

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELE	
TGL. TERIMA :	20 Jun 2006
NO. JUDUL :	001953
NO. INV. :	57200001953001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

**KAPASITAS LENTUR KUDA – KUDA BAJA  
PROFIL LIPPED ZED BENTUKAN DINGIN**



Di susun oleh :

Nama : Rudi Hartanto

No. Mhs. : 00 511 365

**DIBACA DI TEMPAT  
TIDAK DIBAWA PULANG**

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

**YOGYAKARTA**

2006

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR  
PENELITIAN LABORATORIUM**

**KAPASITAS LENTUR KUDA-KUDA BAJA  
PROFIL LIPPED ZED BENTUKAN DINGIN**

diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Sipil  
Pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia

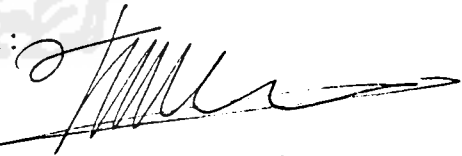
**Disusun Oleh :**

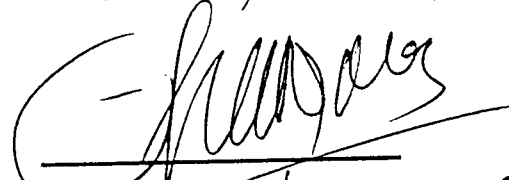
1. Nama : Rudi Hartanto  
No. Mhs. : 00 511 365

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Fatkhurrohman N, MT  
Dosen Pembimbing I

Ir. Suharvatmo, MT  
Dosen Pembimbing II

  
Tanggal : 6/03-2006

  
Tanggal : 7/3-2006

## MOTTO

*“Katakanlah : Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui? Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.” (QS. Az Zumar : 8)*

*“ Keraslah pada hidup, niscaya hidup akan lunak kepadamu”*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kehadiran Allah 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, Yogyakarta. Dalam menyusun laporan, sebelumnya penyusun telah melakukan pengujian pada Laboratorium Mekanika Rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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 Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. Fatkhurrohman N., MT., selaku Dosen Pembimbing I,



4. Bapak Ir. Suharyatmo, MT., selaku Dosen Pembimbing II,
5. Ayah, ibunda serta kakak dan adik-adikku tersayang, untuk support dan doa kepada penyusun selama menempuh studi.
6. Iswa, atas motivasi dan ketulusannya.
7. Yopi, atas kerjasama penyelesaian penulisan skripsi ini.
8. 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 memanjatkan 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.*

Yogyakarta, Maret 2006

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
MOTO .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR NOTASI .....	xvii
INTISARI .....	xix
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB III. LANDASAN TEORI</b> .....	<b>6</b>
3.1 Kuda – Kuda Rangka Batang .....	6

3.2	Bentuk Kuda – Kuda Rangka Batang.....	6
3.2.1	Howe Truss .....	6
3.2.2	Fink Truss.....	7
3.2.3	Pratt Truss .....	7
3.3	Batang Tekan .....	8
3.3.1	Kegagalan batang tekan .....	9
3.3.2	kolom langsing.....	10
3.3.3	Tekuk tidak elastis .....	11
3.3.4	Tekuk lokal .....	12
3.3.5	Nilai koefisien tekuk .....	14
3.4	Tegangan Kritis Metode Aisc .....	18
3.5	Penampang Batang.....	21
3.5.1	Penampang Lintang Lipped Zed .....	23
3.6	Hubungan Beban - Lendutan.....	26
3.7	Hubungan Momen Dengan Kelengkungan .....	28
3.8	Hipotesa.....	30
<b>BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>31</b>
4.1	Metodologi Penelitian.....	31
4.2	Bahan Dan Alat Yang Digunakan.....	31
4.2.1	Bahan.....	31
4.2.2	Peralatan Penelitian.....	31
4.3	Pembuatan Benda Uji.....	35

4.4	Pengujian Sampel.....	36
4.4.1	Pengujian Kuat Tarik Baja.....	36
4.4.2	Pengujian Tekan Baja.....	37
4.4.3	Pengujian Geser Baut.....	37
4.4.4	Pengujian Kuat Lentur.....	37
<b>BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>39</b>
5.1	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja.....	39
5.2	Hubungan Beban Lentutan Hasil Uji Lentur Kuda – Kuda..	40
5.2.1	Kurva Beban - Lentutan Hasil Pengujian.....	40
5.2.2	Kurva Beban - Lentutan Hasil Analisa SAP 2000....	46
5.2.3	Grafik Beban – Lentutan Hasil Pengujian Dan Analisa SAP.....	51
5.2.4	Hubungan Momen – Kelengkungan Hasil Pengujian	53
5.2.5	Hubungan Momen – Kelengkungan Hasil Analisa SAP 2000.....	56
5.2.6	Grafik Momen – Kelengkungan Hasil Pengujian Dan Analisa SAP .....	59
5.3	Tinjauan Analitis.....	62
5.3.1	Rasio Nilai Koefisien Panjang Tekuk (K) .....	62
5.4	Pembahasan.....	64
<b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>66</b>
6.1	Kesimpulan .....	66

6.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	68
<b>PENUTUP</b> .....	70



## DAFTAR TABEL

		<b>Halaman</b>
Tabel	5.1	Hasil pengujian kuat tarik baja ..... 40
Tabel	5.2	Nilai kekakuan hasil pengujian ..... 46
Tabel	5.3	Nilai kekakuan hasil analisis SAP 2000 ..... 51
Tabel	5.4	Rasio faktor kekakuan hasil pengujian ..... 56
Tabel	5.5	Rasio faktor kekakuan hasil analisis SAP 2000..... 59
Tabel	5.6	Perbandingan hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 61
Tabel	5.7	Nilai koefisien panjang tekuk ..... 64
Tabel	5.8	Rasio beban akhir, kekakuan, dan kekuatan yang Terjadi pada masing-masing rangka howe, fink dan pratt 64

## DAFTAR GAMBAR

		<b>Halaman</b>
Gambar	3.1	Howe Truss ..... 6
Gambar	3.2	Fink Truss ..... 7
Gambar	3.3	Pratt Truss ..... 7
Gambar	3.4	Batang tekan ..... 10
Gambar	3.5	Profil Lipped Zed ..... 13
Gambar	3.6	Tekuk lokal pada sayap (jepit-bebas) ..... 16
Gambar	3.7	Koefesien tekuk elastis untuk tekanan pada pelat persegi empat datar ..... 16
Gambar	3.8	Koefesien tekuk lokal untuk batang tekan penampang I. 17
Gambar	3.9	Koefesien tekuk lokal untuk batang tekan penampang kotak ..... 18
Gambar	3.10	Kekuatan pelat untuk elemen tekan yang tidak diperkuat dengan tepi sendi dan tepi lainnya bebas ..... 19
Gambar	3.11	Grafik hubungan $KL/r$ dengan $F_a$ beberapa Negara ..... 21
Gambar	3.12	Profil bentukan dingin ..... 22
Gambar	3.13	Profil Lipped Zed ..... 23
Gambar	3.14	Lendutan balok ..... 26
Gambar	3.15	Diagram momen ..... 27

Gambar	3.16	Grafik hubungan beban ( $p$ ) lendutan ( $\Delta$ ) .....	27
Gambar	3.17	Rangka kuda – kuda yang diberikan beban aksial ( $P$ ) sehingga terjadi lendutan ( $Y_i$ ) .....	28
Gambar	3.18	Hubungan antara beban ( $P$ ) dan lendutan ( $Y$ ).....	28
Gambar	3.19	Hubungan Momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\varphi$ ) .....	30
Gambar	4.1	Universal testing material shimatzu UMH 30 .....	32
Gambar	4.2	Dukungan sendi dan rol .....	32
Gambar	4.3	Bentuk fisik loading Frame .....	33
Gambar	4.4	Dial .....	34
Gambar	4.5	Hidrolik jack .....	34
Gambar	4.6	Benda uji kuat tarik baja .....	35
Gambar	4.7	Benda uji tekan profil Lipped Zed .....	35
Gambar	4.8	Benda uji kuda – kuda rangka batang .....	36
Gambar	4.9	Pengujian kuda – kuda dengan perletakan dial gauge dan beban .....	38
Gambar	5.1	Hubungan beban – lendutan (Howe) .....	41
Gambar	5.2	Hubungan beban – lendutan (Howe) setelah diregresi ...	41
Gambar	5.3	Hubungan beban – lendutan (Fink) .....	42
Gambar	5.4	Hubungan beban – lendutan (Fink) setelah diregresi .....	42
Gambar	5.5	Hubungan beban – lendutan (Pratt) .....	43
Gambar	5.6	Hubungan beban – lendutan (Pratt) setelah diregresi .....	43



