-rata beban maksimumnya adalah 27,50 KN mempunyai nilai kekakuan sebesar 6865,53 KN/m dan balok variasi 2 yaitu  $L_b = 1800$  mm rata-rata beban maksimumnya adalah 22,25 KN mempunyai nilai kekakuan sebesar 3587,362 KN/m sehingga balok variasi 2 mengalami penurunan sebesar 52.252 % terhadap balok variasi 1.

#### **5.4.2 Daktalitas Simpangan Berdasarkan Hubungan Beban-Lendutan Dan Defleksi-Lateral**

Berdasarkan pengamatan dari Gambar (5.1) dan Gambar (5.2) dan diambil nilai daktalitas simpangan untuk beban-lendutan dan defleksi-lateral. Dari Tabel (5.4) untuk daktalitas simpangan berdasarkan beban-lendutan, variasi 1 mempunyai nilai daktalitas rata-rata sebesar 1,224 sedangkan variasi 2 memiliki nilai daktalitas rata-rata sebesar 1,280. Hal ini menunjukkan benda uji dengan  $L_b = 1500$  mm mengalami penurunan tingkat daktalitas sebesar 4,359 % terhadap benda uji dengan  $L_b = 1800$  mm.

Dari data Tabel (5.5) untuk daktalitas simpangan berdasarkan defleksi-lateral variasi 1 mempunyai nilai daktalitas rata-rata sebesar 1,544 sedangkan variasi 2 memiliki nilai daktalitas rata-rata sebesar 3,496. Hal ini menunjukan bahwa benda uji dengan  $L_b = 1500$  mm mengalami penurunan tingkat daktalitas sebesar 55,835 % terhadap benda uji dengan  $L_b = 1800$  mm.

### 5.4.3 Kekakuan Balok Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan

Dengan mengamati grafik hubungan beban-lendutan dan defleksi-lateral untuk keempat benda uji pada Gambar (5.5), dapat dilihat bahwa keempat benda uji memiliki perilaku kuat lentur yang hampir sama. Mulai titik pangkal koordinat sampai pada titik leleh, kuva masih tampak linier, setelah itu kuva tampak lebih condong sampai titik ultimit. Kemudian terjadi penurunan momen sampai titik tertentu, setelah itu kuva tampak datar dengan momen tetap sedangkan kelengkungannya mengalami peningkatan.

Balok badan terbuka dengan  $L_b = 1800$  mm sebagai variasi 2 (benda uji 3 dan 4) mengalami penurunan kuat lentur sebesar 1,818 % dibandingkan dengan  $L_b = 1500$  mm sebagai variasi 1 (benda uji 1 dan 2). Hal ini ditunjukkan pada grafik hubungan momen-kelengkungan dimana balok badan terbuka dengan  $L_b = 1500$  mm mampu menahan momen maksimum ( $M_{maks}$ ) rata-rata sebesar 20,625 KNm, sedangkan balok badan terbuka dengan  $L_b = 1800$  mm mampu menahan momen maksimum ( $M_{maks}$ ) rata-rata sebesar 20,250 KNm.

Dari data Tabel (5.6) hubungan momen-kelengkungan dapat dipakai juga untuk mencari kekakuan ( $M \phi$ ). Pada pengujian ini nilai kekakuan keempat benda uji berbeda-beda yang kemudian dirata-rata untuk dua variasi yaitu balok badan terbuka dengan  $L_b = 1500$  mm dan  $L_b = 1800$  mm. Untuk balok variasi 1 yaitu  $L_b = 1500$  mm rata-rata momen maksimumnya adalah 20,625 KNm mempunyai nilai kekakuan sebesar 3356,360 KNm<sup>2</sup> dan balok variasi 2 yaitu  $L_b = 1800$  mm rata-rata momen

maksimumnya adalah 20,250 KN mempunyai nilai kekakuan sebesar 2717,657 KNm sehingga balok variasi 2 mengalami penurunan sebesar 19,030 % terhadap balok variasi 1.

#### **5.4.4 Daktalitas Kelengkungan Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan**

Berdasarkan pengamatan dari Gambar (5.6) dan diambil nilai daktalitas simpangan untuk momen-kelengkungan. Dari Tabel (5.7) untuk daktalitas simpangan berdasarkan momen-kelengkungan, variasi 1 mempunyai nilai daktalitas rata-rata sebesar 1,208 sedangkan variasi 2 memiliki nilai daktalitas rata-rata sebesar 1,167. Hal ini menunjukkan benda uji dengan  $L_b = 1800$  mm mengalami penurunan tingkat daktalitas sebesar 3,394 % terhadap benda uji dengan  $L_b = 1500$  mm.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan tentang perilaku balok badan terbuka dengan panjang tak berpenopang ( $L_b$ ) = 1500 mm dan panjang tak berpenopang ( $L_b$ ) = 1800 mm :

- $L_b$  = 1800 mm mengalami penurunan kekuatan sebesar 19,091 % (dari tinjauan hubungan beban-lendutan dan hubungan defleksi-lateral) terhadap  $L_b$  = 1500 mm.
- $L_b$  = 1800 mm mengalami penurunan kekuatan sebesar 1,818 % (dari tinjauan hubungan momen-kelengkungan) terhadap  $L_b$  = 1500 mm
- $L_b$  = 1800 mm mengalami penurunan kekakuan sebesar 15,069 % (dari tinjauan hubungan beban-lendutan ) terhadap  $L_b$  = 1500 mm
- $L_b$  = 1800 mm mengalami penurunan kekakuan sebesar 55,252 % (dari tinjauan hubungan defleksi-lateral) terhadap  $L_b$  = 1500 mm
- $L_b$  = 1800 mm mengalami penurunan kekakuan sebesar 19,030 % (dari tinjauan hubungan momen-kelengkungan) terhadap  $L_b$  = 1500 mm

- $L_b = 1800$  mm mengalami peningkatan daktilitas simpangan sebesar 4,359 % (dari tinjauan hubungan beban-lendutan) terhadap  $L_b = 1500$  mm
- $L_b = 1800$  mm mengalami peningkatan daktilitas simpangan sebesar 55,835% (dari tinjauan hubungan defleksi-lateral) terhadap  $L_b = 1500$  mm
- $L_b = 1800$  mm mengalami penurunan daktilitas kelengkungan sebesar 3,394 % (dari tinjauan hubungan momen-kelengkungan) terhadap  $L_b = 1500$  mm

## 6.2 Saran

Untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang analisis perbandingan balok badan terbuka kantilever perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk menghindari terjadinya tekuk puntir lateral pada balok badan terbuka kantilever sebaiknya diberikan dukungan lateral pada elemen yang menerima gaya desak
2. Perlu adanya variasi dari panjang tak berpenopang (kantilever) yang lebih panjang dari  $L_b = 1500$  mm dan  $L_b = 1800$  mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bresler Borris, Lin T.Y dan Scalzi John B, 1967, **DESIGN OF STEEL STRUCTURES**, John wiley and Sons, Sydney.
- Burns Thomas, 1995, **STRUCTURAL STEEL DESIGN LRFD**, Delman Publisher, NewYork.
- Kirby P. A dan Netherdiot D.A, **DESIGN FOR STRUCTURE STABILITY**, Departement of Civil Engineering university of Sheffield, UK
- Marcus Samuel H, 1977, **BASIC OF STRUCTURAL STEEL DESIGN**, Reston Publihing Company, Virginia.
- Nursodik Fatkhurrohman, 2002, **DIKTAT KURSUS PROFESIONAL PERENCANAAN STRUKTUR BAJA DAN BETON**, Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- PADASBAJAYO, 1994, **PENGETAHUAN DASAR STRUKTUR BAJA**, Edisi kedua, Delta Teknik Group, Jakarta.
- Salmon Charles G, dan Johnson John E, 1991, **STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PRILAKU**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Spigel Leonard dan Limbrunner George F, 1991, **STRUKTUR BAJA**, PT Eresco, Bandung.
- Todd J.D, 1984, **TEORI DAN ANALISIS STRUKTUR**, Edisi kedua, The Houw Liong, Erlangga, Jakarta.



Trahair N.S dan Bradford M.A, 1977, **THE BEHAVIOR AND DESIGN OF STEEL STRUCTURE**, Second edition, Chapman and Hall, London.

Triatmodjo B, 1992, **METODE NUMERIK**, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

# LAMPIRAN 1

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1	Tatit Pratahardia P.	97511217	Struktur
2	Enny Wulandari	97511392	Struktur

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

.....*fa*.....  
 .....  
 .....

**PERIODE III : MARET - AGUSTUS  
 TAHUN : 2001 / 2002**

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

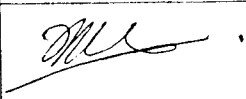
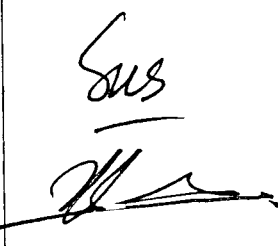

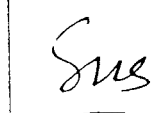

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Susastrawan, MS.  
 DOSEN PEMBIMBING II : Ir. Fatmurohman N., MT.



Yogyakarta, 16 Maret 2002  
 a.n. Dekan,  
  
 (Ir. H. Munadhir, MS.)

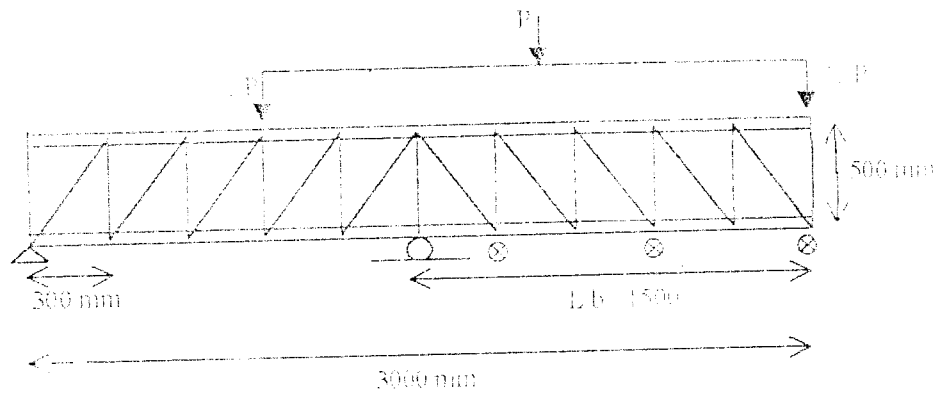
Catatan.  
 Seminar : .....  
 Sidang : .....  
 Pendadaran : .....

## CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

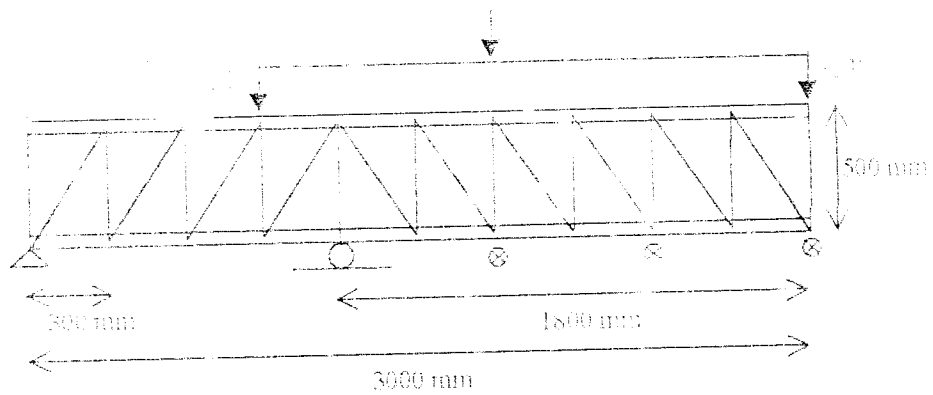
NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
		Profil dan lanjutnya ke DPE	
	6-4-02	Revisi proposal kegiatan Tidaki di atas rata-rata?	 
	20/7 <sup>02</sup>	Us: pendahuluan konl bulan rata-rata	
	26/7 <sup>02</sup>	Revisi Gusri	

# LAMPIRAN 2

## Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 1 Benda Uji I dan II



Gambar 2 Benda uji III dan IV

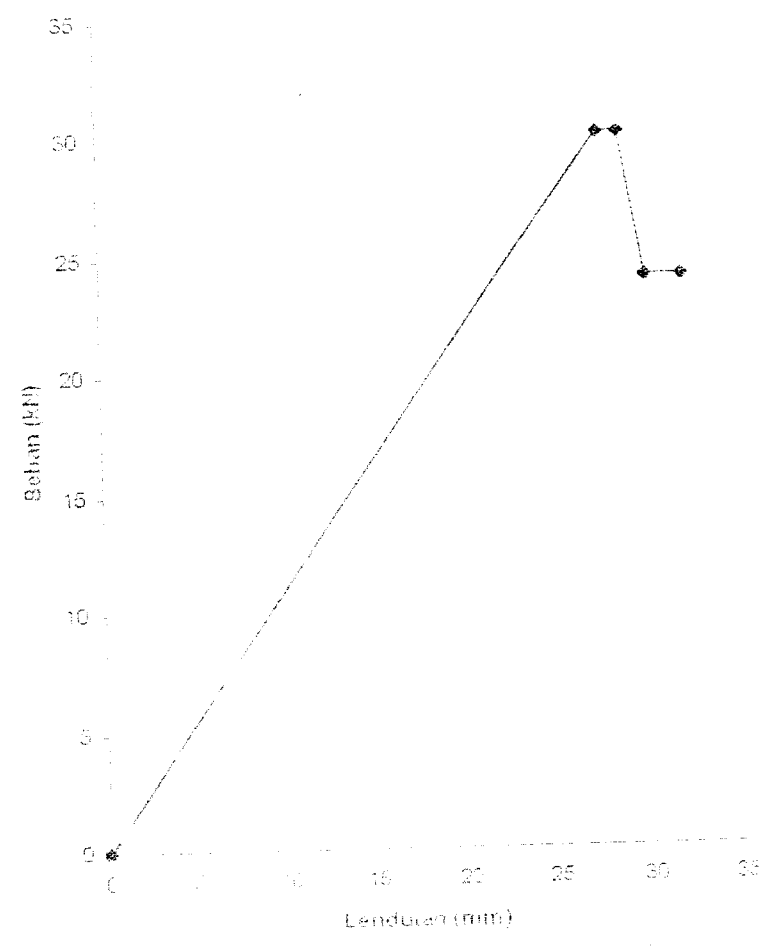
### Beban-Lendutan dan Behan-Lateral Hasil Pengujian

- a. Benda Uji 1 (Open Web Joist profil canal dingin dengan propang tukul berpenopang ( $a/b$ ) = 1500 mm)

