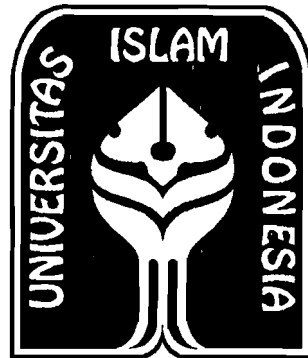


PEPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/BELE	
TGL. TERIMA :	14 Februari 2007
NO. JUDUL :	002187
NO. INV. :	5120002107001
NO. INDIK. :	

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH BATANG NOL TERHADAP RANGKA BAJA  
PROFIL BENTUKAN DINGIN**



R.  
693.7  
Esn  
P  
1

III, 64 : buy: 2

Disusun oleh :

Nama : RIDAWAN ESNY S.

No Mhs : 97 511 090

Nama : ABDI ARDIANSYAH

No Mhs : 97 511 277

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2006**

• Baja - Mutu  
• Baja - Rangka  
• profil bent. dng  
• ridawan esny, abdi  
• ardi

MILIK PEPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH BATANG NOL TERHADAP RANGKA BAJA**  
**PROFIL BENTUKAN DINGIN**

Disusun Oleh:

**Nama** : Ridawan Esny S  
**No. Mahasiswa** : 97 511 090

**Nama** : Abdi Ardiansyah  
**No. Mahasiswa** : 97 511 277

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**



**Ir. FATKHURROHMAN NS. MT**

**Dosen Pembimbing**

31-08-2006

**Tanggal :**

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Puji dan syukur kehadirat Alloh SWT atas karunia dan rahmat-Nya hingga penyusun dapat melaksanakan serta menyusun laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat menempuh jenjang pendidikan Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Dalam menyusun laporan, sebelumnya penyusun telah melakukan pengujian pada Laboratorium Mekanika rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Selama melaksanakan dan menyusun Laporan Tugas Akhir, penyusun mendapatkan banyak bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak DR. Ir. H. Ruzardi, MS., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Faisol AM, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Fatkhurrohman NS, MT., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.

4. Ayah dan Ibunda tercinta yang selalu berdoa untuk keberhasilan penyusun, hingga sampai pada penghujung studi ini.
5. Rekan-rekan yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan kepada penyusun, serta semua pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, yang tidak mungkin penyusun sebutkan satu persatu.

Atas segala budi dan amal baik yang telah diberikan, penyusun hanya dapat memanjat do'a, semoga segala amal dan kebajikannya mendapatkan imbalan yang setimpal dari Allah SWT, Amien.

Penyusun menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini belum dapat dikatakan sempurna karena masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Penyusun berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Jogjakarta, Agustus 2006

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	v
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Umum .....	4
2.2 Rangka Batang .....	4
2.2.1 Batang Nol .....	5
2.3 Profil Bentuk Dingin .....	5
2.4 Lendutan dan Beban Aksial .....	6
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	8
3.1 Struktur Rangka Batang .....	8
3.1.1 Konsep Batang Nol .....	9

3.1.2	Batang Tarik .....	11
3.1.3	Batang Tekan .....	13
3.1.4	Batang Tekan Profil Tunggal .....	13
3.1.5	Kuat Tekan Batang Tersusun .....	15
3.2	Hubungan Antara Tekuk Lokal dan Tekuk Keseluruhan .....	18
3.3	Tegangan Kritis Dengan Metode AISC .....	20
3.4	Hubungan Beban – Lendutan .....	22
3.5	Hubungan Momen – Kelengkungan .....	24
3.6	Hipotesis .....	27
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
4.1	Tinjauan umum .....	29
4.2	Persiapan Bahan dan Alat .....	29
4.2.1	Peralatan .....	29
4.2.2	Peralatan Penelitian .....	29
4.3	Pembuatan Benda Uji .....	31
4.4	Pembuatan Model Uji Rangka .....	32
4.5	Pengujian Sampel .....	32
4.5.1	Pengujian Kuat Tarik Baja .....	32
4.5.2	Pengujian Kuat Tekan Baja .....	32
4.5.3	Pengujian Kuat Lentur Rangka .....	32
<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
5.1	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja .....	34
5.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan Baja .....	35

5.3	Hubungan Beban Lendutan Uji Lentur Kuda-kuda .....	36
5.3.1	Kurva Beban-Lendutan Hasil Pengujian .....	36
5.3.2	Kurva beban – Lendutan Hasil SAP 2000 .....	43
5.3.3	Analisis Kekakuan Rangka Batang .....	49
5.4	Hubungan Momen Kelengkungan .....	52
5.4.1	Hubungan Momen Kelengkungan Hasil Pengujian .	52
5.5	Analisis Faktor Kekakuan Batang Hasil Pengujian .....	61
5.6	Analisis Faktor Kekakuan Batang Hasil SAP 2000 .....	61
5.7	Tinjauan Analitis .....	61
5.7.1	Nilai Koefisien Tekuk .....	62
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>63</b>
6.1	Kesimpulan .....	63
6.2	Saran .....	64
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	
	<b>PENUTUP</b> .....	

## DAFTAR NOTASI

$A$	= Luas penampang
$A_g$	= Luas brutto
$A_n$	= Luas netto
$A_{ef}$	= Luas efektif
$h$	= Tinggi profil
$b$	= Lebar sayap profil
$d$	= Panjang bibir profil
$t$	= Tebal profil
$C_c$	= Kelangsingan Batas
$E$	= Modulus elastisitas
$F_{cr}$	= Tegangan kritis
$F_y$	= Tegangan leleh
$I$	= Inersia profil
$K$	= Faktor panjang Tekuk
$k$	= Koefisien tekuk pelat
$L$	= Panjang bentang
$L_k$	= Panjang tekuk
$P$	= Beban
$P_{cr}$	= Beban kritis
$Q$	= Faktor tekuk
$Q_a$	= Faktor bentuk elemen tekan diperkuat



$Q_s$  = Faktor bentuk elemen tekan tidak diperkuat

$r$  = Jari-jari inersia

$\lambda$  = Kelangsingan

$\mu$  = Angka poisson

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil uji bahan
- Lampiran 2 Hasil pengujian struktur rangka batang
- Lampiran 3 Data gaya batang (*element force*) aksial (P) analisis SAP 2000
- Lampiran 4 Perhitungan batang tekan Light Lipped Channal
- Lampiran 5 Perhitungan beban kritis elemen struktur rangka
- Lampiran 6 Perhitungan koefisien tekuk
- Lampiran 7 Dokumentasi pelaksanaan pengujian
- Lampiran 8 Perhitungan sambungan
- Lampiran 9 Kartu peserta tugas akhir

## INTISARI

Kuda-kuda rangka batang (*truss*) adalah suatu struktur kerangka yang terdiri dari sejumlah tertentu batang-batang yang dihubungkan satu sama lain dengan perantara titik-titik simpul berupa sendi tanpa gesekan dimana gaya-gaya luar berkerja melalui titik-titik ini. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Mendapatkan kurva hubungan beban – deformasi dan momen kelengkungan struktur rangka baja dengan atau tanpa batang nol bentuk howe. (2) Mendapatkan kapasitas lentur kuda-kuda bentuk howe. (3) Mendapatkan dan membandingkan kekakuan rangka kuda-kuda bentuk howe.

Pengujian perilaku lentur kuda-kuda dengan profil C60x22x8 tebal 1,2 mm dan profil C70x22x8 tebal 1,2 mm, masing-masing dirangkai menjadi 2 model kuda-kuda bentuk howe dengan batang nol dan tanpa batang nol dengan skala model sama bentang 6 m dan sudut kemiringan kuda-kuda 20°. Dari hasil pengujian kuda-kuda rangka howe yang dibebani beban terpusat pada puncak struktur ini akan diketahui kekakuan struktur rangka batangnya.

Akibat pembebanan sentris pada puncak kuda-kuda sebagian komponen rangka memikul gaya tekan dan sebagian lagi memikul gaya tarik. Berdasarkan hasil pengujian batang tepi atas kuda-kuda mengalami gaya tekan yang semakin besar dari tepi hingga bagian puncak, sedangkan batang tepi bawah mengalami gaya tarik yang semakin besar menuju tengah struktur. Untuk batang diagonal mengalami gaya tarik, sebaliknya batang vertikal mengalami gaya tekan. Hasil eksperimental menunjukkan bahwa kuda-kuda dengan menggunakan batang nol yang menerima beban terpusat pada puncak struktur memiliki kekakuan pada masing-masing benda uji adalah benda uji 1 0,355 dengan beban 3,500 kN, benda uji 2 0,53 dengan beban 4,375, benda uji 3 0,823 dengan beban 6,125 kN, benda uji 4 0,836 dengan beban 6,562.

# BAB I

## PENDAHULUAN

Penggunaan baja bentukan dingin sebagai bahan rangka atap bangunan, terutama pada bangunan industri atau bangunan gedung menjadi pilihan yang sering digunakan. Penggunaan baja bentukan dingin (*cold Formed*) digunakan sebagai komponen rangka pendukung atap terutama pada bentang pendek 6-12m. Hal ini mengingat baja memiliki sifat-sifat yang lebih menguntungkan dari bahan yang lainnya. Keuntungan dari baja antara lain kekuatannya tinggi, keseragaman bahan, kemudahan dalam pembuatan, mudah di dapat dipasaran serta mudah dalam pemasangan dilapangan dan lebih ekonomis.

### 1.1 Latar Belakang

Struktur pendukung rangka atap banyak dibuat dari baja ringan bentukan dingin yang selama ini dianalisis sebagai rangka batang (*Truss*) dengan anggapan bahwa pertemuan batang pada joint atau titik buhul berperilaku sebagai sendi atau tidak mengekang momen padahal pada kenyataannya yang terjadi justru pengekangan momen pada joint atau titik buhul selalu ada. Tidak semua elemen rangka batang menahan beban aksial yang ada.

Berdasarkan konfigurasi rangka batang terdapat beberapa rangka batang yang memiliki elemen batang nol pada strukturnya, secara teoritis batang nol ini dapat dihilangkan namun hal ini berpengaruh terhadap panjang batang lain. Secara geometri/konfigurasi batang dengan ataupun tanpa batang nol merupakan rangka

yang stabil dimana secara umum setiap rangka merupakan susunan bentuk dasar segitiga mempunyai struktur yang stabil.

Hal ini sangat menarik untuk diteliti dimana terdapat perbedaan antara teori dan aplikasi dilapangan tentang keberadaan batang nol ini.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada analisis rangka batang (*truss*) tertentu terdapat elemen batang yang tidak memikul beban yang disebut batang nol yaitu elemen batang dengan gaya dalam nol akibat dari beban luar yang terjadi. Batang nol ini tidak mempunyai pengaruh namun jika dihilangkan akan berpengaruh terhadap kelangsingan dan kekakuan batang lain. Sehingga pengaruh keberadaan batang nol terhadap kekakuan dari suatu struktur rangka batang perlu di kaji.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan kurva hubungan beban deformasi dan momen kelengkungan struktur rangka kuda-kuda dengan atau tanpa batang nol bentuk howe dengan bentang dan sudut tetap.
2. Mendapatkan kapasitas lentur rangka kuda-kuda bentuk howe bentang dan sudut dengan jarak pengaku lateral tetap.
3. Mendapatkan dan membandingkan kekakuan rangka kuda-kuda bentuk howe bentang dan sudut tetap.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang hendak dicapai pada penulisan Tugas Akhir adalah:

1. Pengembangan dari penelitian terdahulu yang menggunakan profil L dan profil bulat
2. Mengetahui secara teknis fungsi batang nol pada struktur pendukung atap.
3. Mendapatkan data perencanaan dan model rangka yang lebih akurat pada struktur pendukung atap.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini mencari pengaruh batang nol terhadap kuda-kuda howe bentukan dingin dengan menggunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Struktur pendukung atap (kuda-kuda) baja ringan bentukan dingin sebanyak 4 model sampel yang menggunakan profil C ganda dengan ukuran 60 x 22 x 8 x 1,2 dan 70 x 22 x 8 x 1,2 mm pada batang tepi atas dan batang tepi bawah pada kuda-kuda bentuk howe yang dirangkai ganda dengan pengaku lateral.
2. Rangka atap baja ringan dibebani dengan beban statis terpusat pada puncak struktur.
3. Rangka atap baja ringan ditumpu dengan dukungan sendi-rol.
4. Pengamatan dilaboratorium terbatas pada beban dan lendutan
5. Panjang bentang 6 m dengan sudut kuda-kuda  $20^{\circ}$ .

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Dalam suatu perencanaan struktur rangka batang, sambungan ujung batang/joint pada rangka sering diasumsikan sebagai keadaan yang ideal sendi maupun jepit sempurna. Hal ini sangat berbeda dengan keadaan sesungguhnya di lapangan, dimana sambungan pada joint dipakai sambungan las, sambungan baut maupun sambungan paku keling. Sifat dari sambungan tersebut tidak sama persis dengan keadaan ideal seperti sendi maupun jepit sempurna (*Padosbajayo, 1991*).

#### 2.2 Rangka Batang

Suatu rangka (*truss*) adalah struktur kerangka yang terdiri dari rangkaian batang-batang (*profil*) yang dihubungkan satu sama lain dengan perantara titik-titik simpul yang berupa sendi tanpa gesekan dimana gaya-gaya luar bekerja pada titik-titik ini. (*Chu-Kia Wang, 1985*)

Batang-batang suatu konstruksi rangka utama dapat disusun dengan bermacam-macam cara. Namun jenis-jenis rangka yang pokok sering di jumpai diantaranya Pratt, Howe, Fink (*Hsieh, 1983*).

*Sukaningrum dan pertiwi (1998)* menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan struktur pada rangka baja, yaitu untuk sambungan baut struktur berperilaku sebagai rangka batang (*Truss*) sedangkan pada las berperilaku sebagai portal (*Frame*).

Merupakan hal yang sangat penting bahwa struktur rangka batang hanya dibebani dengan beban-beban terpusat yang bekerja pada titik hubung agar batang-batang mengalami gaya tarik atau tekan. Batang tarik yang ujung-ujungnya disambung dengan pelat buhul, kekuatannya ditentukan berdasarkan dua kriteria yaitu kriteria pelelehan dan kriteria faktor.

### **2.2.1 Batang Nol**

Batang nol adalah batang dengan gaya dalam yang bernilai nol akibat beban luar yang ada. Dalam perhitungan analisis, gaya batang bernilai nol ini akan diperoleh secara natural setelah mendapat hasil akhir (*Hariandja, 1996*).

Jika dua batang yang membentuk sendi persambungan topangan dan tidak ada reaksi eksternal atau reaksi penyangga yang diterapkan pada sendi, maka batang-batang harus merupakan batang-batang perletakan nol gaya. Dan jika tiga batang perletakan membentuk sebuah sendi topangan untuk dua dari batang perletakannya koliner, maka batang ketiga merupakan suatu batang perletakan nol asalkan tidak ada gaya eksternal atau reaksi perletakan yang diterapkan (*Hibbeler, 1997*).

### **2.3 Profil Bentuk Dingin**

Ada dua macam bentuk profil baja berdasarkan pada cara pembuatannya yaitu *Hot Rolled Shapes* dan *Cold Formed*. *Hot Rolled Shapes* dibentuk dengan cara blok-blok baja yang panas diproses melalui rol-rol dalam pabrik. *Hot Rolled Shapes* ini mengandung tegangan residu (*residual Stress*), jadi sebelum batang



dibebani sudah ada residual stress yang berasal dari pabrik *Cold Formed Shaped* dibentuk dari pelat-pelat yang sudah jadi, menjadi profil baja yang dalam temperatur atmosfer (dalam keadaan dingin) tebal pelat yang dibentuk menjadi profil disini tebalnya kurang dari 3,16 inch. Profil seperti ini ringan dan sering disebut *Light Gage Cold Formed Steel. (oentoeng,1999)*

Struktur rangka tersusun dari profil Light Lipped Channel adalah salah satu struktur bentukan dingin yaitu komponen struktur yang terbuat dari lembaran pelat dengan ketebalan yang kurang dari 4,5 mm yang dibentuk dalam keadaan dingin dan digunakan untuk menahan beban aksial tekan. Seperti komponen berdingin tipis lainnya, rangka berdingin tipis memiliki rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) yang besar (*Vazirani dan Ratwani, 1977*)

#### **2.4 Lendutan dan Beban Aksial**

Tarikan atau tekanan yang bekerja bersama-sama dengan lenturan menimbulkan masalah tekanan gabungan, dan jenis batang yang digunakan akan tergantung pada jenis tegangan yang dominan. Batang yang mengalami tekanan dan lenturan disebut balok-kolom (*Salmon dan Johnson, 1990*).

Deformasi pada suatu join pada rangka baja dipengaruhi oleh deformasi aksial batang-batang yang bertemu. Dalam hal ini deformasi aksial sangat perlu untuk diketahui tentang hukum hooke dimana mengemukakan deformasi aksial yang mengalami tarik berbanding lurus dengan panjang batang dan gaya yang bekerja, berbanding terbalik dengan luas penampang dan modulus elastisitas.

Rangka-rangka baja biasa adalah sebuah struktur yang terdiri dari batang-batang tersendiri yang saling berhubungan sehingga membentuk sederet segitiga. Sambungan-sambungannya dikeling atau terikat pasak-pasak yang dalam kedua hal tersebut, dianggap sebagai sendi-sendi licin. Dengan demikian, batang-batang hanya mengalami tarikan lurus atau tekanan lurus saja dan tidak mengalami tekukan karena ujung yang bersendi dan tidak adanya beban yang diterima kecuali pada sambungan-sambungan itu sendiri. Hal tersebut menunjukkan batang-batang tetap lurus (*Wang, 1991*).

Dalam desain batang masih perlu dilakukan pembatasan panjangnya supaya dapat mencegah suatu batang terlalu fleksibel baik selama pendirian maupun pada saat digunakan sehingga diperlukan suatu kriteria kekakuan (*Salmon dan Johnson, 1992*).

## BAB III

### LANDASAN TEORI

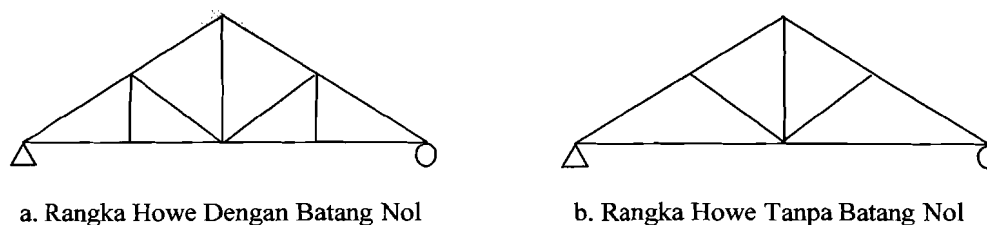
Suatu struktur bangunan yang menerima beban luar, baik itu beban pada batang atau beban pada titik buhul maka konstruksi tersebut akan mengalami deformasi. Pada rangka batang tertentu terdapat batang yang secara teoritis tidak mengalami deformasi secara analisis yang biasa disebut batang nol, yaitu batang dengan gaya dalam yang bernilai nol akibat beban luar yang ada. Walaupun demikian batang ini akan mempengaruhi rangka secara umum dikarenakan panjang batang yang dihilangkan batang nolnya akan bertambah panjang.

Pada rangka batang (*Truss*) diasumsikan yang bekerja hanyalah gaya aksial (gaya tarik atau gaya tekan) sedangkan join berperilaku sebagai sendi. Sebagai dasar dalam penelitian berikut ini akan dijelaskan mengenai deformasi rangka batang. Beberapa hal tentang batang tarik, batang tekan serta hubungan momen kelengkungan dan juga hipotesis penelitian yang akan dilakukan.

#### 3.1 Struktur Rangka Batang

Batang-batang suatu konstruksi rangka utama dapat disusun dengan bermacam-macam cara. Namun jenis-jenis rangka yang pokok sering di jumpai diantaranya Pratt, Howe, Fink (*Hsieh, 1983*).

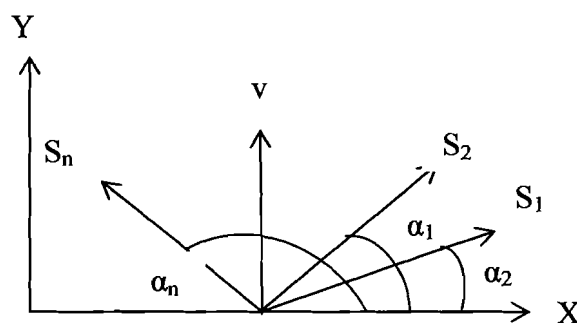
Pada penelitian ini menggunakan model sampel rangka Howe dengan atau tanpa batang nol.



**Gambar 3.1** Rangka Howe dengan atau Tanpa batang nol.

### 3.1.1 Konsep Batang Nol

Menurut Hariandja (1996), sangat mudah jika batang-batang nol langsung dapat diketahui pada saat pertama sebelum analisis dimulai, atau minimal sebagai kontrol terhadap perhitungan yang dilakukan dengan sementara menganggap semua batang aktif. Gambar 3.2 menjelaskan konsep batang nol yang diungkap diatas.

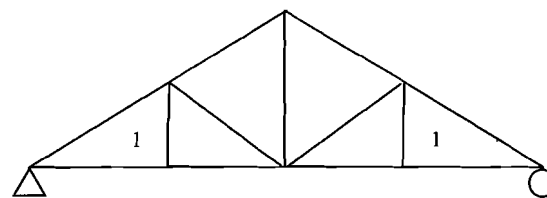


**Gambar 3.2** Konsep batang nol

Keseimbangan dalam arah X dan arah Y

$$H + \sum_{i=1}^n S_i \cos \alpha_i = 0 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$V + \sum_{i=1}^n S_i \sin \alpha_i = 0 \dots\dots\dots (3.2)$$

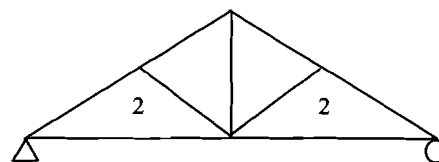


Ket: 1 = batang nol

a. Rangka Howe

**Gambar 3.3** Rangka Howe dengan batang nol

Secara analisis batang nomor 1 pada Gambar 3.3 merupakan batang nol karena batang tersebut tidak menerima gaya luar, hal tersebut terjadi karena ada tiga batang yang membentuk segitiga dimana 2 batangnya segaris maka batang yang tegak lurus tersebut merupakan batang nol.



b. Rangka Howe

**Gambar 3.4** Rangka Howe tanpa batang nol

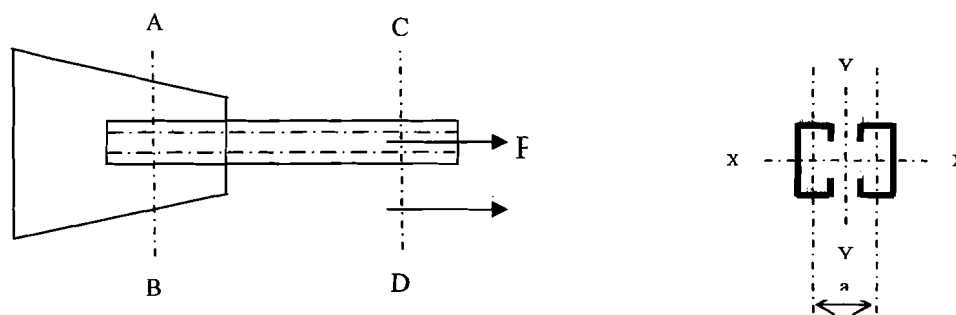
Pada Gambar 3.3 dan 3.4 menunjukkan bahwa dengan meniadakan batang nol maka panjang batang tepi bawah bertambah dan ini akan berpengaruh terhadap kekakuan rangka batang. Pada Gambar 3.4 batang yang bertambah panjang adalah batang tarik tepi bawah. Batang tarik yang terlalu panjang akan menyebabkan lendutan akibat beban sendiri maupun beban luar hal ini akan mempengaruhi kekakuan rangka itu sendiri.

Pengamatan dari sisi geometri tentang rangka-rangka batang diatas merupakan suatu rangka batang yang stabil dikarenakan rangka batang diatas tersusun dari elemen-elemen linier yang membentuk segitiga atau kombinasi

segitiga, sehingga menjadi bentuk rangka yang tidak dapat berubah bentuknya apabila di beri beban eksternal tanpa adanya perubahan bentuk pada satu atau lebih pada batangnya.

### 3.1.2 Batang Tarik

Perencanaan batang tarik merupakan salah satu masalah teknik struktur yang paling sederhana, karena stabilitas bukan masalah yang utama namun masih perlu diadakan suatu pembatasan panjang bentang agar batang tidak terlalu fleksibel baik saat pendirian maupun pada saat digunakan. Perencanaan



**Gambar 3.5** Keruntuhan pada batang tarik.

Keruntuhan batang tarik dapat terjadi pada dua tempat yaitu:

1. keruntuhan pada daerah sambungan dengan luas netto terkecil (kerusakan Fraktur) seperti terlihat pada potongan A-B Gambar 3.5.
2. keruntuhan karena pelepasan pada penampang brutto yang jauh dari sambungan (kriteria perlepasan) seperti terlihat pada potongan C-D Gambar 3.5.

Kekuatan dari batang tarik yang mempunyai lubang untuk alat sambung atau retakan pada penampang bersih mempunyai rumus:

$$T_u = F_u \cdot A_e \dots\dots\dots (3.3)$$

Sedangkan dari batang tarik yang tidak ada lubang untuk alat sambungan dan hanya diikatkan oleh flens atau perlelahan pada penampang bruto.

$$T_u = F_y \cdot A_g \dots\dots\dots (3.4)$$

Secara khusus untuk batng tarik memberikan persyaratan keamanan struktur sebagai berikut:

$$\phi T_n \geq T_u \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan :

$\phi$  = faktor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

$T_n$  = kekuatan nominal batang tarik

$T_u$  = beban terfaktor pada beban tarik

Faktor resistensi sebesar 0,9 untuk keadaan batas pelelehan dan 0,75 untuk keadaan batas retakan sehingga pers 3.3 dan 3.4 menjadi:

$$\phi T_n = 0,75 \cdot F_u \cdot A_g \dots\dots\dots (3.6)$$

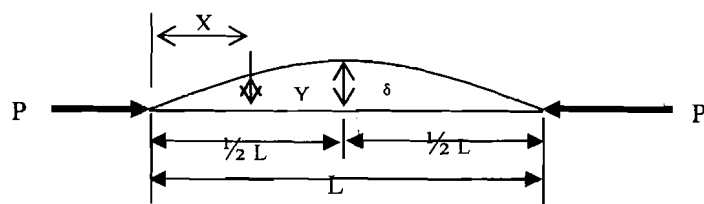
Dan

$$\phi T_n = 0,75 \cdot F_y \cdot A_g \dots\dots\dots (3.7)$$

Dari kedua persamaan tersebut diambil nilai yang terkecil.