Gambar 5.7	Hubungan beban – lendutan rangka Howe, Fink, dan Pratt .....	44
Gambar 5.8	Hubungan beban – lendutan ketiga rangka setelah diregresi .....	44
Gambar 5.9	Hubungan beban – lendutan rangka Howe, Fink, dan Pratt dengan beban maksimal .....	45
Gambar 5.10	Hubungan beban – lendutan ketiga rangka setelah diregresi .....	45
Gambar 5.11	Hubungan beban – lendutan rangka Howe analisis SAP 2000 .....	47
Gambar 5.12	Hubungan beban – lendutan rangka Howe setelah diregresi .....	47
Gambar 5.13	Hubungan beban – lendutan rangka Fink analisis SAP 2000 .....	48
Gambar 5.14	Hubungan beban – lendutan rangka Fink setelah diregresi .....	48
Gambar 5.15	Hubungan beban – lendutan rangka Pratt analisis SAP 2000 .....	49
Gambar 5.16	Hubungan beban – lendutan rangka Pratt setelah diregresi .....	49
Gambar 5.17	Hubungan beban – lendutan Howe, Fink, dan Pratt hasil analisis SAP 2000 dengan beban yang sama .....	50

Gambar	5.18	Hubungan beban – lendutan Howe, Fink, dan Pratt hasil analisis SAP 2000 dengan beban maksimum .....	50
Gambar	5.19	Hubungan beban – lendutan Howe pengujian Dengan Howe analisis SAP 2000.....	52
Gambar	5.20	Hubungan beban – lendutan Fink pengujian Dengan Fink analisis SAP 2000.....	52
Gambar	5.21	Hubungan beban – lendutan Pratt pengujian Dengan Pratt analisis SAP 2000.....	53
Gambar	5.22	Hubungan momen – kelengkungan rangka Howe .....	54
Gambar	5.23	Hubungan momen – kelengkungan rangka Fink .....	54
Gambar	5.24	Hubungan momen – kelengkungan rangka Pratt .....	55
Gambar	5.25	Hubungan momen – kelengkungan rangka Howe, Fink, dan Pratt .....	55
Gambar	5.26	Hubungan momen – kelengkungan rangka Howe analisis SAP 2000 .....	57
Gambar	5.27	Hubungan momen – kelengkungan rangka Fink analisis SAP 2000 .....	57
Gambar	5.28	Hubungan momen – kelengkungan rangka Pratt analisis SAP 2000 .....	58
Gambar	5.29	Hubungan momen – kelengkungan Howe, Fink, dan Pratt analisis SAP 2000 .....	58

Gambar	5.30	Hubungan momen – kelengkungan Howe pengujian dan Howe analisis SAP 2000 .....	60
Gambar	5.31	Hubungan momen – kelengkungan Fink pengujian dan Fink analisis SAP 2000 .....	60
Gambar	5.32	Hubungan momen – kelengkungan Pratt pengujian dan Pratt analisis SAP 2000 .....	61
Gambar	5.33	Rangka howe, pratt, dan fink .....	63



## DAFTAR LAMPIRAN

- |            |  |
|------------|--|
| Lampiran 1 | Permohonan tugas akhir dan lembar konsultasi         |
| Lampiran 2 | Hasil pengujian tarik baja                           |
| Lampiran 3 | Hasil pengujian rangka kuda-kuda howe, fin dan pratt |
| Lampiran 4 | Data SAP 2000  |
| Lampiran 5 | Perhitungan faktor kekakuan (Beban – lendutan)       |
| Lampiran 6 | Perhitungan faktor kekakuan                          |
| Lampiran 7 | Perhitungan nilai koefisien panjang tekuk (K)        |
| Lampiran 8 | Perhitungan $P_{ijin}$                               |
| Lampiran 9 | Dokumentasi pada saat pengujian                      |

## DAFTAR NOTASI

$A$	=	Luas penampang
$A_{ef}$	=	Luas efektif
$A_b$	=	Luas bruto
$b$	=	Lebar sayap
$C_c$	=	Kelangsingan batas
$d$	=	Panjang bibir
$E$	=	Modulus elastis
$f$	=	Tegangan yang bekerja pada elemen
$F_{cr}$	=	Tegangan kritis
$F_y$	=	Tegangan leleh
$h$	=	Tinggi badan profil
$I$	=	Inersia profil
$K$	=	Faktor panjang tekuk
$k$	=	Koefisien tekuk pelat
$L$	=	Panjang bentang
$KL$	=	Panjang tekuk
$P$	=	Beban
$P_{cr}$	=	Beban kritis
$Q$	=	Faktor bentuk
$Q_a$	=	Faktor bentuk elemen tekan diperkuat
$Q_s$	=	Faktor bentuk elemen tekan tidak diperkuat

$r$  = Jari-jari inersia

$t$  = Tebal profil

$\lambda$  = kelangsingan

$\mu$  = Angka poisson



## **INTISARI**

*Kuda-kuda rangka batang (truss) adalah suatu struktur kerangka yang terdiri dari sejumlah batang yang dihubungkan satu sama lain dengan perantara titik-titik simpul yang berupa sendi tanpa gesekan dimana gaya-gaya luar bekerja melalui titik-titik ini. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) membandingkan kekuatan kuda-kuda rangka Howe, Fink, dan Pratt, (2) mendapatkan diagram beban-lendutan kuda-kuda, (3) mendapatkan nilai koefisien panjang efektif.*

*Perbedaan konfigurasi batang pengisi struktur rangka atap Howe, Fink dan, Pratt akan menyebabkan perbedaan perilaku dari ketiga struktur rangka atap tersebut. Hal inilah yang menarik untuk diteliti*

*Pada penelitian ini didapatkan bahwa (1) rangka Fink mempunyai kekuatan yang paling besar dibandingkan rangka Howe dan rangka Pratt. Hal ini disebabkan batang tekan yang menjadi batang pengisi rangka Fink lebih pendek dibandingkan dengan batang tekan yang menjadi batang pengisi rangka Pratt, sedangkan pada rangka Howe batang tekan yang menjadi batangnya lebih banyak dari rangka Fink dan Pratt. (2) beban terbesar dan lendutan maksimal terjadi pada rangka Fink. (3) nilai koefisien panjang efektif didapat dari batang yang rusak akibat tekuk, tekuk yang terjadi pada penelitian ini adalah tekuk lokal (local buckling).*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Baja bentukan dingin (*cold formed*) banyak digunakan sebagai komponen struktur bangunan perumahan dan bangunan industri, utamanya sebagai struktur rangka atap (kuda-kuda). Penggunaan masih terbatas hanya untuk kuda-kuda bentang pendek atau kuda-kuda yang memikul beban ringan. Salah satu penyebab keterbatasan penggunaan baja bentukan dingin adalah kurangnya pemahaman dari perilaku penampang baja bentukan dingin tersebut. Penampang baja bentukan dingin tersebut yang lazim digunakan pada struktur rangka atap adalah profil Lipped Channel (C), dan Lipped Zed (Z). Sedangkan bentuk rangka yang umum digunakan, adalah : (a) rangka Howe, (b) rangka Pratt, dan (c) rangka Fink. Ketiga rangka tersebut mempunyai batang tepi atas dan tepi bawah yang sama sedangkan konfigurasi dan panjang batang pengisi (batang vertikal dan diagonal ) berbeda. Batang diagonal pada rangka Howe umumnya merupakan batang tekan, sedangkan batang diagonal pada rangka Pratt umumnya berupa batang tarik. Batang vertikal pada rangka Howe umumnya berupa batang tarik sebaliknya, batang vertikal pada rangka Pratt umumnya berfungsi sebagai batang tekan. Pada rangka Fink batang pengisi yang tegak lurus batang tepi atas umumnya merupakan batang tekan sedangkan batang pengisi yang lain umumnya merupakan batang tarik.



Perbedaan konfigurasi dan panjang batang pengisi dapat mengakibatkan perbedaan sifat atau perilaku struktur yaitu, kekuatan (kapasitas ) dan kekakuan (stiffnes). Karena itu hal ini menarik untuk diteliti guna mengetahui perilaku ketiga rangka tersebut. Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental (laboratorium).