Tabel 1 Hubungan Beban-Lendutan dan Behan-Lateral Hasil Pengujian Benda Uji 1

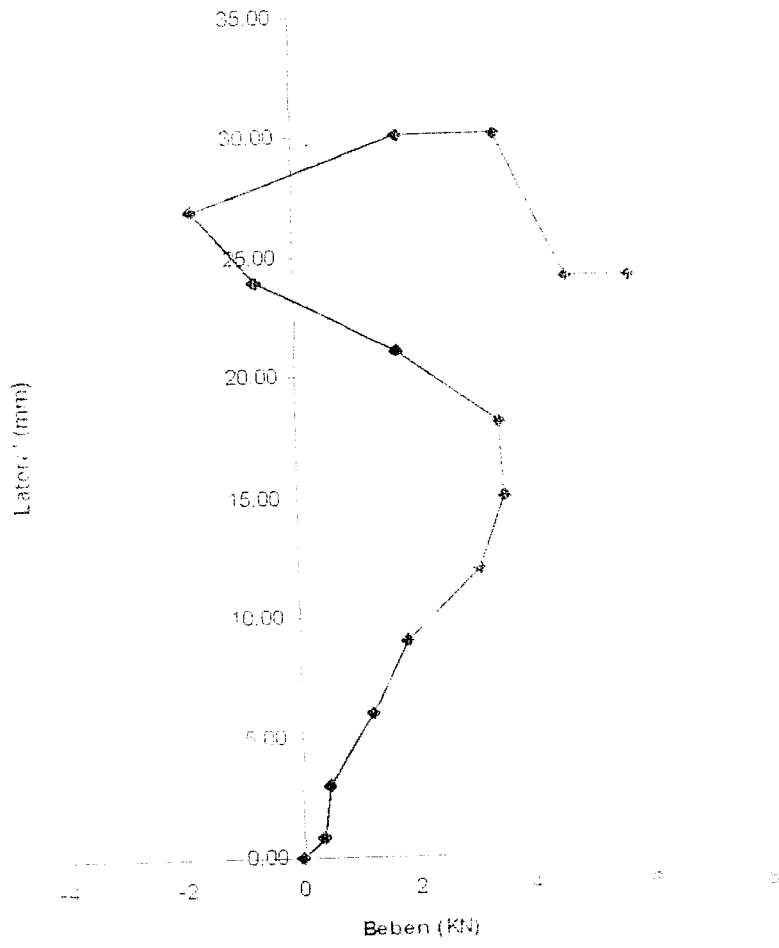
Beban (kN)	Lendutan				Lateral		
	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Dial 4 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	
0,00	0	0,00	0	0	0	0	
0,50	2,64	0,71	0,21	0,38	1,27	1,08	
3,00	3,32	2,53	1,40	0,49	0,13	-0,58	
6,00	7,60	5,69	3,30	1,28	0,65	-0,56	
9,00	9,43	6,85	3,88	1,65	0,80	-1,57	
12,00	11,77	8,51	4,60	3,13	1,31	-1,04	
15,00	11,32	9,64	5,00	3,80	1,20	-0,50	
18,00	14,8	10,05	5,87	3,51	1,18	-0,66	
21,00	17,11	12,43	6,53	1,78	0,85	-0,01	
24,00	13,69	14,09	7,59	2,85	1,08	-1,57	
27,00	13,52	13,37	8,69	1,72	-1,37	-1,02	
30,00	27,60	10,40	9,26	1,65	1,43	-0,80	
30,00	28,74	21,28	11,62	3,52	1,30	-0,60	
24,00	30,40	20,41	11,99	4,63	1,08	-0,15	
24,00	32,08	23,30	11,90	3,14	2,01	-0,4	

Dari data pada Tabel hubungan beban-lendutan dan beban-lateral di atas dapat kita grafik-grafik. hubungan beban-lendutan dan beban-lateral pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Grafik beban-lendutan benda uji 1





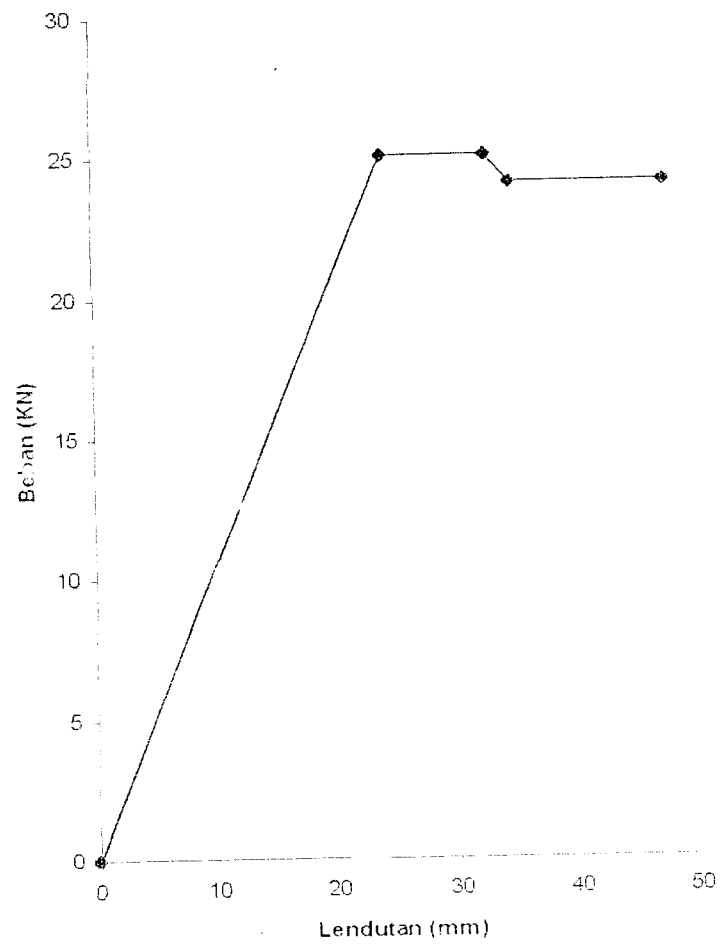
Gambar 4 Grafik beban-lateral benda uji 1

- b. Benda Uji II (Open Web Joist profil canal dingin dengan panjang tak-berpenopang ( $L_b$ ) = 1500 mm)

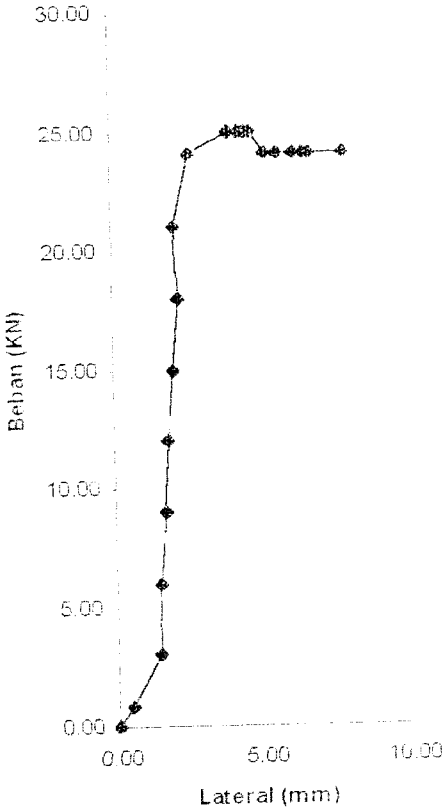
Tabel 2 Hubungan beban dan Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji II

Beban (KN)	Lendutan			Lateral		
	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)
0.00	0	0.00	0	0	0	0
0.80	1.46	0.90	0.03	0.49	0.15	0.06
3.00	4.75	3.02	0.99	1.45	0.87	0.78
6.00	6.62	4.32	1.57	1.54	0.84	0.75
9.00	8.64	5.64	2.14	1.66	0.86	0.74
12.00	9.45	6.41	2.67	1.84	0.92	0.74
15.00	11.19	7.59	3.16	2.03	0.99	0.75
18.00	14.49	9.72	3.86	2.25	1.12	0.78
21.00	17.51	11.85	4.88	2.10	1.07	0.83
24.00	20.85	14.21	6.11	2.70	1.40	0.94
25.00	24.19	17.03	8.11	4.00	2.70	1.22
28.00	27.53	19.31	9.18	4.40	3.12	1.33
29.00	29.74	21.06	10.24	4.59	3.48	1.42
29.00	32.90	22.99	11.15	4.80	3.68	1.49
24.00	34.74	24.69	12.11	5.24	6.71	1.54
24.00	37.08	26.58	13.09	5.67	7.00	1.61
24.00	40.45	28.59	14.07	6.60	7.31	1.66
24.00	41.8	29.63	15.10	6.33	8.49	1.71
24.00	45.15	32.04	16.08	6.36	7.80	1.75
24.00	47.53	33.76	17.05	7.98	7.86	1.82

Dari data pada tabel hubungan beban-lendutan dan beban-lateral di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban-lendutan dan beban-lateral pada Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar: 5 Grafik beban-lendutan benda uji II



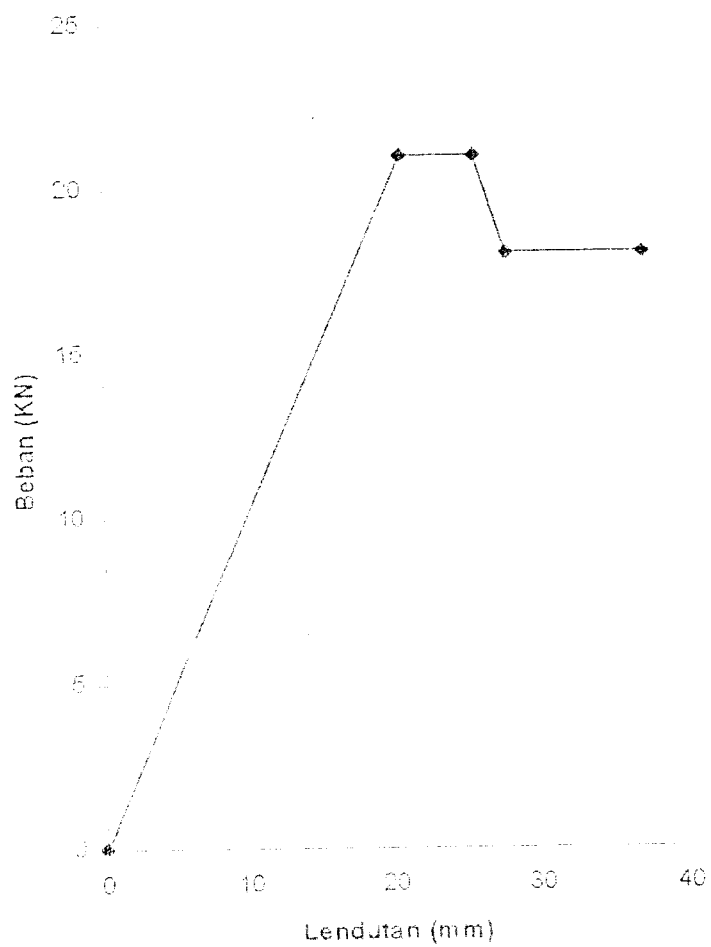
Gambar 6 Grafik beban-lateral benda uji II

- c. Benda Uji III (Open Web Joist profil canal dingin dengan panjang tak-berpenopang ( $L_b$ ) = 1800 mm)

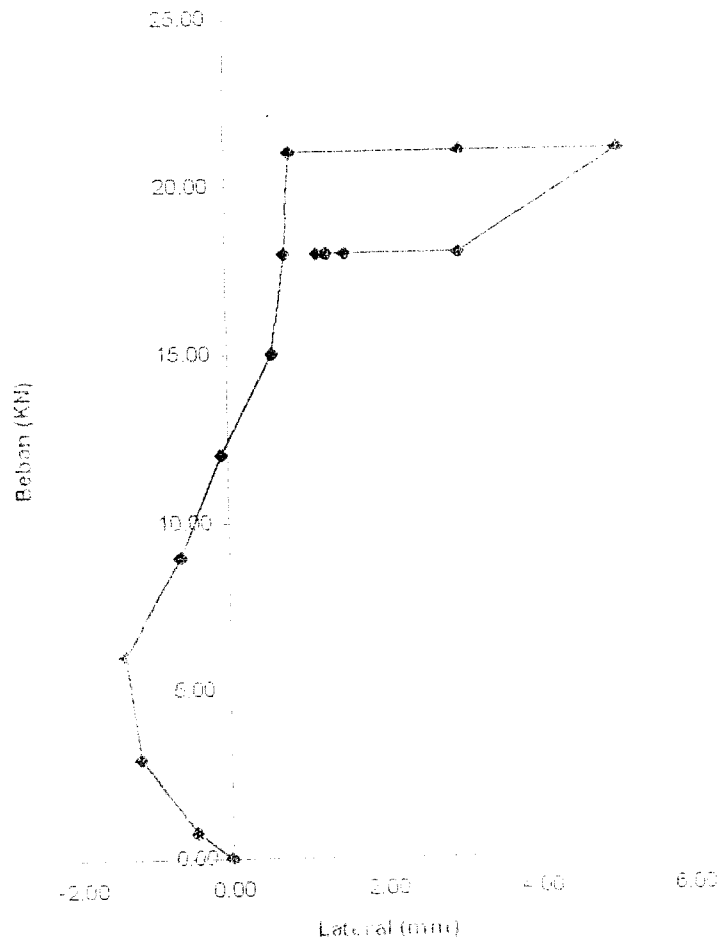
Tabel 3 Hubungan beban dan Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji III

Beban (KN)	Lendutan			Lateral		
	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)
0	0	0	0	0,00	0	0
0,80	1,28	1,09	0,8	-0,44	0,38	0,24
3,00	1,40	1,78	1,8	-1,19	1,07	0,89
6,00	6,66	5,18	2,84	-1,38	1,38	1,35
9,00	9,41	7,21	3,90	-0,84	0,64	1,23
12,00	11,67	9,05	4,87	-0,08	0,54	1,29
15,00	14,60	11,34	5,90	0,80	0,07	1,18
18,00	17,35	13,16	6,90	0,75	-0,17	0,55
21,00	20,59	15,65	8,03	0,07	0,27	0,53
21,00	23,00	18,92	10,30	3,08	-0,28	0,38
21,00	25,84	21,24	13,90	8,13	-0,24	0,54
18,00	27,81	21,09	13,61	3,04	-0,22	0,39
18,00	30,15	23,70	14,29	1,20	-0,21	0,07
18,00	32,18	25,43	15,58	1,30	-0,28	0,68
18,00	34,67	27,81	16,73	1,68	-0,58	0,80
13,00	37,00	29,88	17,83	1,51	-0,67	0,38

Dari data pada tabel hubungan beban-lendutan dan beban-lateral di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban-lendutan dan beban-lateral pada Gambar 7 dan Gambar 8



Gambar 7 Grafik beban-lendutan benda uji III



Gambar 8 Grafik beban-lateral benda uji III

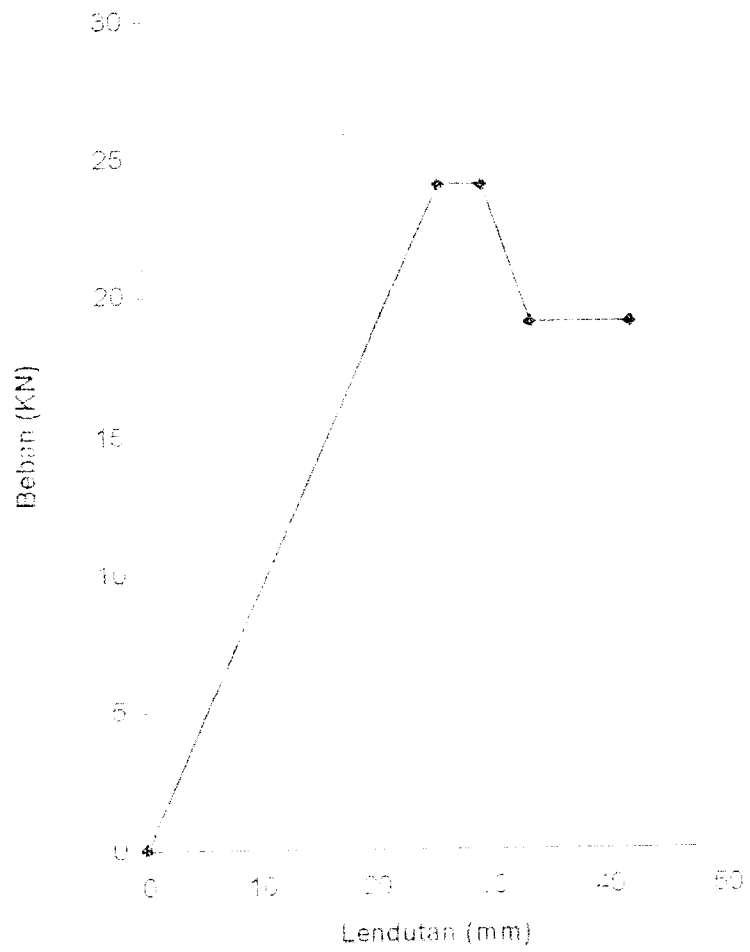
- d. Benda Uji IV (Open Web Joist profil canal dingin dengan panjang tak-berpenopang ( $L_b$ ) = 1800 mm)

Tabel 4 Hubungan beban dan Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji IV