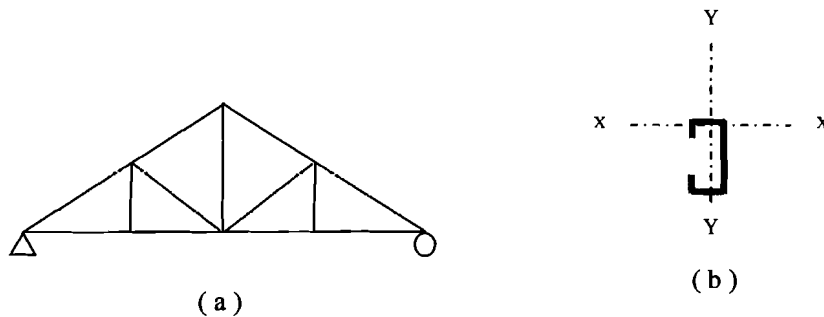
**3.1.3 Batang Tekan**

Teori tekukan kolom yang dikemukakan Leonhard Euler pada tahun 1744 menyatakan dimana suatu batang yang semula mendapat pembebanan konsentrik dengan semua serat tetap dalam keadaan elastik sampai terjadi tekukan kolom tersusun, akan sedikit bengkok seperti dalam gambar 3.6 (*Salmon dan Johnson, 1992*)



**Gambar 3.6** Batang lurus diberi gaya tekan aksial

**3.1.4 Batang Tekan Profil Tunggal**



**Gambar 3.7** (a) Struktur rangka atap dengan elemen batang tunggal

(b) Batang light Channel tunggal

$$M = -P.y \dots\dots\dots (3.8)$$



$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots (3.9)$$

Sehingga pers (3.9) menjadi

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = -P.y \dots\dots\dots (3.10)$$

Pada  $y = \delta$ ,  $\frac{dy}{dx} = 0$  sehingga,

$$EI \left[ \frac{d^2y}{dx^2} \right] = P(\delta^2 - y^2) \dots\dots\dots (3.11)$$

Pada  $x = 0$ , lenturan ( $y$ ) = 0

$$\sin x \sqrt{\frac{P}{EI}} = \frac{y}{\delta} \dots\dots\dots (3.12)$$

Pada  $x = L$ , pelenturan ( $y$ ) = 0 pers. (3.12) menjadi

$$\sin L \sqrt{\frac{P}{EI}} = 0 \text{ atau } L \sqrt{\frac{P}{EI}} = n.\pi \dots\dots\dots (3.13)$$

Nilai  $P$  terkecil atau disebut beban kritis ( $P_{kr}$ ) akan terjadi bila  $n = 1$  sehingga:

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 . EI}{L^2} \dots\dots\dots (3.14)$$

Pers. (3.14) dikenal dengan *pers. Euler*

Dengan:

$P_{kr}$  = beban Kritis;  $E$  = modulus elastis;  $I$  = inersia;  $L$  = Panjang batang

Jika pers. (3.14) dibagi luas ( $A$ ) maka

$$\frac{P_{kr}}{A} = \frac{\pi^2 . EI}{AL^2} \dots\dots\dots (3.15)$$

Karena  $\frac{A}{I} = \frac{1}{i^2}$  dan panjang batang ( $L$ ) diganti panjang tekuk ( $Lk$ ), maka

$$\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{\left[ \frac{L_k}{i} \right]^2} \dots \dots \dots (3.16)$$

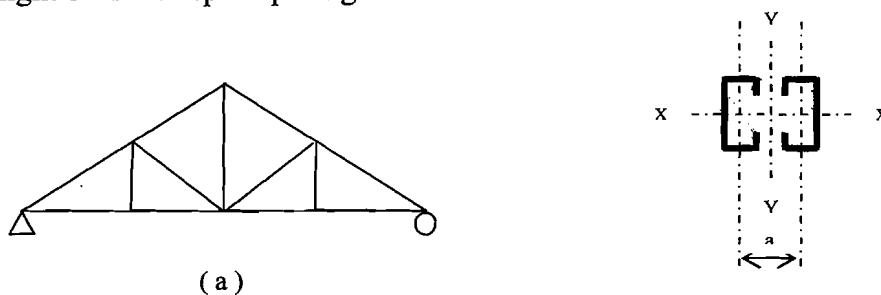
Dengan:

$\sigma_{kr}$  = tegangan kritis

$i$  = jari-jari kelembaman

### 3.1.5 Kuat Tekan Batang Tersusun

Struktur pendukung atap pada gambar 3.8a tersusun dari batang ganda profil light channel seperti pada gambar 3.8b

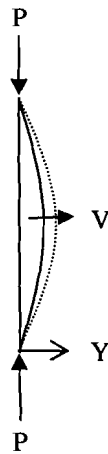


**Gambar 3.8** (a) Struktur rangka atap dengan elemen batang tersusun

(b) Batang light Channel tersusun

Bila pers. (3.16) digunakan untuk menghitung beban kritis kolom tersusun hasil yang diperoleh kurang teliti hal ini karena persamaan pelenturan yang diturunkan mengabaikan pengaruh gaya geser (lintang). Jika gaya aksial menimbulkan lentur pada batang maka di dalam penampang batang tersebut akan timbul gaya geser yang menyebabkan pelenturan bertambah dan berpengaruh terhadap beban kritis.

*Padosbajayo (1994)* dalam menentukan kuat desak batang tersusun bahwa dengan memperhitungkan gaya geser pada pelat yang diperoleh beban kritis ( $P_{kr}$ ) sebagai berikut:



**Gambar 3.9** Pelenturan akibat gaya tekan

Pelenturan akibat gaya tekan ditunjukkan dengan garis lengkung penuh sedangkan pelenturan akibat gaya lintang dinyatakan dengan garis putus-putus. Ditinjau penampang batang yang letaknya  $x$  dari ujung bawah. Andaikan pelenturan ditempat tersebut adalah  $y$ . Pelenturan akibat beban ( $P$ ). Dinyatakan dengan persamaan (3.10):

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = -P \cdot y \quad \text{atau} \quad \frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{P}{EI} \cdot y$$

Gaya geser ( $V$ ) yang timbul pada penampang batang adalah:

$$V = \frac{Mx}{dx} = P \frac{dy}{dx} \dots\dots\dots (3.17)$$

Kemiringan (slop) yang terjadi akibat geser adalah

$$\theta = \frac{\text{Tegangan geser}}{\text{Modulus Geser}} \dots\dots\dots (3.18)$$

Dengan memperhitungkan faktor bentuk ( $\beta$ ) untuk mengoreksi karena adanya tegangan tak seragam disepanjang berbagai bentuk penampang lintang.

$$\theta = \frac{\beta \cdot V}{A \cdot G} = \frac{\beta}{A \cdot G} P \frac{dy}{dx} \dots\dots\dots (3.19)$$

Dengan:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \dots\dots\dots (3.20)$$

$G$  = modulus geser

$\mu$  = nilai banding poison (*poison ratio*)

pelenturan gaya lintang dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{\beta}{A \cdot G} P \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots (3.21)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{P}{EI} \cdot y + \frac{\beta \cdot P}{A \cdot G} \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots (3.22)$$

yang memberikan:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{P}{EI} \left[ \frac{1}{1 - (\beta P/AG)} \right] y = 0 \dots\dots\dots (3.23)$$

penyelesaian persamaan (.....) adalah

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \left[ \frac{1}{1 + \frac{\beta \pi^2 EI}{A \cdot G L^2}} \right] \dots\dots\dots (3.24)$$

Kemiringan (slop) yang terjadi akibat geser adalah

$$\theta = \frac{\text{Tegangan geser}}{\text{Modulus Geser}} \dots\dots\dots (3.18)$$

Dengan memperhitungkan faktor bentuk ( $\beta$ ) untuk mengoreksi karena adanya tegangan tak seragam disepanjang berbagai bentuk penampang lintang.

$$\theta = \frac{\beta \cdot V}{A \cdot G} = \frac{\beta}{A \cdot G} P \frac{dy}{dx} \dots\dots\dots (3.19)$$

Dengan:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \dots\dots\dots (3.20)$$

$G$  = modulus geser

$\mu$  = nilai banding poisson (*poisson ratio*)

pelenturan gaya lintang dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{\beta}{A \cdot G} P \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots (3.21)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{P}{EI} \cdot y + \frac{\beta \cdot P}{A \cdot G} \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots (3.22)$$

yang memberikan:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{P}{EI} \left[ \frac{1}{1 - (P\beta/AG)} \right] y = 0 \dots\dots\dots (3.23)$$

penyelesaian persamaan (.....) adalah

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \frac{1}{\left[ 1 + \frac{\beta \pi^2 EI}{A \cdot G L^2} \right]} \dots\dots\dots (3.24)$$

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa pada batang tersusun yang mempunyai luas dan inersia yang sama dengan batang tunggal, kuat tekan kritis batang tersusun lebih kecil dibandingkan dengan batang tunggal. Hal ini dipengaruhi oleh:

- G = modulus Geser = 785000 kg/cm<sup>2</sup>
- E = modulus elastis 2,1 . 10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>
- I = momen inersia
- A = luas penampang batang
- β = faktor bentuk

### 3.2 Hubungan Antara Tekuk Lokal dan Tekuk Keseluruhan

Tekuk lokal dan tekuk lentur dapat terjadi secara bersamaan apabila tegangan kritis batang sama dengan tegangan kritis rangka kuda-kuda keseluruhan, seperti pada persamaan

$F_{cr}$  batang =  $F_{cr}$  keseluruhan

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{K a_k / r^2} \dots\dots\dots (3.25)$$

$$\frac{k \cdot \pi^2 \cdot E}{12(1 - \mu^2) (b/t)^2} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(K a / r)^2} \dots\dots\dots (3.26)$$

$$\left( \frac{K a}{r} \right)^2 = \frac{12(1 - \mu^2) (b/t)^2}{k} \dots\dots\dots (3.27)$$

$$a = \sqrt{\frac{r^2 [12(1 - \mu^2)] (b/t)^2}{k \cdot K^2}} \dots\dots\dots (3.28)$$

dari persamaan diatas diperoleh nilai  $a$ , apabila  $a_{\text{pakai}} > a_{\text{rumus}}$  maka mengalami tekuk menyeluruh, jika  $a_{\text{pakai}} < a_{\text{rumus}}$  maka mengalami tekuk lokal.

Dengan asumsi tumpuan pada batang adalah sendi-sendi maka  $K = 1$  sehingga

$$\left(\frac{L}{r}\right) = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{F_{\text{crplatt}}}} \dots\dots\dots (3.29)$$

dengan memasukkan rumus  $F_{\text{cr}}$  ke persamaan (3. ) maka:

$$\left(\frac{a}{r}\right) = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{k\pi^2 \cdot E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{t}\right)^2}\right)}} \dots\dots\dots (3.30)$$

$$\left(\frac{a}{r}\right) = \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{k}} \dots\dots\dots (3.31)$$

dengan  $\mu$  baja 0,3 sehingga

$$\left(\frac{a}{r}\right) = \frac{3,3045\left(\frac{b}{t}\right)}{\sqrt{k}} \dots\dots\dots (3.32)$$

$$k = \left(\frac{3,3045\left(\frac{b}{t}\right)(r)^2}{a}\right) \dots\dots\dots (3.33)$$

Dari persamaan tersebut diatas memperlihatkan bahwa nilai kekakuan suatu batang tekan selalu berbanding terbalik dengan kuadrat panjang batang ( $a$ ). Sehingga pada profil baja yang sama semakin panjang batang tersebut maka nilai kekakuan dari batang tersebut akan semakin kecil.

### 3.3 Tegangan Kritis Dengan Metode AISC

*American institute of Steel Contructions* (AISC) mengemukakan hitungan tegangan kritis yang mempertimbangkan tekuk lokal. Pengaruh tekuk lokal yang terjadi sebelum kekuatan batang tekan keseluruhan tercapai di perhitungkan dengan mengalikan tegangan maksimum yang dapat dicapai dengan faktor bentuk Q. Faktor bentuk dipengaruhi oleh bentuk penampang, dimana

$$Q = Q_a \cdot Q_s \dots \dots \dots (3.34)$$

Faktor bentuk  $Q_s$  diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t}\right) > \left(\frac{200}{\sqrt{F_y}}\right) \dots \dots \dots (3.35)$$

Besar  $Q_s$  menurut AISC adalah,

$$Q_s = 1,340 - 0,01174 \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{F_y} \dots \dots \dots (3.36)$$

Apabila semua elemen penampang diperkuat maka nilai  $Q_s = 1,0$

Faktor bentuk untuk elemen penampang yang diperkuat adalah  $Q_a$ . Faktor  $Q_a$  diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t}\right) > \left(\frac{625}{\sqrt{F_y}}\right) \dots \dots \dots (3.37)$$

Besar  $Q_a$  menurut AISC adalah

$$Q_a = \left(\frac{A_{\text{eff}}}{A_{\text{bruto}}}\right) \dots \dots \dots (3.38)$$

Luas efektif diambil dari lebar efektif, besar lebar efektif menurut penelitian AISC yang dilakukan pada baja ringan adalah,



$$\left(\frac{b_E}{t}\right) = \left(\frac{21}{\sqrt{f}}\right) \left(1 - \frac{4,18}{\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{f}}\right) \dots\dots\dots(3.39)$$

dengan  $f$  adalah tegangan yang bekerja pada elemen.

Besar tegangan kritis menurut AISC dapat di tentukan dengan menggunakan nilai persamaan tegangan kritis seperti pada persamaan dibawah ini

$$F_{cr} = Q.F_y \left[1 - \frac{Q.F_y}{4\pi^2} \left(\frac{KL}{r}\right)^2\right] \dots\dots\dots(3.40)$$

apabila,

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{Q \cdot F_y}} \dots\dots\dots(3.41)$$

maka

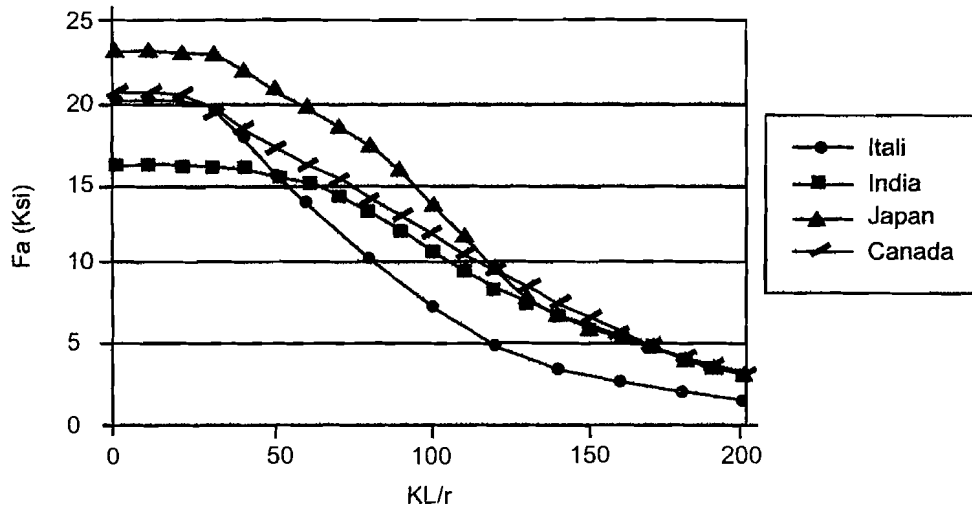
$$F_{cr} = Q.F_y \left[1 - \frac{KL \cdot r^2}{2C_c^2}\right] \dots\dots\dots(3.42)$$

apabila  $KL/r$  lebih dari  $C_c$  maka tegangan kritis yang terjadi adalah,

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \dots\dots\dots(3.43)$$

Penelitian hubungan antara tegangan yang terjadi dengan kelangsingan ( $KL/r$ ) yang pernah dilakukan di beberapa negara memiliki bentuk grafik yang hampir sama. Penurunan tegangan kritis relatif kecil pada  $KL/r$  kecil ( $0 \text{ s/d } \pm 40$ ), penurunan tegangan kritis yang terjadi seiring dengan dengan penambahan  $KL/r$ .

Untuk  $KL/r = \pm 40$  sampai dengan 160, dan kembali relatif datar untuk  $KL/r$  lebih dari 160.



**Gambar 3.10** Grafik Hubungan  $KL/r$  Dengan  $F_a$  di beberapa negara (*Lambert Tall, 1974*)

### 3.4 Hubungan Beban-Lendutan

Beban transversal pada kuda-kuda menyebabkan timbulnya lentur, maka mengalami lendutan. Balok dengan dukungan sederhana yang diberi beban memiliki satu titik yang momennya maksimum. Makin besar beban yang diberikan, makin besar pula momennya. Jika beban besar, material akan terdeformasi semakin cepat dan defleksi juga semakin besar (*Lynn S. Beedle, 1958*).

$$\Delta = \frac{P.L^3}{AE} \dots\dots\dots (3.44)$$

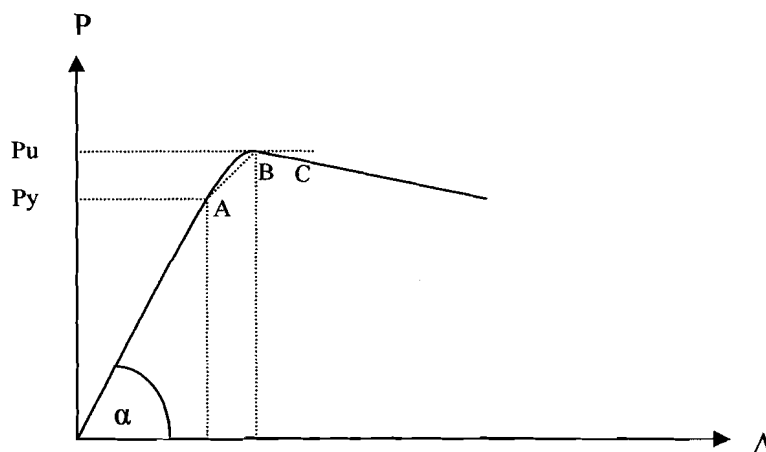
dengan :  $\Delta$  = Defleksi

$P$  = Beban

$E$  = Modulus Elastis

$L$  = Panjang Bentang

$I$  = Momen Inersia penampang



**Gambar 3.11** Grafik Hubungan Beban ( $P$ ) dan Lendutan ( $\Delta$ )

$$k = \operatorname{tg}\alpha = \frac{P}{\Delta} \dots\dots\dots(3.45)$$

Besarnya lendutan sesuai dengan beban yang bekerja pada struktur, sehingga kemiringan dari lengkung yang dihasilkan disebut sebagai kekakuan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh *American Society For Testing and Material (ASTM)* yang ditulis oleh *Timoshenko, 1987*, bahwa kekakuan rangka hingga beban patah dinyatakan oleh garis OA pada diagram beban-lendutan dari gambar 3.4 atau disebut juga dengan daerah elastis. Dengan penambahan beban pada rangka maka rangka akan menjadi plastis sebagian dimana ditunjukkan pada garis AB pada akhirnya rangka menjadi plastis sempurna dimana ditunjukkan pada garis BC, setelah itu rangka atau struktur tidak mampu lagi memikul tambahan beban.

### 3.5 Hubungan Momen dengan Kelengkungan

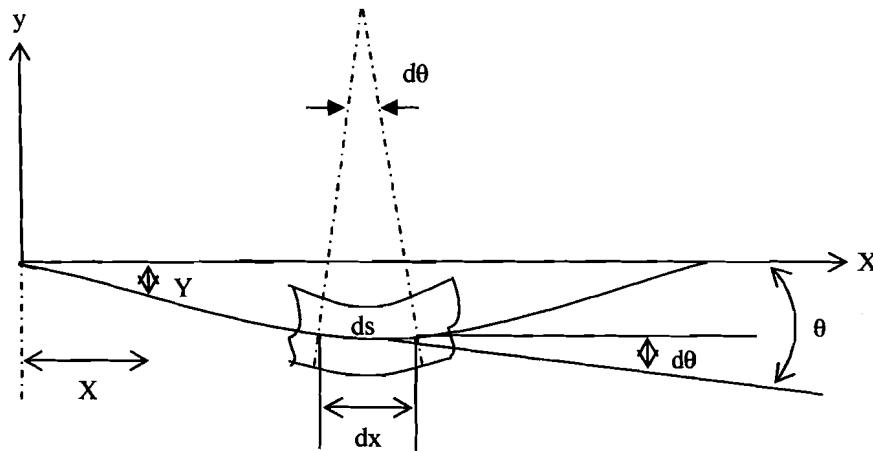
Menurut *Popov (1995)*, teori difleksi balok dipengaruhi oleh geometri atau kinematika dari sebuah elemen balok. Kinematika dasar yang menghipotesa irisan-irisan yang berbentuk bidang datar akan tetap merupakan bidang datar selama terdeformasi.

Pandangan samping dari permukaan netral balok yang melendut disebut kurva elastis balok (Gambar 3.10). kurva ini diperlihatkan secara pembesaran, seperti berikut ini.

$$\theta = \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots (3.46)$$

Dan

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{d^3y}{dx^3} \dots\dots\dots (3.47)$$



**Gambar 3.12 Kurva Elastis (*Ferdinand-Pytel, 1984*)**

Apabila kita meninjau variasi  $\theta$  dalam panjang diferensial  $ds$  yang disebabkan oleh lenturan pada balok secara nyata bahwa:

$$ds = \rho.d\theta \dots\dots\dots (3.48)$$

Dengan  $\rho$  jari-jari kurva sepanjang  $ds$ , sehingga dari persamaan (3.47) dan pers. (3.48) diperoleh

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{ds} = \frac{d\theta}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots (3.49)$$

Hubungan dasar antara kurva elastis dan regangan linier, didapat:

$$\theta = \frac{1}{\rho} = k - \frac{\varepsilon}{y} \dots\dots\dots (3.50)$$

Karena sifat beban tidak diperhitungkan, maka hubungan ini digunakan untuk masalah-masalah elastis maupun tidak.

$$\varepsilon = \varepsilon_x = \frac{\alpha x}{E} \text{ dan } \varepsilon_x = -\frac{My}{I} \dots\dots\dots (3.51)$$

Sehingga

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots (3.51)$$

Dalam koordinat kurva kartesian suatu garis didefinisikan (*Ferdinand-Pytel, 1984*)

$$\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left[\frac{dy}{dx}\right]^2\right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots (3.53)$$

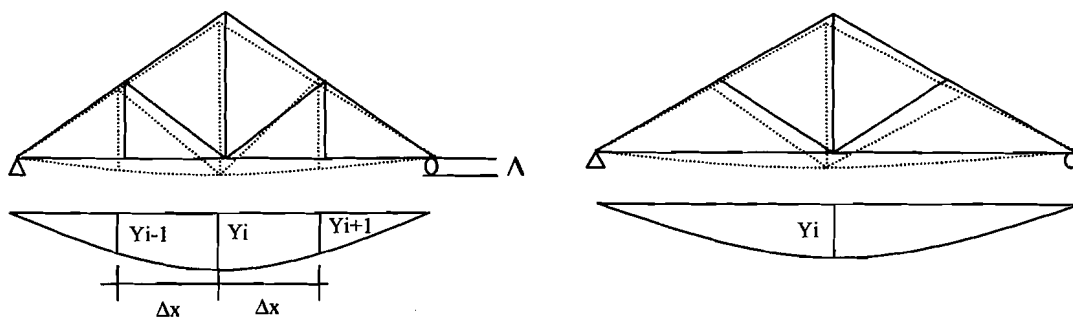
Karena defleksi yang diterima oleh sebagian besar struktur sangat kecil maka kemiringan  $\frac{dy}{dx}$  dari kurva adalah sangat kecil

$$\frac{dy}{dx} = 0 \dots\dots\dots (3.54)$$

Sehingga persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y}{dx^2} = \theta = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots (3.55)$$

Dari pengujian lentur didapat defleksi pada titik diskrit yaitu  $y_{i-1}$ ,  $y_i$  dan  $y_{i+1}$  (Gambar 3.13). Pendekatan kemiringan adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.13** Momen Kelengkungan

Dari pengujian kuat lentur didapat defleksi pada titik – titik distrik. Pendekatan kemiringan menggunakan metode *Central Difference* (.....).

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \dots\dots\dots (3.56)$$

turunan kedua persamaan (3.52) adalah:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x) \left( \frac{d}{dx} \right) (y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \left( \frac{d}{dx} \right) (2\Delta x)}{(2\Delta x)^2} \dots\dots\dots (3.57)$$

Karena  $(2\Delta x)$  adalah konstan maka:

$$\frac{d}{dx} (2\Delta x) = 0 \dots\dots\dots (3.58)$$

sehingga persamaan (3.58) menjadi

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x) \left( \frac{d}{dx} \right) (y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta x)^2} \dots\dots\dots(3.59)$$

kemudian persamaan (3.59) disederhanakan menjadi

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(3.60)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \phi = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots(3.61)$$

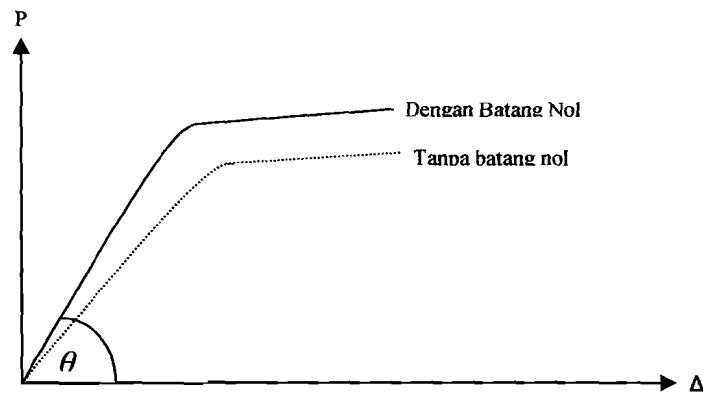
$$M = EI \cdot \phi \dots\dots\dots(3.62)$$

$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} \dots\dots\dots(3.63)$$

### 3.6 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, tinjauan pustaka, landasan teori diatas bahwa apabila suatu struktur rangka atap baja diberi beban sentris ( $P$ ) maka akan terjadi lendutan ( $\Delta$ ) yang besarnya dipengaruhi kekuatan bahan dan kekuatan sambungan.

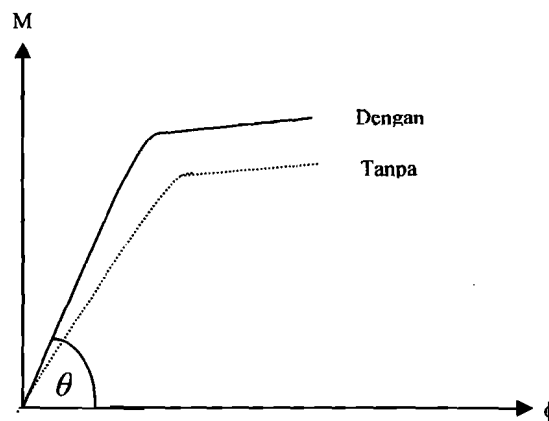
Pada rangka batang yang tidak menggunakan rangka batang nol maka kekakuan rangka batang akan menjadi kecil atau berkurang bila dibandingkan dengan rangka batang yang menggunakan batang nol. Gambar 3.15 menunjukkan hubungan antara beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ) yang terjadi.



**Gambar 3.15** Hubungan Beban (P) Lendutan ( $\Delta$ )

$$\operatorname{tg} \theta = k = \frac{P}{\Delta} \dots\dots\dots (3.64)$$

Sedangkan pada Gambar 3.16 menunjukkan hubungan antara momen dan kelengkungan yang terjadi pada rangka batang.



**Gambar 3.15 dan 3.16** Terlihat bahwa semakin besar sudut  $\theta$  maka kekakuan yang terjadi semakin besar.



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Tinjauan Umum**

Metode penelitian merupakan suatu sistem yang digunakan dalam pelaksanaan sebuah penelitian untuk mendapatkan hasil akhir atau jawaban permasalahan yang ditinjau. Penelitian yang dilakukan disini merupakan penelitian laboratorium atas model struktur rangka kuda-kuda sesuai yang disebutkan dalam batasan masalah.

#### **4.2 Persiapan Bahan dan Alat**

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

##### **4.2.1 Bahan Penelitian**

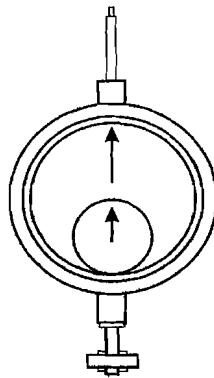
Bahan yang digunakan dalam pembuatan rangka kuda – kuda adalah profil baja *Lip Channel* dengan ukuran 60 x 22 x 8 x 1,2 mm dan 70 x 22 x 8 x 1,2 mm

##### **4.2.2 Peralatan Penelitian**

Peralatan – peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

###### *a. Dial gauge*

*Dial gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan ketelitian pembacaan dial 0,01 mm, digunakan 3 buah *dial gauge* dalam pengujian ini.



**Gambar 4.1** *Dial Gauge*

b. Jangka sorong

Alat yang digunakan untuk mengukur dimensi kuda-kuda benda uji

c. Dukungan sendi dan rol.

Untuk membuat model rangka atap baja sederhana sesuai dengan dilapangan maka pada dukungan dipasang dudukan sendi dan rol.

d. *Loading Frame*

Untuk menempatkan benda uji pada penelitian ini. *Loading frame* dari bahan baja profil WF 450 x 200 x 9 x 14 mm. Bentuk dasar *loading frame* berupa portal segi empat yang berdiri diatas lantai beton (*rigid floor*) dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm agar *loading frame* tetap stabil, plat dasar dibaut kelantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok 450 x 200 x 9 x 14 mm. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan cara melepas sambungan baut.

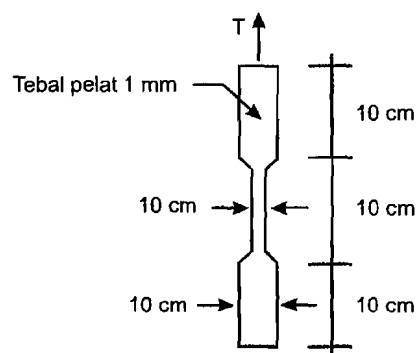
e. *Hidraulic jack*

Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur rangka atap baja skala penuh. Dalam penelitian ini digunakan *hidraulic jack* dengan kapasitas maksimum yang dimiliki adalah 30 ton dan ketelitian pembacaan 0,25 ton.