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian eksperimental adalah :

1. Mendapatkan kekuatan kuda-kuda Howe, Fink, dan Pratt dari Profil lipped Zed dan membandingkan kekuatan ketiga kuda-kuda tersebut.
2. Mendapatkan diagram beban-lendutan kuda-kuda rangka Howe, Fink, dan Pratt akibat pembebanan statis terpusat dipuncak kuda-kuda dan membandingkan kekakuan ketigakuda-kuda tersebut
3. Mendapatkan koefisien panjang efektif dari kuda-kuda rangka Howe, Fink, dan Pratt

## **1.3 Manfaat Penelitian**

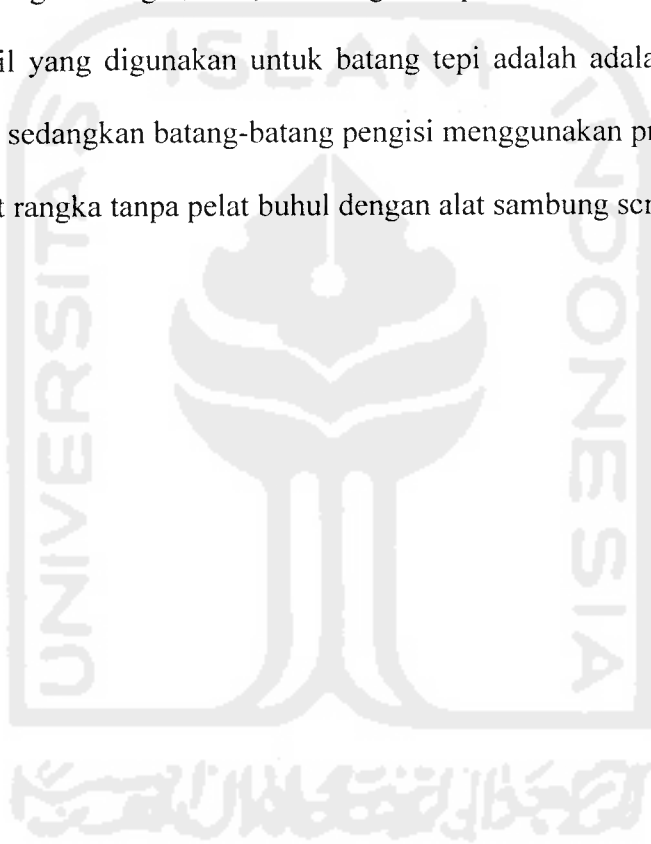
Hasil penelitian eksperimental ini diharapkan mendapat manfaat sebagai berikut :

1. Mengembangkan pengetahuan yang sudah ada khususnya sifat rangka yang terbuat dari profil lipped zed
2. Memberikan informasi tentang kekuatan dan kekakuan rangka Howe, Fink dan Pratt.

#### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian eksperimental struktur rangka Howe, Fink dan pratt di batasi pada masalah berikut:

1. struktur rangka Howe, Pratt, dan Fink dukungan sederhana (sendi-rol) dengan pembebanan statis terpusat dipuncak rangka.
2. Panjang bentang 6,00 m, kemiringan atap  $22^\circ$ .
3. Profil yang digunakan untuk batang tepi adalah adalah profil Lipped Zed, sedangkan batang-batang pengisi menggunakan profil C.
4. Joint rangka tanpa pelat buhul dengan alat sambung screw.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Rangka batang adalah suatu struktur rangka (Truss) yang terdiri dari sejumlah batang yang dirangkai dan dihubungkan dengan perantara titik-titik simpul yang berupa sendi, dimana gaya-gaya luar hanya bekerja pada titik simpul tersebut (*Chu-Kia Wang, 1985*).

Beberapa jenis rangka atap yang biasa dijumpai pada bangunan-bangunan gedung, diantaranya rangka Howe, Pratt, dan Fink (*Yuan-Yu Hsieh, 1985*).

Untuk menentukan kekuatan kolom dasar, kondisi kolom perlu diidealisasi dengan beberapa anggapan (*Salmon Johnson, 1994*)

Batang tekan yang panjang akan runtuh akibat tekuk elastis, dan batang tekan yang pendek dapat dibebani sampai bahan meleleh atau bahkan sampai daerah pengerasan regangan. Pada keadaan yang umum, kehancuran akibat tekuk terjadi setelah sebagian penampang lintang meleleh; keadaan ini disebut tekuk inelastis (*Salmon Johnson, 1994*)

Nilai koefisien panjang efektif dari suatu rangka batang hanya bisa ditinjau pada batang yang mengalami kerusakan akibat tekuk

Suatu metoda baru desain batang tekan diusulkan untuk menyertakan tekuk lokal, distorsi dan tekuk Euler. Analisa yang masuk akal sebagai prediksi tekuk elastis ke dalam perancangan kolom dinding tipis (*thin-walled coloumn*) dari profil zed (*Schafer, 1997*).

Elemen bentukan dingin adalah elemen yang dibentuk dalam keadaan dingin (tidak dalam keadaan panas). Struktur kuda-kuda bentukan dingin dapat disusun dalam berbagai macam variasi bentuk tampang, sesuai dengan fungsi tampang tersebut, dengan menggunakan alat sambung las, baut, dan alat sambung lainnya (*Lambert Tall, 1974*).

kekakuan rangka hingga beban patah terjadi pada daerah elastis, dengan penambahan beban pada rangka maka rangka akan menjadi plastis sebagian hingga pada akhirnya rangka menjadi plastis sempurna. Setelah itu rangka atau struktur tidak mampu lagi memikul tambahan beban (*Timoshenko, 1987*).



## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Kuda-kuda Rangka Batang**

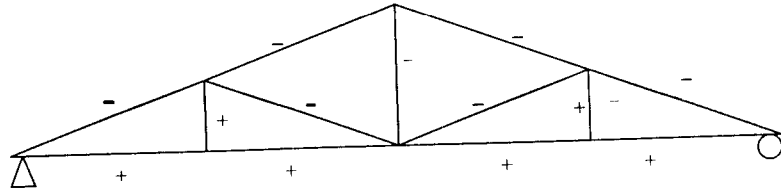
Kuda-kuda rangka batang (*truss*) adalah suatu struktur kerangka yang terdiri dari sejumlah batang yang dihubungkan satu sama lain dengan perantara titik-titik simpul yang berupa sendi tanpa gesekan dimana gaya-gaya luar bekerja melalui titik-titik ini. (*Chu-Kia Wang, 1985*).

#### **3.2 Bentuk Kuda-Kuda Rangka Batang**

Bentuk kuda-kuda rangka batang yang umum dijumpai adalah rangka Howe, Fink, dan pratt (*Hsieh, 1983*). Komponen rangka terdiri dari batang tepi atas, tepi bawah dan batang pengisi. Batang-batang tepi bawah pada struktur rangka batang umumnya merupakan batang tarik, batang pada tepi atas berfungsi sebagai batang tekan. Konfigurasi dan panjang batang pengisi ketiga rangka tersebut di atas bervariasi sehingga dapat mempengaruhi kekuatan dan kekakuan masing-masing rangka.

##### **3.2.1 Howe Truss,**

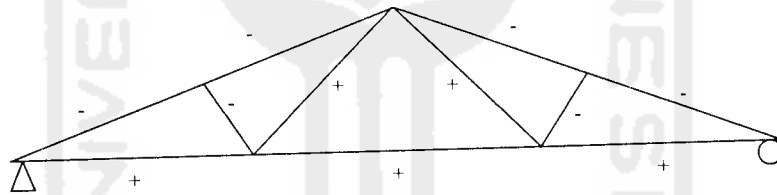
Batang pengisi pada rangka Howe berupa batang diagonal dan batang vertikal, batang diagonal umumnya merupakan batang tekan, sedangkan batang vertikal umumnya berupa batang tarik, (Gambar 3.1).



**Gambar 3.1** Howe Truss

### 3.2.2 Fink Truss

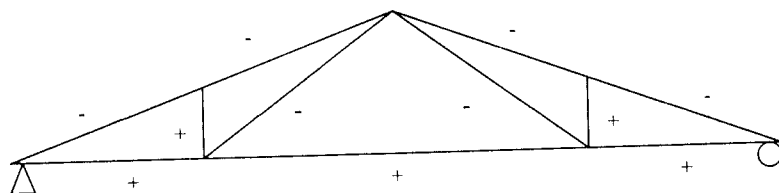
Pada rangka ini batang pengisinya berupa batang diagonal, sebagian batang diagonal tegak lurus terhadap batang tepi atas. Sebagian batang pengisi merupakan batang tarik, sedangkan batang pengisi yang lain merupakan batang tekan. Panjang batang pengisi yang berfungsi sebagai batang tekan lebih pendek dibanding batang pengisi yang berfungsi sebagai batang tarik (Gambar 3.2).