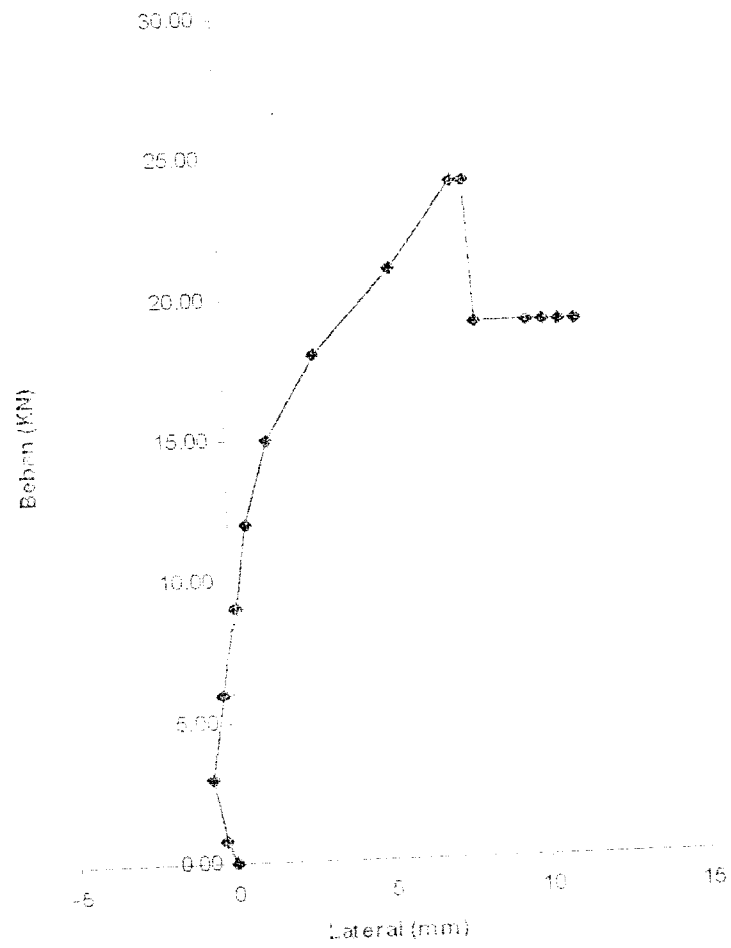
Beban (KN)	Lendutan			Lateral		
	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)
0	0	0	0	0	0	0
0.80	1.40	1.31	0.6	-0.27	-0.26	-0.19
3.00	3.60	2.40	0.67	-0.67	-0.44	-0.26
6.00	6.87	4.66	1.75	-0.92	-0.11	-0.11
9.00	11.03	7.35	2.61	0.16	3.28	0.06
12.00	12.47	8.54	3.71	0.59	0.60	0.19
15.00	15.68	10.97	4.83	1.07	1.16	0.40
18.00	21.00	14.35	5.99	2.95	2.19	0.80
21.00	22.00	18.04	7.39	5.43	0.78	1.42
24.00	25.62	18.11	8.42	7.43	5.31	2.01
24.00	29.50	21.65	11.35	7.83	3.74	1.50
18.00	33.64	24.81	12.9	8.05	4.3	1.63
19.00	35.00	25.05	14.14	9.74	4.7	1.62
19.00	37.50	27.66	15.46	10.25	5.09	1.94
19.00	40.05	29.83	16.73	10.75	5.48	2.09
19.00	42.05	31.64	18.04	11.25	5.86	2.24

Dari data pada Tabel hubungan beban-lendutan dan beban-lateral di atas didapatkan grafik-grafik hubungan beban-lendutan dan beban-lateral pada Gambar 9 dan Gambar 10





Gambar 9 Grafik beban-lendutan benda uji TV



Gambar 10 Grafik beban - lateral benda uji IV

### Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian

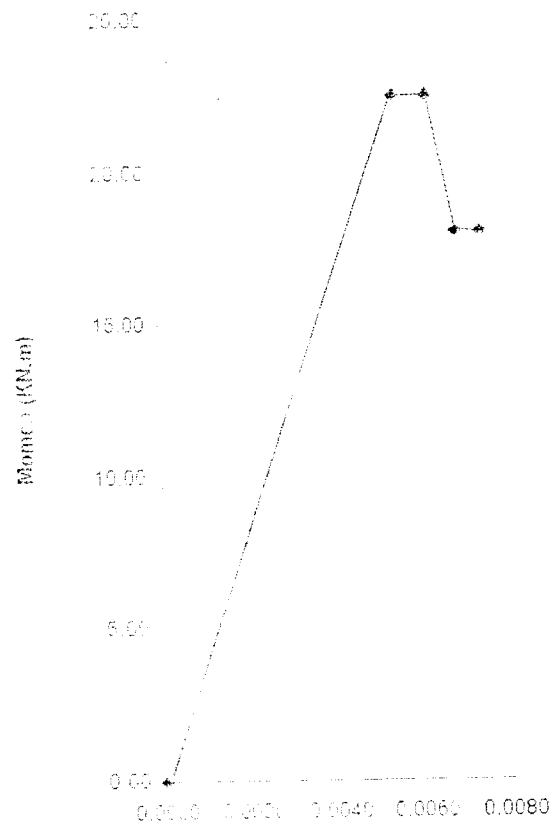
Dari hasil data penelitian diperoleh grafik hubungan beban dan lendutan (P- $\Delta$ ) sehingga dapat dicari momen (M) dan kelengkungannya ( $\phi$ ).

- e. Benda Uji 1 (Open Web Joist profil canal dingin dengan panjang tak-berpenopang ( $L_b$ ) = 1500 mm)

Tabel 5 Hasil Momen-Kelengkungan Benda Uji 1

Beban (KN)	Momen (KN.m)	Lendutan			Kelengkungan ( $\phi$ ) $\phi = (d_1 - 2d_2 + d_3) / L^2$
		Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	
0.00	0.00	0	0.00	0	0.0000
0.80	0.60	0.94	0.71	0.21	0.0008
3.00	2.05	3.52	2.53	1.40	0.0037
6.00	4.60	7.66	5.69	3.30	0.0012
9.00	6.75	9.43	6.83	3.88	0.0010
12.00	9.00	11.77	8.51	4.60	0.0018
15.00	11.25	13.22	9.54	5.08	0.0022
18.00	13.50	14.8	10.85	5.87	0.0029
21.00	15.75	17.18	12.43	6.53	0.0037
24.00	18.00	19.69	14.29	7.59	0.0039
27.00	20.25	22.52	16.32	8.69	0.0040
30.00	22.50	27.62	19.40	9.26	0.0053
30.00	22.50	26.74	21.28	11.52	0.0061
24.00	18.00	30.40	22.41	11.99	0.0066
24.00	18.00	32.03	23.39	12.11	0.0073

Dari data pada tabel hubungan momen dan kelengkungan diatas didapatkan grafik hubungan momen-kelengkungan pada Gambar 11.



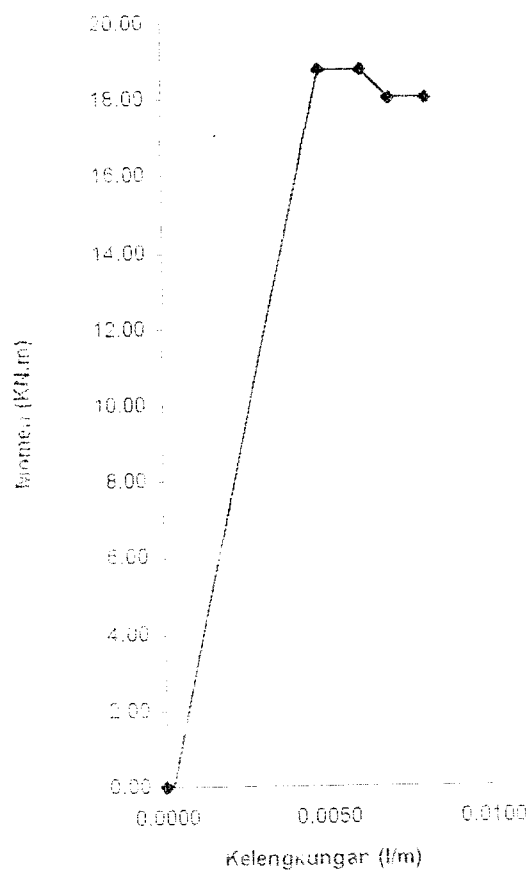
Gambar 11 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji 1

- f. Benda Uji II (Open Web Joist profil canal dingin dengan panjang tak-berpenopang ( $L_b$ ) = 1500 mm)

Tabel 6 Hasil Momen-Kelengkungan Benda Uji II

Beban (KN)	Momen (KN.m)	Lendutan			Kelengkungan (m) $\Delta = (d1+2d2+d3)/\Delta x$
		Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	
0	0.00	0	0	0	0.0000
0.80	0.60	1.48	0.90	0.03	0.0008
3.00	2.25	4.75	3.02	0.99	0.0008
6.00	4.50	6.62	4.30	1.57	0.0013
9.00	6.75	8.64	5.64	2.14	0.0014
12.00	9.00	9.45	6.41	2.6	0.0019
15.00	11.25	11.19	7.59	3.18	0.0023
18.00	13.50	14.40	9.72	3.88	0.0030
21.00	15.75	17.51	11.85	4.8	0.0030
24.00	18.00	20.85	14.21	5.11	0.0041
25.00	18.75	24.19	17.13	8.11	0.0049
25.00	18.75	27.53	19.31	9.13	0.0053
25.00	18.75	29.74	21.06	10.2	0.0059
25.00	18.75	32.60	22.68	11.11	0.0062
24.00	18.00	34.74	24.63	12.11	0.0070
24.00	18.00	37.03	26.33	13.09	0.0072
24.00	18.00	40.45	28.59	14.07	0.0074
24.00	18.00	41.80	29.83	15.10	0.0077
24.00	18.00	45.15	32.04	16.08	0.0080
24.00	18.00	47.53	33.76	17.05	0.0082

Dari data pada tabel hubungan momen dan kelengkungan diatas didapatkan grafik hubungan momen-kelengkungan pada Gambar 13.



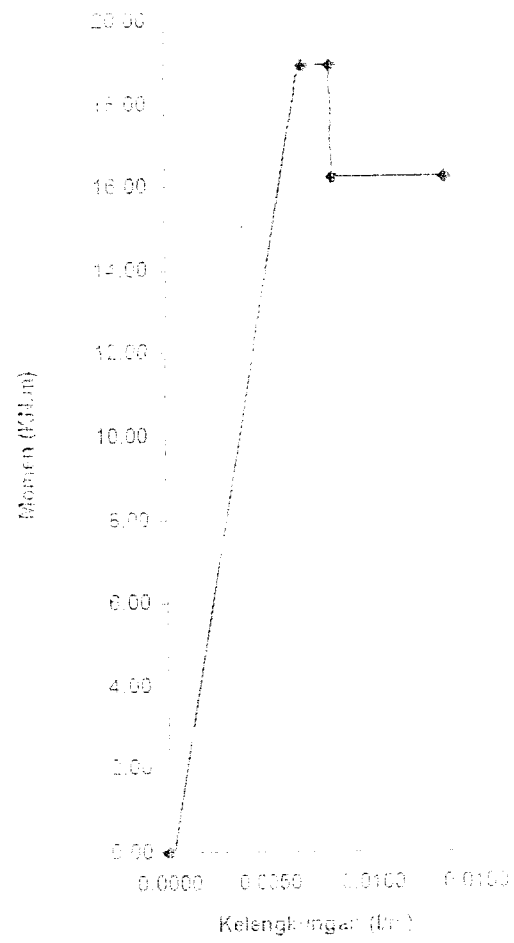
Gambar 12 Grafik hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji II

- g. Benda Uji III (Open Web Joist profil canal dingin dengan panjang tak-berpenopang ( $L_b$ ) = 1800 mm)

Tabel 7 Hasil Momen-Kelengkungan Benda Uji III

Beban (Kg)	Momen (Kg.m)	Lendutan			Kelengkungan (m) $= (d1-d2+d3)/Ax^2$
		Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	
0	0	0	0	0	0.0000
0.60	0.72	1.25	1.09	0.8	0.0009
3.00	2.70	1.40	1.78	1.5	0.0018
6.00	5.40	6.68	6.16	2.84	0.0022
9.00	8.10	9.40	7.21	3.90	0.0031
12.00	10.80	11.95	8.05	4.87	0.0036
15.00	13.50	14.69	11.34	5.93	0.0058
18.00	16.20	17.38	13.18	6.90	0.0059
21.00	18.90	20.59	15.05	8.28	0.0068
21.00	18.90	23.62	18.32	10.30	0.0076
21.00	18.90	25.64	21.24	13.33	0.0082
18.00	16.20	27.80	21.89	13.01	0.0083
18.00	16.20	30.05	23.70	14.29	0.0085
18.00	16.20	32.26	25.46	15.53	0.0087
18.00	16.20	34.69	27.31	16.72	0.0088
18.00	16.20	37.00	28.68	17.83	0.0137

Dari data pada tabel hubungan momen dan kelengkungan diatas didapatkan grafik hubungan momen-kelengkungan pada Gambar 1.2



Gambar 12 Grafik hubungan Momen - Kelengkungan Berdasarkan Uji U1

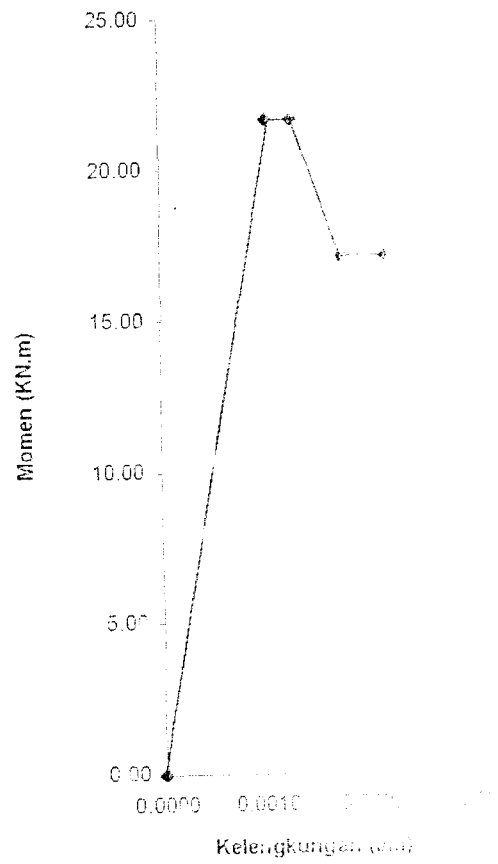


- ii. Benda Uji IV (Open Web Joist profil canal dingin dengan panjang tak-berpenopang ( $l = b$ ) = 1800 mm)

Tabel 8 Hasil Momen-Kelengkungan Benda Uji IV

Beban (Kg)	Momen (Kg.m)	Lendutan			Kelengkungan (m) $\phi = (d1 - 2d2 + d3) / \Delta x^2$
		Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	
0	0	0	0	0	0.0000
0.80	0.72	1.4	1.11	0.6	0.0006
3.00	2.70	3.6	2.42	0.67	0.0016
6.00	5.40	6.67	4.66	1.75	0.0019
9.00	8.10	11.03	7.95	2.61	0.0024
12.00	10.80	12.47	6.58	3.71	0.0028
15.00	13.50	15.66	10.97	4.63	0.0040
18.00	16.20	21.00	14.35	5.99	0.0048
21.00	18.90	22.9	16.04	7.39	0.0050
24.00	21.60	25.82	18.11	8.42	0.0055
24.00	21.60	25.50	21.66	11.35	0.0069
19.00	17.10	33.64	24.61	12.9	0.0074
19.00	17.10	35.30	25.99	14.14	0.0076
19.00	17.10	37.50	27.63	15.46	0.0078
19.00	17.10	40.05	29.92	16.76	0.0084
19.00	17.10	43.05	31.64	18.04	0.0100

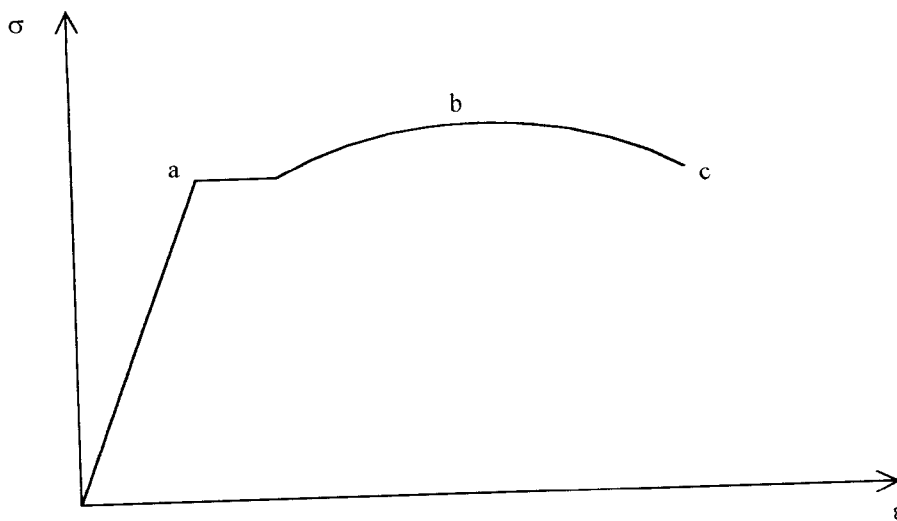
Dari data pada tabel hubungan momen dan kelengkungan diatas didapatkan grafik hubungan momen-kelengkungan pada Gambar 13