### 4.3 Pembuatan Benda Uji Bahan.

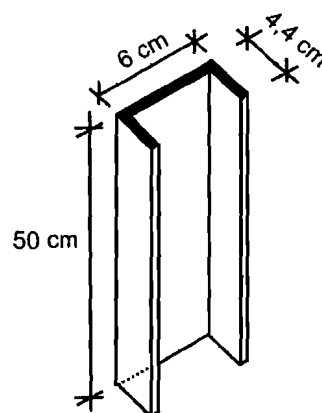
Benda uji yang akan digunakan dalam penelitian ini dibuat terlebih dahulu kemudian diuji di laboratorium, benda uji tersebut berupa:

a. benda uji kuat tarik baja yang diambil dari profil



**Gambar 4.2** Benda Uji Kuat Tarik Baja

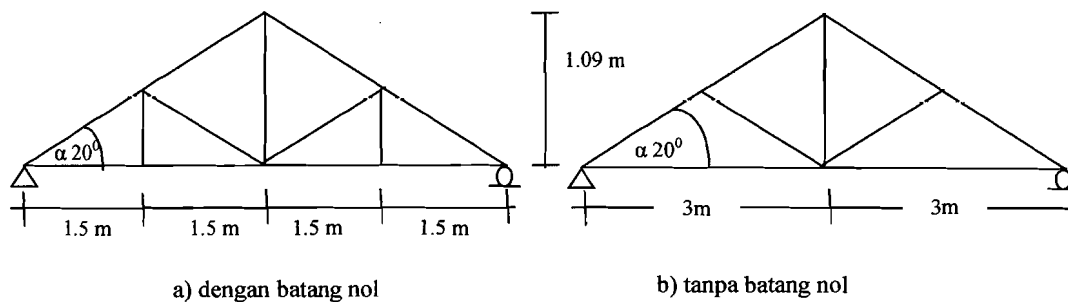
b. benda uji kuat tekan yang diambil dari profil



**Gambar 4.3** Benda uji tekan Profil Lipped Channel

#### 4.4. Pembuatan Model Uji Rangka.

Sampel rangka kuda-kuda sebanyak 4 buah, terdiri dari 2 tipe rangka kuda – kuda Howe : dengan batang nol dan tanpa batang nol. Masing – masing tipe kuda-kuda menggunakan 2 variasi profil baja Lip Channel dengan ukuran 60 x 22 x 8 x 1,2 dan 70 x 22 x 8 x 1,2 mm. Batang atas dan bawah menggunakan profil ganda, sedangkan batang vertikal dan diagonal dengan profil tunggal.



**Gambar 4.4** Tipe dan dimensi benda uji rangka kuda-kuda

#### 4.5 Pengujian Sampel

##### 4.5.1 Pengujian Kuat Tarik Bahan

Pengujian kuat tarik baja ini dilakukan di laboratorium. Data yang diambil pada pengujian ini adalah beban leleh, beban maksimum dan beban patah. Dalam pengujian ini baja yang di uji sebanyak 6 bh.

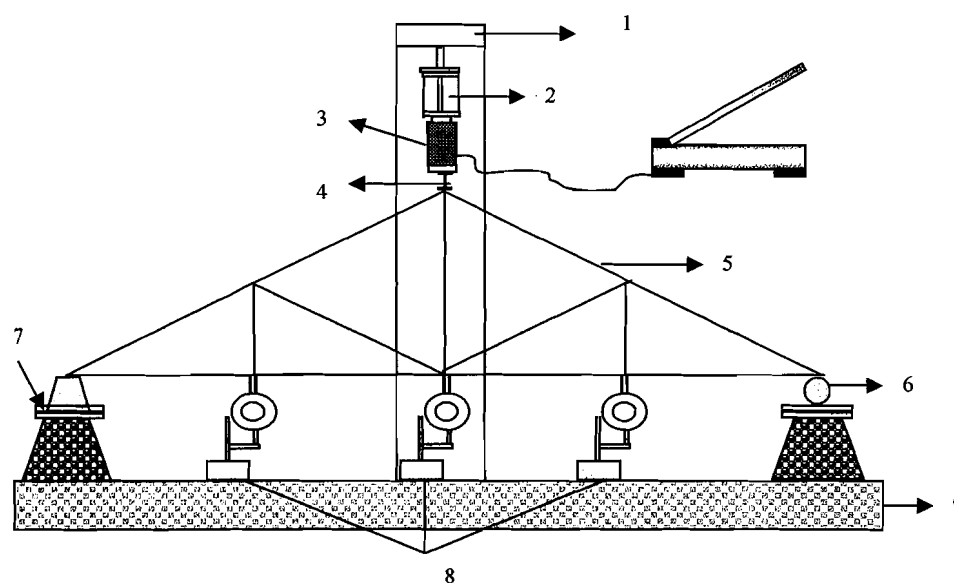
##### 4.5.2 Pengujian Kuat Tekan Bahan

Pengujian kuat tekan baja ini dilakukan di laboratorium. Data yang di ambil dalam pengujian ini adalah beban maksimum.

##### 4.4.3 Pengujian Kuat Lentur Rangka

Pengujian ini juga dilakukan di laboratorium. Adapun tahapan-tahapan yang harus dilakukan adalah:

1. Memasang dukungan pada setiap benda ujung-ujung kuda-kuda tersebut.  
 Dalam hal ini dukungan sendi-rol
2. Kuda-kuda diletakkan diatas dukungan
3. Pengujian benda uji siap dilakukan. Pembebanan dilakukan secara manual dan bertahap sampai maksimum. Pengujian struktur baja ringan dengan beban aksial yang dinaikkan bertahap dari nol sampai terjadi kerusakan dengan penambahan beban 0,875 kN, kemudian beban ditingkatkan berdasarkan kondisi sampel, hingga terjadi penurunan untuk mengetahui defleksi yang terjadi dari *dial gauge* pada benda uji.



Keterangan :

1 = Loading Frame

2 = Penumpu beban

3 = Hidraulic jack

4 = Perata beban

5 = Benda uji rangka baja

6 = Tumpuan rol

7 = Tumpuan sendi

8 = Dial gauge

9 = Rigid Floor

**Gambar 4.5** Setting – up pengujian rangka kuda-kuda

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kekakuan suatu rangka batang diketahui berdasarkan uji lentur yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Uji lentur dilakukan dengan memberikan beban pada puncak struktur secara bertahap dengan kenaikan beban sebesar 0,875 kN. Setiap kenaikan beban dilakukan pencatatan lendutan pada tiga titik yang telah ditentukan guna mengetahui kekuatan dari struktur rangka batang. Uji pendahuluan yang meliputi uji tarik dan uji tekan dari profil yang digunakan sebagai elemen struktur kuda-kuda. Hasil penelitian yang disertai pembahasannya akan disajikan sebagaimana berikut.

#### 5.1 Hasil Pegujian Kuat Tarik Baja

Benda uji kuat tarik baja menggunakan profil *lipped channal* 60x22x8 tebal 1,2mm dan 70x22x8 tebal 1,2mm yang dibentuk sesuai dengan bentukan benda uji sebanyak 3 benda uji dengan profil yang sama. Pelaksanaan pengujian menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM) Merk Shimatzu Type UMH-30* yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil Pengujian diperoleh data beban leleh dan beban maksimum dari benda uji. Dan hasil penghitungan tegangan leleh dan tegangan tarik benda uji seperti Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

**Tabel 5.1** Hasil Uji Kuat Tarik Baja channel 60 x 22 x 8 x 1,2

No	Nilai Hasil Uji	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	Rata-rata
1	Beban leleh ( Kg )	240	287,5	227,5	251,667
2	Beban maksimum (Kg)	385	385	360	376,667
3	Tegangan leleh ( fy ) (Mpa)	100,000	118,899	92,933	103,944
4	Tegangan maksimum ( Fu ) (Mpa)	160,417	157,155	147,059	154,877

**Tabel 5.2** Hasil Uji Kuat Tarik Baja channel 70 x 22 x 8 x 1,2

No	Nilai Hasil Uji	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	Rata-rata
1	Beban leleh ( Kg )	252,5	296	235,5	341,667
2	Beban maksimum (Kg)	387,5	400	377,5	388,333
3	Tegangan leleh ( fy ) (Mpa)	105,208	123,333	98,125	108,889
4	Tegangan maksimum ( Fu ) (Mpa)	161,458	166,667	157,292	161,806

## 5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Baja

Benda kuat tekan baja dari profil *lipped channel* 60 x 22 x 8 tebal 1,2mm dan 70 x 22 x 10 x 1,2mm sebanyak 3 benda uji dengan profil yang sama. Pelaksanaan pengujian menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* Merk *Shimadzu Type UMH-30* yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian didapat nilai beban maksimum. Dan hasil penghitungan kuat desak benda uji seperti pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

**Tabel 5.3** Hasil uji kuat tekan profil 60 x 22 x 8 x 1,2

No	Nilai Hasil Uji	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
1	Panjang benda uji ( cm )	50	50	50
2	Beban maksimum ( Kg )	1160	1335	1390
3	$F_{cr}$ ( Mpa )	80,556	92,708	96,528
5	$F_{cr}$ rata - rata ( Mpa )	89,931		

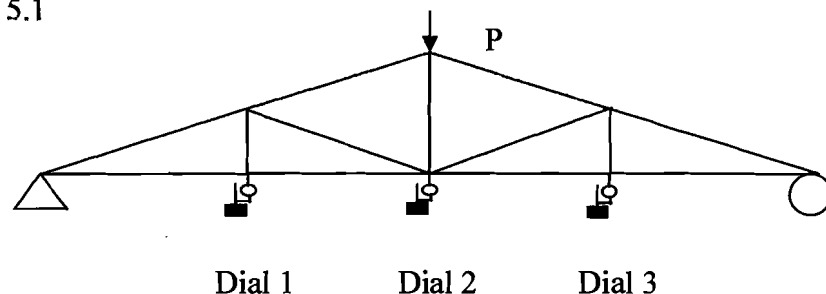
**Tabel 5.4** Hasil uji kuat tekan profil 70 x 22 x 8 x 1,2

No	Nilai Hasil Uji	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
1	Panjang benda uji ( cm )	50	50	50
2	Beban maksimum ( Kg )	1320	1315	1465
3	$F_{cr}$ ( Mpa )	84,615	84,295	93,91
5	$F_{cr}$ rata - rata ( Mpa )	87,607		

### 5.3 Hubungan Beban – Lendutan Uji Lentur Kuda-kuda

#### 5.3.1 Kurva Beban – Lendutan Hasil Pengujian

Pelaksanaan uji lentur dari empat benda uji dilakukan dengan pemberian beban pada puncak struktur dengan kenakian beban sebesar 0,875 KN hingga benda uji mengalami kerusakan. Pencatatan lendutan / penurunan dilakukan pada 3 titik yang telah ditentukan setiap kenaikan beban. Seperti yang tergambar pada Gambar 5.1

**Gambar 5.1** Penempatan Dial pada Rangka Kuda-kuda

#### a. Benda Uji 1 ( tanpa batang nol)

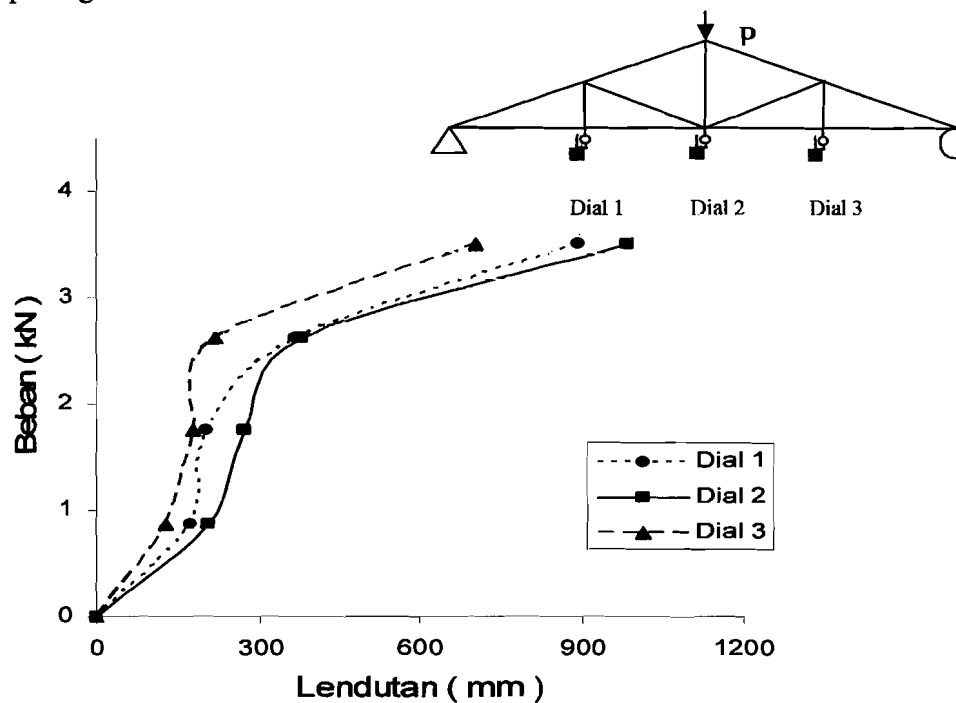


Merupakan Rangka Kuda – kuda Howe tanpa batang nol dengan Profil *Lipped Channal* 60 x 22 x 10 x 1,2 mm. Data-data berupa hasil pembacaan dial disajikan pada Tabel 5.5 dan untuk lebih memperjelas disajikan grafik hubungan beban – lendutan.

**Tabel 5.5** Hubungan beban dan lendutan benda uji 1

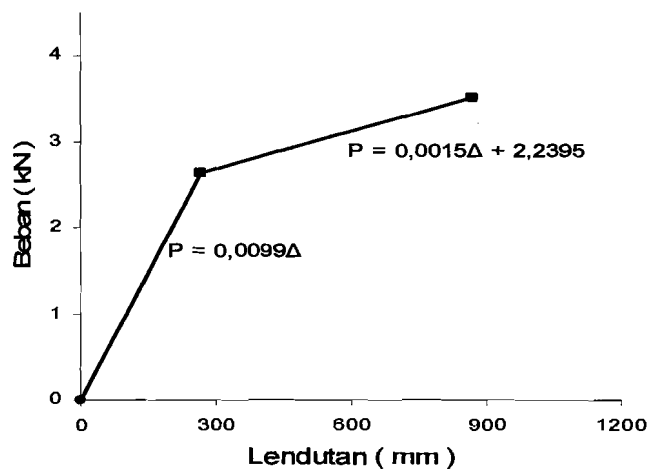
Beban (kN)	Dial 1 (mm) ( $\cdot 10^{-2}$ )	Dial 2 (mm) ( $\cdot 10^{-2}$ )	Dial 3 (mm) ( $\cdot 10^{-2}$ )
0	0	0	0
0,875	175	205	127
1,750	202	274	177
2,625	369	382	220
3,500	894	985	705

Berdasarkan data diatas dibuat grafik hubungan beban – lendutan benda uji 1 seperti pada gambar 5.2



**Gambar 5.2** Grafik Hubungan beban – lendutan benda uji 1

Berdasarkan Gambar 5.2, maka dibuat regresi data dial 2 yang ditunjukkan pada Gambar 5.3.



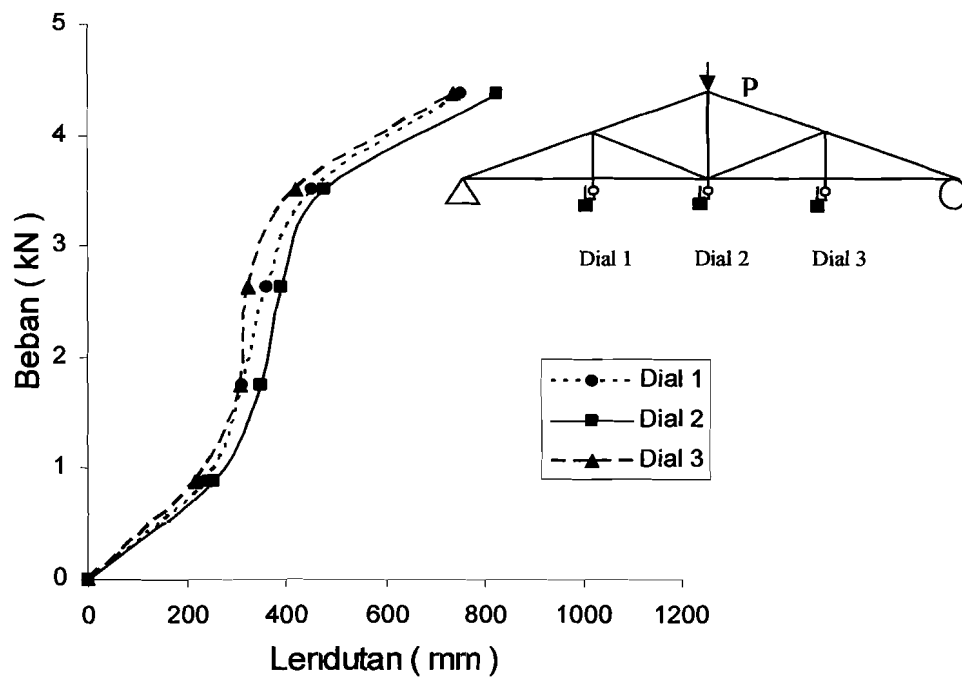
**Gambar 5.3** Regresi hubungan beban – lendutan benda uji 1

#### b. Benda Uji 2

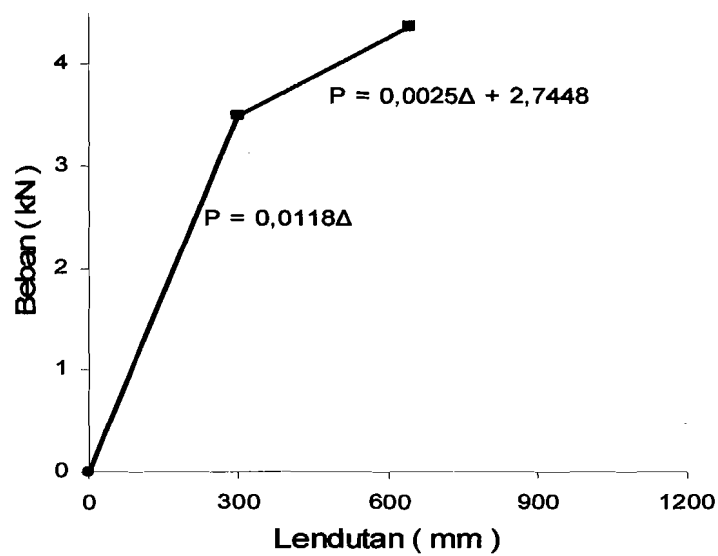
Rangka Kuda – kuda Howe dengan batang nol Profil *Lipped Channal* 60 x 22 x 10 x 1,2 mm. Hasil pengujian beban – lendutan yang terjadi disajikan pada tabel 5.6 dan grafik hubungan beban – lendutan ditampilkan pada Gambar 5.4 dan hasil regresi ditunjukkan pada Gambar 5.5

**Tabel 5.6** Hubungan beban dan lendutan benda uji 2

Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
0,000	0	0	0
0,875	238	257	219
1,750	312	350	311
2,625	364	391	327
3,500	452	480	420
4,375	751	825	735



**Gambar 5.4** Grafik hubungan beban – lendutan benda uji 2



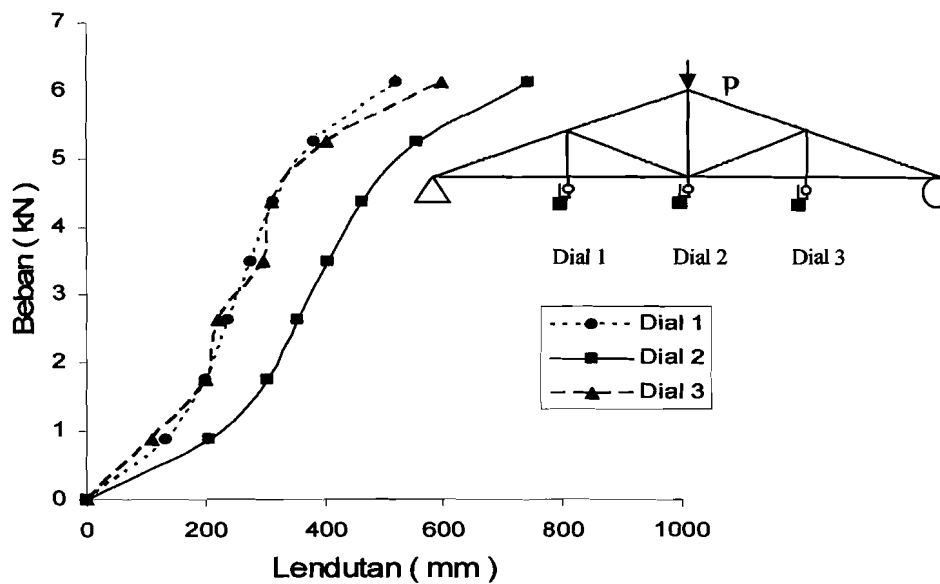
**Gambar 5.5** Regresi hubungan beban – lendutan benda uji 2

### c. Benda Uji 3

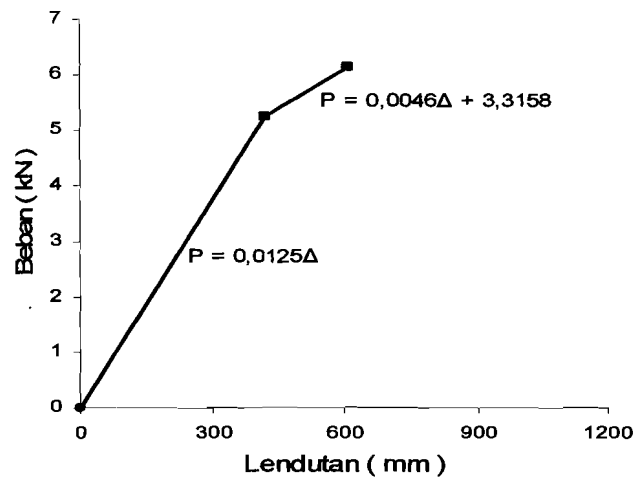
Rangka Kuda – kuda Howe tanpa batang nol dengan Profil *Lipped Channal* 70 x 22 x 10 x 1,2 mm. Untuk Hasil pengujian beban – lendutan yang terjadi disajikan pada Tabel 5.7 dan grafik hubungan beban - lendutan ditampilkan pada Gambar 5.6 dan hasil regresi ditunjukkan pada Gambar 5.7.

**Tabel 5.7** Hubungan beban dan lendutan benda uji 3

Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
0,000	0	0	0
0,875	133	204	110
1,750	200	300	197
2,625	236	353	220
3,500	275	405	293
4,375	312	461	309
5,250	379	554	400
6,125	519	744	595



**Gambar 5.6** Grafik hubungan beban – lendutan benda uji 3



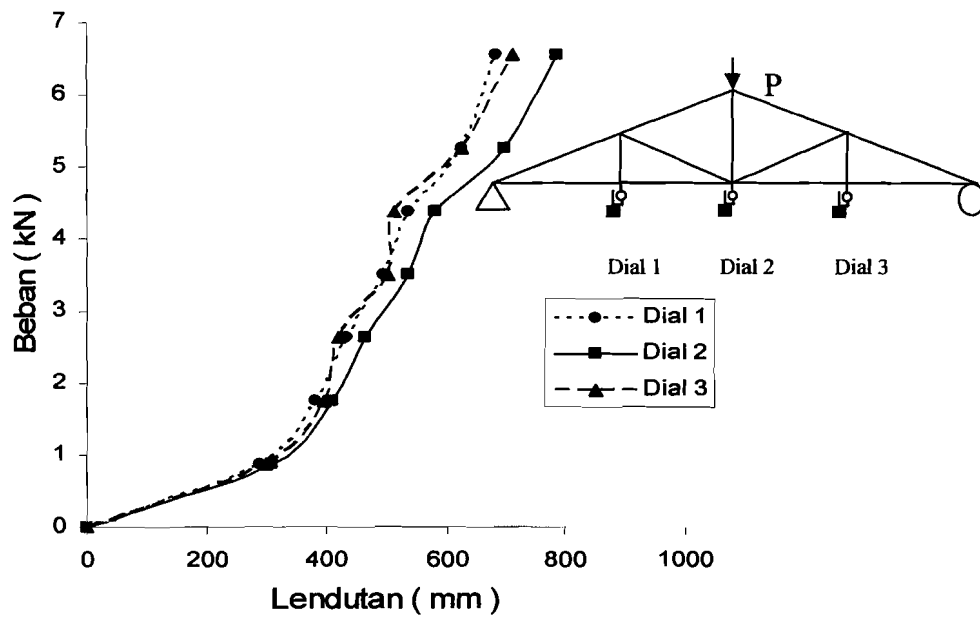
**Gambar 5.7** Regresi hubungan beban – lendutan benda uji 3

#### d. Benda Uji 4

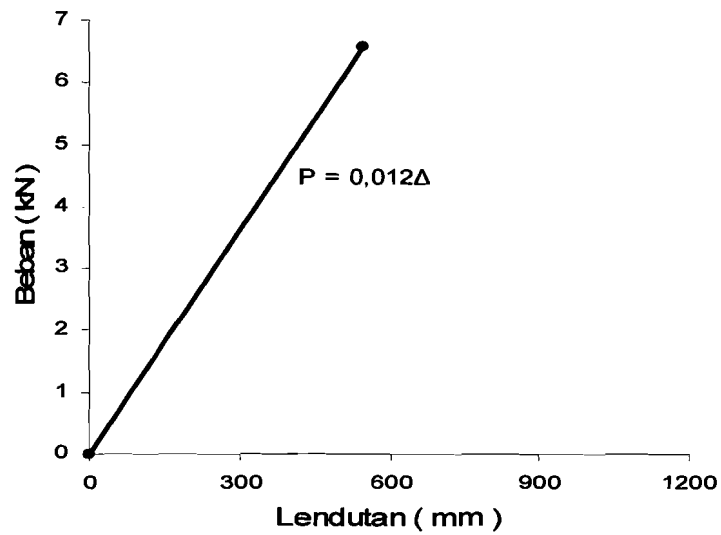
Rangka Kuda – kuda Howe tanpa batang nol dengan Profil *Lipped Channal* 70 x 22 x 10 x 1,2 mm. Untuk Hasil pengujian beban – lendutan yang terjadi disajikan pada Tabel 5.8 dan grafik hubungan beban - lendutan ditampilkan pada Gambar 5.8 dan hasil regresi ditunjukkan pada Gambar 5.9

**Tabel 5.8** Hubunga beban dan lendutan benda uji 4

Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
0	0	0	0
0,87	289	312	300
1,75	382	410	396
2,62	432	465	421
3,50	496	535	501
4,37	537	580	513
5,25	624	695	625
6,56	684	785	710



**Gambar 5.8** Grafik hubungan beban – lendutan benda uji 4



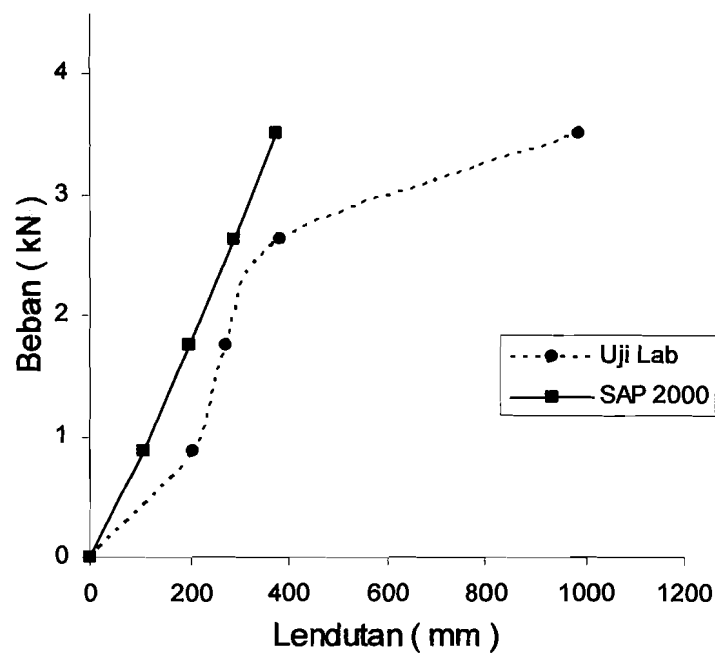
**Gambar 5.9** Regresi hubungan beban – lendutan benda uji 4

### 5.3.2 Kurva Hubungan Beban – Lendutan Analisis SAP 2000 dan Hasil Lab

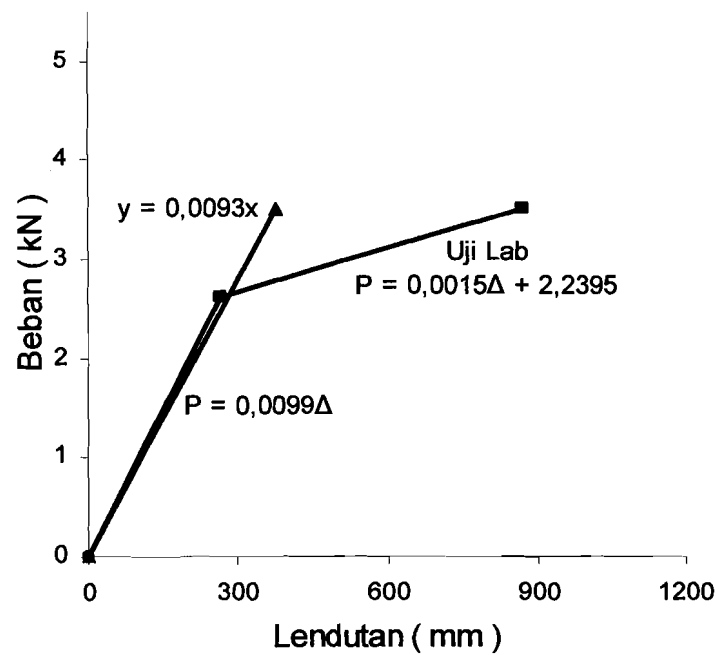
Hubungan beban – lendutan yang didapat dari SAP 2000 berdasarkan data laboratorium disajikan pada Tabel 5.9 dan grafik hubungan beban – lendutan dan hasil regresi dari data tersebut seperti pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11