**Gambar 3.2** Fink Truss

### 3.2.3 Pratt Truss

Pada rangka Pratt batang pengisi diagonal umumnya merupakan batang tarik sedangkan batang pengisi vertikal umumnya merupakan batang tekan.



**Gambar 3.3** Pratt Truss

Perbedaan konfigurasi dan panjang batang pengisi dapat mengakibatkan perbedaan fungsi batang dan besar gaya yang bekerja. Jika batang pengisi dibuat dari profil yang sama maka kelangsingan batang pengisi yang berfungsi sebagai batang tekan berbeda, sehingga mempengaruhi kekuatan (kapasitas) dan kekakuan (stiffnes) rangka. Gaya-gaya yang bekerja pada komponen rangka adalah gaya aksial (tekan, tarik), batang yang memikul gaya tekan dinamakan batang tekan, sebaliknya batang yang memikul gaya tarik dinamakan batang tarik

### 3.3 Batang Tekan

Batang tekan paling sederhana adalah batang yang memikul gaya tekan aksial dan gaya tersebut bekerja melalui pusat berat penampang. Batang tekan dijumpai pada struktur rangka atap (kuda-kuda). Untuk menentukan kuat tekan komponen tekan pada sistem rangka perlu diidealisir dengan beberapa anggapan, yaitu:

- 1 tegangan regangan tekan sama diseluruh titik pada penampang,
- 2 Didalam batang tidak terdapat tegangan internal berupa tegangan residu akibat pendinginan setelah penggilingan dan akibat pengelasan.
3. Batang prismatis, lurus sempurna dan ujung-ujung batang berupa sendi,
4. resultante beban bekerja melalui pusat berat penampang batang sampai batang mulai melentur;
5. Anggapan lain tentang tekuk ialah teori lendutan yang kecil seperti pada lenturan yang umum berlaku dan gaya geser yang dapat diabaikan, serta
- 6 Batang tidak mengalami puntiran. ( *Salmon Johnson, 1994* )

### 3.3.1 Kegagalan Batang Tekan

Secara umum kegagalan batang tekan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu. (a) kegagalan akibat kekuatan bahan terlampaui dan (b) kegagalan akibat tekuk.

Kegagalan akibat kekuatan bahan terlampaui dialami oleh batang tekan yang pendek dan penampangannya kompak. Penampang kompak adalah penampang yang mempunyai rasio kelangsingan atau rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) kecil sehingga penampang tersebut tidak mengalami tekuk setempat (*local buckling*).

Kegagalan tekuk dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu tekuk menyeluruh (*over all buckling*) dan tekuk lokal. Tekuk menyeluruh dialami oleh kolom yang penampangannya kompak, kuat tekan kolom yang penampangannya kompak dipengaruhi oleh kelangsingan kolom. Berdasarkan kelangsingan, kolom-kolom dikelompokkan menjadi tiga, yaitu kolom pendek (*stocky column*), kolom sedang (*moderat column*) dan kolom langsing (*slender column*). Kegagalan kolom langsing terjadi pada tegangan kritis yang nilai rata-ratanya lebih kecil dari tegangan leleh. Kegagalan kolom sedang terjadi pada keadaan sebagian penampangannya elastis dan sebagian lagi telah mencapai tegangan leleh, kegagalan seperti ini dinamakan tekuk tidak elastis (*in-elastic buckling*).

Kuat (kapasitas) tekan kolom pendek yang penampangannya kompak dihitung dengan persamaan

$$P_u = A_g \cdot F_y \quad (3.1)$$



dengan  $F_{cr}$  = tegangan kritis,  $F_y$  = tegangan leleh,  $P_u$  = kapasitas tekan dan  $A_g$  = luas penampang bruto. Karena penampang kompak tegangan kritis pelat dapat mencapai tegangan leleh sehingga diambil  $F_{cr} = F_y$ .

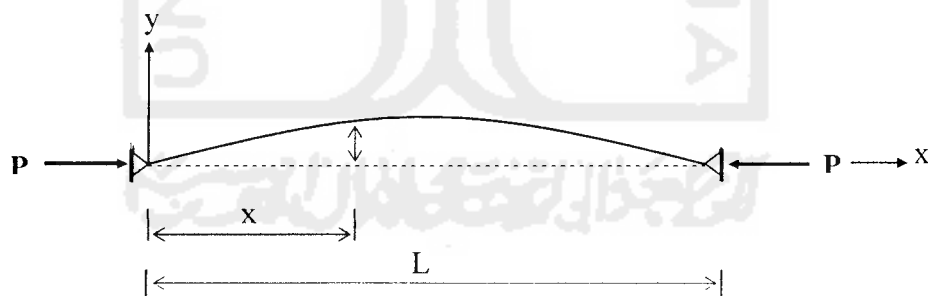
### 3.3.2 Kolom Langsing

Kuat tekan kolom langsing dijabarkan secara matematis oleh Euler Pada sebuah batang lurus yang ujung-ujungnya sendi dikerjakan gaya tekan  $P$ , akibatnya batang melengkung (Gambar 3.4). Penampang kolom yang letaknya  $x$  dari ujung kiri mengalami deformasi lateral  $y$ , keseimbangan pada penampang tersebut dinyatakan sebagai

$$M + P \cdot y = 0 \quad (3.2a)$$

Persamaan (3.2a) dapat dinyatakan dengan Persamaan (3.2b), yaitu

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{P}{EI}y = 0 \quad (3.2b)$$



Gambar 3.4 Deformasi akibat gaya tekan aksial  $P$

Penyelesaian Persamaan (3.2b) menghasilkan beban tekuk Euler (*Euler buckling load*), yaitu

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (3.3)$$

Masing-masing ruas Persamaan (3.3) dibagi luas penampang ( $A$ ) didapat tegangan kritis

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (3.4)$$

dengan  $(KL/r)$  adalah kelangsingan batang,  $K$ = faktor panjang efektif,  $r = \sqrt{I/A}$  (jari-jari inersia) dan  $I$ =momen inersia. Tampak bahwa tegangan kritis batang tekan berbanding terbalik dengan kuadrat kelangsingan, semakin langsing suatu batang tegangan kritisnya semakin kecil

### 3.3.3 Tekuk Tidak Elastis

Persamaan Euler (Persamaan 3.3) sesuai dengan beban kritis kolom langsing yang nilainya di bawah tegangan leleh. Dalam struktur nyata kolom-kolom biasanya mengalami tekuk dalam keadaan sebagian penampangnya elastis sebagian lagi tidak elastis, tekuk batang pada keadaan ini dinamakan tekuk tidak elastis (*in-elastic buckling*). Banyak teori tekuk tidak elastis, salah satu diantaranya adalah *Tangen modulus theory* (Engeser, 1889) Berdasarkan teori ini tegangan kritis kolom dinyatakan dengan Persamaan

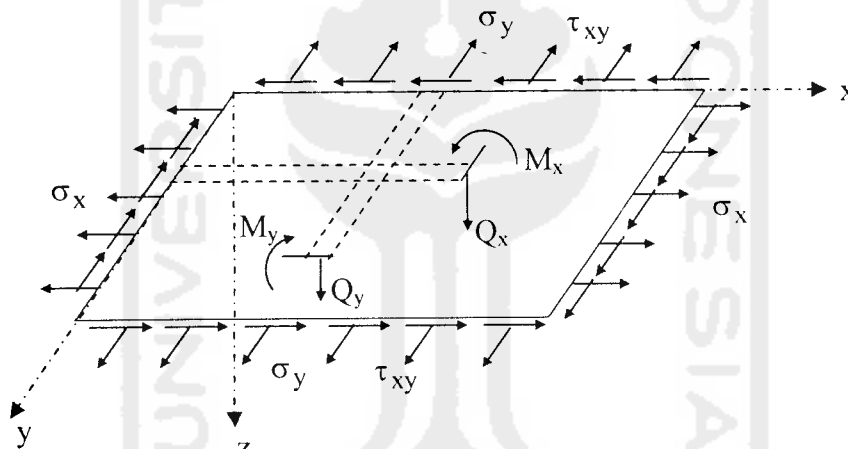
$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E_t}{(KL/r)^2} \quad (3.5)$$

dengan  $E_t$ = modulus tangen yang nilainya berubah-ubah dan lebih kecil dari modulus elastis. Karena  $E_t < E$  maka tegangan kritis yang diperoleh berdasarkan Persamaan (3.5) selalu lebih kecil dibanding Persamaan (3.4). Persamaan (3.4) dan (3.5) menginformasikan tegangan kritis batang tekan

berbanding terbalik dengan kuadrat kelangsingan, semakin langsing suatu batang tegangan kritisnya semakin kecil. Persamaan (3.4) dan (3.5) berlaku untuk batang tekan yang elemen-elemen penampangnya tidak mengalami tekuk lokal.