Gambar 15 Grafik hubungan Momen-Kelengkungan Azada Uji IV

## UJI PENDAHULUAN

Pengujian ini dimaksudkan untuk mencari  $F_y$  dan  $F_u$  dari profil canal serta tulangan polos dan mencari kuat geser las. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Secara umum grafik hubungan tegangan-regangan dapat digambarkan sebagai berikut

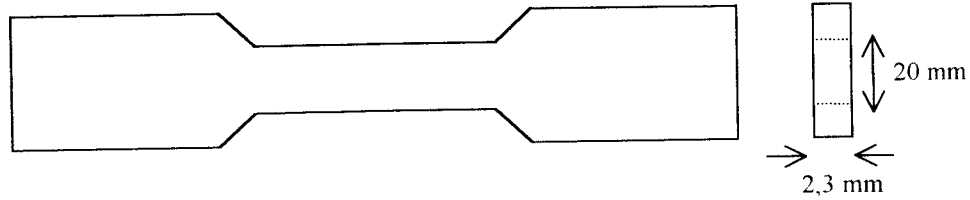


Beban Leleh (a)

Beban Maksimum (b)

Beban patah (c)

### Mencari $F_y$ dan $F_u$ Profil C Canai Dingin



Beban Leleh = 985 Kg

Beban Maksimum = 1237,5 Kg

Beban Patah = 612,5 Kg

$$A = 20 \cdot 2,3 = 46 \text{ mm}^2$$

$$F_y = \frac{\text{BebanLeleh}}{A} = \frac{985}{46} = 21,413 \text{ Kg/mm}^2 = 214,130 \text{ Mpa}$$

$$F_u = \frac{\text{BebanMaksimum}}{A} = \frac{1237,5}{46} = 26,902 \text{ Kg/mm}^2 = 269,020 \text{ Mpa}$$

### Mencari $F_y$ dan $F_u$ Baja Bulat $\phi 10$

Beban Leleh = 2940 Kg

Beban Maksimum = 4325 Kg

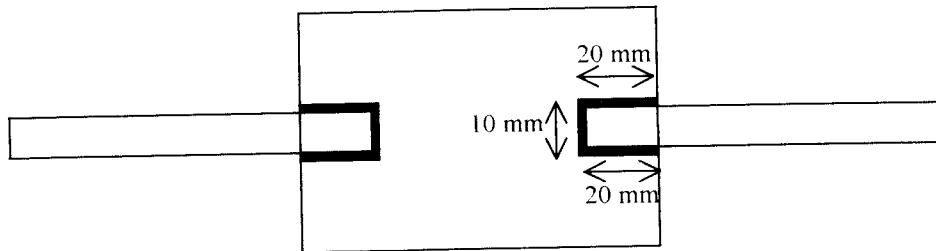
Beban Patah = 3645 Kg

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78,540 \text{ mm}^2$$

$$F_y = \frac{\text{BebanLeleh}}{A} = \frac{2940}{78,540} = 37,433 \text{ Kg/mm}^2 = 374,330 \text{ Mpa}$$

$$F_u = \frac{\text{BebanMaksimum}}{A} = \frac{4325}{78,540} = 55,067 \text{ Kg/mm}^2 = 550,670 \text{ Mpa}$$

### Mencari Kuat Geser Las



Beban Maksimal = 1570 Kg

Panjang las =  $l_w = 20 + 10 + 20 = 50\text{ mm}$

Tebal pelat =  $a = 2\text{ mm}$

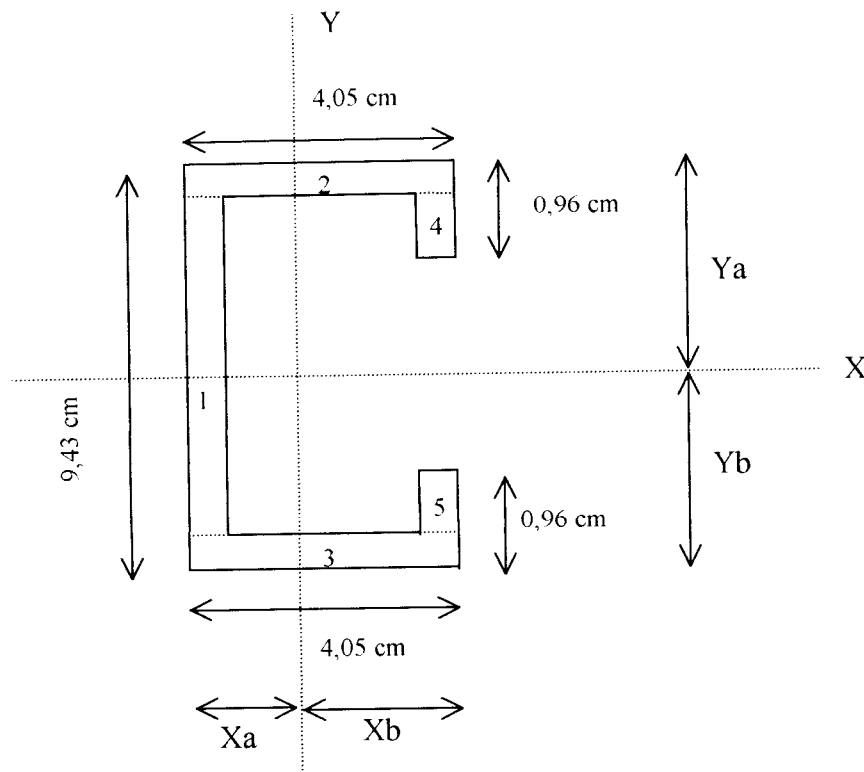
$t_e = 0,707 \cdot a = 0,707 \cdot 2 = 1,414\text{ mm} \cong 1,4\text{ mm}$

$A = l_w \cdot t_e = 50 \cdot 1,4 = 70\text{ mm}^2$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\text{BebanMaks}}{A} = \frac{1570}{70} = 22,429\text{ Kg/mm}^2 = 224,290\text{ Mpa}$$

$$\sigma_{tuluh} = \sigma_{ijin} \cdot 1,5 = 224,290 \cdot 1,5 = 336,429\text{ Mpa}$$

**PERHITUNGAN INERSIA DAN JARI-JARI GIRASI**  
**PROFIL C CANAI DINGIN**



Inersia Profil C 94,3x 40,5x 9,6 x2,3 mm

**Mencari Titik Berat**

Terhadap sisi atas (Arah Y)

$Y_a =$

$$\frac{[(4,05 \cdot 0,23 \cdot 0,115)] + [0,73 \cdot 0,23 \cdot 0,595] + [8,97 \cdot 0,23 \cdot 4,175] + [4,05 \cdot 0,23 \cdot 9,315] + [0,73 \cdot 0,23 \cdot 8,835]}{(4,05 \cdot 0,23) + (0,73 \cdot 0,23) + (8,97 \cdot 0,23) + (4,05 \cdot 0,23) + (0,73 \cdot 0,23)}$$

$$Y_a = \frac{20,095}{4,262} = 4,715 \text{ cm}$$

$$Y_b = 9,430 - 4,715 = 4,715 \text{ cm}$$

Terhadap sisi kiri (Arah X) :

$$X_a = \frac{(0,23 \cdot 0,73 \cdot 3,935 \cdot 2) + (0,23 \cdot 4,05 \cdot 2,025 \cdot 2) + (0,23 \cdot 8,97 \cdot 0,115)}{(0,73 \cdot 0,23 \cdot 2) + (0,23 \cdot 4,05 \cdot 2) + (0,23 \cdot 8,97)}$$

$$X_a = \frac{5,331}{4,262} = 1,251 \text{ cm}$$

$$X_b = 4,05 - 1,251 = 2,799 \text{ cm}$$

### Mencari Inersia Penampang

$$I_y = (1/12 \cdot b^3 \cdot h) + (A(\text{jarak titik berat ke pusat berat penampang})^2)$$

$$I_{y1} = [ 1/12 \cdot 0,23^3 \cdot 8,97 ] + [ 0,23 \cdot 8,97 \cdot (1,251 - (0,23/2))^2 ] = 2,672 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = [ 1/12 \cdot 4,05^3 \cdot 0,23 ] + [ 4,05 \cdot 0,23 \cdot ((4,05/2) - 1,251)^2 ] = 1,831 \text{ cm}^4$$

$$I_{y3} = [ 1/12 \cdot 4,05^3 \cdot 0,23 ] + [ 4,05 \cdot 0,23 \cdot ((4,05/2) - 1,251)^2 ] = 1,831 \text{ cm}^4$$

$$I_{y4} = [ 1/12 \cdot 0,23^3 \cdot 0,73 ] + [ 0,23 \cdot 0,73 \cdot (2,799 - (0,23/2))^2 ] = 1,210 \text{ cm}^4$$

$$I_{y5} = [ 1/12 \cdot 0,23^3 \cdot 0,73 ] + [ 0,23 \cdot 0,73 \cdot (2,799 - (0,23/2))^2 ] = 1,210 \text{ cm}^4$$

$$I_y \text{ Total} = 8,754 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= ( 0,23 \cdot 8,97 ) + ( 2 \cdot 0,23 \cdot 4,05 ) + ( 2 \cdot 0,23 \cdot 0,730 ) \\ &= 4,262 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{8,754}{4,262}} = 1,433 \text{ cm}$$

$$I_x = (1/12 \cdot b \cdot h^3) + (A(\text{jarak titik berat ke pusat berat penampang})^2)$$

$$I_{x1} = [ 1/12 \cdot 0,23 \cdot 8,97^3 ] + [ 0,23 \cdot 8,97 \cdot (4,715 - (8,97/2))^2 ] = 13,942 \text{ cm}^4$$

$$I_{x2} = [ 1/12 \cdot 4,05 \cdot 0,23^3 ] + [ 4,05 \cdot 0,23 \cdot (4,715 - (0,23/2))^2 ] = 19,715 \text{ cm}^4$$

$$I_{x3} = [ 1/12 \cdot 4,05 \cdot 0,23^3 ] + [ 4,05 \cdot 0,23 (4,715 - (0,23/2))^2 ] = 19,715 \text{ cm}^4$$

$$I_{x4} = [ 1/12 \cdot 0,23 \cdot 0,73^3 ] + [ 0,23 \cdot 0,73 (4,715 - 0,23 - (0,73/2))^2 ] = 2,857 \text{ cm}^4$$

$$I_{x5} = [ 1/12 \cdot 0,23 \cdot 0,73^3 ] + [ 0,23 \cdot 0,73 (4,715 - 0,23 - (0,73/2))^2 ] = 2,857 \text{ cm}^4$$

$$I_x \text{ Total} = 59,086 \text{ cm}^4$$

$$\text{Luas penampang (A)} = ( 0,23 \cdot 8,97 ) + ( 2 \cdot 0,23 \cdot 4,05 ) + ( 2 \cdot 0,23 \cdot 0,73 )$$

$$= 4,262 \text{ cm}^2$$

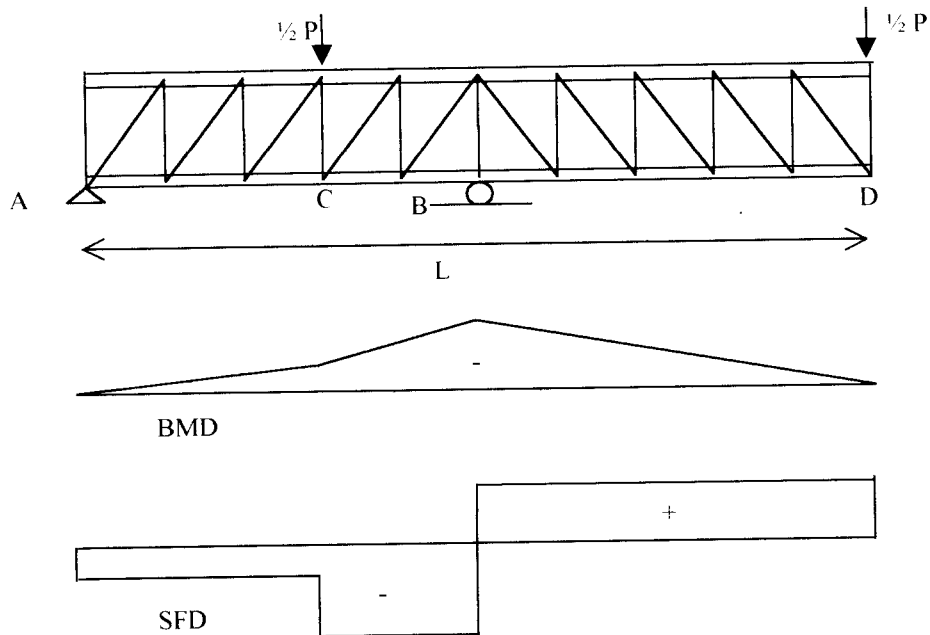
$$r_x = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{59,086}{4,262}} = 3,723 \text{ cm}$$

$$r_{\text{minimum}} = r_y = 1,433 \text{ cm}$$



## MENCARI MOMEN MAKSIMUM

$$\underline{L_b = 1500 \text{ mm}}$$



Mencari Reaksi

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \frac{5}{10} L - \frac{P}{2} \frac{2}{10} L + \frac{P}{2} \frac{5}{10} L = 0$$

$$R_A = -\frac{3}{20} PL \frac{10}{5L} = -0,3P$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_B \frac{5}{10} L + \frac{P}{2} L + \frac{P}{2} \frac{3}{10} L = 0$$

$$R_B = \frac{13}{20} PL \frac{10}{5L} = 1,3P$$

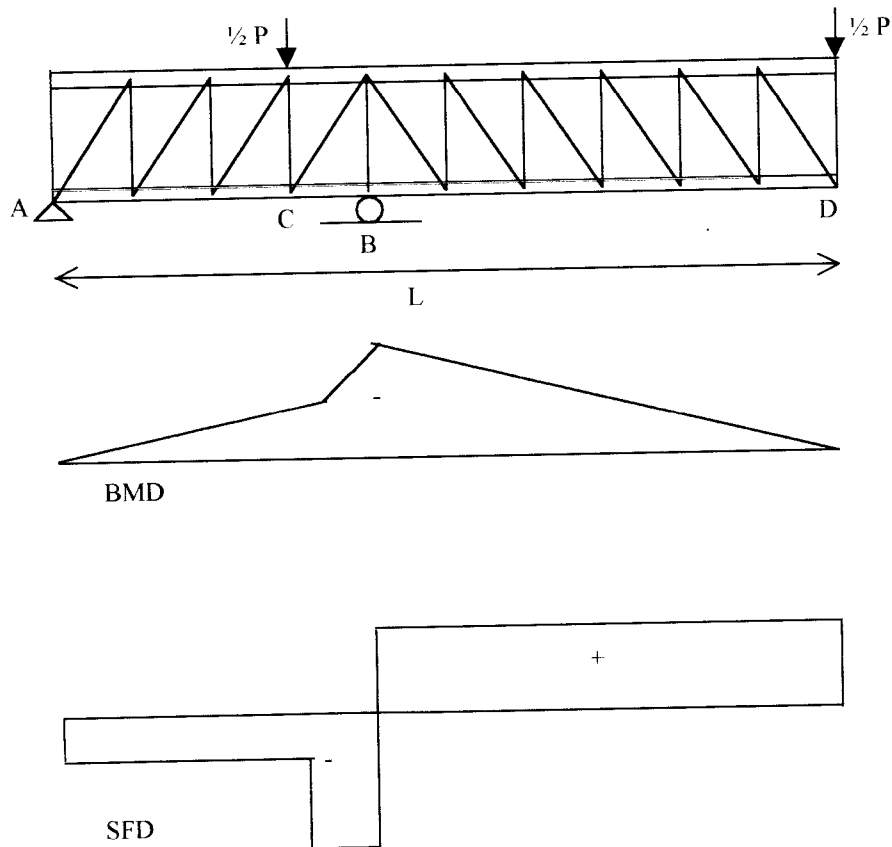
Mencari momen maksimum

$$M_C = -0,3P \frac{3}{10} L = -0,09PL$$

$$M_B = -0,3P \frac{5}{10} L - \frac{P}{2} \frac{2}{10} L = -0,25PL$$

Momen maksimum terletak dititik B

$$\underline{L_b = 1800}$$



Mencari Reaksi

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \frac{4}{10} L - \frac{P}{2} \frac{1}{10} L + \frac{P}{2} \frac{6}{10} L = 0$$

$$R_A = -\frac{5}{20} PL \frac{10}{4L} = -0,625P$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_B \frac{4}{10} L + \frac{P}{2} L + \frac{P}{2} \frac{3}{10} L = 0$$

$$R_B = 1,625P$$

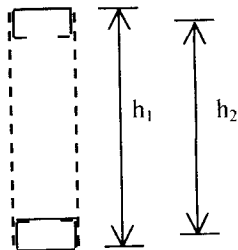
Mencari Momen Maksimum

$$M_C = -0,625P \frac{3}{10} L = -0,188PL$$

$$M_B = -0,625P \frac{4}{10} L - \frac{P}{2} \frac{1}{10} L = -0,3PL$$

Momen maksimum terletak dititik B

**PERHITUNGAN TEGANGAN BAHAN PROFIL C CANAI DINGIN**  
**(TEORITIS)**



$$h_1 = 0,52 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,5 \text{ m}$$

Profil C 94,3 x 40,5 x 9,6 x 2,3

$$* \quad \text{Pada sayap} \left( \frac{b}{t} \right) = \left( \frac{40,5}{2,3} \right) = 17,609$$

$$F_{cr1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot k}{12(1 - \mu^2) \left( \frac{b}{t} \right)^2}, \text{ dengan nilai } k \text{ pada sayap} = 0,425$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,425}{12(1 - 0,3^2)(17,609)^2}$$

$$= 247,757 \text{ Mpa} > F_y = 240 \text{ Mpa} \longrightarrow \text{dipakai } F_{cr1} = 240 \text{ Mpa}$$

$$* \quad \text{Pada sayap} \left( \frac{h}{t} \right) = \left( \frac{94,3}{2,3} \right) = 41$$

$$F_{cr2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot k}{12(1 - \mu^2) \left( \frac{h}{t} \right)^2}, \text{ dengan nilai } k \text{ pada badan} = 4$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 4}{12(1 - 0,3^2)(41)^2}$$

$$= 430,130 \text{ Mpa} > F_y = 240 \text{ Mpa} \longrightarrow \text{dipakai } F_{cr2} = 240 \text{ Mpa}$$