**Tabel 5.9** Hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000 benda uji 1

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
1	0,000	0	0	0
2	0,875	86	171	86
3	1,750	157	314	157
4	2,625	227	454	227
5	3,500	298	597	298



**Gambah 5.10** Grafik Beban – Lendutan analisis SAP 2000 benda uji 1

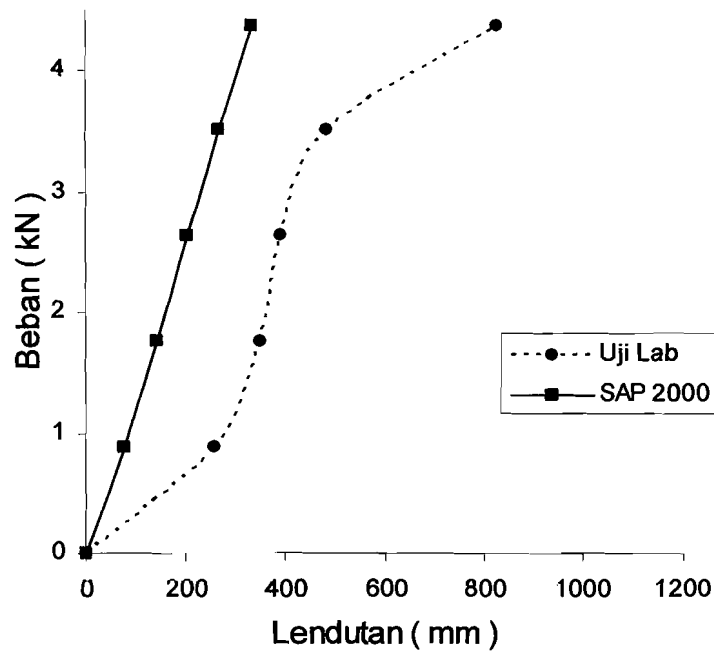


**Gambah 5.11** Regresi Beban – Lendutan analisis SAP 2000 benda uji 1

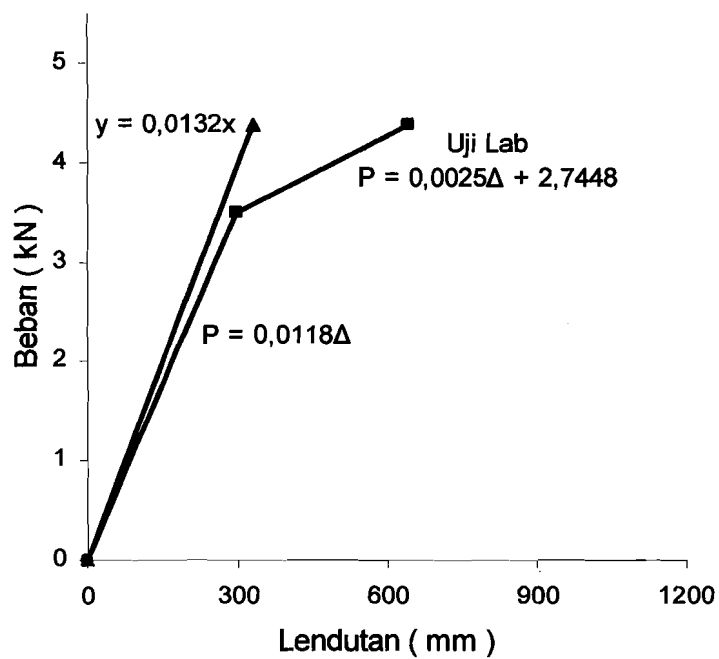
**Tabel 5.10** Hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000 benda uji 2

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
1	0,000	0	0	0
2	0,875	156	176	156
3	1,750	279	318	279
4	2,625	400	459	400
5	3,500	523	602	523
6	4,375	646	743	646





Gambar 5.12 Grafik Beban – Lendutan analisis SAP 2000 benda uji 2

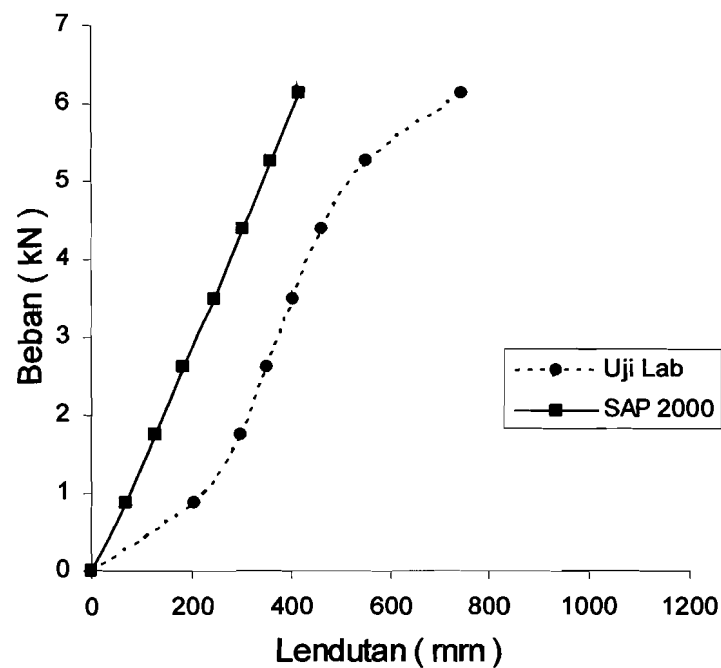


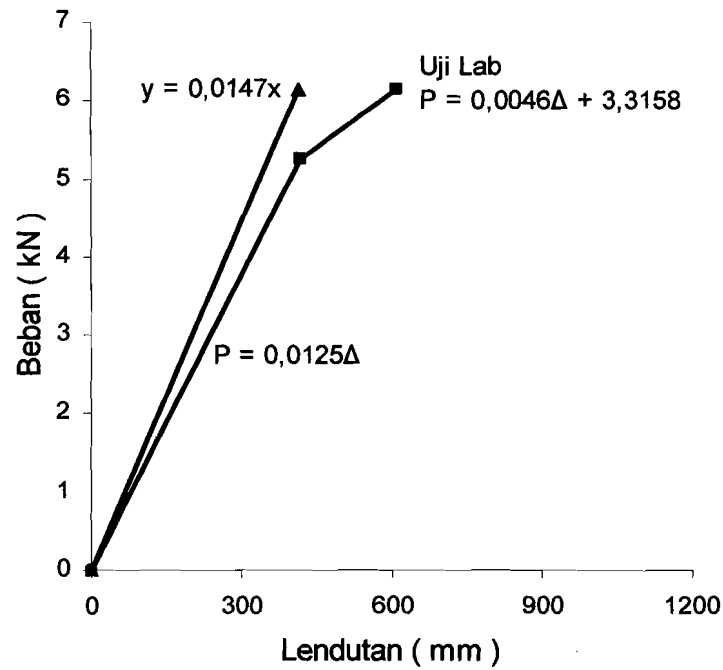
Gambar 5.13 Regresi Beban – Lendutan analisis SAP 2000 benda uji 2



**Tabel 5.10** Hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000 benda uji 3

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm) ( $\cdot 10^{-2}$ )	Dial 2 (mm) ( $\cdot 10^{-2}$ )	Dial 3 (mm) ( $\cdot 10^{-2}$ )
1	0,000	0	0	0
2	0,875	50	100	50
3	1,750	91	182	91
4	2,625	131	263	131
5	3,500	172	345	172
6	4,375	213	426	213
7	5,250	254	507	254
8	6,125	294	589	294

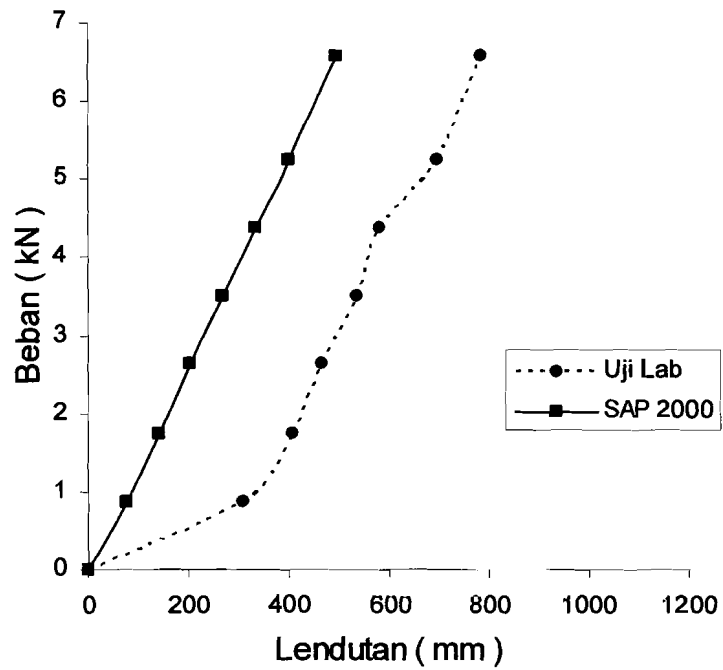
**Gambah 5.14** Grafik Beban – Lendutan analisis SAP 2000 bebda uji 3



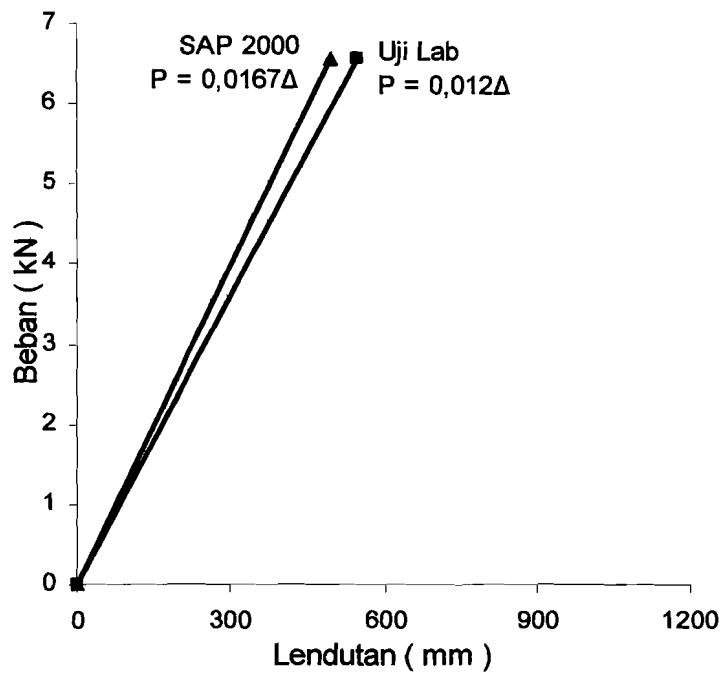
**Gambah 5.15** Regresi Beban – Lendutan analisis SAP 2000 bebda uji 3

**Tabel 5.9** Hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000 benda uji 4

No	Beban (kN)	Dial 1 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )
1	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,875	109,132	123,872	109,132
3	1,750	197,152	225,821	197,152
4	2,625	284,171	326,611	284,171
5	3,500	372,190	428,559	372,190
6	4,375	459,709	529,928	459,709
7	5,250	547,228	631,298	547,228
8	6,562	678,256	783,062	678,256



**Gambar 5.10** Grafik hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000

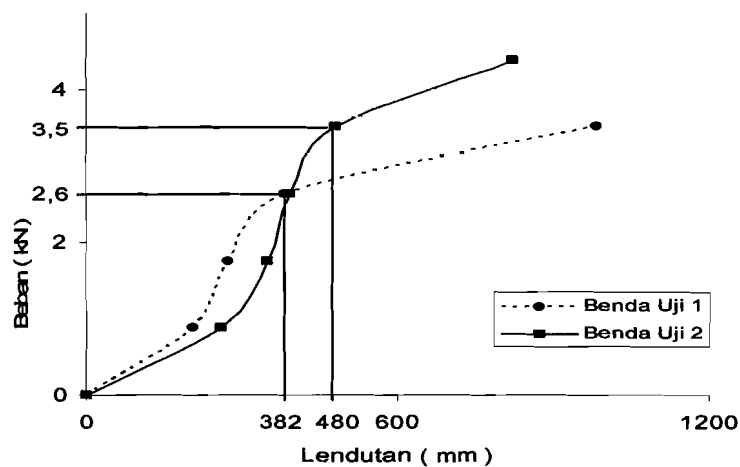


**Gambar 5.11** Regresi hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000

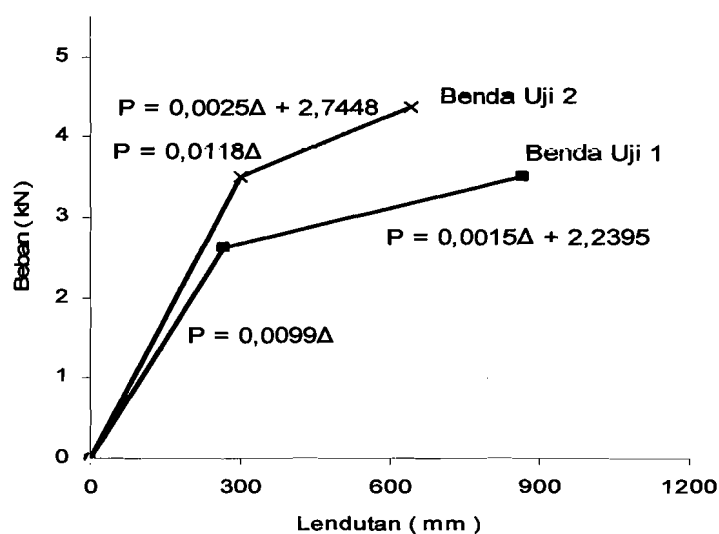
### 5.3.3 Analisis Kekakuan Rangka Batang

Grafik hubungan beban – lendutan rangka kuda-kuda dengan ukuran profil yang sama tiap benda uji pada beban maksimum dibandingkan seperti pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.12, kemiringan grafik hubungan beban – lendutan merupakan nilai kekakuan struktur,  $k = \text{tg}\alpha = \frac{Py}{\Delta y}$ , yang terlihat pada Gambar

5.11 dan Gambar 5.13.



**Gambar 5.10** Grafik Hubungan Beban (P) – Lendutan ( $\Delta$ )

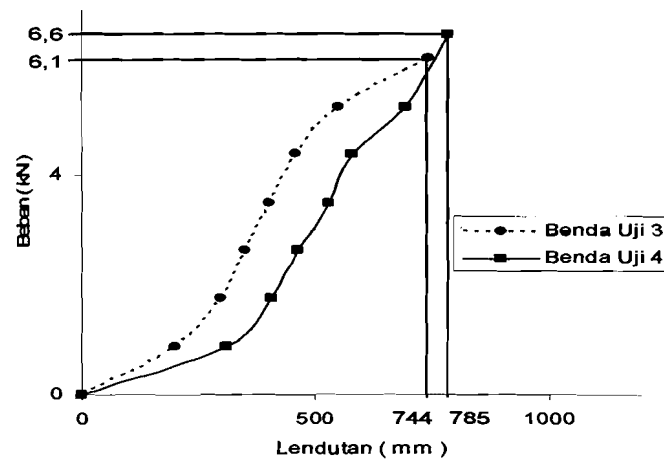
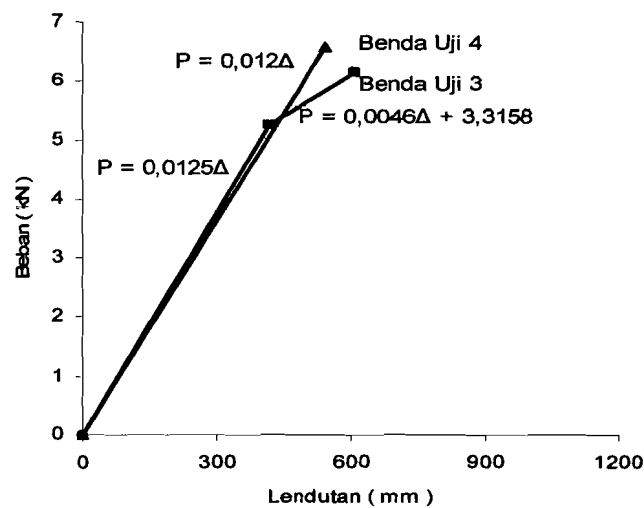


**Gambar 5.11** Regresi Hubungan Beban – Lendutan

**Tabel 5.10** Analisis Perbandingan Nilai kekakuan (Profil C60x22x8x1,2)

Benda Uji 1 dan 2

Benda Uji	P yield (kN)	$\Delta$ yield (mm)	Kekakuan (k) (kN/mm)	(k/k)
1 (Tanpa Batang Nol)	2,624993	3,82	0,687	0,942
2 (Dengan Batang Nol)	3,499991	4,80	0,729	

**Gambar 5.12** Grafik Hubungan Beban (P) – Lendutan ( $\Delta$ )**Gambar 5.13** Regresi Hubungan Beban – Lendutan

**Tabel 5.11** Analisis Perbandingan Nilai kekakuan (profil C70x22x8x1,2)

## Benda Uji 3 dan 4

Benda Uji	P yield ( kN )	Δ yield ( mm )	Kekakuan ( k ) ( kN / mm )	( k / k )
3 (Tanpa Batang Nol)	6,124985	7,44	0,823	0,985
4 (Dengan Batang Nol)	6,562484	7,85	0,836	

Empat benda uji rangka kuda-kuda howe dengan batang nol dan kuda-kuda howe tanpa batang nol dengan beda profil diperoleh perbedaaan lendutan dari masing-masing benda uji, menggunakan persamaan  $k = tg\alpha = \frac{Py}{\Delta y}$ , nilai kekakuan untuk masing masing benda uji terlihat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 di diatas.

Berdasarkan gambar 5.10 dan perhitungan kekakuan pada tabel 5.10, benda uji 1 memiliki nilai kekakuan sebesar 0,687 kN/mm dan benda uji 2 memiliki nilai kekakuan sebesar 0,729 kN/mm, sehingga dapat diperoleh nilai perbandingan kekakuan benda uji 1 dan kekakuan benda uji 2 sebesar 0,942.

Berdasarkan gambar 5.12 dan perhitungan kekakuan pada tabel 5.11, benda uji 3 memiliki nilai kekakuan sebesar 0,823 kN/mm dan benda uji 4 memiliki nilai kekakuan sebesar 0,836 kN/mm, sehingga dapat diperoleh nilai perbandingan kekakuan benda uji 3 dan kekakuan benda uji 4 sebesar 0,985.

#### 5.4 Hubungan Momen - Kelengkungan

Dari hasil penelitian didapatkan data beban ( $P$ ) – lendutan ( $\Delta$ ), sehingga dapat dicari momen ( $M$ ) – kelengkungan ( $\phi$ ) rumus yang dipakai dalam perhitungan ini adalah:

$$\text{Kelengkungan (pers 3.60)} : \phi = \frac{\Delta_1 - 2\Delta_2 + \Delta_3}{\Delta x^2}$$

$$\text{Momen} = \frac{1}{4} \times P \times L$$

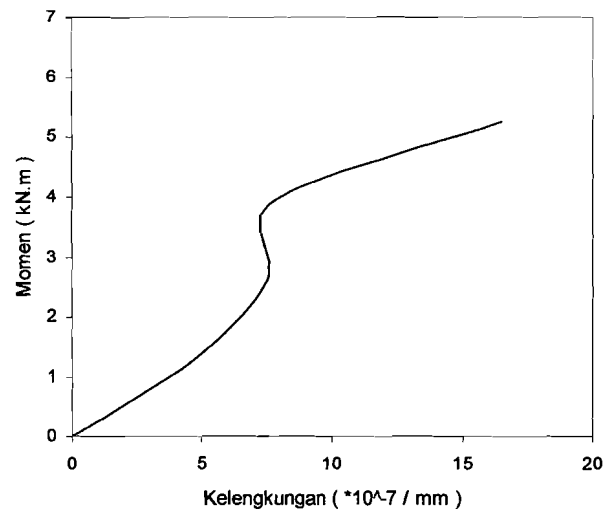
##### 5.4.1 Hubungan momen ( $P$ ) - Kelengkungan ( $\phi$ ) Hasil Pengujian

Seperti halnya yang terjadi pada grafik beban dan lendutan, pada grafik momen dan kelengkungan menunjukkan bahwa rangka batang *truss* memiliki faktor kekakuan seperti pada tabel 5.11

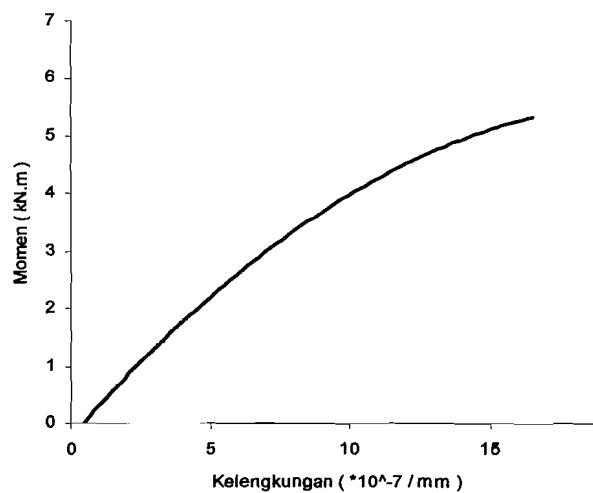
**Table 5.11** Hubungan momen - kelengkungan benda uji 1

Beban (kN)	Pembacaan dial ( $\cdot 10^{-2}$ mm)			Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-5}$ /mm)
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,875	1,750	2,050	1,270	1,312	4,800
1,750	2,020	2,740	1,770	2,625	7,511
2,625	3,690	3,820	2,200	3,937	7,778
3,500	8,940	9,850	7,050	5,250	16,489





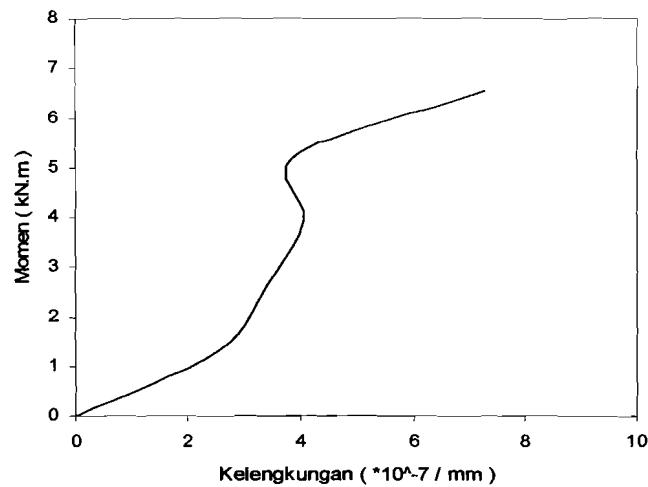
**Gambar 5.14** Grafik Hubungan momen - kelengkungan benda uji 1



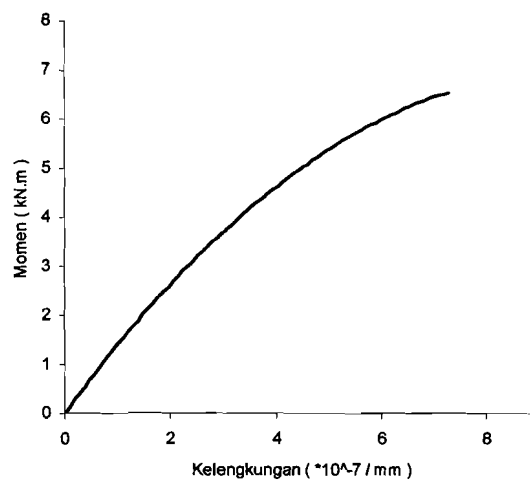
**Gambar 5.15** Regresi Hubungan Momen - kelengkungan benda uji 1

**Table 5.12** Hubungan momen - kelengkungan benda uji 2

Beban (kN)	Pembacaan dial ( $\cdot 10^{-2}$ mm)			Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-5}$ /mm)
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,875	2,38	2,57	2,19	1,312	2,533
1,750	3,12	3,50	3,11	2,625	3,422
2,625	3,64	3,91	3,27	3,937	4,044
3,500	4,52	4,80	4,20	5,250	3,911
4,375	7,51	8,25	7,35	6,562	7,289



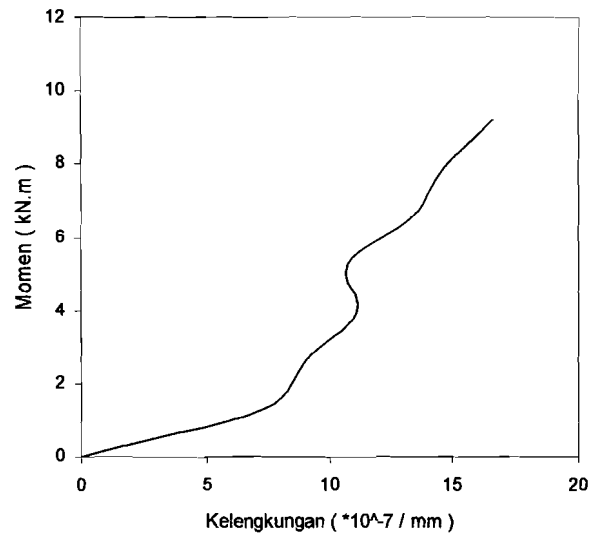
**Gambar 5.16** Grafik Hubungan momen - kelengkungan benda uji 2



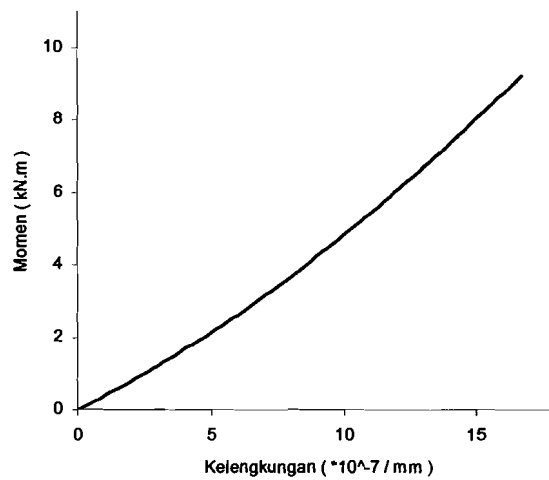
**Gambar 5.17** Regresi Hubungan Momen - kelengkungan benda uji 2

**Table 5.13** Hubungan momen - kelengkungan benda uji 3

Beban (kN)	Pembacaan dial ( $10^{-2} \text{ mm}$ )			Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $10^{-5} / \text{mm}$ )
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		
0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
0,875	1,33	2,04	1,10	1,312	7,3330
1,750	2,00	3,00	1,97	2,625	9,0220
2,625	2,36	3,53	2,20	3,937	11,111
3,500	2,75	4,05	2,93	5,250	10,756
4,375	3,12	4,61	3,09	6,562	13,378
5,250	3,79	5,54	4,00	7,875	14,622
6,125	5,19	7,44	5,95	9,187	16,622



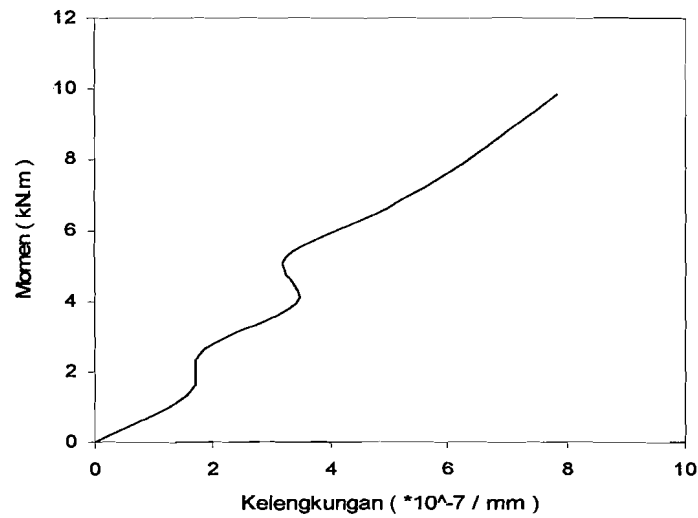
**Gambar 5.18** Grafik Hubungan momen - kelengkungan benda uji 3



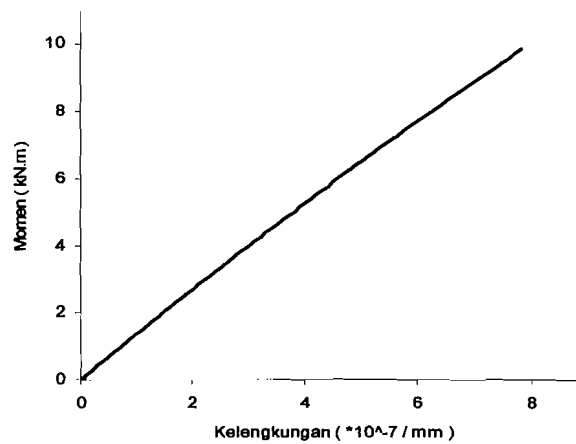
**Gambar 5.19** Regresi Hubungan Momen - kelengkungan benda uji 3