### 3.3.4 Tekuk Lokal

Tekuk lokal, pada penampang batang tekan dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain: (a) rasio kelangsingan elemen pelat ( $b/t$ ), (b) kondisi tumpuan dan (c) aspek rasio. Gambar 3.5. menunjukkan sebuah pelat yang memikul gaya tarik dan gaya geser pada keempat sisinya.



Gambar 3.5. Pelat yang memikul gaya tarik dan gaya geser pada keempat sisinya

Persamaan differensial tegangan kritis pelat dikemukakan oleh (*Bleic 1952*), yaitu differensial

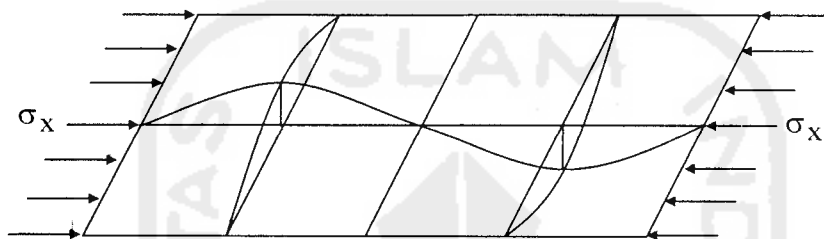
$$\frac{EI}{1-\mu^2} \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) + t \left( \sigma_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2\tau_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \sigma_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (3.6)$$

dengan :  $t^3 / 12$  = momen inersia pelat yang mempunyai lebar satu satuan

$\sigma_x$  dan  $\sigma_y$  = berturut-turut adalah tegangan normal pada arah x dan y,

$\tau_{xy}$	=	tegangan geser
$t$	=	tebal pelat
$\mu$	=	Poisson's ratio = 0,3
$w$	=	lendutan pelat di tengah bidang pelat

## 2. Pelat Memikul Tekanan Merata



Gambar 3.6. Pelat Lipped Zed

Sebuah pelat persegi (Gambar 3.6) keempat sisinya ditumpu sederhana (sendi) dan pelat tersebut tertekuk akibat beban terdistribusi merata  $\sigma_x$ . Keseimbangan pelat ini adalah

$$\frac{EI}{1-\mu^2} \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) + \sigma_x t \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0 \quad (3.7)$$

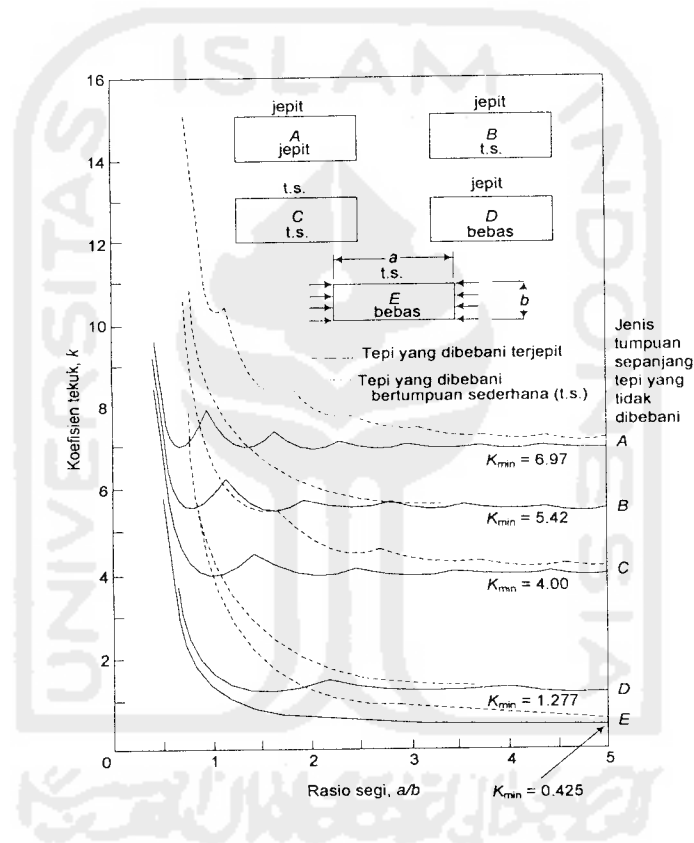
Solusi persamaan 3.7 menghasilkan Persamaan tegangan kritis pelat yang memikul tekanan merata, yaitu

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2} \quad (3.8)$$

dengan :  $F_{cr}$  = tegangan kritis (MPa),  $k$  adalah koefisien tekuk,  $\pi = 3,14$ ,  $E$  adalah modulus elastisitas baja ( $2.10^5$  MPa),  $\mu$  adalah rasio poisson = 0,3, dan  $b/t$  adalah rasio lebar terhadap tebal pelat. Nilai  $k$  untuk pelat yang memikul tekanan merata

dengan berbagai kondisi tepi (jepit, sendi dan bebas) ditunjukkan pada Gambar 3.7 (Salmon dan Johnson, 1991)

Dari persamaan (3.8) tampak bahwa tegangan kritis  $F_{cr}$  dipengaruhi oleh koefisien tekuk pelat ( $k$ ) dan rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ). Semakin besar rasio  $b/t$  tegangan kritis pelat semakin kecil.



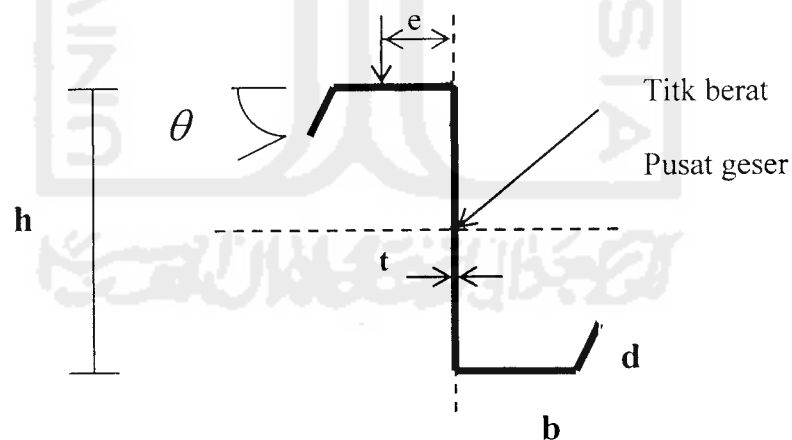
**Gambar 3.7** Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada pelat segi empat datar (dikutip dari Struktur Baja Disain Dan Perilaku Jilid 1, salmon dan Johnson)

Tampak bahwa untuk pelat dengan kondisi tumpuan jepit-jepit (A) nilai  $k_{min} = 6,97$ . Untuk pelat dengan tumpuan sederhana-jepit (B) nilai  $k_{min} = 5,42$ . Sedangkan pelat dengan tumpuan sederhana-sederhana, nilai  $k_{min} = 4$ . Dan untuk

pelat dengan jepit-bebas, nilai  $k_{\min} = 1,277$ , serta untuk pelat dengan tumpuan sederhana-bebas  $k_{\min} = 0,425$ .

Nilai  $k$  untuk pelat yang salah satu sisinya tidak diperkuat, dalam hal ini dimiliki oleh sayap (*flens*) mendekati nilai 0,425 dan untuk pelat keempat sisinya ditumpu oleh tumpuan sederhana memiliki nilai  $k = 4$ , nilai  $k = 4$  dimiliki oleh badan. Dengan demikian tampak bahwa nilai  $k$  untuk sayap 1/10 dari nilai  $k$  yang dimiliki oleh badan maka nilai  $k$  akan mendekati konstan.

Analisis tekuk lokal kolom berdinding tipis (*thin-walled coloumn*) penampang Z (Lipped Zed) yang langsing diusulkan oleh *Schafer, 1997*. Penampang terdiri dari badan (*web*), sayap (*flens*) dan bibir (*lips*), lihat Gambar 3.8 dengan  $h$  adalah tinggi badan,  $b$  = lebar sayap,  $d$  = panjang lip,  $\theta$  = sudut lip (radians),  $t$  = tebal .