\*  $P_{cr}$  pada sayap

$$\begin{aligned} P_{cr1} &= F_{cr} \times A_{\text{sayap}} \\ &= 240 \text{ N/mm}^2 \times (40,5 \cdot 2 \cdot 2) \\ &= 44712 \text{ N} = 44,712 \text{ KN} \end{aligned}$$

\*  $P_{cr}$  pada badan

$$\begin{aligned} P_{cr2} &= F_{cr} \times A_{\text{badan}} \\ &= 240 \text{ N/mm}^2 \times (94,3 \cdot 2 \cdot 1) \\ &= 52053,6 \text{ N} = 52,054 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * M_n &= P_{cr1} \cdot h_1 + P_{cr2} \cdot h_2 \\ &= 44,712 \cdot 0,52 + 52,054 \cdot 0,5 \\ &= 49,277 \text{ KNm} \end{aligned}$$

### MENCARI BEBAN RENCANA

Untuk  $L_b = 1500 \text{ mm}$

$$P_{rencana} = \frac{M_n}{0,25L} = \frac{49,277}{0,25 \cdot 3} = 65,703 \text{ KN}$$

Untuk  $L_b = 1800 \text{ mm}$

$$P_{rencana} = \frac{M_n}{0,3L} = \frac{49,277}{0,3 \cdot 3} = 54,752 \text{ KN}$$

## KAPASITAS PENAMPANG

- **Kapasitas Batang Tarik  $\phi$  10 mm**

$$F_u = 550,410 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 374,330 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan kriteria leleh penampang:

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,9 \cdot 374,330 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 26459,829 \text{ N}$$

Berdasarkan kriteria retakan penampang:

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e$$

$$A_e = A \cdot U$$

Karena gaya tarik disalurkan keelemen yang bukan plat dan las merupakan kombinasi las memanjang dan melintang, maka  $U = 1$

$$A_e = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1 = 78,540 \text{ mm}^2$$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 550,410 \cdot 78,540 = 32421,829 \text{ N}$$

Dari dua kriteria diatas diambil nilai yang terkecil, maka kapasitas batang tarik  $\phi 10 \text{ mm} = 26459,829 \text{ N}$

- \* **Kapasitas Batang Desak  $\phi$  12 mm**

$$\text{Parameter kelangsingan : } \lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{L \cdot K}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$= \frac{1}{\pi} \cdot \frac{500.1}{(12/4)} \sqrt{\frac{374,330}{2.10^5}} = 2,295$$

Faktor tekuk  $\lambda_c > 1,2$  maka :

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 2,295 = 6,585$$

$$F_{cr} = \frac{F_y}{\omega} = \frac{374,330}{6,585} = 56,849 \text{ Mpa}$$

$$\phi_n N_n = \phi_n \cdot F_{cr} \cdot A_g$$

$$\phi_n N_n = 0,85 \cdot 56,849 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 12^2 = 5465,042 \text{ N}$$

Kapasitas batang desak  $\phi 12 \text{ mm} = 5465,042 \text{ N}$

### \* Kapasitas Batang Desak Profil C Canai Dingin

Parameter kelangsingan :  $\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{L \cdot K}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$

$$= \frac{1}{\pi} \cdot \frac{300.1}{(14,330)} \sqrt{\frac{214,130}{2.10^5}} = 0,218$$

Faktor tekuk  $\lambda_c \leq 0,25$  , maka :

$$\omega = 1$$

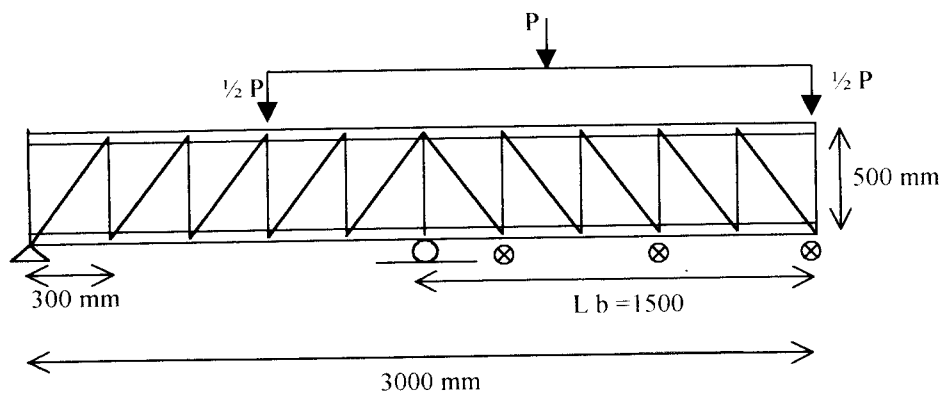
$$F_{cr} = \frac{F_y}{\omega} = \frac{214,130}{1} = 214,130 \text{ Mpa}$$

$$\phi_n N_n = \phi_n \cdot F_{cr} \cdot A_g$$

$$\phi_n N_n = 0,85 \cdot 214,130 \cdot 426,2 = 77572,875 \text{ N}$$

Kapasitas batang desak profil C canai dingin = 77572,875 N

### KONDISI LAPANGAN UNTUK $L_b = 1500$ mm



$$P_{\text{maks}} = 2750 \text{ Kg} = 27500 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} P = 1375 \text{ Kg} = 13750 \text{ N}$$

Dari analisis SAP 2000 didapat:

- Gaya batang  $P_{cr}$  terjadi baja bulat =  $\frac{35750 \text{ N}}{2} = 17875 \text{ N}$

$$P_{cr} = 17875 \text{ N}$$

$$A = 113,097 \text{ mm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{17875}{113,097} = 158,050 \text{ Mpa} \leq F_y = 374,330 \text{ Mpa}$$

Batang baja bulat mengalami tekuk sebab  $F_{cr} = 158,050 \text{ Mpa} \leq F_y = 374,330 \text{ Mpa}$

- Gaya batang  $P_{cr}$  profil C canai dingin = 41250 N

$$P_{cr} = 41250 \text{ N}$$

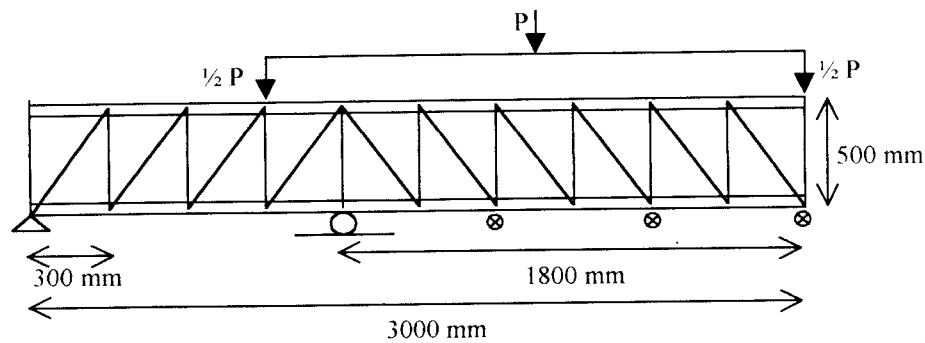
$$A = 426,2 \text{ mm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{41250}{426,2} = 96,786 \text{ Mpa} \leq F_y = 214,130 \text{ Mpa}$$



Profil C canai dingin mengalami tekuk sebab  $F_{cr} = 96,786 \text{ Mpa} \leq F_y = 214,130 \text{ Mpa}$

### KONDISI LAPANGAN UNTUK $L_b = 1800 \text{ mm}$



$$P_{\text{maks}} = 2250 \text{ Kg} = 22500 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} P = 1125 \text{ Kg} = 11250 \text{ N}$$

Dari analisis SAP 2000 didapat:

- Gaya batang  $P_{cr}$  terjadi baja bulat =  $\frac{36560 \text{ N}}{2} = 18280 \text{ N}$

$$P_{cr} = 18280 \text{ N}$$

$$A = 113,097 \text{ mm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{18280}{113,097} = 161,631 \text{ Mpa} \leq F_y = 374,330 \text{ Mpa}$$

Batang baja bulat mengalami tekuk sebab  $F_{cr} = 161,631 \text{ Mpa} \leq F_y = 374,330 \text{ Mpa}$

- Gaya batang  $P_{cr}$  profil C canai dingin = 40500 N

$$P_{cr} = 40500 \text{ N}$$

$$A = 426,2 \text{ mm}^2$$

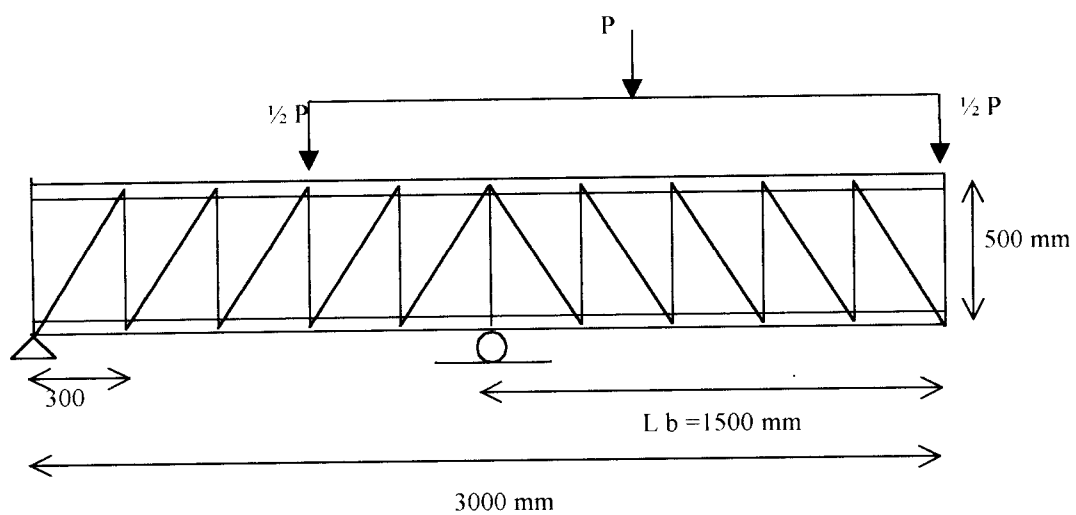
$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{40500}{426,2} = 95,0256 \text{ Mpa} \leq F_y = 214,130 \text{ Mpa}$$

Profil C canai dingin mengalami tekuk sebab  $F_{cr} = 95,026 \text{ Mpa} \leq F_y = 214,130$

**PERHITUNGAN  $F_{cr}$  DAN  $F_y$  SERTA  $M_{cr}$  DAN  $M_y$**   
**(LAPANGAN)**

Dari hasil pengujian diperoleh tegangan leleh  $F_y$  profil C canai dingin sebesar 214,130 Mpa

$$\underline{L_b = 1500 \text{ mm}}$$



Pada pengujian lentur diperoleh  $P_{maks} = 27,5 \text{ KN}$

$$P_{maks} = \frac{1}{2} P = 13,75 \text{ KN}$$

$$P_{cr} = 41250 \text{ N}$$

$$A = 426,2 \text{ mm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{41250}{426,2} = 96,786 \text{ Mpa} \leq F_y = 214,130 \text{ Mpa}$$

Sehingga  $F_{cr} = 96,786 \text{ Mpa} \leq F_y = 214,130 \text{ Mpa}$

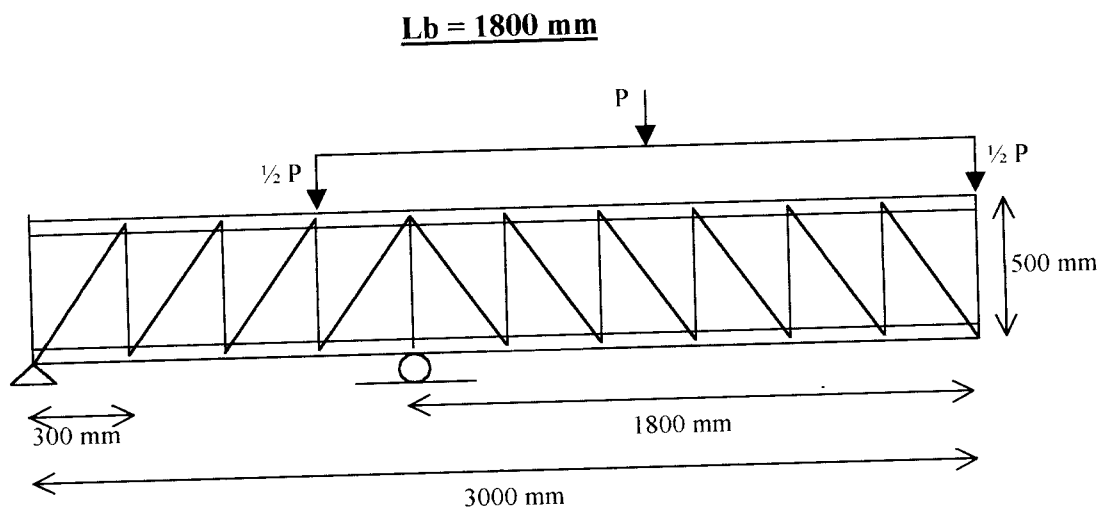
Sehingga  $F_{cr} \leq F_y$

$$S_x = \frac{I_x}{d/2} = \frac{59,086}{9,43/2} = 12,531 \text{ cm}^3 = 12531 \text{ mm}^3$$

$$M_y = S_x \cdot F_y = 12531 \cdot 214,13 = 2683263,030 \text{ Mpa} = 2,683 \text{ KNm}$$

$$M_{cr} = S_x \cdot F_{cr} = 12531 \cdot 96,786 = 1212825,366 \text{ Mpa} = 1,213 \text{ KNm}$$

Sehingga  $M_{cr} = 1,213 \text{ KNm} \leq M_y = 2,683 \text{ KNm}$



Pada pengujian lentur diperoleh  $P_{maks} = 22,5 \text{ KN}$

$$P_{maks} = \frac{1}{2} P = 11,25 \text{ KN}$$

$$P_{cr} = 40500 \text{ N}$$

$$A = 426,2 \text{ mm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{40500}{426,2} = 95,0256 \text{ Mpa} \leq F_y = 214,130 \text{ Mpa}$$