**Table 5.14** Hubungan momen - kelengkungan benda uji 4

Beban (kN)	Pembacaan dial ( $\cdot 10^{-2}$ mm)			Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-3} / \text{mm}$ )
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		
0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
0,875	2,89	3,12	3,00	1,312	1,556
1,750	3,82	4,10	3,96	2,625	1,867
2,625	4,32	4,65	4,21	3,937	3,422
3,500	4,96	5,35	5,01	5,250	3,244
4,375	5,37	5,80	5,13	6,562	4,889
5,250	6,24	6,95	6,25	7,875	6,267
6,562	6,84	7,85	7,10	9,844	7,822



**Gambar 5.20** Grafik Hubungan momen - kelengkungan benda uji 4

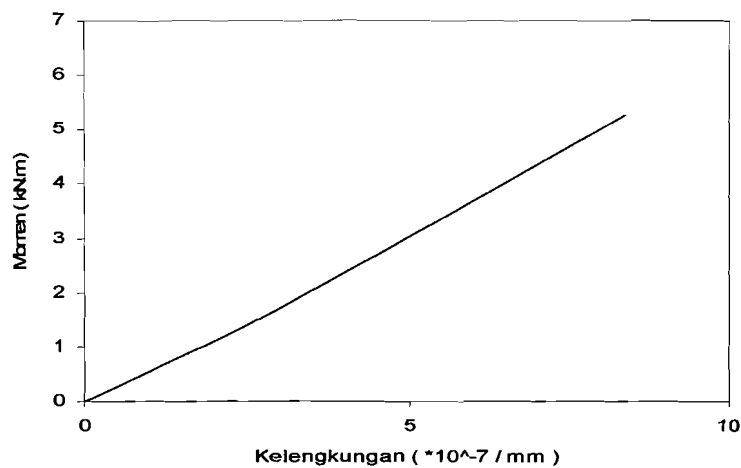


**Gambar 5.21** Regresi Hubungan Momen - kelengkungan benda uji 4

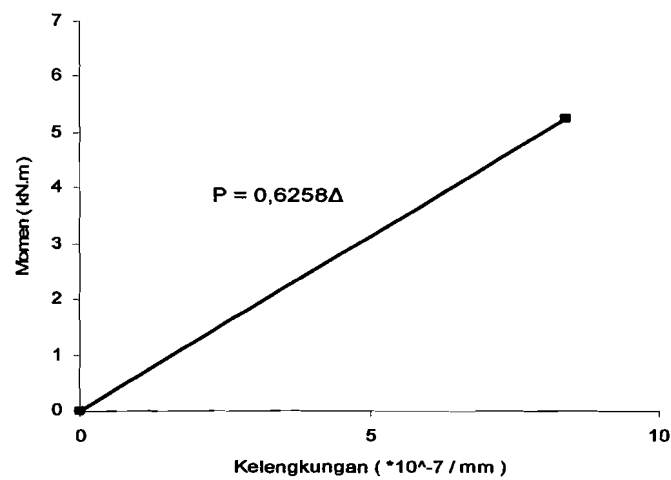
#### 5.4.2 Hubungan momen (P) - Kelengkungan ( $\phi$ ) Hasil Analisis SAP 2000

**Table 5.15** Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 1

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-7} / \text{mm}$ )
1	0	0,0000	0,0000	0,0000	0	0,000
2	0,875	0,2704	0,5408	0,2704	1,312	2,403
3	1,750	0,4957	0,9914	0,4957	2,625	4,406
4	2,625	0,7184	1,4369	0,7184	3,937	6,386
5	3,500	0,9437	1,8875	0,9437	5,250	8,389



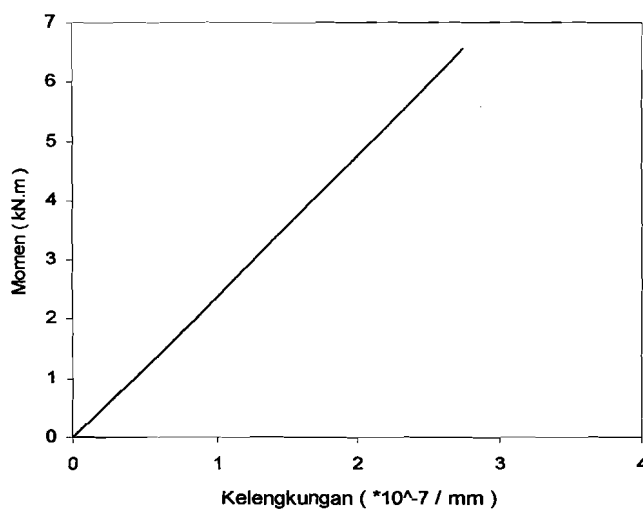
**Gambar 5.22** Grafik Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 1



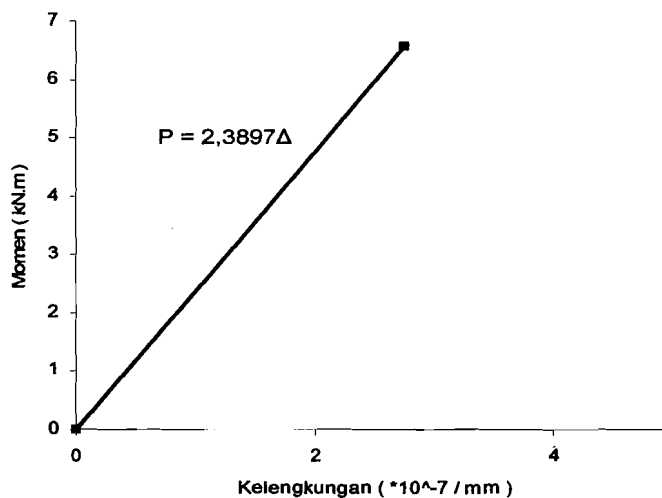
**Gambar 5.23** Regresi Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 1

**Table 5.16** Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 2

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan (*10 <sup>-7</sup> /mm)
1	0	0	0	0	0	0,000
2	0,875	0,49	0,56	0,49	1,312	0,566
3	1,750	0,88	1,01	0,88	2,625	1,114
4	2,625	1,27	1,45	1,27	3,937	1,655
5	3,500	1,65	1,90	1,65	5,250	2,202
6	4,375	2,04	2,35	2,04	6,562	2,746



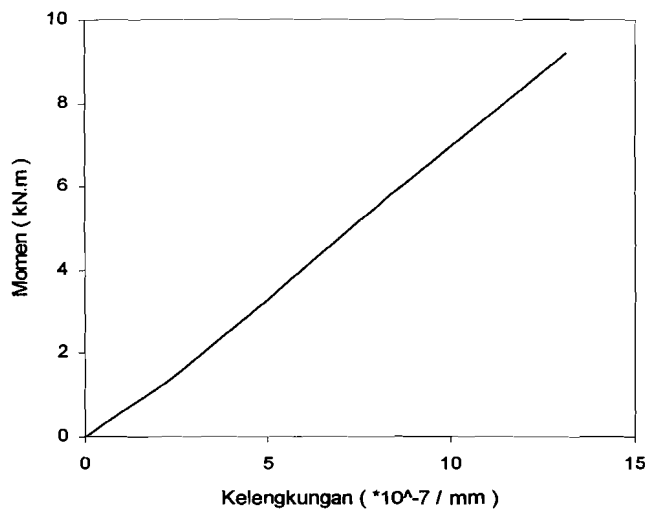
**Gambar 5.24** Grafik Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 2



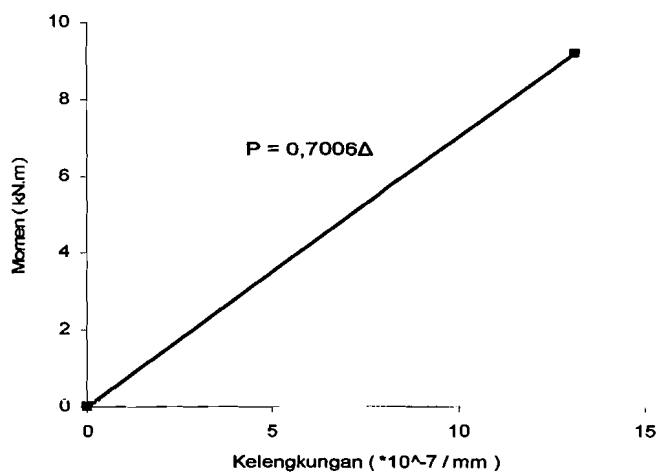
**Gambar 5.25** Regresi Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 2

**Table 5.17** Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 3

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan (*10 <sup>-7</sup> /mm)
1	0	0	0	0	0	0,000
2	0,875	0,25	0,50	0,25	1,312	2,226
3	1,750	0,46	0,91	0,46	2,625	4,049
4	2,625	0,66	1,32	0,66	3,937	5,852
5	3,500	0,86	1,73	0,86	5,250	7,675
6	4,375	1,07	2,13	1,07	6,563	9,488
7	5,250	1,27	2,54	1,27	7,875	11,301
8	6,125	1,48	2,95	1,48	9,187	13,114



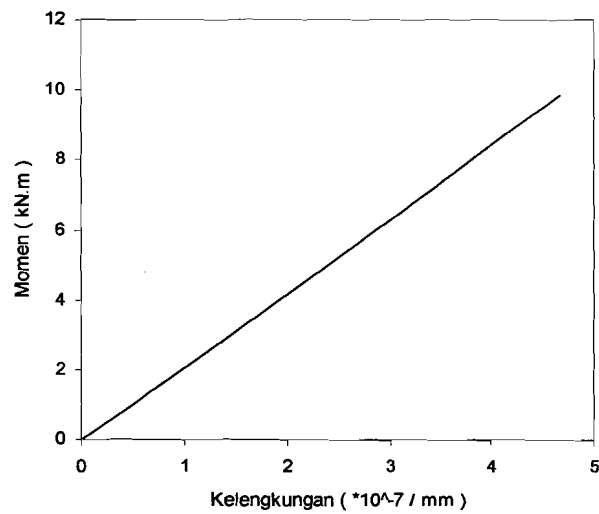
**Gambar 5.26** Grafik Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 3



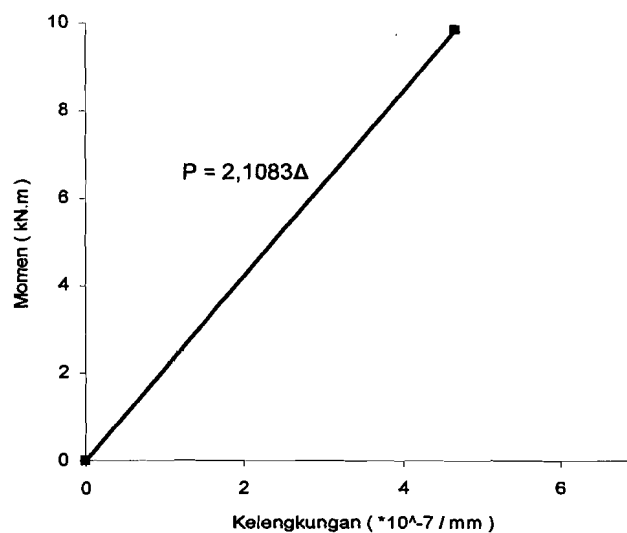
**Gambar 5.27** Regresi hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 3

**Table 5.18** Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 4

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan (*10 <sup>-7</sup> /mm)
1	0	0	0	0	0	0,000
2	0,875	0,55	0,62	0,55	1,312	0,657
3	1,750	0,99	1,13	0,99	2,625	1,277
4	2,625	1,42	1,64	1,42	3,937	1,891
5	3,500	1,87	2,15	1,87	5,250	2,511
6	4,375	2,30	2,66	2,30	6,562	3,128
7	5,250	2,74	3,16	2,74	7,875	3,745
8	6,562	3,40	3,92	3,40	9,844	4,669



**Gambar 5.28** Grafik Hubungan Momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 4



**Gambar 5.29** Regresi hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 4

Grafik hubungan momen dengan kelengkungan menunjukkan faktor kekakuan rangka batang, dimana  $EI = \frac{M}{\phi}$  yang berarti semakin besar kelengkungan yang terjadi maka faktor kekakuan pada rangka batang tersebut akan semakin kecil. Gambar 5.24 menunjukkan analisis rangka batang dari empat benda uji dengan bentuk yang sama.



### 5.5 Analisis Faktor Kekakuan Rangka Batang Hasil Pengujian

Seperti halnya yang terjadi pada grafik beban dan lendutan, pada grafik momen dan kelengkungan menunjukkan bahwa rangka batang *truss* memiliki faktor kekakuan seperti pada tabel 5.19

**Tabel 5.19** Faktor Kekakuan Rangka Batang berdasarkan Hasil Pengujian

Benda Uji	Momen maks ( kN - m )	Kelengkungan ( $\phi$ ) ( $10^{-7}/\text{mm}$ )	Faktor Kekakuan ( kNmm <sup>2</sup> )
1	5,249986875	16,489	0,318395430
2	6,562483594	7,2890	0,900340737
3	9,187477031	16,622	0,552722549
4	9,843725391	7,8220	1,258430803

### 5.6 Analisis Faktor Kekakuan Rangka Batang Hasil Analisis SAP 2000

**Tabel 5.20** Faktor Kekakuan Rangka Batang berdasarkan analisis SAP 2000

Benda Uji	Momen maks ( kN - m )	Kelengkungan ( $\phi$ ) ( $10^{-7}/\text{mm}$ )	Faktor Kekakuan ( kNmm <sup>2</sup> )
1	5,2500	8,389	0,6258
2	6,5625	2,746	2,3897
3	9,1875	13,114	0,7006
4	9,8437	4,669	2,1083

### 5.7 Tinjauan Analitis

Uji lentur kuda-kuda yang dilakukan dilaboratorium menghasilkan beban maksimum yang dapat dipikul oleh kuda-kuda. Gaya batang masing-masing elemen kuda-kuda didapat berdasarkan analisis SAP 2000 dengan menggunakan beban maksimum (P eksperimen ). Gaya batang analisis SAP 2000 untuk tiap elemen terdapat pada lampiran 3

### 5.7.1 Nilai Koefisien Tekuk

#### a. Koefisien Tekuk Uji Desak

Berdasarkan uji desak benda uji profil lipped channel 70 x 22 x 8 x 1.2 mm, didapat nilai  $F_{cr}$  untuk masing masing benda uji.  $F_{cr}$  digunakan untuk mencari nilai koefisien tekuk dengan menggunakan persamaan (3.29) seperti pada lampiran 6 hasil perhitungan pada tabel 5.21 sebagai berikut:

**Tabel 5.21** Koefisien Tekuk Uji Lentur Profil 70 x 22 x 8 x 1,2 mm

Benda Uji	$F_{cr}$ (Mpa)	A (mm)	(b/t)	Koefisien Tekuk (k)
Benda uji 1	84,615	156	18,333	0,157494
Benda uji 2	84,295	156	18,333	0,156898
Benda uji 3	93,910	156	18,333	0,174795

**Tabel 5.22** Koefisien Tekuk Uji Lentur Profil 60 x 22 x 8 x 1,2 mm

Benda Uji	$F_{cr}$ (Mpa)	A (mm)	(b/t)	Koefisien Tekuk (k)
Benda uji 1	80,556	156	18,333	0,149939
Benda uji 2	92,708	156	18,333	0,172557
Benda uji3	96,528	156	18,333	0,179667

#### b. Koefisien Tekuk Uji Lentur

Dari hasil analisis SAP 2000 diperoleh *element forces* (P) sehingga dapat dicari nilai  $F_{cr}$  seperti yang terdapat pada lampiran 6 dan dapat dicari pula koefisien tekuk (k) pelat menggunakan persamaan (3.30). koefisien tekuk (k) hanya dapat diperoleh dari batang yang rusak akibat tekuk yang terlihat pada sampel benda uji.

**Tabel 5.23** Koefisien Tekuk Uji Lentur

Benda Uji	Batang	$P_{cr}$ (Mpa)	$F_{cr}$ (Mpa)	A (mm)	(b/t)	Koefisien Tekuk (k)
BU 1	1 dan 4	5,394	34,576	156	18,333	0,064357
BU 2	10 dan 13	6,729	43,135	156	18,333	0,080287
BU 3	1 dan 4	9,258	9,2580	156	18,333	0,110466
BU 4	10 dan 13	9,900	9,2580	156	18,333	0,118117

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan serta uraian tugas akhir ini, kesimpulan dan saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

#### 6.1 Kesimpulan

1. Dengan ada batang nol atau tidak ada batang nol berpengaruh terhadap kekuatan atau kemampuan rangka kuda-kuda dalam menahan beban kecil. Pada Sampel yang menggunakan profil C 60x22x8x1,2 dengan meniadakan batang nol hanya mengalami penurunan kekuatan memikul beban sebesar 0,875 kN. Dan pada Sampel yang menggunakan profil C 70x22x8x1,2 dengan meniadakan batang nol hanya mengalami penurunan kekuatan memikul beban sebesar 0,435 kN
2. Rangka kuda-kuda dengan batang nol memiliki nilai kekakuan yang lebih besar daripada rangka kuda-kuda tanpa batang nol. Pada Sampel yang menggunakan profil C 60x22x8x1,2 dengan meniadakan batang nol diperoleh nilai perbandingannya ( k/k ) sebesar 0,942. Dan pada Sampel yang menggunakan profil C 70x22x8x1,2 dengan meniadakan batang nol diperoleh nilai perbandingannya ( k/k ) sebesar 0,985.
3. Berdasarkan hubungan momen (M) - kelengkungan ( $\phi$ ) pada profil C 60x22x8x1,2 dengan menghilangkan batang nol diperoleh penurunan factor kekakuan sebesar 0,582 kN.mm<sup>2</sup> dan pada profil C 60x22x8x1,2 dengan

menghilangkan batang nol diperoleh penurunan factor kekakuan sebesar 0,706  
kN.mm<sup>2</sup>

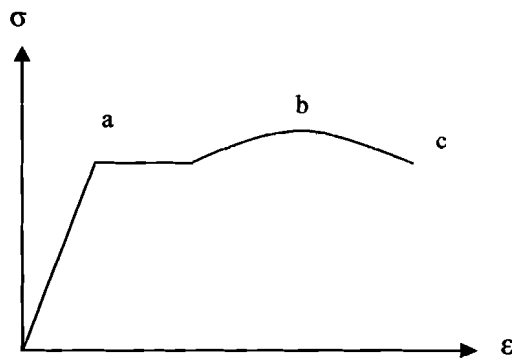
## 6.2 Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan serta kesimpulan, maka disarankan:

1. Pemasangan hidraulik jack harus benar benar-benar pada pisi tengah, karena berpengaruh terhadap perilaku maupun kekuatan benda uji.
2. Pada saat pengujian diperlukan kecermatan dalam pembacaan dial (kuda-kuda pada posisi tidak bergerak).
3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat membandingkan hal - hal sebagai berikut:
  1. Pengaruh jarak lateral
  2. Penambahan plat kopel pada batang ganda
  3. Penambahan variasi benda uji baik berupa ukuran maupun model.

**Hasil Pengujian Bahan**

Pengujian ini merupakan uji terhadap kekuatan tarik bahan profil lipped channel 60 x 22 x 8 x 1,2 mm dan 70 x 22 x 10 x 1,2 mm yang dilakukan di laboratorium Teknik Sipil UII Jogjakarta. Adapun hasil pendahuluan sebagai berikut:

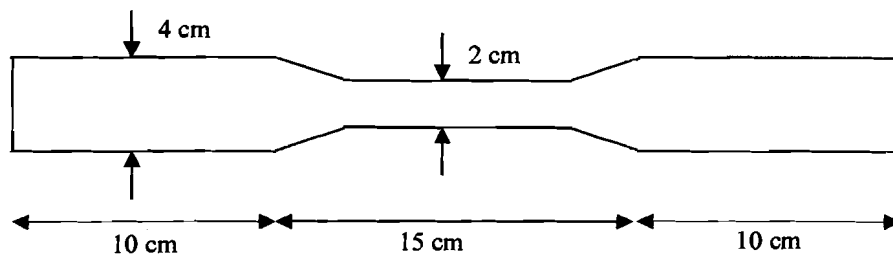


**Gambar 1.1** Grafik tegangan – regangan

Beban leleh (a)

Beban maksimum (b)

Beban patah (c)



**Gambar L1.1** Benda uji kuat tarik baja

## Lampiran 1

### 1.1. hasil pengujian kuat tarik profil lipped channel 60 x 22 x 8 x 1,2 mm

#### a. Sampel I

$$\text{Beban leleh} = 240 \text{ kg}$$

$$\text{Beban maksimum} = 385 \text{ kg}$$

Perhitungan

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

$$\text{Tebal} = 0.12 \text{ cm}$$

$$A_0 = l \times t = 0.24 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh (Fy)} &= \frac{P_y}{A_0} \\ &= \frac{240}{0,24} \\ &= 1000 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 100 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik (Fu)} &= \frac{P_u}{A_0} \\ &= \frac{385}{0,24} \\ &= 1604,17 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 160,417 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

## Lampiran 1

### b. Sampel II

$$\text{Beban leleh} = 287,5 \text{ kg}$$

$$\text{Beban maksimum} = 380 \text{ kg}$$

Perhitungan:

$$\text{Lebar} = 2,015 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 0,12 \text{ cm}$$

$$A_0 = l \times t = 0,2418 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh (Fy)} &= \frac{P_y}{A_0} \\ &= \frac{287,5}{0,2418} \\ &= 1188,99 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 118,899 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik (Fu)} &= \frac{P_u}{A_0} \\ &= \frac{380}{0,2418} \\ &= 1571,55 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 157,155 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

## Lampiran 1

### c. Sampel III

$$\text{Beban leleh} = 227,5 \text{ kg}$$

$$\text{Beban maksimum} = 360 \text{ kg}$$

#### Perhitungan

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

$$\text{Tebal} = 0,12 \text{ cm}$$

$$A_0 = l \times t = 0,240 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh (F}_y) &= \frac{P_y}{A_0} \\ &= \frac{227}{0,240} \\ &= 929,23 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 92,923 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik (F}_u) &= \frac{P_u}{A_0} \\ &= \frac{360}{0,240} \\ &= 1470,59 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 147,059 \text{ Mpa} \end{aligned}$$



## Lampiran 1

$$\text{kuat leleh rata-rata} = \frac{100 + 118,899 + 92,933}{3}$$

$$= 103,944 \text{ Mpa}$$

$$\text{kuat tarik rata-rata} = \frac{160,417 + 157,155 + 147,059}{3}$$

$$= 154,877 \text{ Mpa}$$

**Tabel 1.1** Hasil pengujian kuat tarik baja

Nilai hasil uji	Benda uji 1	Benda uji 2	Benda uji 3
Beban leleh (Kg)	240	287,5	227,5
Beban maksimum (Kg)	385	385	360
Tegangan Leleh ( $F_y$ )	100	118,899	92,933
Teg maksimum ( $F_u$ )	160,417	157,155	147,059
$F_y$ rata-rata (Mpa) ( $F_u$ )	103,944		
$F_u$ rata-rata (Mpa)	154,877		

## Lampiran 1

### 1.2 hasil pengujian kuat tarik profil lipped channel 70 x 22 x 8 x 1,2 mm

#### a. Sampel I

$$\text{Beban leleh} = 252,5 \text{ kg}$$

$$\text{Beban maksimum} = 387,5 \text{ kg}$$

Perhitungan

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

$$\text{Tebal} = 0.12 \text{ cm}$$

$$A_0 = l \times t = 0.24 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh (F}_y) &= \frac{P_y}{A_0} \\ &= \frac{252,5}{0,240} \\ &= 1052,08 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 105,208 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik (F}_u) &= \frac{P_u}{A_0} \\ &= \frac{387,5}{0,240} \\ &= 1614,58 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 161,458 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

## Lampiran 1

### b. Sampel II

$$\text{Beban leleh} = 296 \text{ kg}$$

$$\text{Beban maksimum} = 400 \text{ kg}$$

Perhitungan

$$\text{Lebar} = 2,015 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 0.12 \text{ cm}$$

$$A_0 = l \times t = 0.2418 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh (F}_y) &= \frac{P_y}{A_0} \\ &= \frac{296}{0,2418} \\ &= 1233,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 123,333 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik (F}_u) &= \frac{P_u}{A_0} \\ &= \frac{400}{0,2418} \\ &= 1666,67 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 166,667 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

## Lampiran 1

### c. Sampel III

$$\text{Beban leleh} = 235,5 \text{ kg}$$

$$\text{Beban maksimum} = 377,5 \text{ kg}$$

#### Perhitungan

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

$$\text{Tebal} = 0,12 \text{ cm}$$

$$A_0 = l \times t = 0,240 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh (F}_y) &= \frac{P_y}{A_0} \\ &= \frac{235,5}{0,240} \\ &= 981,25 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 98,125 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tarik (F}_u) &= \frac{P_u}{A_0} \\ &= \frac{377,5}{0,240} \\ &= 1088,89 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 108,889 \text{ Mpa} \end{aligned}$$



## Lampiran 1

$$\begin{aligned} \text{kuat leleh rata-rata} &= \frac{105,208 + 123,333 + 98,125}{3} \\ &= 108,889 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

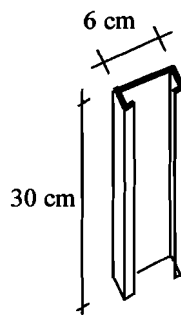
$$\begin{aligned} \text{kuat tarik rata-rata} &= \frac{161,458 + 166,667 + 157,292}{3} \\ &= 161,806 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

**Tabel 1.2** Hasil pengujian kuat tarik baja

Nilai hasil uji	Benda uji 1	Benda uji 2	Benda uji 3
Beban leleh (Kg)	372,5	325	327,5
Beban maksimum (Kg)	387,5	400	377,5
Tegangan Leleh ( $F_y$ )	105,208	123,333	98,125
Teg maksimum ( $F_u$ )	161,458	166,667	157,292
$F_y$ rata-rata (Mpa) ( $F_u$ )	108,889		
$F_u$ rata-rata (Mpa)	166,853		

## 2. Uji kuat tekan baja

Pengujian ini merupakan uji terhadap kekuatan tekan bahan profil lipped channel 60 x 22x 8 x 1,2 mm yang dilakukan di laboratorium Teknik sipil UII Jogjakarta pengujian menggunakan dua buah benda uji yaitu untuk uji tekuk lokal dan uji tekuk keseluruhan.