**Gambar 3.8** Profil Lipped Zed

### 1. Tekuk Lokal Sayap

*Schafer (1997)* menghitung tegangan tekan kritis sayap dengan asumsi kedua sisi pelat sayap ditumpu sederhana sehingga koefisien tekuk yang sesuai adalah  $k = 4$ , jadi tegangan kritis sayap profil Z adalah :

$$F_{cr \text{ sayap}} = k_{\text{sayap}} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (3.9)$$

### 2. Tekuk Lokal Badan

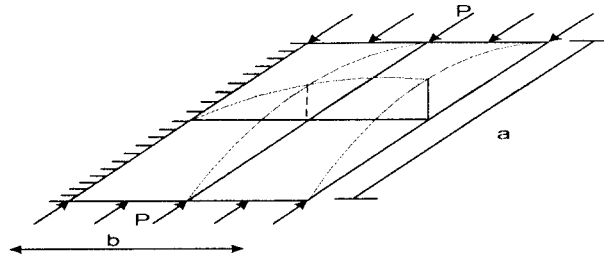
Pelat badan dianggap sebagai pelat yang kedua sisinya didukung sederhana dan menerima tekanan murni sehingga koefisien tekuk pelat  $k = 4$ , jadi tegangan kritis pelat badan adalah

$$F_{cr \text{ badan}} = k_{\text{badan}} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot \left(\frac{h}{t}\right)^2} \quad (3.10)$$

### 3. Tekuk Lokal Lip

Bibir profil Zed dianggap sebagai pelat yang satu sisinya didukung sederhana dan memikul tekanan murni (Gambar 3.9) sehingga kekakuan pelat dapat didekati dengan  $k = 0,425$ .

$$F_{cr \text{ lip}} = k_{\text{lip}} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot \left(\frac{d}{t}\right)^2} \quad (3.11)$$



**Gambar 3.9** Tekuk lokal pada sayap (jepit-bebas)

Nilai  $k$  untuk kondisi yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 dan perbandingan  $a/b$  seperti Gambar 3.9 diperoleh  $k = 0,425$ . Tegangan kritis dipengaruhi nilai  $(b/t)$  apabila bernilai kecil maka  $F_{cr}$  akan meningkat. Kerusakan akibat tekuk dapat dicegah dengan cara memperkecil rasio lebar terhadap tebal  $(b/t)$  dan meningkatkan koefisien tekuk ( $k$ ).

### 3.3.5 Perhitungan koefisien tekuk ( $k$ )

Nilai koefisien tekuk komponen rangka batang dapat diketahui hanya pada komponen yang mengalami kerusakan akibat tekuk (tekuk menyeluruh maupun akibat tekuk lokal). Pola kegagalan tekuk dapat diketahui dari kejadian eksperimen. Pada kondisi tekuk menyeluruh nilai  $k$  dipengaruhi oleh kelangsingan batang profil yang digunakan dan bisa didapat dengan menggunakan persamaan dibawah ini

$$K = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{F_{cr} (L/r)^2}} \quad (3.12)$$

Pada kondisi tekuk lokal, nilai  $k$  dipengaruhi oleh rasio lebar terhadap tinggi ( $b/d$ ). Hal ini biasanya dipengaruhi oleh stabilitas pelat dan bisa didapat dengan menggunakan persamaan dibawah ini



$$k = \frac{F_{cr} 12(1 - \mu^2)(b/t)^2}{\pi^2 E} \quad (3.13)$$

dengan  $F_{cr}$  adalah gaya batang dibagi luas profil ( $P_{cr} / A$ )

### 3.3.5.1 Koefisien tekuk pelat tertekan

*Schafer (1997)* mengusulkan nilai koefisien tekuk untuk tekuk lokal dapat dicari dengan analisa potongan, terbatas pada sayap dan bibir (tepi).

#### 1. Koefisien tekuk Pelat Sayap / tepi

Nilai K untuk tekuk lokal sayap tepi (bibir)

$$k_{sayap\tepi} = -11,07\left(\frac{d}{b}\right)^2 + 3,95\left(\frac{d}{b}\right) + 4 \quad (3.14)$$

#### 2. Koefisien tekuk Pelat sayap / Badan

Jika  $h/b = 1$  maka nilai  $k = 4$ . Jika  $h/b > 1$  maka nilai  $k$  kurang dari 4 dalam kaitannya dengan tekuk pada badan. Jika  $h/b < 1$  maka nilai  $k$  lebih dari 4 dalam kaitannya dengan pengekangan oleh badan pada sayap. Nilai  $k$  untuk tekuk lokal sayap/badan menurut *Schafer*,

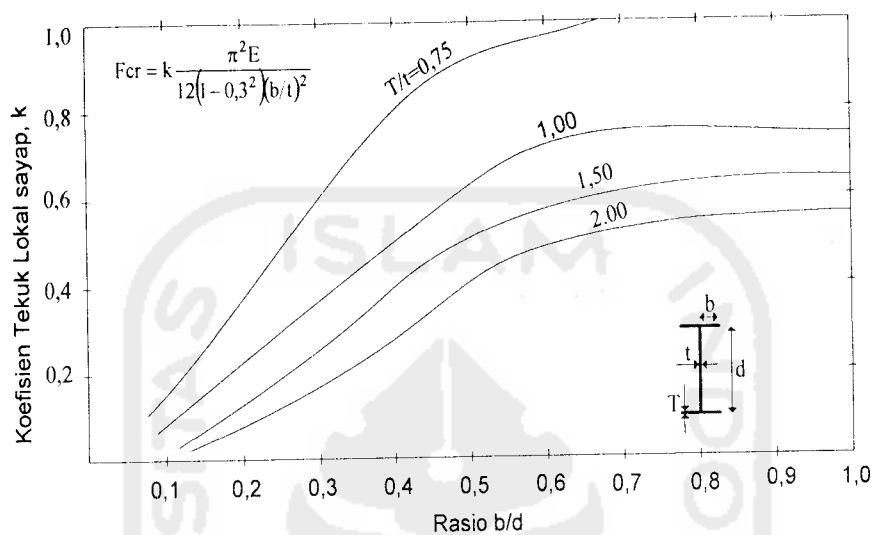
$$k_{sayap\_badan} = \left[ \left[ 2 - \left(\frac{b}{h}\right)^{0,4} \right], 4, \left(\frac{b}{h}\right)^2 \right] \quad \text{jika } \frac{h}{b} \geq 1 \quad (3.15)$$

$$\left[ \left[ 2 - \left(\frac{b}{h}\right)^{0,2} \right], 4 \right] \quad \text{jika } \frac{h}{b} < 1 \quad (3.16)$$

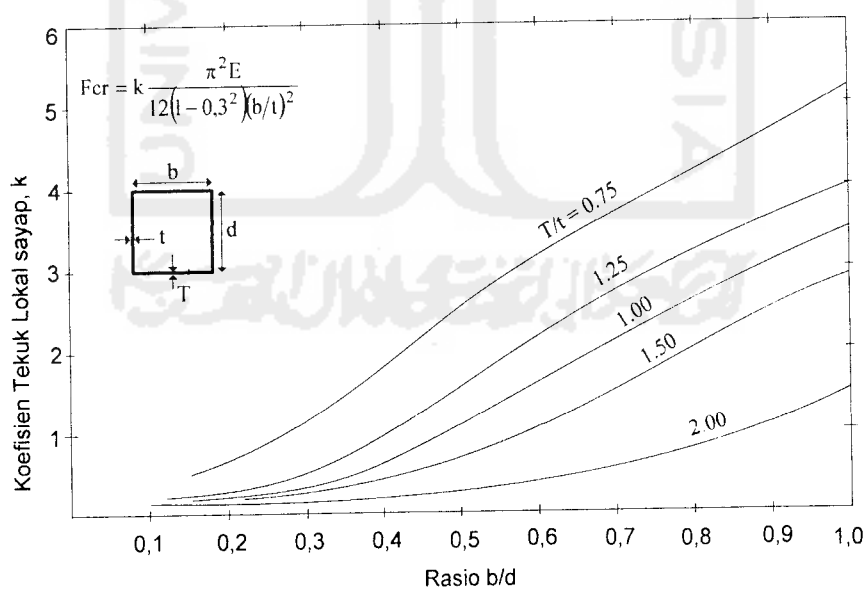
### 3.3.5.2 Koefisien tekuk penampang tertekan

Nilai-nilai koefisien tekuk elastis  $k$  untuk penampang I pada tekanan yang sama ditunjukkan pada Gambar 3.10, dan untuk penampang kotak ditunjukkan pada

Gambar 3.11 Tegangan kritis dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.8 dengan mengganti tebal pelat sebagai tebal sayap T.