Sehingga  $F_{cr} = 95,026 \text{ Mpa} \leq F_y = 214,130 \text{ Mpa}$

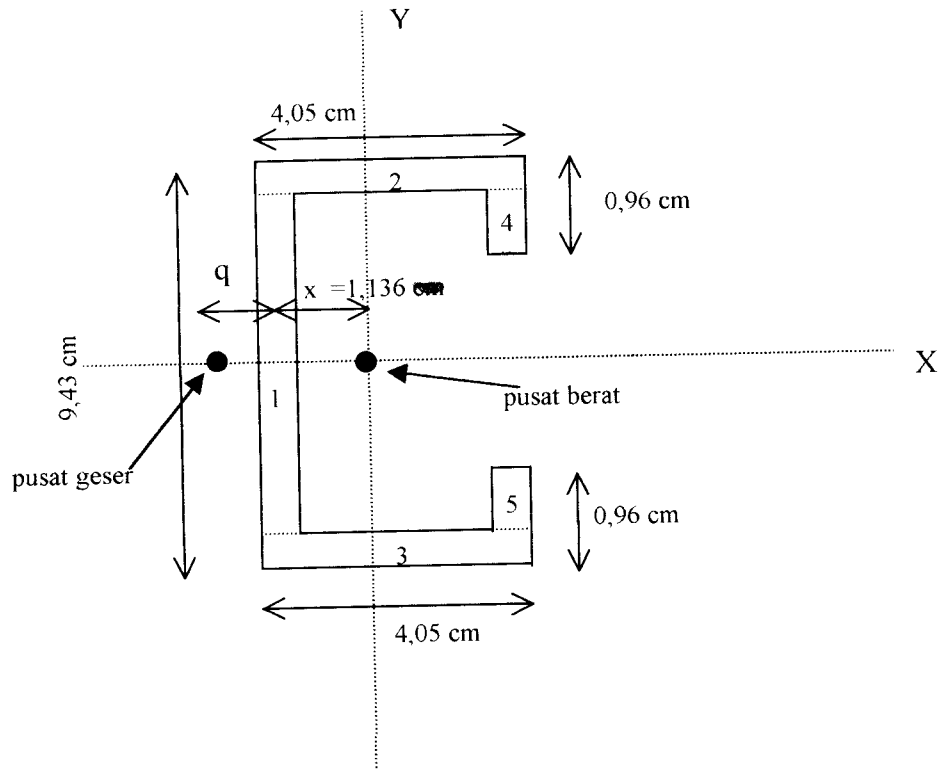
$$S_x = \frac{I_x}{d/2} = \frac{59,086}{9,43/2} = 12,531 \text{ cm}^3 = 12531 \text{ mm}^3$$

$$M_y = S_x \cdot F_y = 12531 \cdot 214,13 = 2683263,030 \text{ Mpa} = 2,683 \text{ KNm}$$

$$M_{cr} = S_x \cdot F_{cr} = 12531 \cdot 95,026 = 1190770,806 \text{ Mpa} = 1,191 \text{ KNm}$$

Sehingga  $M_{cr} = 1,191 \text{ KNm} \leq M_y = 2,683 \text{ KNm}$

### PERHITUNGAN $M_{cr}$ (TEORITIS)



$C_b$  untuk kantilever = 1

$$\mu = 0,3$$

$$E = 2.10^5 \text{ Mpa}$$

$$I_y = 8,754 \text{ cm}^4 = 87540 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 59,086 \text{ cm}^4 = 590860 \text{ mm}^4$$

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{2.10^5}{2(1+0,3)} = 76923,077 \text{ Mpa}$$

$$J = \frac{1}{3} \sum bt^3$$

$$= \frac{1}{3} [(0,23^3 \cdot 8,97) + (2 \cdot 4,05 \cdot 0,23^3) + (2 \cdot 0,23^3 \cdot 0,73)] = 0,075 \text{ cm}^4 = 750 \text{ mm}^2$$

$$q = \frac{t \cdot h^2 \cdot b^2}{4I_x} = \frac{0,23 \cdot 9,43^2 \cdot 4,05^2}{4 \cdot 59,086} = 1,419 \text{ cm}$$

$$C_w = \frac{h^2}{4} (I_y + A \cdot x^2 - q \cdot x \cdot A) = \frac{9,43^2}{4} (8,754 + (4,262 \cdot 1,136^2) - (1,419 \cdot 1,136 \cdot 4,262))$$

$$= 164,151 \text{ cm}^6 = 164151000 \text{ mm}^2$$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{2L_b} \sqrt{\left(\frac{\pi E}{2L_b}\right)^2 C_w I_y + E I_y G J}$$

$$\underline{\underline{L_b = 1500 \text{ mm}}}$$

$$M_{cr} = 1 \frac{\pi}{2 \cdot 1500} \sqrt{\left(\frac{\pi \cdot 2 \cdot 10^5}{2 \cdot 1500}\right)^2 164151000 \cdot 87540 + 2 \cdot 10^5 \cdot 87540 \cdot 769233,077 \cdot 750}$$

$$= 3430451,761 \text{ Nmm} = 3,43 \text{ KNm}$$

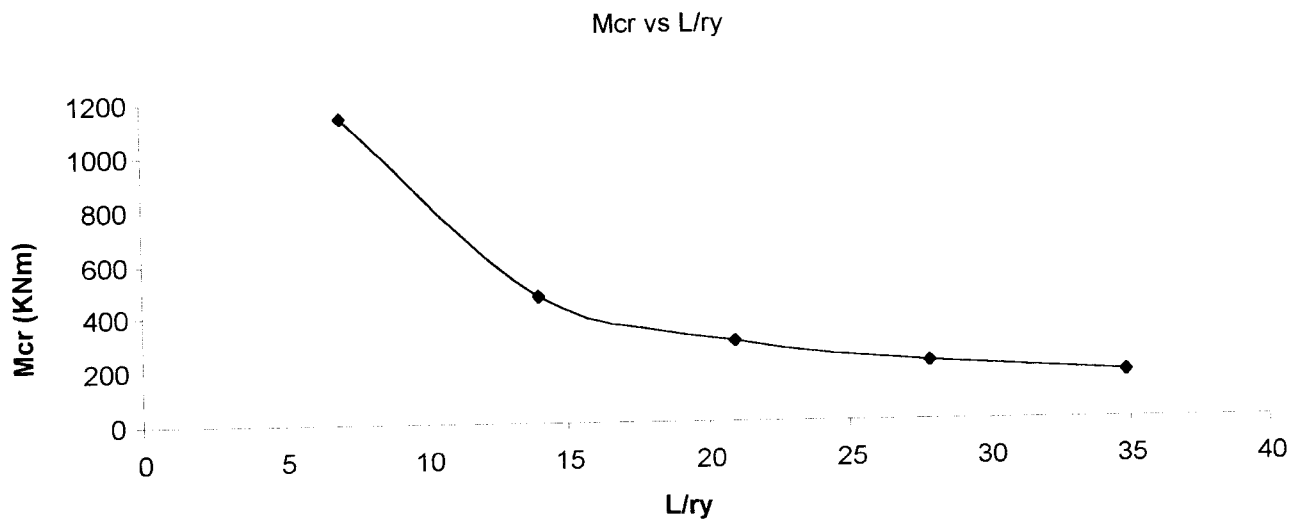
$$\underline{\underline{L_b = 1800 \text{ mm}}}$$

$$M_{cr} = 1 \frac{\pi}{2 \cdot 1800} \sqrt{\left(\frac{\pi \cdot 2 \cdot 10^5}{2 \cdot 1800}\right)^2 164151000 \cdot 87540 + 2 \cdot 10^5 \cdot 87540 \cdot 769233,077 \cdot 750}$$

$$= 2832939,822 \text{ Nmm} = 2,833 \text{ KNm}$$

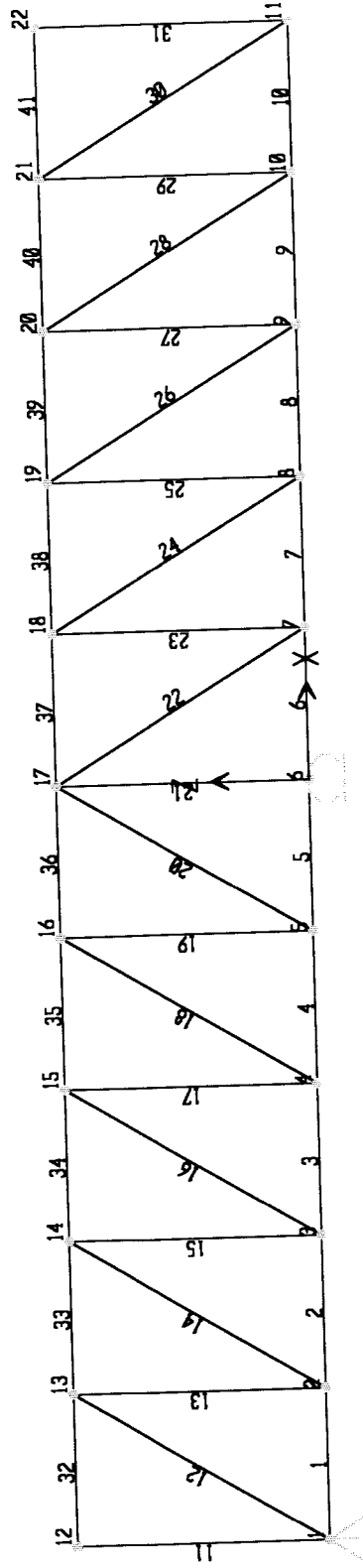
**UJI KUAT DESAK PROFIL C CANAI DINGIN**

L	Mcr (KNm)	L/ry
100 mm	1138.672	6.978
200 mm	468.146	13.957
300 mm	297.933	20.935
400 mm	219.611	27.913
500 mm	174.249	34.892





# SAP2000



**BEBAN LAPANGAN UNTUK  $L_b = 1500$  mm**

T SIPIL UII 97

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
BBNTTK	DEAD	0.0000

T SIPIL UII 97

JOINT DATA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-1500.00000	0.00000	0.00000	1 1 1 1 0 1	0.000	0.000	0.000
2	-1200.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
3	-900.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
4	-600.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
5	-300.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
6	0.00000	0.00000	0.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
7	300.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
8	600.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
9	900.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
10	1200.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
11	1500.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
12	-1500.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
13	-1200.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
14	-900.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
15	-600.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
16	-300.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
17	0.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
18	300.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
19	600.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
20	900.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
21	1200.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
22	1500.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

T SIPIL UII 97

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	2	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
2	2	3	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
3	3	4	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
4	4	5	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
5	5	6	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
6	6	7	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
7	7	8	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
8	8	9	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
9	9	10	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
10	10	11	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
11	12	1	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
12	1	13	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
13	13	2	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
14	2	14	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
15	14	3	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
16	3	15	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
17	4	15	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
18	4	16	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
19	16	5	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
20	5	17	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
21	17	6	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
22	7	17	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
23	18	7	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000

24	18	8	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
25	19	8	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
26	19	9	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
27	20	9	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
28	20	10	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
29	21	10	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
30	21	11	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
31	22	11	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
32	12	13	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
33	13	14	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
34	14	15	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
35	15	16	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
36	16	17	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
37	17	18	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
38	18	19	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
39	19	20	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
40	20	21	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
41	21	22	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000

SAP2000 v7.40 File: SAMPEL 3M-150MM KN-mm Units PAGE 4  
1/1/99 0:09:34

T SIPIL UII 97

J O I N T		F O R C E S			Load Case	BBNTTK	
JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ	
15	0.000	0.000	-13.750	0.000	0.000	0.000	
22	0.000	0.000	-13.750	0.000	0.000	0.000	

T SIPIL UII 97

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	BBNTTK	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	BBNTTK	-4.951E-05	0.0000	-7.134E-05	0.0000	0.0000	0.0000
3	BBNTTK	-1.485E-04	0.0000	-2.021E-04	0.0000	0.0000	0.0000
4	BBNTTK	-2.971E-04	0.0000	-2.224E-04	0.0000	0.0000	0.0000
5	BBNTTK	-5.777E-04	0.0000	5.749E-05	0.0000	0.0000	0.0000
6	BBNTTK	-9.903E-04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	BBNTTK	-1.403E-03	0.0000	-2.575E-03	0.0000	0.0000	0.0000
8	BBNTTK	-1.733E-03	0.0000	-5.179E-03	0.0000	0.0000	0.0000
9	BBNTTK	-1.981E-03	0.0000	-8.080E-03	0.0000	0.0000	0.0000
10	BBNTTK	-2.146E-03	0.0000	-0.0112	0.0000	0.0000	0.0000
11	BBNTTK	-2.228E-03	0.0000	-0.0144	0.0000	0.0000	0.0000
12	BBNTTK	7.117E-04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	BBNTTK	7.117E-04	0.0000	-2.089E-04	0.0000	0.0000	0.0000
14	BBNTTK	7.612E-04	0.0000	-3.396E-04	0.0000	0.0000	0.0000
15	BBNTTK	8.602E-04	0.0000	-5.892E-04	0.0000	0.0000	0.0000
16	BBNTTK	1.009E-03	0.0000	-4.243E-04	0.0000	0.0000	0.0000
17	BBNTTK	1.289E-03	0.0000	-5.960E-04	0.0000	0.0000	0.0000
18	BBNTTK	1.619E-03	0.0000	-2.804E-03	0.0000	0.0000	0.0000
19	BBNTTK	1.867E-03	0.0000	-5.408E-03	0.0000	0.0000	0.0000
20	BBNTTK	2.032E-03	0.0000	-8.310E-03	0.0000	0.0000	0.0000
21	BBNTTK	2.115E-03	0.0000	-0.0114	0.0000	0.0000	0.0000
22	BBNTTK	2.115E-03	0.0000	-0.0146	0.0000	0.0000	0.0000

T SIPIL UII 97

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

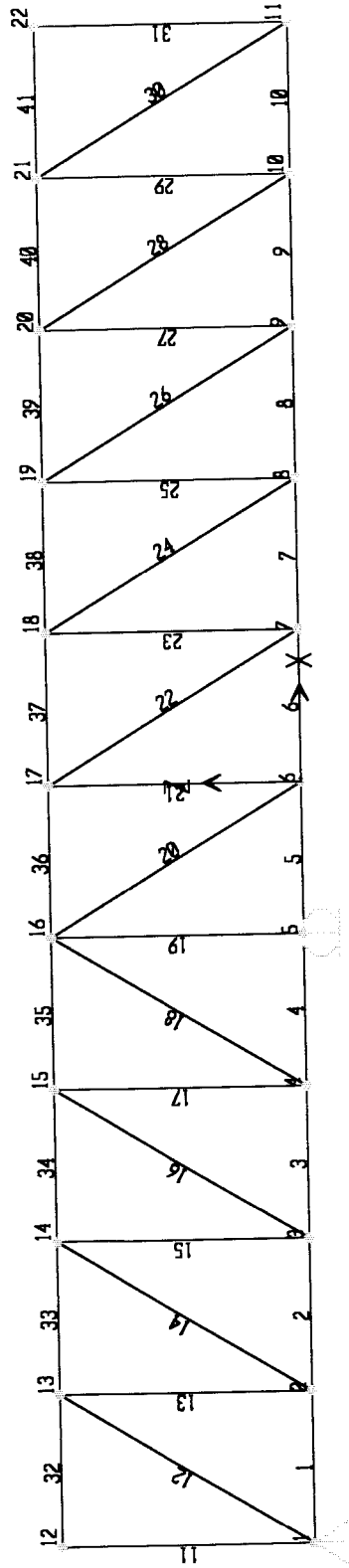
FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	BBNTTK							
		0.00	-4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	-4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	-4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	BBNTTK							
		0.00	-9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	-9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	-9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	BBNTTK							
		0.00	-14.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-14.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-14.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	225.00	-14.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	BBNTTK						
	0.00	-28.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-28.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-28.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-28.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-28.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	BBNTTK						
	0.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	BBNTTK						
	0.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	BBNTTK						
	0.00	-33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	BBNTTK						
	0.00	-24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	BBNTTK						
	0.00	-16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	BBNTTK						
	0.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	BBNTTK						
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	BBNTTK						
	0.00	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	BBNTTK						
	0.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	BBNTTK						
	0.00	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	BBNTTK						
	0.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	BBNTTK						
	0.00	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	BBNTTK						
	0.00	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	BBNTTK						
	0.00	25.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	25.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	583.10	25.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	BBNTTK						
	0.00	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	BBNTTK						
	0.00	25.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	25.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	25.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	BBNTTK						
	0.00	-35.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-35.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-35.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	BBNTTK						
	0.00	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	BBNTTK						
	0.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	BBNTTK						
	0.00	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	BBNTTK						
	0.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	BBNTTK						
	0.00	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	BBNTTK						
	0.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	BBNTTK						
	0.00	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	BBNTTK						
	0.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	BBNTTK						
	0.00	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	BBNTTK						
	0.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-13.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	BBNTTK						
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	BBNTTK						
	0.00	4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	BBNTTK						
	0.00	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	BBNTTK						
	0.00	14.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