**Gambar** benda uji untuk tekuk lokal & keseluruhan

2.1 Hasil pengujian kuat tekan profil lipped channel 60 x 22 x 8 x 1,2 mm untuk tekuk lokal

a. Sampel 1

$$\text{beban maksimum} = 1160 \text{ kg}$$

$$\text{kuat desak sampel 1} = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}}$$

$$= \frac{1160 \text{ kg}}{144 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2}$$

$$= 805,56 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 80,556 \text{ Mpa}$$

## Lampiran 1

### b. Sampel 2

$$\text{beban maksimum} = 1335 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{kuat desak sampel 2} &= \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}} \\ &= \frac{1335 \text{ kg}}{114 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2} \\ &= 927,08 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 92,708 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

### c. Sampel 3

$$\text{beban maksimum} = 1390 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{kuat desak sample 3} &= \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}} \\ &= \frac{1390 \text{ kg}}{114 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2} \\ &= 965,28 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 96,528 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

**Tabel 1.3** Hasil uji tekan baja untuk tekuk lokal

Hasil benda uji	Benda uji 1	Benda uji 2	Benda uji 3
Beban maksimum (kg)	1160	1335	1390
Kuat desak (Mpa)	80,556	92,708	96,528
Kuat desak rata-rata (Mpa)	89,931		

## Lampiran 1

Hasil pengujian kuat tekan profil lipped channel 60 x 22 x 8 x 1,2 mm untuk tekuk lokal

a. Sampel 1

$$\text{beban maksimum} = 1150 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{kuat desak sampel 1} &= \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}} \\ &= \frac{1150 \text{ kg}}{114 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2} \\ &= 798,61 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79,861 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Sampel 2

$$\text{beban maksimum} = 1070 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{kuat desak sampel 2} &= \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}} \\ &= \frac{1070 \text{ kg}}{114 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2} \\ &= 743,06 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 74,306 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

c. Sampel 3 luas tampang

$$\text{beban maksimum} = 910 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{kuat desak sampel 3} &= \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}} \\ &= \frac{910 \text{ kg}}{114 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2} \end{aligned}$$



## Lampiran 1

$$= 631,94 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 63,194 \text{ Mpa}$$

**Tabel 1.4** Hasil uji tekan baja untuk tekuk keseluruhan

<b>Hasil benda uji</b>	<b>Benda uji 1</b>	<b>Benda uji 2</b>	<b>Benda uji 3</b>
Beban maksimum (kg)	1150	1070	910
Kuat desak (Mpa)	79,861	74,306	63,194
Kuat desak rata-rata (Mpa)	72,120		

## Lampiran 1

2.1 Hasil pengujian kuat tekan profil lipped channel 70 x 22 x 8 x 1,2 mm untuk tekuk lokal

a. Sampel 1

$$\text{beban maksimum} = 1320 \text{ kg}$$

$$\text{kuat desak sampel 1} = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}}$$

$$= \frac{1320 \text{ kg}}{156 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2}$$

$$= 846,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 84,615 \text{ Mpa}$$

b. Sampel 2

$$\text{beban maksimum} = 1315 \text{ kg}$$

$$\text{kuat desak sampel 2} = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}}$$

$$= \frac{1315 \text{ kg}}{156 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2}$$

$$= 842,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 84,295 \text{ Mpa}$$

c. Sampel 3

$$\text{beban maksimum} = 1465 \text{ kg}$$

$$\text{kuat desak sample 3} = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}}$$

$$= \frac{1465 \text{ kg}}{156 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2}$$

## Lampiran 1

$$= 939,10 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 93,910 \text{ Mpa}$$

**Tabel 1.5** hasil uji tekan baja untuk tekuk lokal

Hasil benda uji	Benda uji 1	Benda uji 2	Benda uji 3
Beban maksimum (kg)	1320	1315	1465
Kuat desak (Mpa)	84,615	84,295	93,91
Kuat desak rata-rata (Mpa)	87,607		

Hasil pengujian kuat tekan profil lipped channel 70 x 22 x 8 x 1,2 mm untuk tekuk lokal

a. Sampel 1

$$\text{beban maksimum} = 1150 \text{ kg}$$

$$\text{kuat desak sampel 1} = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}}$$

$$= \frac{1150 \text{ kg}}{114.10^{-2} \text{ cm}^2}$$

$$= 798,61 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 79,861 \text{ Mpa}$$

## Lampiran 1

### b. Sampel 2

$$\text{beban maksimum} = 1070 \text{ kg}$$

$$\text{kuat desak sampel 2} = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}}$$

$$= \frac{1070 \text{ kg}}{114.10^{-2} \text{ cm}^2}$$

$$= 743,06 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 74,306 \text{ Mpa}$$

### c. Sampel 3 luas tampang

$$\text{beban maksimum} = 910 \text{ kg}$$

$$\text{kuat desak sampel 3} = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas tampang}}$$

$$= \frac{910 \text{ kg}}{114.10^{-2} \text{ cm}^2}$$

$$= 631,94 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 63,194 \text{ Mpa}$$

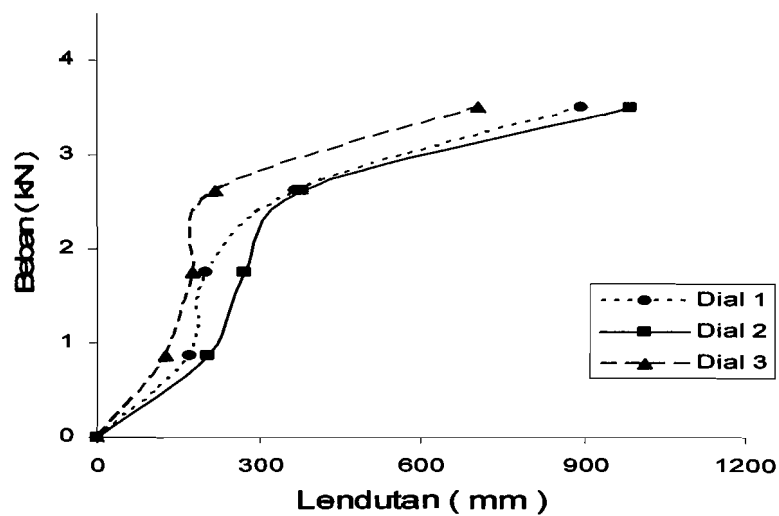
**Tabel 1.6** hasil uji tekan baja untuk tekuk keseluruhan

Hasil benda uji	Benda uji 1 (30 cm)	Benda uji 2 (30 cm)	Benda uji 3 (30 cm)
Beban maksimum (kg)	1150	1070	910
Kuat desak (Mpa)	79,861	74,306	63,194
Kuat desak rata-rata (Mpa)	72,120		

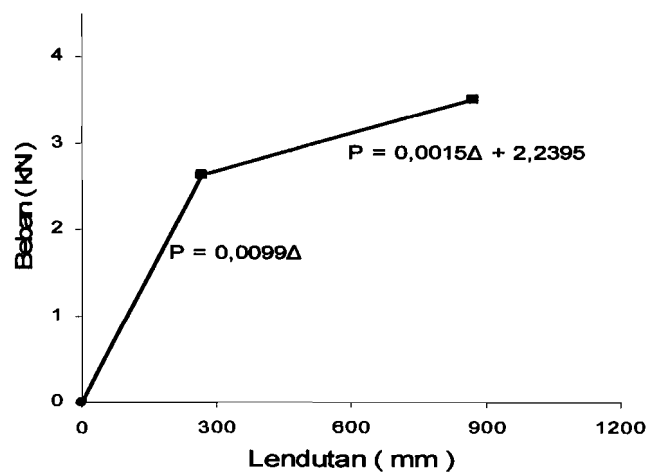
### Hasil Pengujian Struktur Rangka Batang Kuda-kuda.

Tabel 5.5 Hubungan beban dan lendutan benda uji 1

Beban (kN)	Dial 1 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )
0	0	0	0
0,875	175	205	127
1,750	202	274	177
2,625	369	382	220
3,500	894	985	705



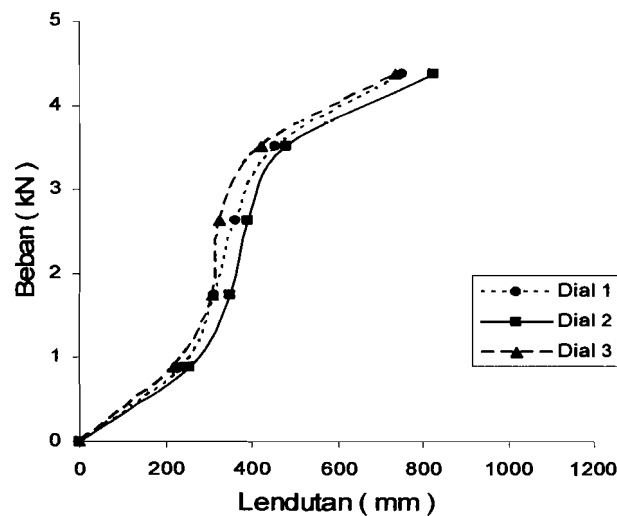
Gambar 5.2 Grafik Hubungan beban – lendutan benda uji 1



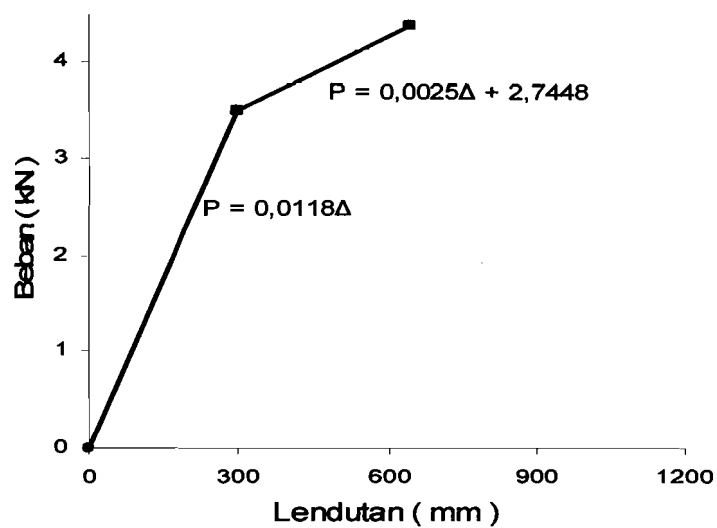
Gambar 5.3 Regresi hubungan beban – lendutan benda uji 1

Tabel 5.6 Hubungan beban dan lendutan benda uji 2

Beban (kN)	Dial 1 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )
0,000	0	0	0
0,875	238	257	219
1,750	312	350	311
2,625	364	391	327
3,500	452	480	420
4,375	751	825	735



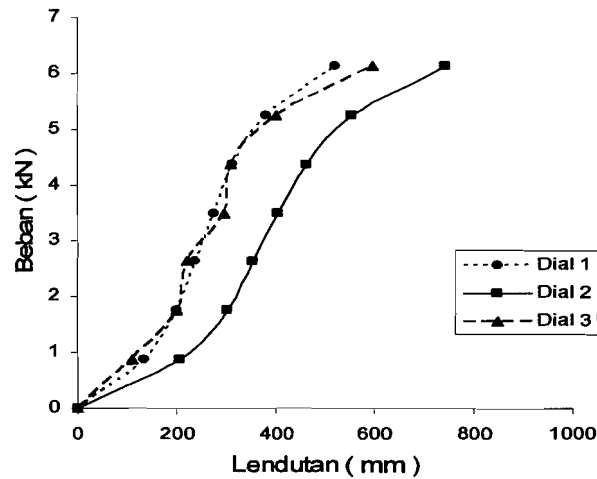
Gambar 5.4 Grafik hubungan beban – lendutan benda uji 2



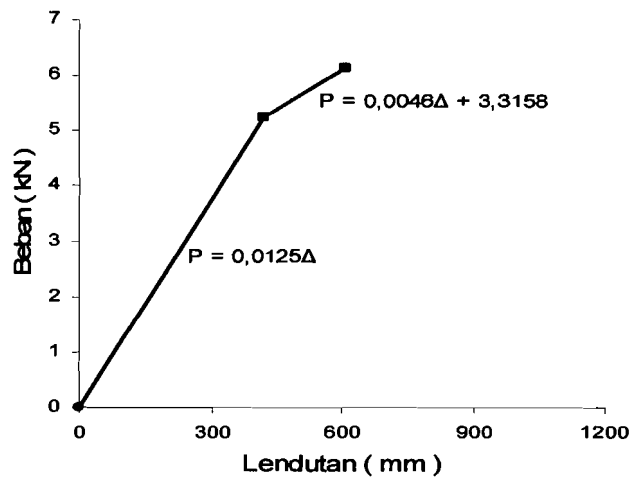
Gambar 5.5 Regresi hubungan beban – lendutan benda uji 2

**Tabel 5.7** Hubungan beban dan lendutan benda uji 3

Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
0,000	0	0	0
0,875	133	204	110
1,750	200	300	197
2,625	236	353	220
3,500	275	405	293
4,375	312	461	309
5,250	379	554	400
6,125	519	744	595



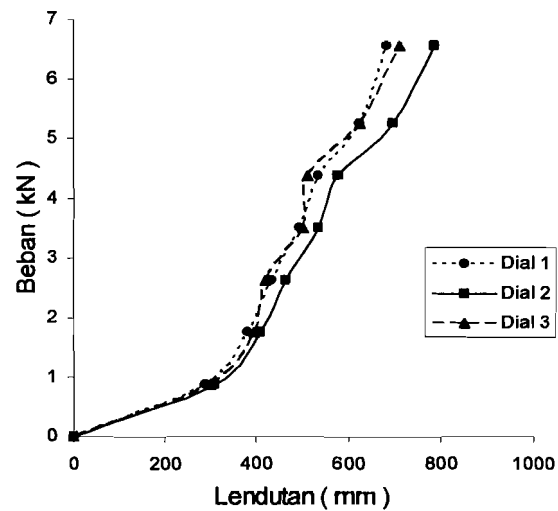
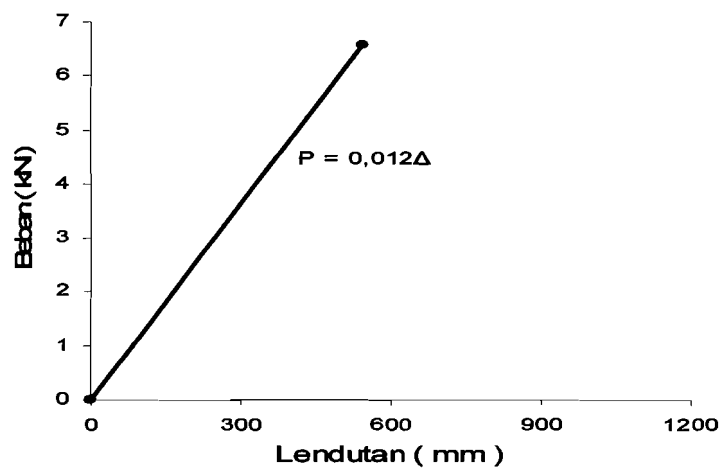
**Gambar 5.6** Grafik hubungan beban – lendutan benda uji 3



**Gambar 5.7** Regresi hubungan beban – lendutan benda uji 3

**Tabel 5.8** Hubungan beban dan lendutan benda uji 4

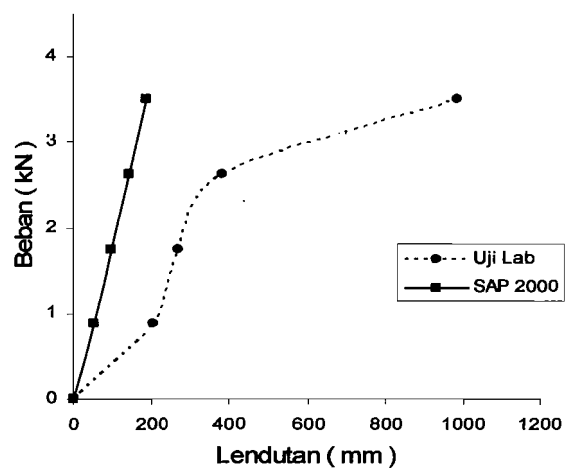
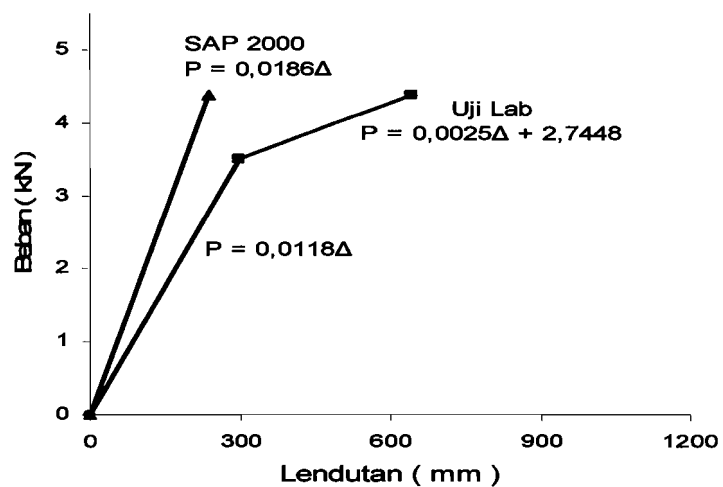
Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
0	0	0	0
0,87	289	312	300
1,75	382	410	396
2,62	432	465	421
3,50	496	535	501
4,37	537	580	513
5,25	624	695	625
6,56	684	785	710

**Gambar 5.8** Grafik hubungan beban – lendutan benda uji 4**Gambar 5.9** Regresi hubungan beban – lendutan benda uji 4



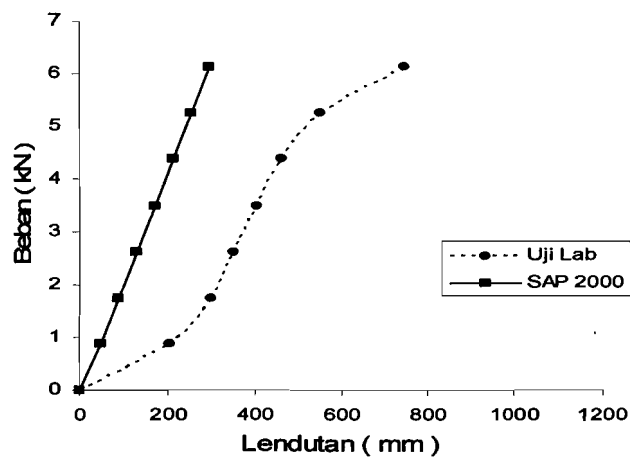
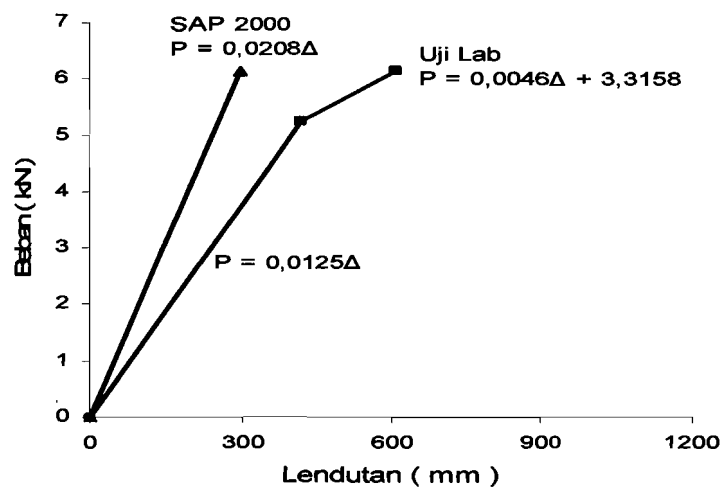
**Tabel 5.9** Hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000 benda uji 1

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
1	0,000	0	0	0
2	0,875	86	171	86
3	1,750	157	314	157
4	2,625	227	454	227
5	3,500	298	597	298

**Gambah 5.10** Grafik Beban – Lendutan analisis SAP 2000 bebda uji 1**Gambah 5.11** Regresi Beban – Lendutan analisis SAP 2000 bebda uji 1

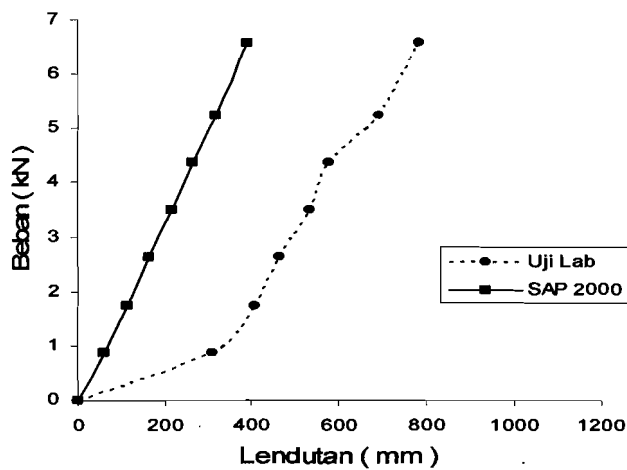
**Tabel 5.10** Hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000 benda uji 2

No	Beban (kN)	Dial 1 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 ( mm ) ( *10 <sup>-2</sup> )
1	0,000	0	0	0
2	0,875	156	176	156
3	1,750	279	318	279
4	2,625	400	459	400
5	3,500	523	602	523
6	4,375	646	743	646

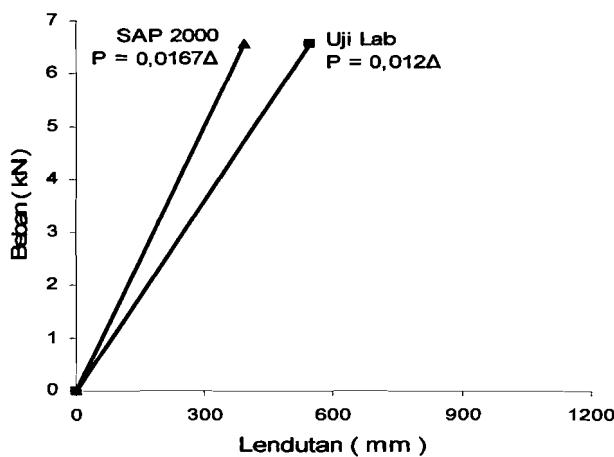
**Gambah 5.12** Grafik Beban – Lendutan analisis SAP 2000 bebda uji 2**Gambah 5.13** Regresi Beban – Lendutan analisis SAP 2000 bebda uji 2

**Tabel 5.10** Hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000 benda uji 3

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
1	0,000	0	0	0
2	0,875	50	100	50
3	1,750	91	182	91
4	2,625	131	263	131
5	3,500	172	345	172
6	4,375	213	426	213
7	5,250	254	507	254
8	6,125	294	589	294



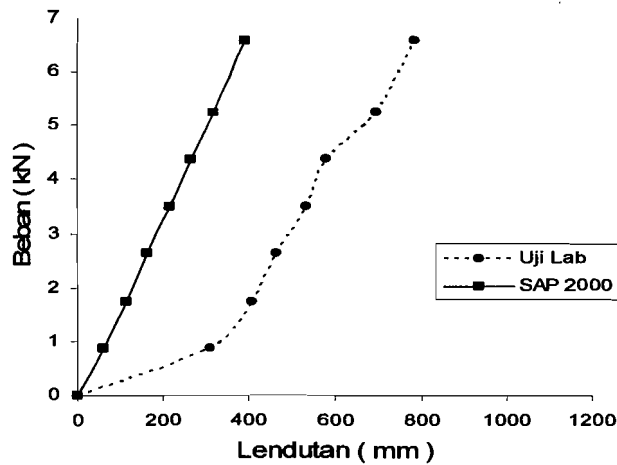
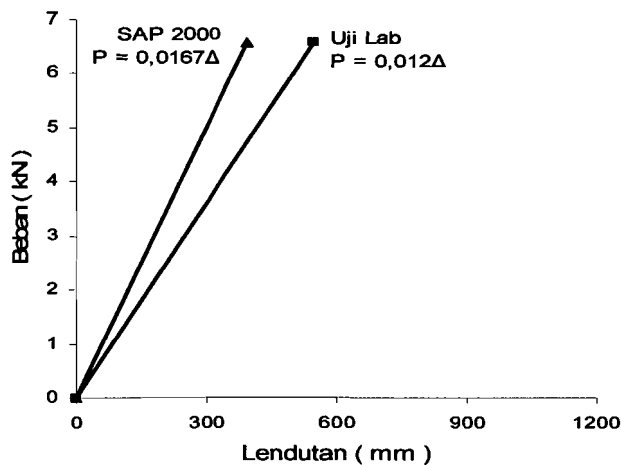
**Gambar 5.14** Grafik Beban – Lendutan analisis SAP 2000 bebda uji 3



**Gambah 5.15** Regresi Beban – Lendutan analisis SAP 2000 bebda uji 3

**Tabel 5.9** Hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000 benda uji 4

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 2 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )	Dial 3 (mm) (*10 <sup>-2</sup> )
1	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,875	109,132	123,872	109,132
3	1,750	197,152	225,821	197,152
4	2,625	284,171	326,611	284,171
5	3,500	372,190	428,559	372,190
6	4,375	459,709	529,928	459,709
7	5,250	547,228	631,298	547,228
8	6,562	678,256	783,062	678,256

**Gambar 5.10** Grafik hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000**Gambar 5.11** Regresi hubungan beban – lendutan analisis SAP 2000

**Perhitungan kekakuan benda uji****a. benda uji 1****Persamaan garis regresi 1**

$$P = 0.0069 \Delta$$

$$\phi = \frac{P}{\Delta} = 0.0069 \Delta$$

$$P = 2,6249934 \text{ kN}$$

$$\Delta = 3.82 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \phi = k &= \frac{2,6249934}{3.82} \\ &= 0.6871711 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

**Persamaan garis regresi 2**

$$P = 0.0069 \Delta + 2.0707$$

$$\phi = \frac{P}{\Delta} = 0.0069 \Delta + 2,0707$$

$$P = 3.4999913 \text{ kN}$$

$$\Delta = 9,85 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \phi = k &= \frac{3,4999913}{9,85} \\ &= 0,3553291 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

**b. benda uji 2****Persamaan garis regresi 1**

$$P = 0,0073 \Delta$$

$$\phi = \frac{P}{\Delta} = 0,0073 \Delta$$

$$P = 3,4999913 \text{ kN}$$

$$\Delta = 4,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= k = \frac{3,4999913}{4,8} \\ &= 0,7291648 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

**Persamaan garis regresi 2**

$$P = 0,0025 \Delta + 2,2826$$

$$\phi = \frac{P}{\Delta} = 0,0069 \Delta + 2,2826$$

$$P = 4,3749891 \text{ kN}$$

$$\Delta = 8,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= k = \frac{4,3749891}{8,25} \\ &= 0,5303017 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

**c. benda uji 3****Persamaan garis regresi 1**

$$P = 0,0095 \Delta$$

$$\phi = \frac{P}{\Delta} = 0,0095 \Delta$$

$$P = 5,2499869 \text{ kN}$$

$$\Delta = 5,54 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= k = \frac{5,2499869}{5,54} \\ &= 0,9476511 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

**Persamaan garis regresi 2**

$$P = 0,0046 \Delta + 2,6987$$

$$\phi = \frac{P}{\Delta} = 0,0046 \Delta + 2,6987$$

$$P = 6,1249847 \text{ kN}$$

$$\Delta = 7,44 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \phi = k &= \frac{6,1249847}{7,44} \\ &= 0,9476511 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

**d. benda uji 4**

**Persamaan garis regresi 1**

$$P = 0,0084 \Delta$$

$$\phi = \frac{P}{\Delta} = 0,0084 \Delta$$

$$P = 6,5624836 \text{ kN}$$

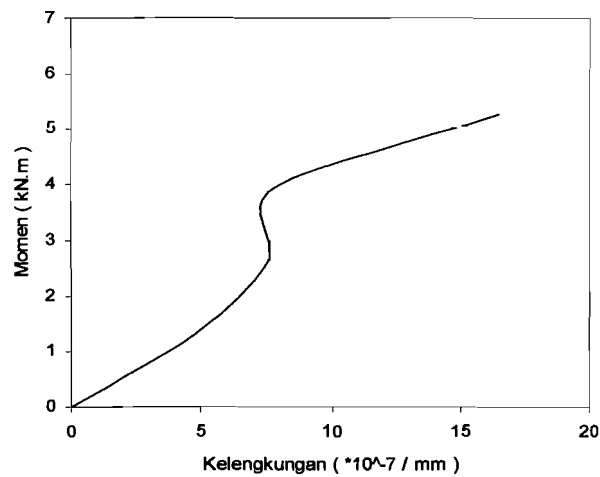
$$\Delta = 7,85 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \phi = k &= \frac{6,5624836}{7,85} \\ &= 0,8359852 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

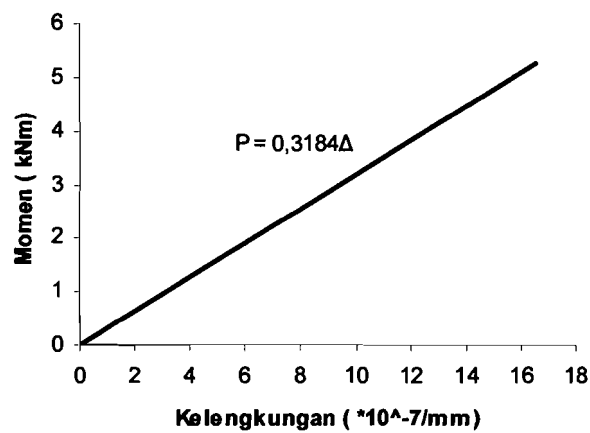
<b>Benda Uji</b>	<b>Beban maks ( kN )</b>	<b>Lendutan ( mm )</b>	<b>Kekakuan ( kN / mm )</b>
1	3,500	9,85	0,3553291
2	4,375	8,25	0,5303017
3	6,125	7,44	0,8232506
4	6,562	7,85	0,8359852

Table 5.11 Hubungan momen - kelengkungan benda uji 1

Beban (kN)	Pembacaan dial ( $\cdot 10^{-2}$ mm)			Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-5}/\text{mm}$ )
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,875	1,750	2,050	1,270	1,312	4,800
1,750	2,020	2,740	1,770	2,625	7,511
2,625	3,690	3,820	2,200	3,937	7,778
3,500	8,940	9,850	7,050	5,250	16,489



Gambar 5.14 Grafik Hubungan momen - kelengkungan benda uji 1

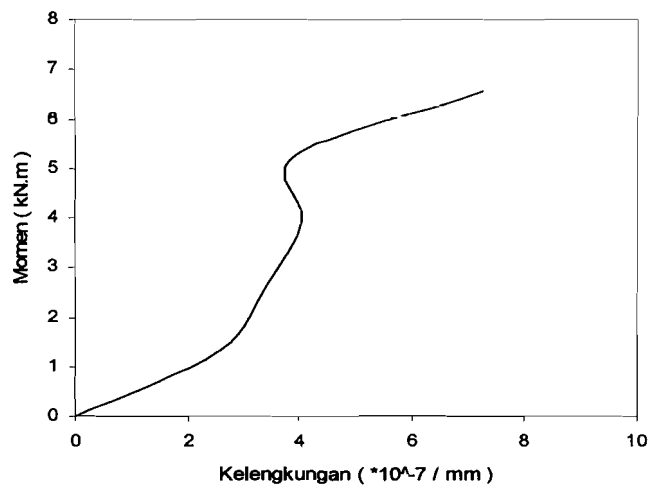


Gambar 5.15 Regresi Hubungan Momen - kelengkungan benda uji 1

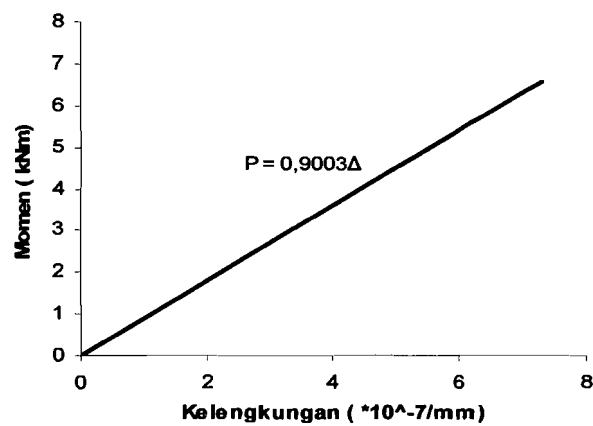


Table 5.12 Hubungan momen - kelengkungan benda uji 2

Beban (kN)	Pembacaan dial ( $\cdot 10^{-2}$ mm)			Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-5}$ /mm)
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,875	2,38	2,57	2,19	1,312	2,533
1,750	3,12	3,50	3,11	2,625	3,422
2,625	3,64	3,91	3,27	3,937	4,044
3,500	4,52	4,80	4,20	5,250	3,911
4,375	7,51	8,25	7,35	6,562	7,289