**Gambar.3.10** Koefisien tekuk lokal untuk batang tekan penampang I (N.S Trahair dan M.A. Bradford, 1988)



**Gambar 3.11** Koefisien tekuk lokal untuk batang tekan penampang kotak (N.S Trahair dan M.A. Bradford, 1988)

Tampak pada gambar diatas bahwa untuk batang tekan penampang I, selain dipengaruhi oleh rasio lebar sayap terhadap tinggi profil nilai k juga dipengaruhi oleh tebal sayap terhadap tebal badan. Begitu juga dengan batang tekan penampang persegi, pada gambar diatas terlihat juga bahwa untuk pelat dengan penampang persegi mempunyai nilai koefisien tekuk minimal ( $k_{min}$ ) = 1, sedangkan pada penampang I,  $k_{maks} = 1$

### 3.4 Tegangan kritis metode AISC

AISC mengemukakan hitungan tegangan kritis yang mempertimbangkan tekuk lokal. Pengaruh tekuk lokal yang terjadi sebe um kekuatan kolom keseluruhan tercapai diperhitungkan dengan mengalikan tegangan maksimum yang dapat dicapai dengan faktor bentuk Q. Faktor bentuk dipengaruhi oleh bentuk penampang, dimana

$$Q = Q_a \cdot Q_s \quad (3.17)$$

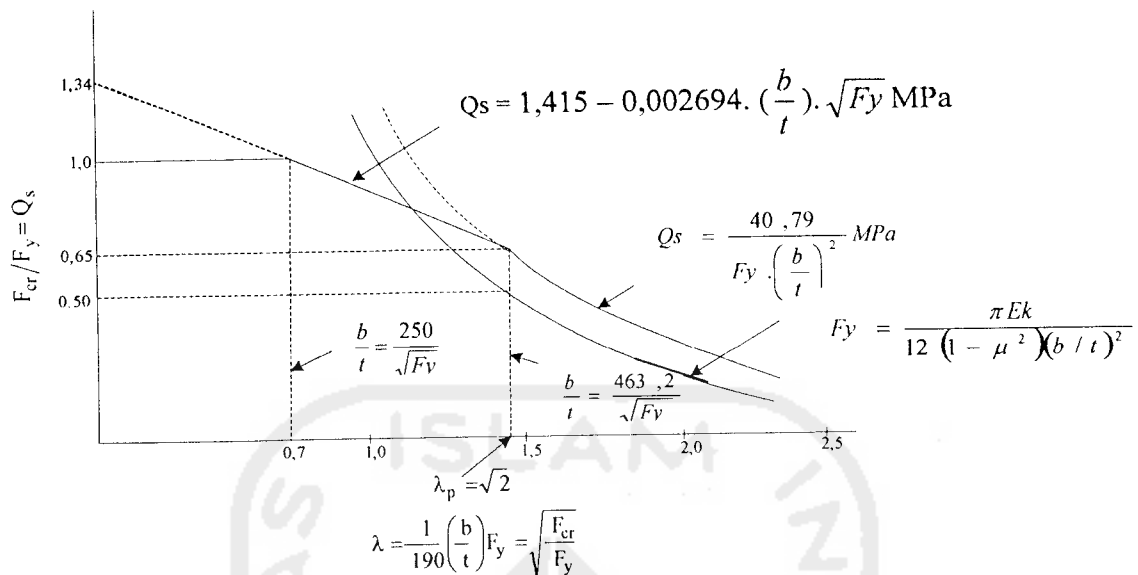
Faktor bentuk untuk elemen penampang yang tidak diperkuat adalah  $Q_s$ . Gambar 3.7 menunjukkan kekuatan pelat untuk elemen tekan yang tidak diperkuat dengan satu tepi sendi dan tepi lainnya bebas (AISC-1978). Faktor bentuk  $Q_s$  untuk sayap diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t}\right) > \left(\frac{250}{\sqrt{F_y}}\right) \text{ MPa} \quad (3.18)$$

Besar  $Q_s$  menurut AISC adalah,

$$Q_s = 1,415 - 0,002694 \cdot \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{F_y} \text{ MPa} \quad (3.19)$$

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



**Gambar 3.12** kekuatan pelat untuk elemen tekan yang tidak diperkuat dengan satu tepi sendi dan tepi lainnya bebas

Faktor bentuk untuk elemen penampang yang diperkuat adalah  $Q_a$ .

Besar  $Q_a$  menurut AISC adalah,

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_{bruto}} \quad (3.20)$$

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

$$\frac{b_E}{t} = \frac{21}{\sqrt{f}} \left( 1 - \frac{4,18}{(b/t)\sqrt{f}} \right) \text{MPa} \quad (3.21)$$

Dengan  $f$  adalah tegangan yang bekerja pada elemen.

Besar tegangan kritis menurut AISC dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan tegangan kritis kolom seperti pada persamaan dibawah ini.

$$F_{cr} = QF_y \left[ 1 - \frac{QF_y}{4\pi E} \left( \frac{KL}{r} \right)^2 \right] \quad (3.22)$$

Apabila

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{QF_y}} \quad (3.23)$$

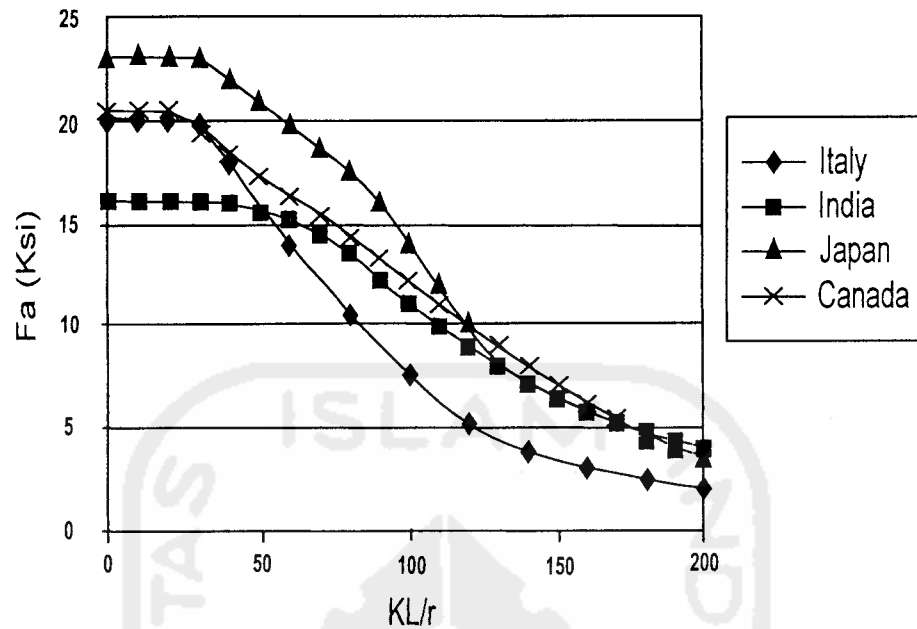
Maka

$$F_{cr} = QF_y \left[ 1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2} \right] \quad (3.24)$$

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

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (3.25)$$

Penelitian hubungan antara tegangan yang terjadi pada kolom 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 s/d  $\pm 40$ ), penurunan tegangan kritis akan menjadi besar seiring dengan pertambahan  $KL/r$  untuk  $KL/r = \pm 40$  sampai dengan  $\pm 160$ , dan kembali menjadi relatif datar untuk  $KL/r$  lebih dari  $\pm 160$ . Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.13



**Gambar 3.13** Grafik Hubungan  $KL/r$  Dengan  $F_a$  Di Beberapa Negara  
(Lambert Tall, 1974)

Tampak bahwa pada gambar diatas bahwa semakin kecil  $KL/r$  maka  $F_a$  akan meningkat.

### 3.5 Penampang batang (Profil)

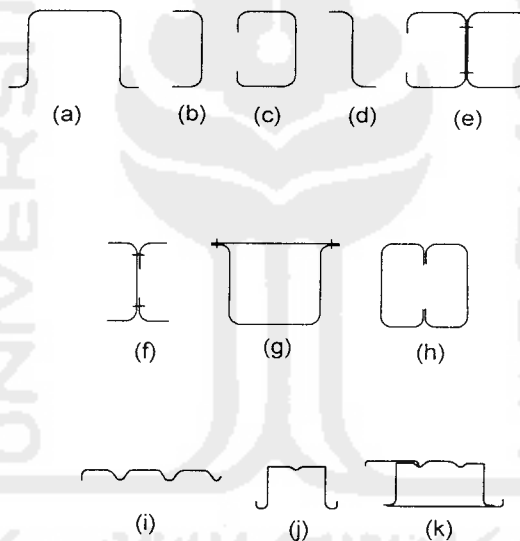
Penampang batang (profil) merupakan element struktur yang berpengaruh terhadap penempatan fungsi yang harus dipenuhi oleh struktur, agar sesuai dengan fungsi struktur maka pemilihan penampang harus didasari oleh fungsi dari struktur, dan beban yang harus dipikul.