SAP2000



BEBAN LAPANGAN UNTUK  $L_b = 1800$  mm



T SIPIL UII 97

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
BBNTTK	DEAD	0.0000

T SIPIL UII 97

JOINT DATA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-1500.00000	0.00000	0.00000	1 1 1 1 0 1	0.000	0.000	0.000
2	-1200.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
3	-900.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
4	-600.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
5	-300.00000	0.00000	0.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
6	0.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
7	300.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
8	600.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
9	900.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
10	1200.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
11	1500.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
12	-1500.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
13	-1200.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
14	-900.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
15	-600.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
16	-300.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
17	0.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
18	300.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
19	600.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
20	900.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
21	1200.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
22	1500.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

T SIPIL UII 97

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	2	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
2	2	3	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
3	3	4	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
4	4	5	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
5	5	6	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
6	6	7	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
7	7	8	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
8	8	9	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
9	9	10	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
10	10	11	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
11	12	1	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
12	1	13	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
13	13	2	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
14	2	14	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
15	14	3	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
16	3	15	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
17	4	15	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
18	4	16	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
19	16	5	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
20	16	6	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
21	17	6	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
22	7	17	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
23	18	7	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000

24	18	8	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
25	19	8	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
26	19	9	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
27	20	9	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
28	20	10	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
29	21	10	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
30	21	11	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
31	22	11	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
32	12	13	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
33	13	14	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
34	14	15	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
35	15	16	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
36	16	17	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
37	17	18	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
38	18	19	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
39	19	20	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
40	20	21	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
41	21	22	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000

SAP2000 v7.40 File: SAMPEL 3M-120MM KN-mm Units PAGE 4  
1/1/99 0:21:01

T SIPIL UII 97

J O I N T	F O R C E S	Load Case	BBNTTK			
JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
15	0.000	0.000	-11.250	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	-11.250	0.000	0.000	0.000

T SIPIL UII 97

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	BBNTTK	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	BBNTTK	-8.440E-05	0.0000	3.817E-05	0.0000	0.0000	0.0000
3	BBNTTK	-2.532E-04	0.0000	-2.495E-05	0.0000	0.0000	0.0000
4	BBNTTK	-5.064E-04	0.0000	-1.031E-04	0.0000	0.0000	0.0000
5	BBNTTK	-9.115E-04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	BBNTTK	-1.317E-03	0.0000	-2.569E-03	0.0000	0.0000	0.0000
7	BBNTTK	-1.654E-03	0.0000	-5.121E-03	0.0000	0.0000	0.0000
8	BBNTTK	-1.924E-03	0.0000	-7.997E-03	0.0000	0.0000	0.0000
9	BBNTTK	-2.127E-03	0.0000	-0.0111	0.0000	0.0000	0.0000
10	BBNTTK	-2.262E-03	0.0000	-0.0144	0.0000	0.0000	0.0000
11	BBNTTK	-2.329E-03	0.0000	-0.0178	0.0000	0.0000	0.0000
12	BBNTTK	9.468E-04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	BBNTTK	9.468E-04	0.0000	-1.963E-04	0.0000	0.0000	0.0000
14	BBNTTK	1.031E-03	0.0000	-2.594E-04	0.0000	0.0000	0.0000
15	BBNTTK	1.200E-03	0.0000	-5.250E-04	0.0000	0.0000	0.0000
16	BBNTTK	1.453E-03	0.0000	-6.095E-04	0.0000	0.0000	0.0000
17	BBNTTK	1.791E-03	0.0000	-2.756E-03	0.0000	0.0000	0.0000
18	BBNTTK	2.061E-03	0.0000	-5.308E-03	0.0000	0.0000	0.0000
19	BBNTTK	2.263E-03	0.0000	-8.184E-03	0.0000	0.0000	0.0000
20	BBNTTK	2.398E-03	0.0000	-0.0113	0.0000	0.0000	0.0000
21	BBNTTK	2.466E-03	0.0000	-0.0146	0.0000	0.0000	0.0000
22	BBNTTK	2.466E-03	0.0000	-0.0179	0.0000	0.0000	0.0000

T SIPIL UII 97

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

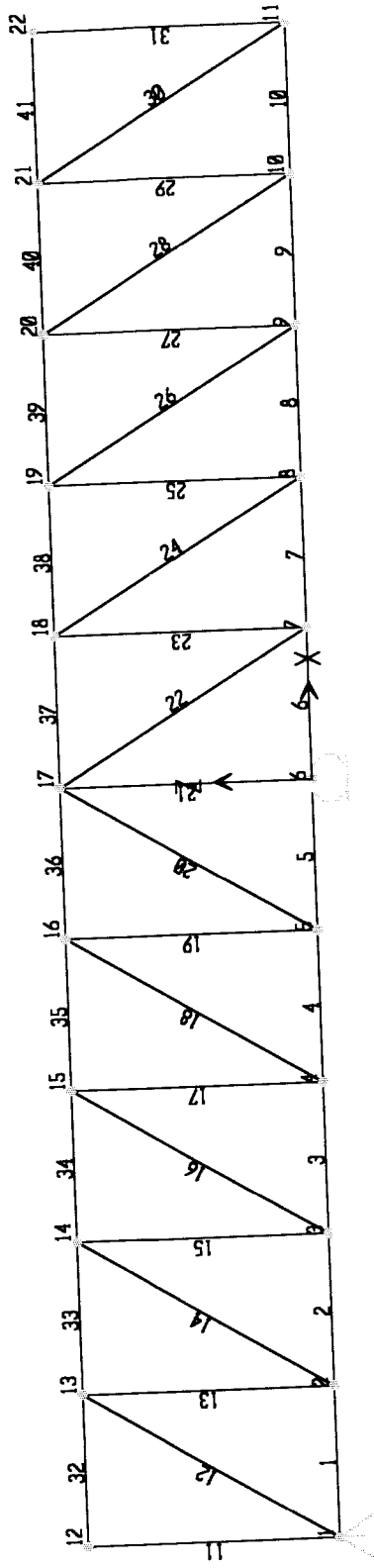
FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	BBNTTK							
		0.00	-8.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-8.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-8.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	-8.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	-8.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	BBNTTK							
		0.00	-16.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-16.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-16.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	-16.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	-16.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	BBNTTK							
		0.00	-25.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-25.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-25.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00







SAP2000



BEBAN RENCANA UNTUK  $L_b = 1500$  mm

T SIPIL UII 97

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

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
BBNTTK	DEAD	0.0000

T SIPIL UII 97

J O I N T D A T A

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-1500.00000	0.00000	0.00000	1 1 1 1 0 1	0.000	0.000	0.000
2	-1200.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
3	-900.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
4	-600.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
5	-300.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
6	0.00000	0.00000	0.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
7	300.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
8	600.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
9	900.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
10	1200.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
11	1500.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
12	-1500.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
13	-1200.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
14	-900.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
15	-600.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
16	-300.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
17	0.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
18	300.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
19	600.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
20	900.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
21	1200.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
22	1500.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

T SIPIL UII 97

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

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	2	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
2	2	3	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
3	3	4	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
4	4	5	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
5	5	6	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
6	6	7	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
7	7	8	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
8	8	9	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
9	9	10	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
10	10	11	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
11	12	1	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
12	1	13	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
13	13	2	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
14	2	14	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
15	14	3	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
16	3	15	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
17	4	15	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
18	4	16	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
19	16	5	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
20	5	17	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
21	17	6	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
22	7	17	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
23	18	7	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000



25	19	8	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
26	19	9	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
27	20	9	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
28	20	10	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
29	21	10	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
30	21	11	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
31	22	11	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
32	12	13	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
33	13	14	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
34	14	15	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
35	15	16	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
36	16	17	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
37	17	18	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
38	18	19	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
39	19	20	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
40	20	21	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
41	21	22	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000

SAP2000 v7.40 File: SAMPEL 3M-150MM KN-mm Units PAGE 4  
1/1/99 5:32:14

T SIPIL UII 97

J O I N T	F O R C E S	Load Case	BBNTTK				
JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ	
15	0.000	0.000	-65.703	0.000	0.000	0.000	
22	0.000	0.000	-65.703	0.000	0.000	0.000	

T SIPII UII 97

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	BBNTTK	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	BBNTTK	-2.366E-04	0.0000	-3.409E-04	0.0000	0.0000	0.0000
3	BBNTTK	-7.098E-04	0.0000	-9.657E-04	0.0000	0.0000	0.0000
4	BBNTTK	-1.420E-03	0.0000	-1.063E-03	0.0000	0.0000	0.0000
5	BBNTTK	-2.760E-03	0.0000	-2.747E-04	0.0000	0.0000	0.0000
6	BBNTTK	-4.732E-03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	BBNTTK	-6.703E-03	0.0000	-0.0123	0.0000	0.0000	0.0000
8	BBNTTK	-8.281E-03	0.0000	-0.0247	0.0000	0.0000	0.0000
9	BBNTTK	-9.464E 03	0.0000	-0.0386	0.0000	0.0000	0.0000
10	BBNTTK	-0.0103	0.0000	-0.0534	0.0000	0.0000	0.0000
11	BBNTTK	-0.0106	0.0000	-0.0687	0.0000	0.0000	0.0000
12	BBNTTK	3.401E-03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	BBNTTK	3.401E-03	0.0000	-9.981E-04	0.0000	0.0000	0.0000
14	BBNTTK	3.637E-03	0.0000	-1.623E-03	0.0000	0.0000	0.0000
15	BBNTTK	4.110E-03	0.0000	-2.815E-03	0.0000	0.0000	0.0000
16	BBNTTK	4.820E-03	0.0000	-2.027E-03	0.0000	0.0000	0.0000
17	BBNTTK	6.161E-03	0.0000	-2.848E-03	0.0000	0.0000	0.0000
18	BBNTTK	7.738E-03	0.0000	-0.0134	0.0000	0.0000	0.0000
19	BBNTTK	8.921E-03	0.0000	-0.0258	0.0000	0.0000	0.0000
20	BBNTTK	9.710E-03	0.0000	-0.0397	0.0000	0.0000	0.0000
21	BBNTTK	0.0101	0.0000	-0.0545	0.0000	0.0000	0.0000
22	BBNTTK	0.0101	0.0000	-0.0698	0.0000	0.0000	0.0000

T SIPII UII 97

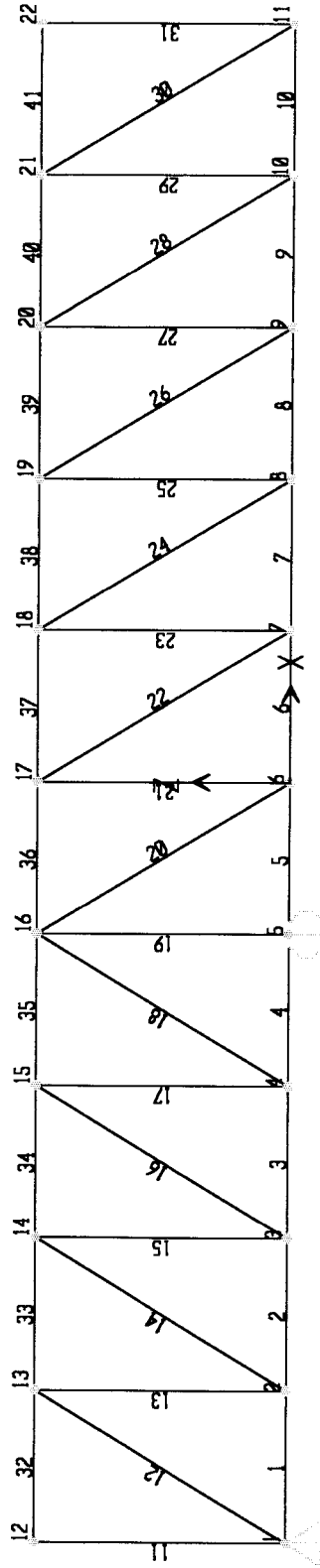
F R A M E E L E M E N T F O R C E S

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	BBNTTK							
	0.00		-23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00		-23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00		-23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00		-23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00		-23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	BBNTTK							
	0.00		-47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00		-47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00		-47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00		-47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00		-47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	BBNTTK							
	0.00		-70.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00		-70.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00		-70.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	300.00	-70.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	BBNTTK						
	0.00	-134.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-134.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-134.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-134.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-134.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	BBNTTK						
	0.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	BBNTTK						
	0.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	BBNTTK						
	0.00	-157.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-157.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-157.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-157.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-157.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	BBNTTK						
	0.00	-118.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-118.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-118.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-118.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-118.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	BBNTTK						
	0.00	-78.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-78.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-78.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-78.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-78.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	BBNTTK						
	0.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	BBNTTK						
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	BBNTTK						
	0.00	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	BBNTTK						
	0.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	BBNTTK						
	0.00	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	BBNTTK						
	0.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-39.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	BBNTTK						
	0.00	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	45.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	BBNTTK						
	0.00	-105.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-105.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-105.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	BBNTTK						
	0.00	122.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	122.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

19	BBNTTK	0.00	-105.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-105.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-105.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	BBNTTK	0.00	122.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	122.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	122.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	BBNTTK	0.00	-170.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-170.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-170.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	BBNTTK	0.00	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	BBNTTK	0.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	BBNTTK	0.00	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	BBNTTK	0.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	BBNTTK	0.00	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	BBNTTK	0.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	BBNTTK	0.00	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	BBNTTK	0.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	BBNTTK	0.00	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	76.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	BBNTTK	0.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	BBNTTK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	BBNTTK	0.00	23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	23.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	BBNTTK	0.00	47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	47.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	BBNTTK	0.00	70.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





BEBAN RENCANA UNTUK  $L_b = 1800 \text{ mm}$

T SIPIL UII 97

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
BBNTTK	DEAD	0.0000

T SIPIL UII 97

JOINT DATA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-1500.00000	0.00000	0.00000	1 1 1 1 0 1	0.000	0.000	0.000
2	-1200.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
3	-900.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
4	-600.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
5	-300.00000	0.00000	0.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
6	0.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
7	300.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
8	600.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
9	900.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
10	1200.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
11	1500.00000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
12	-1500.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
13	-1200.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
14	-900.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
15	-600.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
16	-300.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
17	0.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
18	300.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
19	600.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
20	900.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
21	1200.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
22	1500.00000	0.00000	500.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

T SIPIL UII 97

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	2	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
2	2	3	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
3	3	4	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
4	4	5	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
5	5	6	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
6	6	7	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
7	7	8	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
8	8	9	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
9	9	10	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
10	10	11	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
11	12	1	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
12	1	13	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
13	13	2	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
14	2	14	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
15	14	3	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
16	3	15	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
17	4	15	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
18	4	16	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
19	16	5	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
20	16	6	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
21	17	6	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
22	7	17	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
23	18	7	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000

25	19	8	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
26	19	9	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
27	20	9	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
28	20	10	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
29	21	10	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
30	21	11	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	583.095
31	22	11	FSEC1	0.000	000003	2	0.000	0.000	1.000	500.000
32	12	13	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
33	13	14	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
34	14	15	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
35	15	16	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
36	16	17	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
37	17	18	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
38	18	19	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
39	19	20	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
40	20	21	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000
41	21	22	FSEC1	0.000	000003	4	0.000	0.000	1.000	300.000

SAP2000 v7.40 File: SAMPEL 3M-120MM KN-mm Units PAGE 4  
1/1/99 0:51:31

T SIPIL UII 97

J O I N T	F O R C E S	Load Case	BBNTTK				
JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ	
15	0.000	0.000	-54.752	0.000	0.000	0.000	
22	0.000	0.000	-54.752	0.000	0.000	0.000	