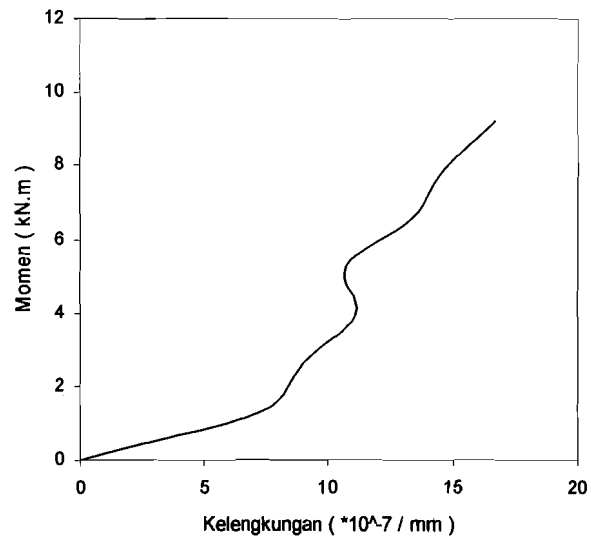
Gambar 5.16 Grafik Hubungan momen - kelengkungan benda uji 2



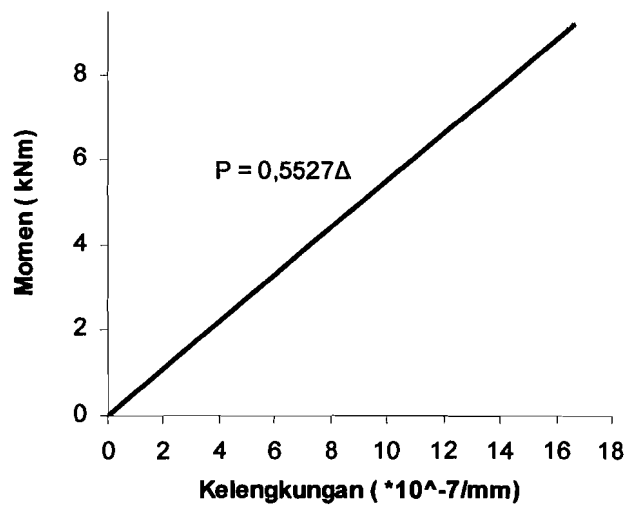
Gambar 5.17 Regresi Hubungan Momen - kelengkungan benda uji 2

Table 5.13 Hubungan momen - kelengkungan benda uji 3

Beban (kN)	Pembacaan dial ( $\cdot 10^{-2}$ mm)			Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-5}$ /mm)
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		
0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
0,875	1,33	2,04	1,10	1,312	7,3330
1,750	2,00	3,00	1,97	2,625	9,0220
2,625	2,36	3,53	2,20	3,937	11,111
3,500	2,75	4,05	2,93	5,250	10,756
4,375	3,12	4,61	3,09	6,562	13,378
5,250	3,79	5,54	4,00	7,875	14,622
6,125	5,19	7,44	5,95	9,187	16,622



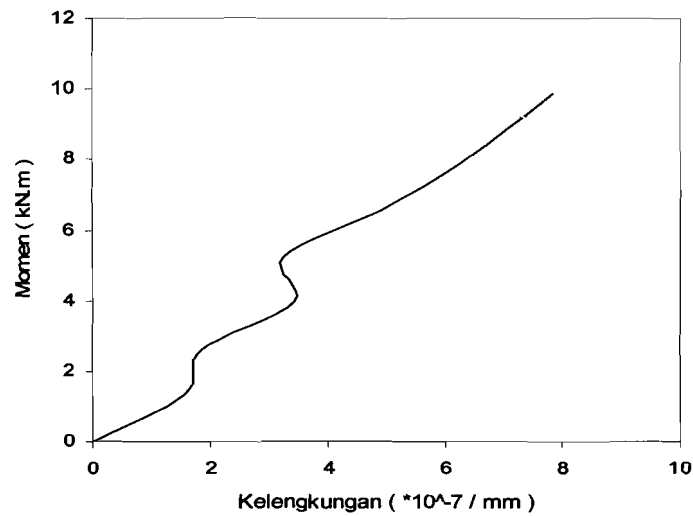
Gambar 5.18 Grafik Hubungan momen - kelengkungan benda uji 3



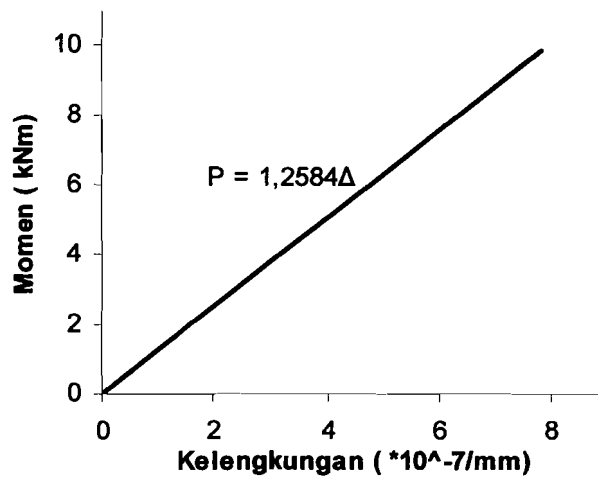
Gambar 5.19 Regresi Hubungan Momen - kelengkungan benda uji 3

Table 5.14 Hubungan momen - kelengkungan benda uji 4

Beban (kN)	Pembacaan dial ( $\cdot 10^{-2}$ mm)			Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-5}$ /mm)
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		
0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
0,875	2,89	3,12	3,00	1,312	1,556
1,750	3,82	4,10	3,96	2,625	1,867
2,625	4,32	4,65	4,21	3,937	3,422
3,500	4,96	5,35	5,01	5,250	3,244
4,375	5,37	5,80	5,13	6,562	4,889
5,250	6,24	6,95	6,25	7,875	6,267
6,562	6,84	7,85	7,10	9,844	7,822



Gambar 5.20 Grafik Hubungan momen - kelengkungan benda uji 4

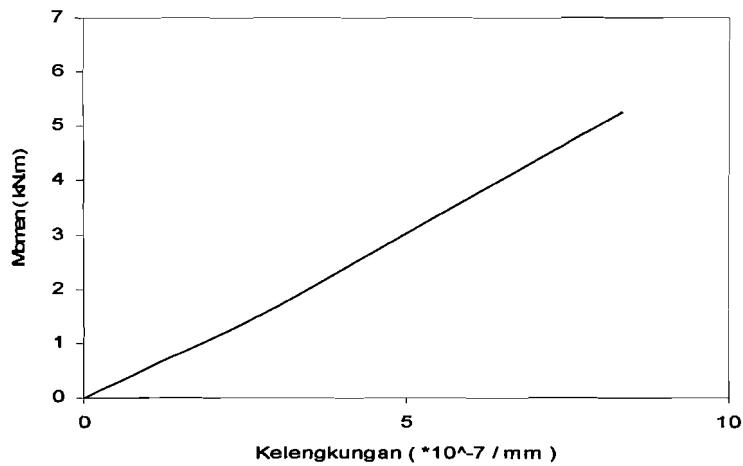


Gambar 5.21 Regresi Hubungan Momen - kelengkungan benda uji 4

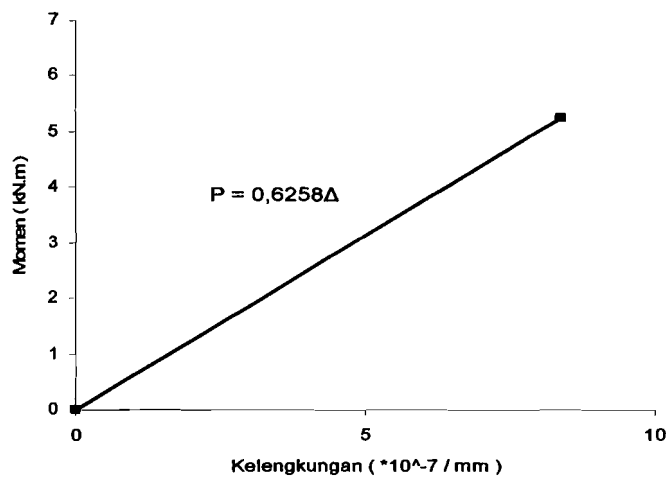
### 5.4.1 Hubungan momen (P) - Kelengkungan ( $\phi$ ) Hasil Analisis SAP 2000

Table 5.15 Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 1

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-7} / \text{mm}$ )
1	0	0,0000	0,0000	0,0000	0	0,000
2	0,875	0,2704	0,5408	0,2704	1,312	2,403
3	1,750	0,4957	0,9914	0,4957	2,625	4,406
4	2,625	0,7184	1,4369	0,7184	3,937	6,386
5	3,500	0,9437	1,8875	0,9437	5,250	8,389



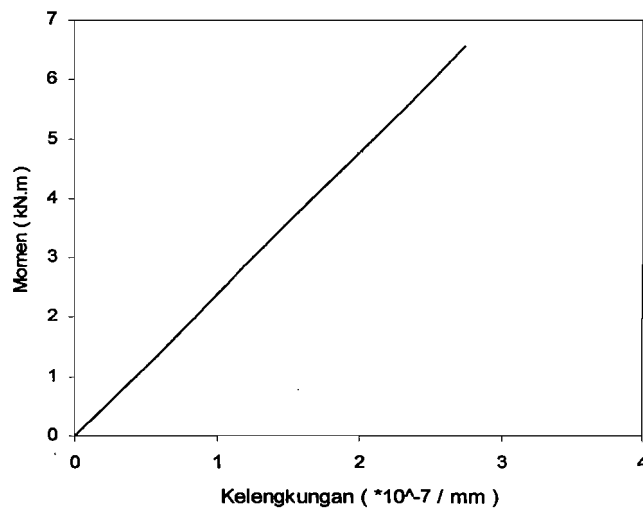
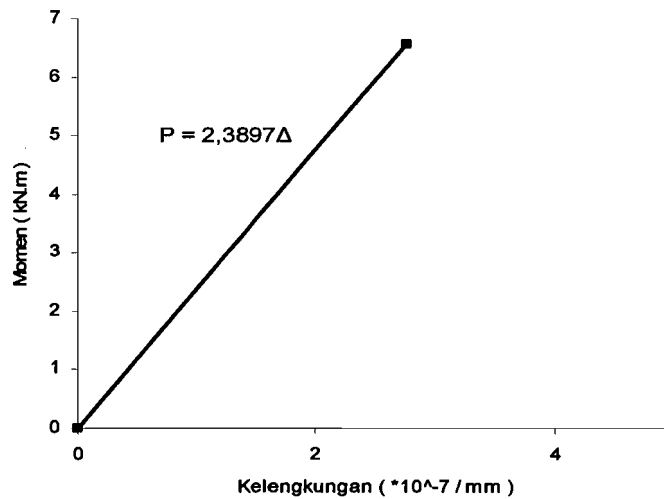
Gambar 5.22 Grafik Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 1



Gambar 5.23 Regresi Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 1

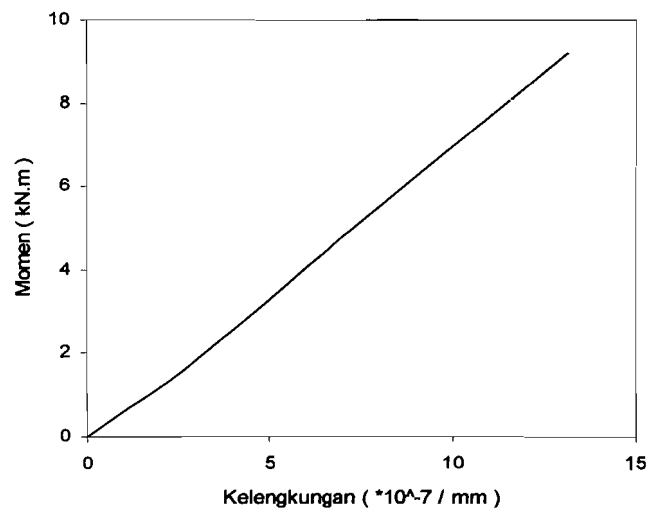
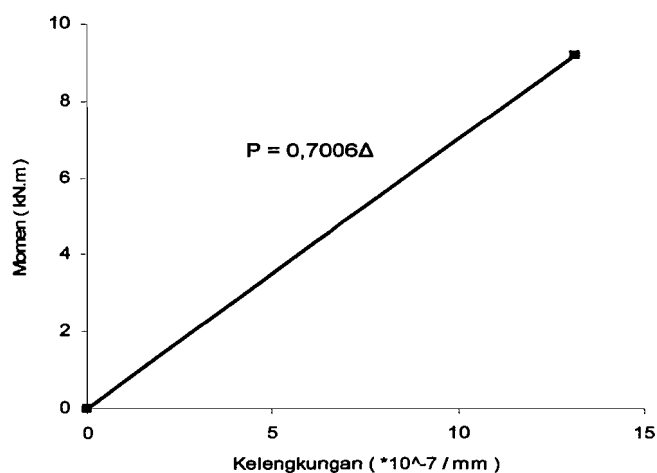
**Table 5.16** Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 2

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-7} / \text{mm}$ )
1	0	0	0	0	0	0,000
2	0,875	0,49	0,56	0,49	1,312	0,566
3	1,750	0,88	1,01	0,88	2,625	1,114
4	2,625	1,27	1,45	1,27	3,937	1,655
5	3,500	1,65	1,90	1,65	5,250	2,202
6	4,375	2,04	2,35	2,04	6,562	2,746

**Gambar 5.24** Grafik Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 2**Gambar 5.25** Regresi Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 2

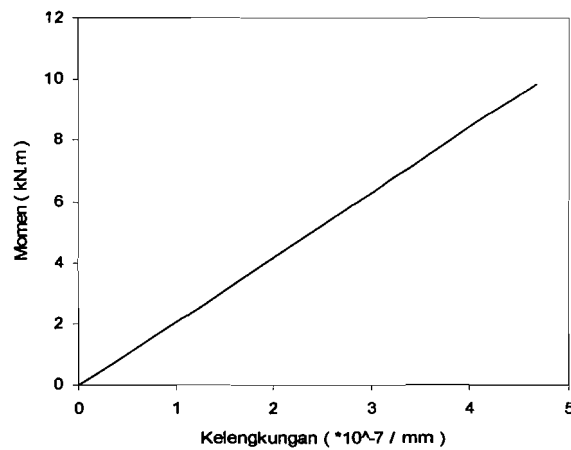
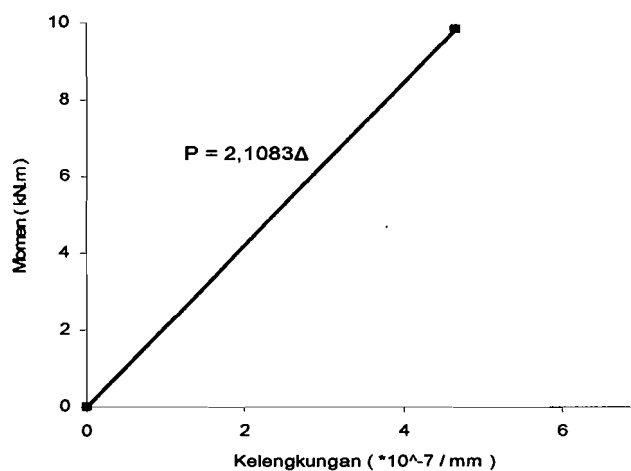
**Table 5.17** Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 3

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-7} / \text{mm}$ )
1	0	0	0	0	0	0,000
2	0,875	0,25	0,50	0,25	1,312	2,226
3	1,750	0,46	0,91	0,46	2,625	4,049
4	2,625	0,66	1,32	0,66	3,937	5,852
5	3,500	0,86	1,73	0,86	5,250	7,675
6	4,375	1,07	2,13	1,07	6,563	9,488
7	5,250	1,27	2,54	1,27	7,875	11,301
8	6,125	1,48	2,95	1,48	9,187	13,114

**Gambar 5.26** Grafik Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 3**Gambar 5.27** Regresi hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 3

**Table 5.18** Hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 4

No	Beban (kN)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	Dial 3 (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $\cdot 10^{-7} / \text{mm}$ )
1	0	0	0	0	0	0,000
2	0,875	0,55	0,62	0,55	1,312	0,657
3	1,750	0,99	1,13	0,99	2,625	1,277
4	2,625	1,42	1,64	1,42	3,937	1,891
5	3,500	1,87	2,15	1,87	5,250	2,511
6	4,375	2,30	2,66	2,30	6,562	3,128
7	5,250	2,74	3,16	2,74	7,875	3,745
8	6,562	3,40	3,92	3,40	9,844	4,669

**Gambar 5.28** Grafik Hubungan Momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 4**Gambar 5.29** Regresi hubungan momen - kelengkungan analisis SAP 2000 Benda uji 4

**Perhitungan Faktor kekakuan berdasarkan hubungan momen – kelengkungan**

**a. benda uji 1**

Momen Maksimum = 5,256 kNm;  $\phi = 16,489 \cdot 10^{-5}/\text{mm}$

$$\begin{aligned}EI &= \frac{M}{\phi} \\ &= \frac{5256}{16,489} \\ &= 31839408,09 \text{ kNmm}^2\end{aligned}$$

**b. benda uji 2**

Momen Maksimum = 6,563 kNm;  $\phi = 7,289 \cdot 10^{-5}/\text{mm}$

$$\begin{aligned}EI &= \frac{M}{\phi} \\ &= \frac{6563}{7,289} \\ &= 90039785,98 \text{ kNmm}^2\end{aligned}$$

**c. benda uji 3**

Momen Maksimum = 6,563 kNm;  $\phi = 7,289 \cdot 10^{-5}/\text{mm}$

$$\begin{aligned}EI &= \frac{M}{\phi} \\ &= \frac{6563}{7,289} \\ &= 83816579,38 \text{ kNmm}^2\end{aligned}$$



**d. benda uji 4**

Momen Maksimum = 9,187 kNm;  $\phi = 16,622 \cdot 10^{-5}/\text{mm}$

$$\begin{aligned} EI &= \frac{M}{\phi} \\ &= \frac{9187}{16,622} \\ &= 125850166,20 \text{ kNmm}^2 \end{aligned}$$

**e. Analisis SAP 2000**

Momen Maksimum = 9,187 kNm;  $\phi = 7,822 \cdot 10^{-5}/\text{mm}$

$$\begin{aligned} EI &= \frac{M}{\phi} \\ &= \frac{9187}{7,822} \\ &= 117450779,85 \text{ kNmm}^2 \end{aligned}$$

Benda uji	Momen maksimum (kN.mm)	$\phi$ ( $10^{-5} / \text{mm}$ )	Faktor kekakuan (kN.mm)
1	5,250	16,489	31839408,09
2	6,263	7,289	90039785,98
3	9,187	16,622	125850166,20
4	9,844	7,822	125850166,20
SAP 2000	9,187	7,822	117450779,85

**Data gaya batang (element force) aksial (P) analisa SAP 2000**

Beban maksimum ( $P_{maksimum}$ ) hasil pengujian digunakan untuk mencari gaya batang elemen kuda-kuda, data gaya batang (P) hasil analisa SAP 2000 diberikan pada tabel dibawah ini

**Benda uji 1**

$P_{maksimum} = 3,5 \text{ kN}$

Tabel L.3.1 Gaya batang benda uji 1

NO	Station	P
BATANG	mm	KN
1	0	-5,39388
1	798	-5,38875
1	1596	-5,38363
2	0	-5,33913
2	798	-5,33401
2	1596	-5,32889
3	0	-5,32889
3	798	-5,33401
3	1596	-5,33913
4	0	-5,38363
4	798	-5,38875
4	1596	-5,39388
5	0	5,063724
5	500	5,063724
5	1000	5,063724
5	1500	5,063724
5	2000	5,063724
5	2500	5,063724
5	3000	5,063724
6	0	5,063724
6	500	5,063724
6	1000	5,063724
6	1500	5,063724
6	2000	5,063724
6	2500	5,063724
6	3000	5,063724
7	0	-5,73E-02
7	798	-5,47E-02
7	1596	-5,22E-02

**Tabel L.3.2** lanjutan Gaya batang Benda uji 1

8	0	0,118982
8	546	0,113858
8	1092	0,108734
9	0	-5,73E-02
9	0	-5,73E-02
9	798	-5,47E-02
9	1596	-5,22E-02

## Benda uji 2

 $P_{\text{maksimum}} = 4,375 \text{ kN}$ 

Tabel L.3.3 Gaya batang Benda uji 2

NO	Station	P
BATANG	mm	KN
1	0	6,318
1	500	6,318
1	1000	6,318
1	1500	6,318
2	0	6,318
2	500	6,318
2	1000	6,318
2	1500	6,318
3	0	6,318
3	500	6,318
3	1000	6,318
3	1500	6,318
4	0	6,318
4	500	6,318
4	1000	6,318
4	1500	6,318
5	0	0,033
5	273	0,031
5	546	0,028
6	0	-0,106
6	798	-0,103
6	1596	-0,101
7	0	0,124
7	546	0,119
7	1092	0,114
8	0	-0,106
8	798	-0,103
8	1596	-0,101
9	0	0,033
9	273	0,031
9	546	0,028
10	0	-6,729
10	798	-6,724
10	1596	-6,719
11	0	-6,626
11	798	-6,621
11	1596	-6,615
12	0	-6,615
12	798	-6,621
12	1596	-6,626
13	0	-6,719
13	798	-6,724
13	1596	-6,729

## Benda uji 3

$P_{\text{maksimum}} = 6,125 \text{ kN}$

Tabel L.3.5 Gaya batang Benda uji 3

NO	Station	P
BATANG	mm	KN
1	0	-9,25842
1	798	-9,25279
1	1596	-9,24716
2	0	-9,19828
2	798	-9,19266
2	1596	-9,18703
3	0	-9,18703
3	798	-9,19266
3	1596	-9,19828
4	0	-9,24716
4	798	-9,25279
4	1596	-9,25842
5	0	8,694693
5	500	8,694693
5	1000	8,694693
5	1500	8,694693
5	2000	8,694693
5	2500	8,694693
5	3000	8,694693
6	0	8,694693
6	500	8,694693
6	1000	8,694693
6	1500	8,694693
6	2000	8,694693
6	2500	8,694693
6	3000	8,694693
7	0	-6,29E-02
7	798	-6,01E-02
7	1596	-5,73E-02
8	0	0,130693
8	546	0,125065
8	1092	0,119437
9	0	-6,29E-02
9	0	-6,29E-02
9	798	-6,01E-02
9	1596	-5,73E-02

## Benda uji 4

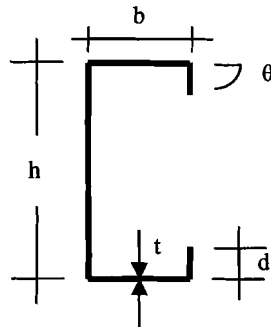
P maksimum = 6,56 kN

Tabel L.3.7 Gaya batang Benda uji 4

NO	Station	P
BATANG	mm	KN
1	0	9,298305
1	500	9,298305
1	1000	9,298305
1	1500	9,298305
2	0	9,298305
2	500	9,298305
2	1000	9,298305
2	1500	9,298305
3	0	9,298305
3	500	9,298305
3	1000	9,298305
3	1500	9,298305
4	0	9,298305
4	500	9,298305
4	1000	9,298305
4	1500	9,298305
5	0	3,05E-02
5	273	2,76E-02
5	546	2,48E-02
6	0	-9,80E-02
6	798	-9,52E-02
6	1596	-9,24E-02
7	0	0,117641
7	546	0,112013
7	1092	0,106385
8	0	-9,80E-02
8	798	-9,52E-02
8	1596	-9,24E-02
9	0	3,05E-02
9	273	2,76E-02
9	546	2,48E-02
10	0	-9,89966
10	798	-9,89514
10	1596	-9,89063
11	0	-9,80449
11	798	-9,79998
11	1596	-9,79546
12	0	-9,79546
12	798	-9,79998
12	1596	-9,80449
13	0	-9,89063
13	798	-9,89514
13	1596	-9,89966



## Perhitungan Batang Tekan Light Lipped Channel



Gambar 4.1 profil Lipped Channel

## 1. Rangka kuda-kuda Baja profil 60 x 22 x 8 x 1,2mm

$$h = 60 \text{ mm}$$

$$b = 22 \text{ mm}$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

$$A = t \times (b + 2h + 2d)$$

$$= 1,2 \cdot (22 + (2 \cdot 60) + (2 \cdot 8))$$

$$= 144 \text{ mm}^2$$

$$e_y = \frac{1}{2} \cdot 60 = 30 \text{ mm}$$

$$e_x = 6,967 \text{ mm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot t \cdot h^3 + \frac{1}{2} \cdot b \cdot t \cdot h^2 + \frac{2}{3} \cdot t \cdot d^3 + \frac{1}{2} \cdot d \cdot t \cdot h^2 - d^2 \cdot t \cdot h + \frac{1}{6} \cdot b \cdot t^3$$



#### Lampiran 4

$$= \frac{1}{12} \cdot 1,2 \cdot 60^3 + \frac{1}{2} \cdot 22 \cdot 1,2 \cdot 60^2 + \frac{2}{3} \cdot 1,2 \cdot 8^3 + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 60^2 - 8^2 \cdot$$

$$1,2 \cdot 60 + \frac{1}{6} \cdot 22 \cdot 1,2^3$$

$$= 0,00822 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot h \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot t \cdot b^3 + \frac{2}{3} \cdot d \cdot t^3 + 2 d \cdot t \cdot b^2 - (h \cdot t + 2 \cdot b \cdot t + 2 \cdot d \cdot t) \cdot b^2 \cdot$$

$$\frac{(b + 2 \cdot d)^2}{(h + 2 \cdot b + 2 \cdot d)^2}$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 1,2^3 + \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 22^3 + \frac{2}{3} \cdot 8 \cdot 1,2^3 + 2 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 22^2 - (60 \cdot 1,2 + 2 \cdot$$

$$22 \cdot 1,2 + 2 \cdot 8 \cdot 1,2) \cdot 22^2 \cdot \frac{(22 + 2 \cdot 8)^2}{(60 \cdot 2 \cdot 22 + 2 \cdot 8)^2}$$

$$= 0,001083 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$F_y = 103,94 \text{ Mpa}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$= \sqrt{\frac{82214,90}{144}}$$

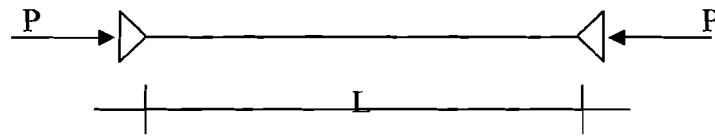
$$= 23,89 \text{ mm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$= \sqrt{\frac{10833,184}{144}}$$

$$= 8,67 \text{ mm}$$

$$L_x = L_y = 1596 \text{ mm}$$



**Gambar L4.2** pembebanan batang tekan profil C

Pada tekanan aksial, penampang ini memiliki elemen yang diperkuat yaitu badan sedangkan elemen yang tidak diperkuat adalah sayap. Elemen yang tidak diperkuat harus ditinjau dahulu untuk menentukan tingkat tegangan efektif.

### 1. Perhitungan $F_{cr}$ dengan Metode AISC

#### a. Elemen yang tidak diperkuat:

$$\left[ \frac{b}{t} = \frac{22}{1,2} = 18,333 \right] < \left[ \frac{250}{\sqrt{F_y}} = 24,521 \right] \text{ maka tekuk setempat tidak mengurangi}$$

efisiensi :  $Q_s = 1,0$

#### b. elemen yang diperkuat

$$f = F_y \cdot Q_s$$

$$= 103,944 \times 1$$

$$= 103,944$$

$$\frac{bE}{t} = \frac{21}{f} \cdot \left[ 1 - \frac{4,18}{(b/t) \cdot \sqrt{f}} \right]$$

$$\frac{bE}{t} = \frac{21}{\sqrt{103,944}} \cdot \left[ 1 - \frac{4,18}{(18,33) \cdot \sqrt{103,944}} \right]$$

$$= 0,197514$$

## Lampiran 4

$$\begin{aligned}A_{\text{eff}} &= A_{\text{brutto}} - \left[ \frac{b}{t} - \frac{bE}{t} \right] t^2 \\ &= 144 - [18,33 - 0,197514] \\ &= 117,884\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_A &= \frac{A_{\text{effek}}}{A_{\text{bruto}}} \\ &= \frac{117,884}{144} \\ &= 0,819\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= Q_A \cdot Q_s \\ &= 0,819 \cdot 1 \\ &= 0,819\end{aligned}$$

Asumsi  $K = 1$

$$\frac{K \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 1596}{8,67} = 184,0$$

$$\begin{aligned}C_c &= \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Q \cdot F_y}} \\ &= \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{0,816 \cdot 103,94}} \\ &= 215,285\end{aligned}$$

$$\frac{K \cdot L_y}{r_y} < C_c \cdot KL/r$$

## Lampiran 4

$$\begin{aligned}F_{cr} &= Q \cdot F_y \left[ 1 - \frac{(KL/r)^2}{2 \cdot Cc^2} \right] \\&= 0,48 \cdot 103,944 \left[ 1 - \frac{(184,0)^2}{2 \cdot 215,285^2} \right] \\&= 54,011 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{cr} &= F_{cr} \cdot A \\&= 54,011 \cdot 10^{-3} \cdot 144 \\&= 7,778 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_{\text{maksimum}} = 6,729 \text{ kN}$$

$P_{\text{maksimum}} < P_{cr}$  maka batang belum rusak

## 2. Rangka Kuda-kuda Baja Profil 70 x 22 x 8 x 1,2mm

$$h = 70 \text{ mm}$$

$$b = 22 \text{ mm}$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A &= t \times (b + 2h + 2d) \\ &= 1,2 \cdot (22 + (2 \cdot 70) + (2 \cdot 8)) \\ &= 156 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$e_y = \frac{1}{2} \cdot 70 = 35 \text{ mm}$$

$$e_x = 6,43 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{1}{12} \cdot t \cdot h^3 + \frac{1}{2} \cdot b \cdot t \cdot h^2 + \frac{2}{3} \cdot t \cdot d^3 + \frac{1}{2} \cdot d \cdot t \cdot h^2 - d^2 \cdot t \cdot h + \frac{1}{6} \cdot b \cdot t^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1,2 \cdot 70^3 + \frac{1}{2} \cdot 22 \cdot 1,2 \cdot 70^2 + \frac{2}{3} \cdot 1,2 \cdot 8^3 + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 70^2 - 8^2 \cdot \\ &\quad 1,2 \cdot 70 + \frac{1}{6} \cdot 22 \cdot 1,2^3 \\ &= 0,0117 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y &= \frac{1}{12} \cdot h \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot t \cdot b^3 + \frac{2}{3} \cdot d \cdot t^3 + 2 \cdot d \cdot t \cdot b^2 - (h \cdot t + 2 \cdot b \cdot t + 2 \cdot d \cdot t) \cdot b^2 \cdot \\ &\quad \frac{(b + 2 \cdot d)^2}{(h + 2 \cdot b + 2 \cdot d)^2} \\ &= \frac{1}{12} \cdot 70 \cdot 1,2^3 + \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 22^3 + \frac{2}{3} \cdot 8 \cdot 1,2^3 + 2 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 22^2 - (70 \cdot 1,2 + 2 \cdot \\ &\quad 22 \cdot 1,2 + 2 \cdot 8 \cdot 1,2) \cdot 22^2 \cdot \frac{(22 + 2 \cdot 8)^2}{(70 \cdot 2 \cdot 22 + 2 \cdot 8)^2} \end{aligned}$$

$$= 0,00114 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

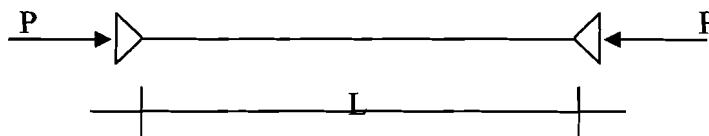
$$F_y = 137,10 \text{ Mpa}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 27,45 \text{ mm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 8,54 \text{ mm}$$

$$L_x = L_y = 1596 \text{ mm}$$

Gambar pembebanan batang tekan profil C



pada tekanan aksial, penampang ini memiliki elemen yang diperkuat yaitu badan sedangkan elemen yang tidak diperkuat adalah sayap. Elemen yang tidak diperkuat harus ditinjau dahulu untuk menentukan tingkat tegangan efektif.

## 2. Perhitungan $F_{cr}$ dengan Metode AISC

c. elemen yang tidak diperkuat:

$$\left[ \frac{b}{t} = \frac{22}{1,2} = 18,333 \right] < \left[ \frac{250}{\sqrt{F_y}} = 21,351 \right] \text{ maka tekuk setempat tidak mengurangi}$$

efisiensi :  $Q_s = 1,0$

**d. elemen yang diperkuat**

$$\begin{aligned}
 f &= F_y \cdot Q_s \\
 &= 137,102 \times 1 \\
 &= 137,102
 \end{aligned}$$

$$\frac{bE}{t} = \frac{21}{f} \cdot \left[ 1 - \frac{4,18}{(b/t) \cdot \sqrt{f}} \right]$$

$$\begin{aligned}
 \frac{bE}{t} &= \frac{21}{\sqrt{137,102}} \cdot \left[ 1 - \frac{4,18}{(18,333) \cdot \sqrt{1137,102}} \right] \\
 &= 0,1502
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{eff}} &= A_{\text{brutto}} - \left[ \frac{b}{t} - \frac{bE}{t} \right] \cdot t^2 \\
 &= 156 - [18,33 - 0,1502] \cdot 1,2^2 \\
 &= 129,816 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_A &= \frac{A_{\text{effek}}}{A_{\text{bruto}}} \\
 &= \frac{129,816}{156} \\
 &= 0,832
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_A \cdot Q_s \\
 &= 0,832 \cdot 1 \\
 &= 0,832
 \end{aligned}$$

Asumsi  $K = 1$

$$\frac{K \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 1596}{8,54} = 186,9$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Q \cdot F_y}} \\
 &= \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{0,832 \cdot 137,102}} \\
 &= 185,924
 \end{aligned}$$

$$\frac{K \cdot L_y}{r_y} < C_c \cdot KL/r$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= Q \cdot F_y \left[ 1 - \frac{(KL/r)^2}{2 \cdot C_c^2} \right] \\
 &= 0,832 \cdot 137,102 \left[ 1 - \frac{(186,9)^2}{2 \cdot 185,924^2} \right] \\
 &= 56,428 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{cr} &= F_{cr} \cdot A \\
 &= 56,428 \cdot 10^{-3} \cdot 156 \\
 &= 8,803 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$P_{maksimum} = 9,900 \text{ kN}$$

$P_{maksimum} > P_{cr}$  maka batang rusak



## Perhitungan Beban Kritis Elemen Struktur Rangka

Tabel 5.1 Kekuatan Batang Tekan Benda Uji 1

NO BATANG	P (kN)	L (mm)	KL/r	F <sub>cr</sub> (Mpa)	P <sub>cr</sub> (kN)	Keterangan
1	-5,394	1596	184,0	58,15982	8,375014	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
2	-5,339	1596	184,0	58,15982	8,375014	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
3	-5,339	1596	184,0	58,15982	8,375014	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
4	-5,394	1596	184,0	58,15982	8,375014	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
7	-0,057	1596	184,0	58,15982	8,375014	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
9	-0,057	1596	184,0	58,15982	8,375014	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>

Tabel 5.2 Kekuatan Batang Tarik Benda Uji 1

NO BATANG	P (kN)	P <sub>cr</sub> (kN)	Keterangan
5	5,064	19,74264	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
6	5,064	19,74264	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
8	0,119	19,74264	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>

Tabel 5.3 Kekuatan Batang Tekan Benda Uji 2

NO BATANG	P (kN)	L (mm)	KL/r	F <sub>cr</sub> (Mpa)	P <sub>cr</sub> (kN)	Keterangan
6	-0,106	1596	184,0	54,010861	7,777564	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
8	-0,106	1596	184,0	54,010861	7,777564	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
10	-6,729	1596	184,0	54,010861	7,777564	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
11	-6,626	1596	184,0	54,010861	7,777564	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
12	-6,626	1596	184,0	54,010861	7,777564	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
13	-6,729	1596	184,0	54,010861	7,777564	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>

Tabel 5.4 Kekuatan Batang Tarik Benda Uji 2

NO BATANG	P (kN)	P <sub>cr</sub> (kN)	Keterangan
1	6,318	14,96794	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
2	6,318	14,96794	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
3	6,318	14,96794	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
4	6,318	14,96794	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
5	0,033	14,96794	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
7	0,124	14,96794	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>
9	0,033	14,96794	P <sub>eks</sub> < P <sub>cr</sub>

Tabel 5.5 Kekuatan Batang desak Benda Uji 3

NO BATANG	P (kN)	L (mm)	KL/r	Fcr (Mpa)	Pcr (kN)	Keterangan
1	-9,258	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
2	-9,193	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
3	-9,193	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
4	-9,258	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
7	-0,063	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
9	-0,060	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$

Tabel 5.6 Kekuatan Batang tarik Benda Uji 3

NO BATANG	P (kN)	Pcr (kN)	Keterangan
5	8,695	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
6	8,695	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
8	0,131	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$

Tabel 5.7 Kekuatan Batang Tekan Benda Uji 4

NO BATANG	P (kN)	L (mm)	KL/r	Fcr (Mpa)	Pcr (kN)	Keterangan
6	-0,098	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
8	-0,098	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
10	-9,900	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
11	-9,800	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
12	-9,804	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
13	-9,900	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$

Tabel 5.8 Kekuatan Batang Tarik Benda Uji 4

NO BATANG	P (kN)	Pcr (kN)	Keterangan
1	9,298	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
2	9,298	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
3	9,298	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
4	9,298	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
5	0,028	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
7	0,118	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
9	0,030	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$

## Perhitungan Koefisien Tekuk

### 1. Koefisien Tekuk Uji desak

#### a. benda uji 1

$$F_{cr} = 87,607 \text{ Mpa}$$

$$b = 22 \text{ mm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

$$E = 2.10^5$$

$$\mu = 0,3$$

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

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

$$= \frac{87,607 \cdot 12 \cdot (1-0,3) \left(\frac{22}{1,2}\right)^2}{3,14^2 \cdot (2.10^5)}$$

$$= 0,163$$

#### b. benda uji 2

$$F_{cr} = 94,231 \text{ Mpa}$$

$$b = 22 \text{ mm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

$$E = 2.10^5$$

$$\mu = 0,3$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2} \\
 K &= \frac{F_{cr} \cdot 12 \cdot (1-\mu)(b/t)^2}{\pi^2 E} \\
 &= \frac{94,231 \cdot 12 \cdot (1-0,3) \left(\frac{22}{1,2}\right)^2}{3,14^2 \cdot (2 \cdot 10^5)} \\
 &= 0,175
 \end{aligned}$$

c. **benda uji 3**

$$F_{cr} = 102,564 \text{ Mpa}$$

$$b = 22 \text{ mm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

$$E = 2 \cdot 10^5$$

$$\mu = 0,3$$

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

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{F_{cr} \cdot 12 \cdot (1-\mu)(b/t)^2}{\pi^2 E} \\
 &= \frac{102,564 \cdot 12 \cdot (1-0,3) \left(\frac{22}{1,2}\right)^2}{3,14^2 \cdot (2 \cdot 10^5)} \\
 &= 0,191
 \end{aligned}$$

**Tabel lampiran 6.1** Koefisien tekuk uji desak profil

Benda uji	$F_{cr}$ (Mpa)	$\pi$	A (mm)	b/t	$\mu$	Koefisien Tekuk (k)
Benda uji 1	87,607	3,14	156	18,333	0,3	0,163
Benda uji 2	94,231	3,14	156	18,333	0,3	0,175
Benda uji 3	102,564	3,14	156	18,333	0,3	0,910

## 2. Koefisien tekuk hasil pengujian

### a. benda uji 1

$$P_{cr} = 5.394 \text{ kN}$$

$$b = 22 \text{ mm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

$$E = 2.10^5$$

$$\mu = 0,3$$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}$$

$$= \frac{5,394}{156} \times 1000$$

$$= 34,557 \text{ kN/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{34,557.12.(1-0,3)\left(\frac{22}{1,2}\right)^2}{3,14^2.(2.10^5)}$$

$$= 0,064$$

**b. benda uji 2**

$$F_{cr} = 9,899 \text{ kN}$$

$$b = 22 \text{ mm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

$$E = 2.10^5$$

$$\mu = 0,3$$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}$$

$$= \frac{9,899}{156} \times 1000$$

$$= 63,445 \text{ kN/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{63,445.12.(1-0,3)\left(\frac{22}{1,2}\right)^2}{3,14^2.(2.10^5)}$$

$$= 0,118$$

## c. benda uji 3

$$P_{cr} = 9,258 \text{ kN}$$

$$b = 22 \text{ mm}$$

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

$$E = 2.10^5$$

$$\mu = 0,3$$

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}$$

$$= \frac{9,258}{156} \times 1000$$

$$= 59,346 \text{ kN/mm}^2$$

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

$$K = \frac{P_{cr} \cdot 12 \cdot (1 - \mu)(b/t)^2}{\pi^2 E}$$

$$= \frac{59,346 \cdot 12 \cdot (1 - 0,3) \left(\frac{22}{1,2}\right)^2}{3,14^2 \cdot (2.10^5)}$$

$$= 0,110$$

Tabel lampiran 6.2 Koefisien tekuk uji desak profil

Benda uji	$F_{cr}$ (Mpa)	$\pi$	A (mm <sup>2</sup> )	b/t	$\mu$	Koefisien Tekuk (k)
Benda Uji 1	5,394	3,14	156	18,333	0,3	0,064
Benda Uji 2	9,899	3,14	156	18,333	0,3	0,118
Benda Uji 3	9,258	3,14	156	18,333	0,3	0,110

Tabel 5.5 Kekuatan Batang desak Benda Uji 3

NO BATANG	P (kN)	L (mm)	KL/r	Fcr (Mpa)	Pcr (kN)	Keterangan
1	-9,258	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
2	-9,193	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
3	-9,193	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
4	-9,258	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
7	-0,063	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
9	-0,060	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$

Tabel 5.6 Kekuatan Batang tarik Benda Uji 3

NO BATANG	P (kN)	Pcr (kN)	Keterangan
5	8,695	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
6	8,695	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
8	0,131	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$

Tabel 5.7 Kekuatan Batang Tekan Benda Uji 4

NO BATANG	P (kN)	L (mm)	KL/r	Fcr (Mpa)	Pcr (kN)	Keterangan
6	-0,098	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
8	-0,098	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
10	-9,900	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
11	-9,800	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
12	-9,804	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$
13	-9,900	1596	186,9	56,427912	8,802754	$P_{eks} < P_{cr}$

Tabel 5.8 Kekuatan Batang Tarik Benda Uji 4

NO BATANG	P (kN)	Pcr (kN)	Keterangan
1	9,298	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
2	9,298	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
3	9,298	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
4	9,298	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
5	0,028	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
7	0,118	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$
9	0,030	21,38786	$P_{eks} < P_{cr}$



## Perhitungan Beban Kritis Elemen Struktur Rangka

Tabel 5.1 Kekuatan Batang Tekan Benda Uji 1

NO BATANG	P (kN)	L (mm)	KL/r	Fcr (Mpa)	Pcr (kN)	Keterangan
1	-5,394	1596	184,0	58,15982	8,375014	$P_{eks} < P_{cr}$
2	-5,339	1596	184,0	58,15982	8,375014	$P_{eks} < P_{cr}$
3	-5,339	1596	184,0	58,15982	8,375014	$P_{eks} < P_{cr}$
4	-5,394	1596	184,0	58,15982	8,375014	$P_{eks} < P_{cr}$
7	-0,057	1596	184,0	58,15982	8,375014	$P_{eks} < P_{cr}$
9	-0,057	1596	184,0	58,15982	8,375014	$P_{eks} < P_{cr}$

Tabel 5.2 Kekuatan Batang Tarik Benda Uji 1

NO BATANG	P (kN)	Pcr (kN)	Keterangan
5	5,064	19,74264	$P_{eks} < P_{cr}$
6	5,064	19,74264	$P_{eks} < P_{cr}$
8	0,119	19,74264	$P_{eks} < P_{cr}$

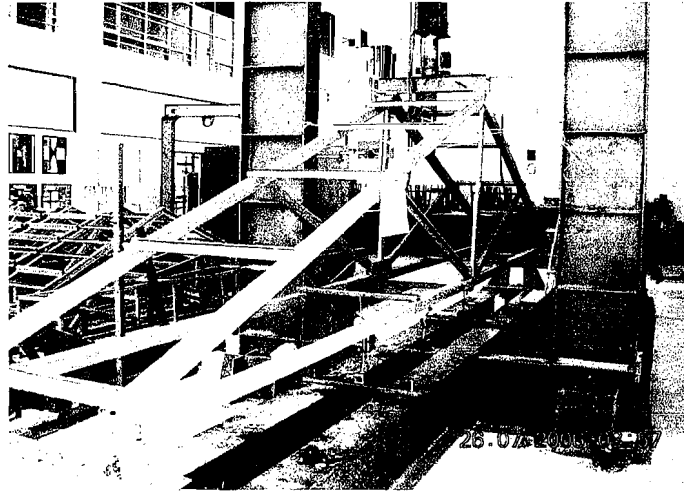
Tabel 5.3 Kekuatan Batang Tekan Benda Uji 2

NO BATANG	P (kN)	L (mm)	KL/r	Fcr (Mpa)	Pcr (kN)	Keterangan
6	-0,106	1596	184,0	54,010861	7,777564	$P_{eks} < P_{cr}$
8	-0,106	1596	184,0	54,010861	7,777564	$P_{eks} < P_{cr}$
10	-6,729	1596	184,0	54,010861	7,777564	$P_{eks} < P_{cr}$
11	-6,626	1596	184,0	54,010861	7,777564	$P_{eks} < P_{cr}$
12	-6,626	1596	184,0	54,010861	7,777564	$P_{eks} < P_{cr}$
13	-6,729	1596	184,0	54,010861	7,777564	$P_{eks} < P_{cr}$

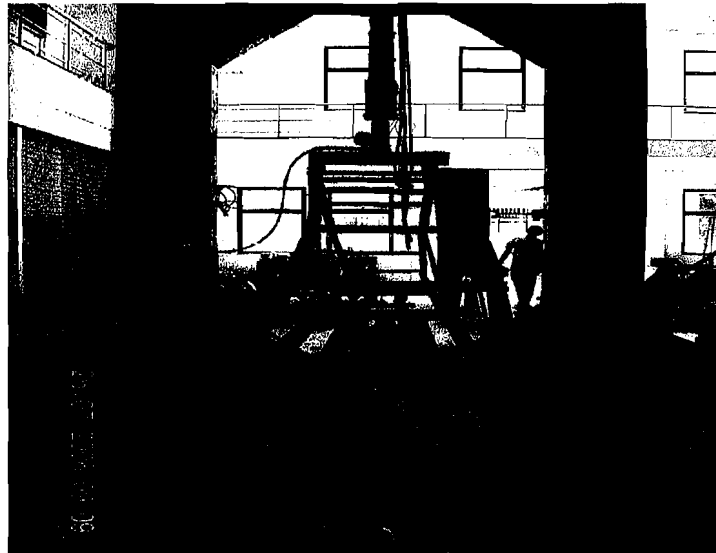
Tabel 5.4 Kekuatan Batang Tarik Benda Uji 2

NO BATANG	P (kN)	Pcr (kN)	Keterangan
1	6,318	14,96794	$P_{eks} < P_{cr}$
2	6,318	14,96794	$P_{eks} < P_{cr}$
3	6,318	14,96794	$P_{eks} < P_{cr}$
4	6,318	14,96794	$P_{eks} < P_{cr}$
5	0,033	14,96794	$P_{eks} < P_{cr}$
7	0,124	14,96794	$P_{eks} < P_{cr}$
9	0,033	14,96794	$P_{eks} < P_{cr}$

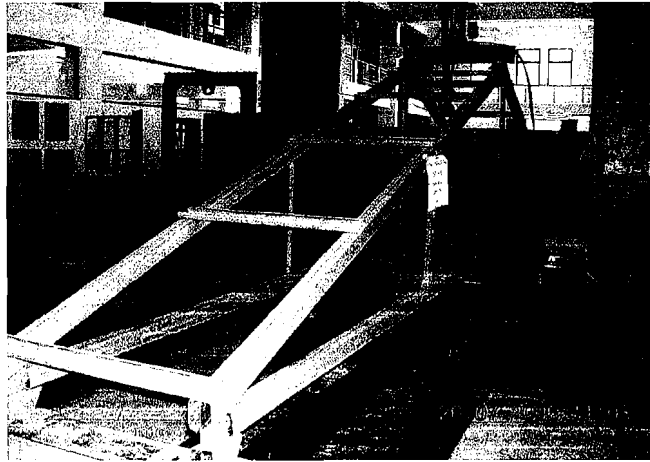
## Dokumentasi Pelaksanaan Pengujian



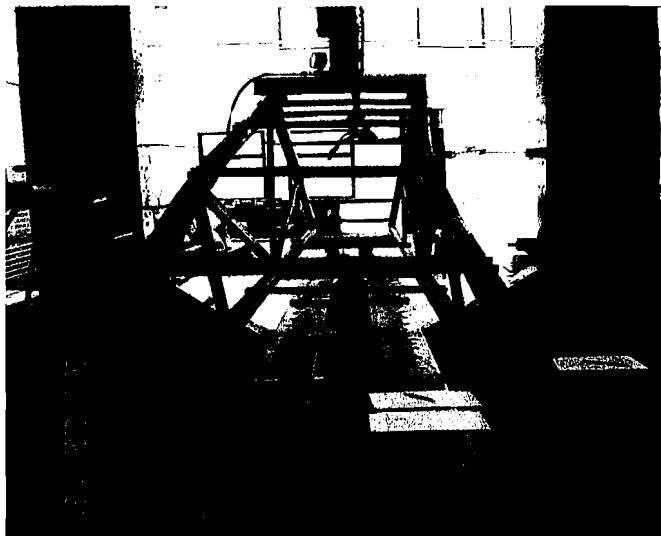
**Gambar L7.1** Benda Uji 1 sebelum pengujian



**Gambar L7.2** Benda Uji 1 setelah pengujian



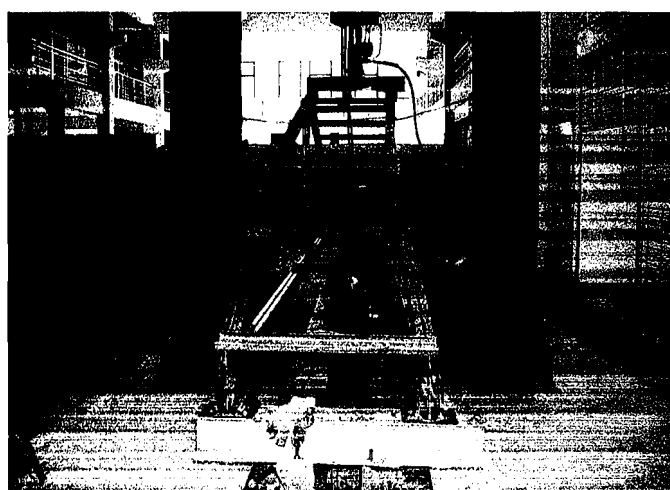
**Gambar L7.3 Benda Uji 2 sebelum pengujian**



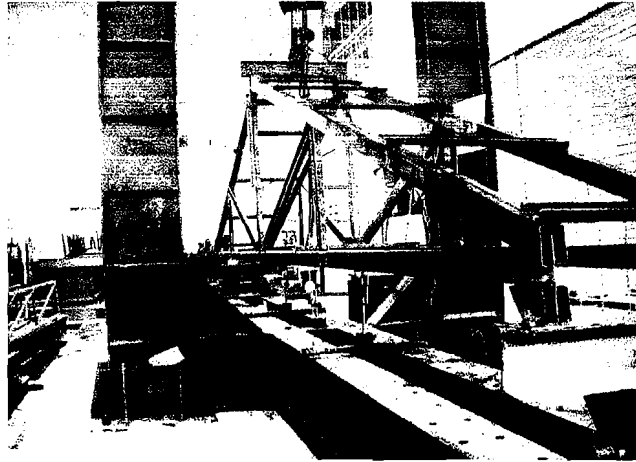
**Gambar L7.4 Benda Uji 2 setelah pengujian**



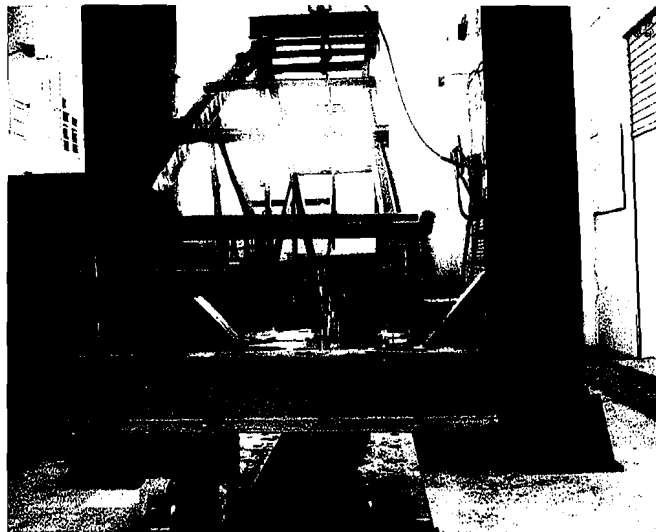
**Gambar L7.5 Benda Uji 3 sebelum pengujian**



**Gambar L7.6 Benda Uji 3 setelah pengujian**



**Gambar L7.7 Benda Uji 4 sebelum pengujian**



**Gambar L7.8 Benda Uji 4 setelah pengujian**

UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI  
TUGAS AKHIR MAHASISWA**

PERIODE KE : III ( Mar 06 - Agst 06 )

TAHUN : 2005 - 2006

Perpanjangan Sampai Akhir Agustus 2006

NAMA	NO.MHS.	BID.STUDI
Ridawan Esny S	97 511 090	Teknik Sipil
Abdi Ardiansyah	97 511 277	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Struktur Rangka Baja Profil Bentukan Dingin Dengan Sambungan Baut

Pembimbing I : Fatkhurrohman N,Ir,MT

Pembimbing II : Fatkhurrohman N,Ir,MT

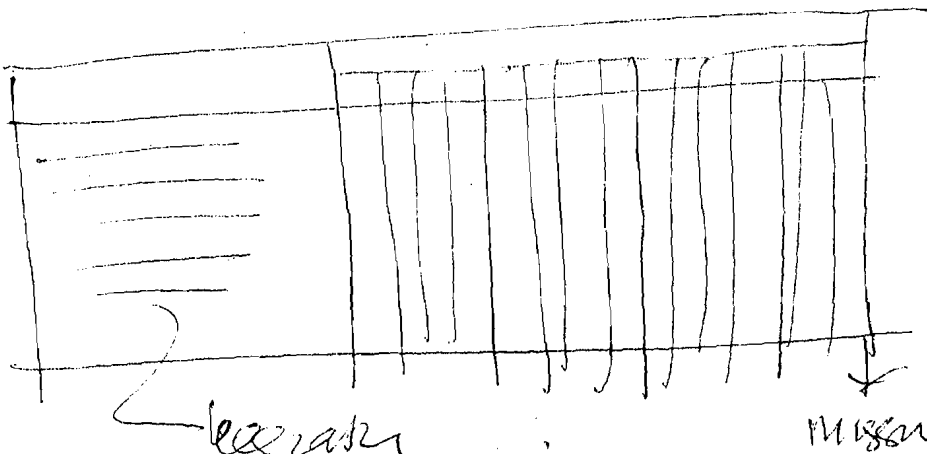


Jogyakarta , 19-Apr-06  
a.n. Dekan

Ir.H.Munadhir, MS

*Handwritten notes:*  
18/4/06  
23/4/06  
18-2006

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

TANGGAL	KONSULTASI KE :	TANDA TANGAN
	<p>Dibuat gambar benda uji. <del>Las</del>                      atom <u>Baut</u>.</p> <p>Bila <del>ot Gaulen (feban)</del> <sup>11/7/2006</sup> <del>delipped</del>                      jumlah <del>kepd</del> <del>max</del> <math>L \leq 50 \text{ mm}</math>.</p> <p>Buat <del>jelewat</del> <del>kegiatan</del> <del>harau</del>.</p> 	<p><del>Off</del></p> <p><del>Off</del></p> <p><del>Off</del></p>
	<p>Usakan <del>Selari</del> <del>Sebelum</del> <sup>Agustus</sup> <del>15</del> <del>Agustus</del> <del>2006</del> <del>sebelum</del> <del>2006</del></p> <p><del>Off</del></p> <p><del>Off</del></p>	<p><del>Off</del></p> <p><del>Off</del></p>
	<p>Usakan <del>Selari</del> <del>Laporan</del> <del>Cek</del>                      B 17 <del>Kerus</del> <del>Rencana</del> <del>Sidang</del> <math>\pm</math> <del>18</del> <del>30</del> <del>Agustus</del></p>	<p><del>Off</del></p>

Usakan Sidang ~~tgl~~ 21-22-23 Agustus

Daftar Sidang ~~Off~~

18/09-2006

Grapher ~~Penyadaran~~ ~~Off~~  
 22/09-2006