T SIPIL UII 97

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

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	BBNTTK	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	BBNTTK	-4.107E-04	0.0000	1.857E-04	0.0000	0.0000	0.0000
3	BBNTTK	-1.232E-03	0.0000	-1.214E-04	0.0000	0.0000	0.0000
4	BBNTTK	-2.464E-03	0.0000	-5.016E-04	0.0000	0.0000	0.0000
5	BBNTTK	-4.436E-03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	BBNTTK	-6.408E-03	0.0000	-0.0125	0.0000	0.0000	0.0000
7	BBNTTK	-8.051E-03	0.0000	-0.0249	0.0000	0.0000	0.0000
8	BBNTTK	-9.365E-03	0.0000	-0.0389	0.0000	0.0000	0.0000
9	BBNTTK	-0.0104	0.0000	-0.0541	0.0000	0.0000	0.0000
10	BBNTTK	-0.0110	0.0000	-0.0701	0.0000	0.0000	0.0000
11	BBNTTK	-0.0113	0.0000	-0.0864	0.0000	0.0000	0.0000
12	BBNTTK	4.608E-03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	BBNTTK	4.608E-03	0.0000	-9.552E-04	0.0000	0.0000	0.0000
14	BBNTTK	5.019E-03	0.0000	-1.262E-03	0.0000	0.0000	0.0000
15	BBNTTK	5.840E-03	0.0000	-2.555E-03	0.0000	0.0000	0.0000
16	BBNTTK	7.072E-03	0.0000	-2.967E-03	0.0000	0.0000	0.0000
17	BBNTTK	8.715E-03	0.0000	-0.0134	0.0000	0.0000	0.0000
18	BBNTTK	0.0100	0.0000	-0.0258	0.0000	0.0000	0.0000
19	BBNTTK	0.0110	0.0000	-0.0398	0.0000	0.0000	0.0000
20	BBNTTK	0.0117	0.0000	-0.0550	0.0000	0.0000	0.0000
21	BBNTTK	0.0120	0.0000	-0.0710	0.0000	0.0000	0.0000
22	BBNTTK	0.0120	0.0000	-0.0873	0.0000	0.0000	0.0000

T SIPIL UII 97

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	BBNTTK							
		0.00	-41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	-41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	-41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	BBNTTK							
		0.00	-82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	-82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	-82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	BBNTTK							
		0.00	-123.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	-123.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	-123.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	300.00	-123.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	BBNTTK						
	0.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	BBNTTK						
	0.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-197.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	BBNTTK						
	0.00	-164.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-164.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-164.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-164.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-164.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	BBNTTK						
	0.00	-131.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-131.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-131.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-131.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-131.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	BBNTTK						
	0.00	-98.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-98.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-98.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-98.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-98.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	BBNTTK						
	0.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-65.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	BBNTTK						
	0.00	-32.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	75.00	-32.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	150.00	-32.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	225.00	-32.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	300.00	-32.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	BBNTTK						
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	BBNTTK						
	0.00	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	BBNTTK						
	0.00	-68.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-68.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-68.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	BBNTTK						
	0.00	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	BBNTTK						
	0.00	-68.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-68.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-68.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	BBNTTK						
	0.00	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.10	79.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	BBNTTK						
	0.00	-123.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	250.00	-123.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	500.00	-123.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	BBNTTK						
	0.00	143.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	291.55	143.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

19	BBNTTK	0.00	-177.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-177.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-177.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	BBNTTK	0.00	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	BBNTTK	0.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	BBNTTK	0.00	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	BBNTTK	0.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	BBNTTK	0.00	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	BBNTTK	0.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	BBNTTK	0.00	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	BBNTTK	0.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	BBNTTK	0.00	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	BBNTTK	0.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	BBNTTK	0.00	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		291.55	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		583.10	63.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	BBNTTK	0.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		250.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		500.00	-54.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	BBNTTK	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	BBNTTK	0.00	41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	41.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	BBNTTK	0.00	82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		75.00	82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		150.00	82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		225.00	82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		300.00	82.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	BBNTTK	0.00	123.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



# LAMPIRAN 3

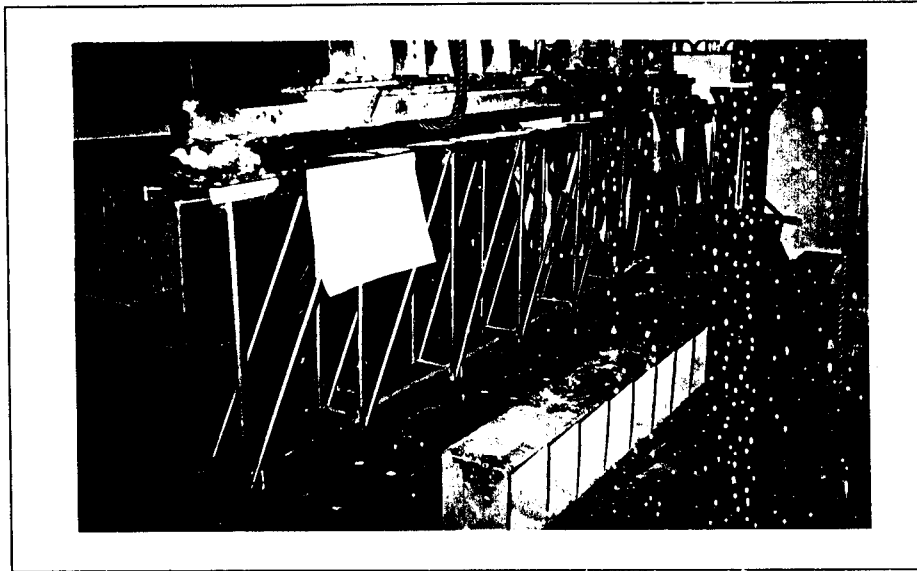


Foto 1. Benda Uji Dengan  $L_b = 1500$  mm

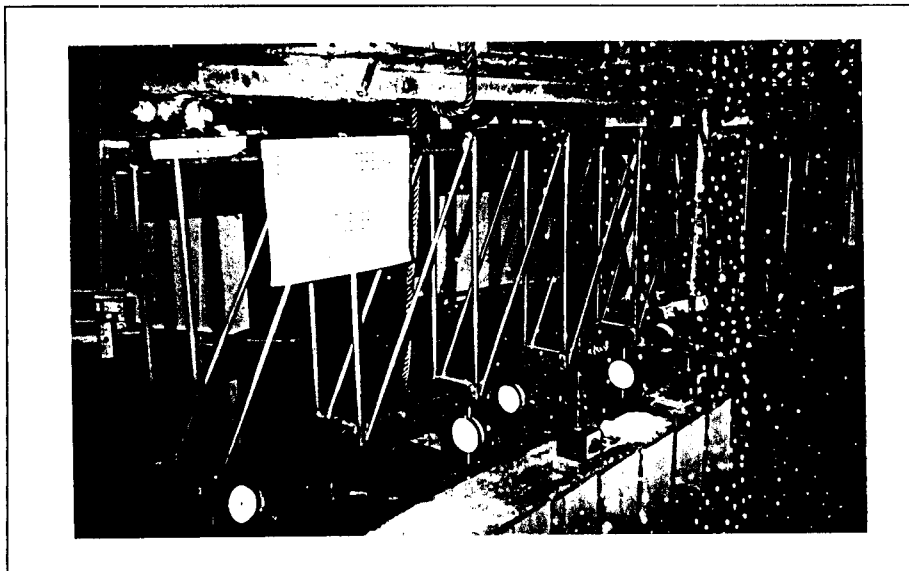


Foto 2. Penempatan Dial Untuk Benda Uji Dengan  $L_b = 1500$  mm

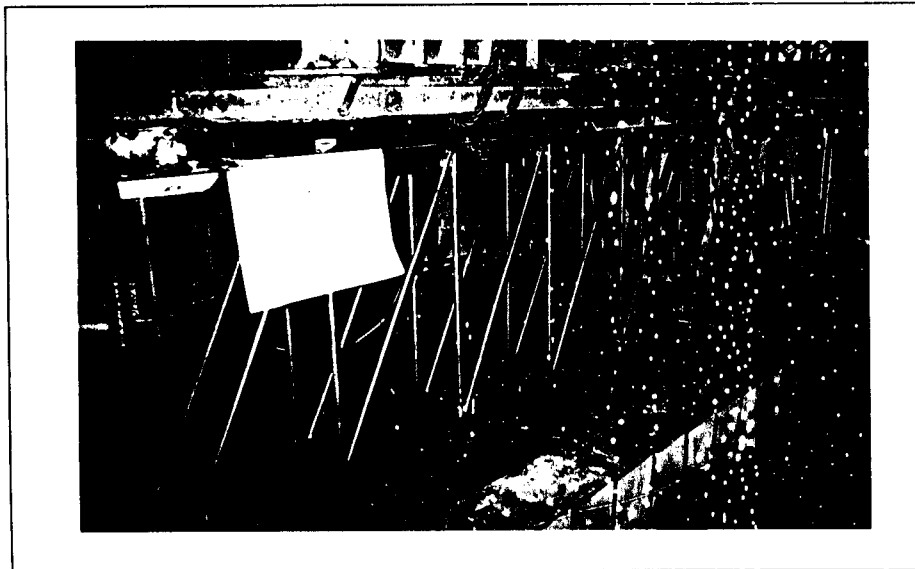


Foto 3. Benda Uji Dengan  $L_b = 1800$  mm

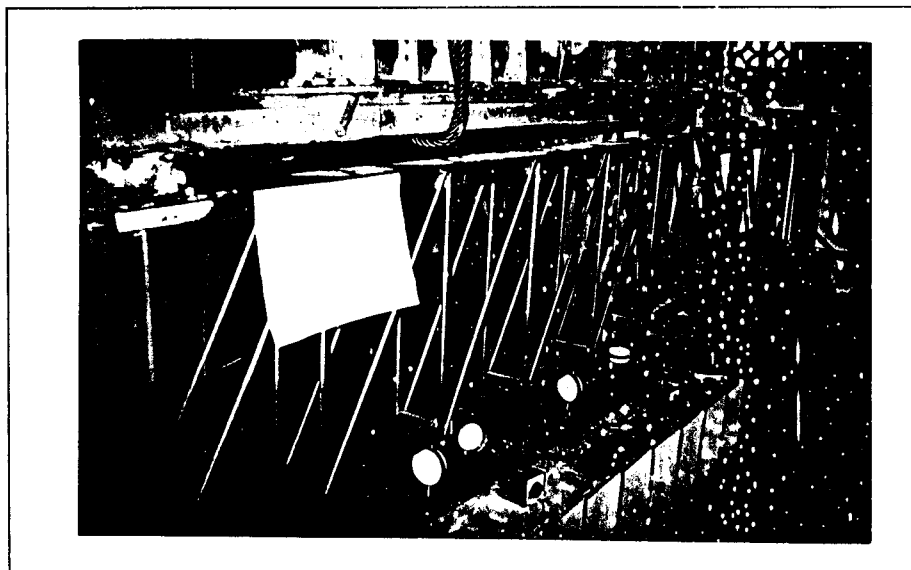


Foto 4. Penempatan Dial Untuk Benda Uji Dengan  $L_b = 1800$  mm



Foto 5. Tekuk Lokal Pada Benda Uji Dengan  $L_b = 1500$  mm

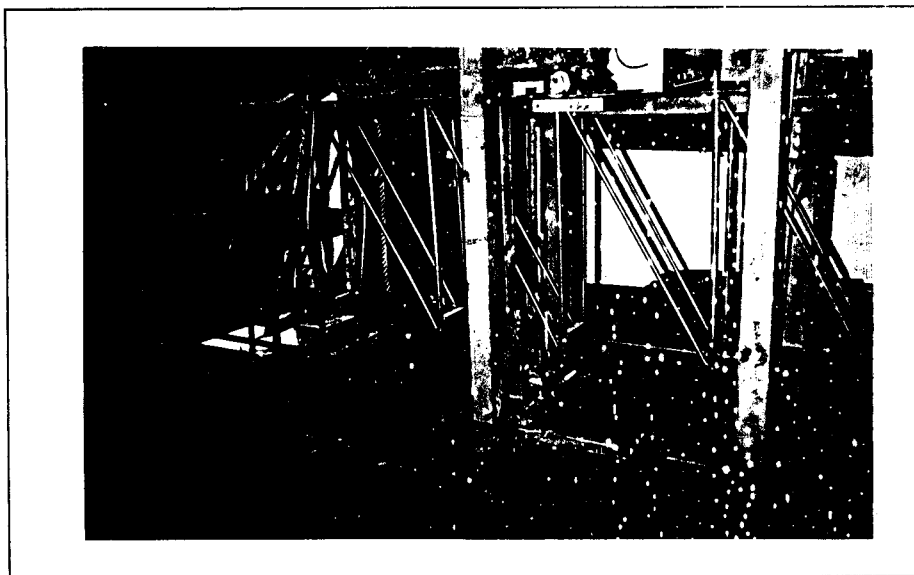


Foto 6. Tekuk Lokal Pada Benda Uji Dengan  $L_b = 1800$  mm



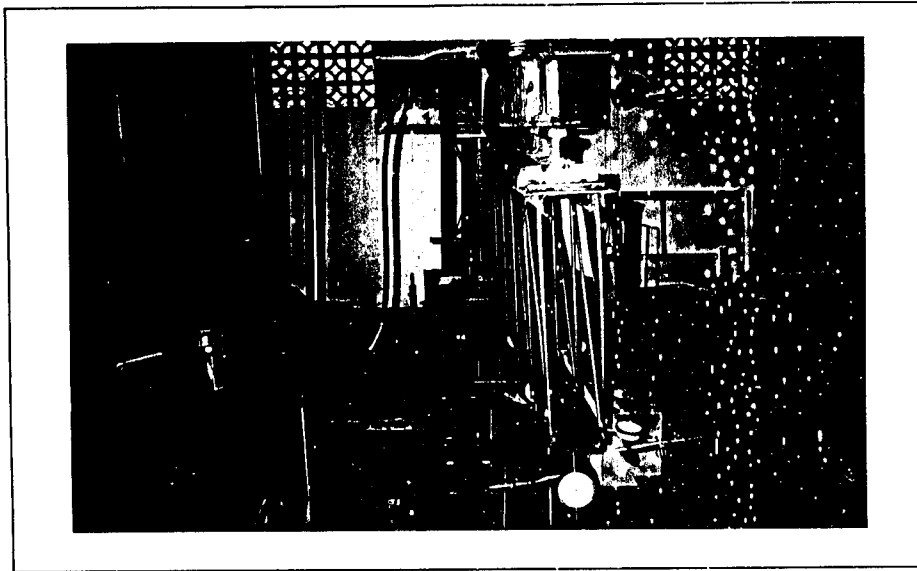


Foto 7. Tekuk Putir Lateral Pada Benda Uji Dengan  $L_b = 1500$  mm

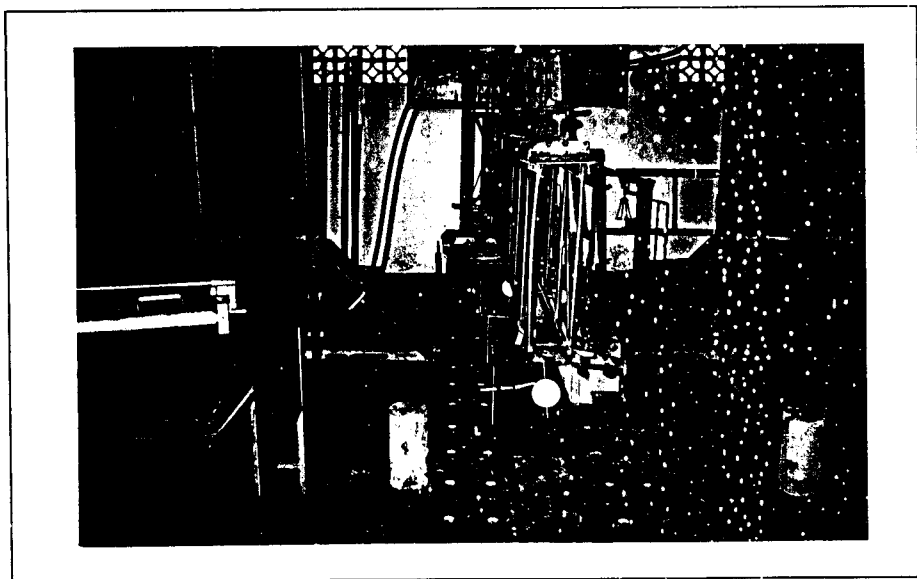


Foto 8. Tekuk Puntir Lateral Pada Benda Uji Dengan  $L_b = 1800$  mm