Penampang batang yang terbuat dari potongan atau baja-pelat bentukan dingin (*cold-formed members*) digunakan secara luas didalam konstruksi. Suatu karakteristik yang baik dari baja bentukan dingin adalah dapat dibentuk ke dalam suatu variasi melintang yang besar dibentuk bersekat-sekat dengan penggunaan

peralatan sederhana. Perlindungan dari bagian bentukan dingin untuk melawan terhadap karatan sangat mudah yaitu dengan menggembleng atau lebih baik dilapisi dengan pelat logam sebelum pembuatan.

Gambar 3.14 menunjukkan profil bentukan dingin ukuran ringan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok (*Lambert Tall, 1974*), yaitu :

1. Bagian a sampai d, bentuk sederhana
2. Bagian e sampai h, bentuk penuh
3. Bagian i sampai k, bentuk panel atau dek.

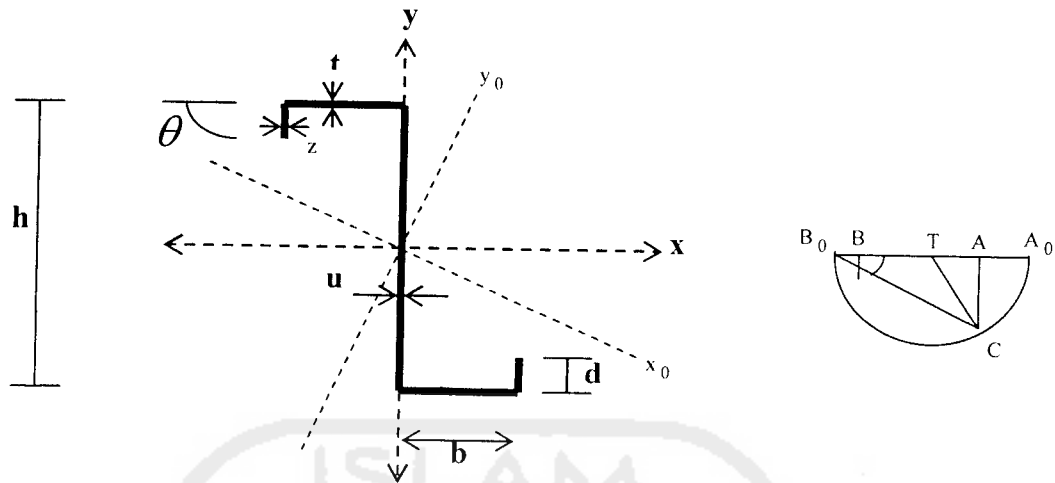


**Gambar. 3.14** Profil bentukan dingin

Pada penelitian ini penampang yang digunakan adalah baja bentukan dingin dengan profil lipped zed.

### 3.5.1 Penampang lintang lipped Zed

Salah satu bentuk penampang Zed bentukan dingin ditunjukkan pada Gambar 3.15.



**Gambar 3.15** Profil Lipped Zed

Sifat-sifat penampang lipped Zed yaitu : lebar sayap ( $b$ ), tebal sayap ( $t$ ), tinggi badan ( $h$ ), tebal badan ( $u$ ), tinggi bibir ( $d$ ), tebal bibir ( $z$ ), momen inersia sayap terhadap sumbu  $x$  ( $I_{xf}$ ), momen inersia badan terhadap sumbu  $x$  ( $I_{xw}$ ), momen inersia bibir ( $I_{xl}$ ), momen inersia terhadap sumbu  $x^0$  ( $I_{x^0}$ ), momen inersia sayap terhadap sumbu  $y$  ( $I_{yf}$ ), momen inersia badan terhadap sumbu  $y$  ( $I_{yw}$ ), momen inersia bibir ( $I_{yl}$ ), momen inersia terhadap sumbu  $y^0$  ( $I_{y^0}$ ), momen sentrifugal ( $S_{xy}$ ), jari-jari inersia terhadap sumbu  $x^0$  ( $ix^0$ ), jari-jari inersia terhadap sumbu  $x^0$  ( $ix^0$ ) masing-masing elemen adalah sebagai berikut :

Momen inersia terhadap sumbu  $x$

$$I_{xf} = \left( \frac{1}{12} b t^3 + b t \left( \frac{1}{2} h - \frac{1}{2} t \right)^2 \right) \cdot 2 \quad (3.26)$$

Momen inersia badan terhadap sumbu  $x$

$$I_{xw} = \frac{1}{12} u h^3 \quad (3.27)$$



Momen inersia bibir terhadap sumbu x

$$I_{xl} = \left[ \frac{1}{12} \cdot z \cdot d^3 + z \cdot d \cdot \left( \frac{1}{2} h - \frac{1}{2} d \right) \right] 2 \quad (3.28)$$

Luas penampang lipped Zed

$$A_1 = b \cdot t \quad ; \quad A_2 = u \cdot h \quad ; \quad A_3 = z \cdot d$$

Luas total penampang lipped Zed

$$A_{total} = A_1 + A_2 + A_3 \quad (3.29)$$

Momen inersia total terhadap sumbu x

$$I_{x_{total}} = I_{xf} + I_{xw} + I_{xl} \quad (3.30)$$

Momen inersia sayap terhadap sumbu Y

$$I_{yf} = \left[ \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot t + b \cdot t \cdot \left( \frac{1}{2} b - \frac{1}{2} u \right)^2 \right] 2 \quad (3.31)$$

Momen inersia badan terhadap sumbu Y

$$I_{yw} = \frac{1}{12} u^3 \cdot h \quad (3.32)$$

Momen inersia bibir terhadap sumbu Y

$$I_{yl} = \left[ \frac{1}{12} \cdot z^3 \cdot d + z \cdot d \cdot \left( b - \frac{1}{2} z - \frac{1}{2} u \right)^2 \right] 2 \quad (3.33)$$

Momen inersia total terhadap sumbu Y

$$I_{y_{total}} = I_{yf} + I_{yw} + I_{yl} \quad (3.34)$$

Momen sentrifugal

$$S_{xy} = \left( 2 \cdot b \cdot t \cdot \left( \frac{1}{2} h + \frac{1}{2} t \right) \cdot \left( \frac{1}{2} b - \frac{1}{2} u \right) \right) + \left( 2 \cdot z \cdot d \cdot \left( \frac{1}{2} h - \frac{1}{2} d \right) \cdot \left( b - \frac{1}{2} z - \frac{1}{2} u \right) \right) \quad (3.35)$$

$$\operatorname{Tg} 2\alpha_0 = -\frac{2.Sxy}{Ix - Iy} = \operatorname{tg}^2 2\alpha_0$$

$$\operatorname{Cos} 2\alpha_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 2\alpha_0}}$$

$$\operatorname{Sin} 2\alpha_0 = \operatorname{tg} 2\alpha_0 \cdot \operatorname{cos} 2\alpha_0$$

Momen inersia terhadap sumbu  $x^0$

$$Ix^0 = \frac{1}{2}(Ix + Iy) + \frac{1}{2}(Ix - Iy)\operatorname{cos} 2\alpha_0 - Sxy.\operatorname{sin} 2\alpha_0 \quad (3.36)$$

Momen inersia terhadap sumbu  $y^0$

$$Iy^0 = \frac{1}{2}(Ix + Iy) - \frac{1}{2}(Ix - Iy)\operatorname{cos} 2\alpha_0 + Sxy.\operatorname{sin} 2\alpha_0 \quad (3.37)$$

Jari-jari inersia terhadap sumbu  $x$

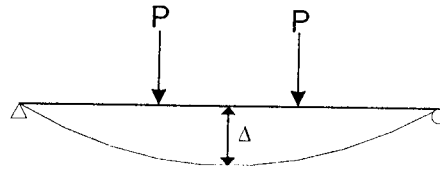
$$ix = \sqrt{\frac{Ix^0}{A_{total}}} \quad (3.38)$$

Jari-jari inersia terhadap sumbu  $Y$

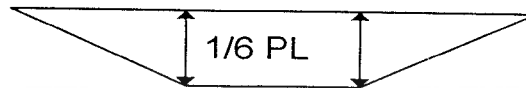
$$iy = \sqrt{\frac{Iy^0}{A_{total}}} \quad (3.39)$$

### 3.6 Hubungan Beban-Lendutan

Beban menyebabkan timbulnya lentur, maka balok pasti mengalami lendutan. Balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki satu titik yang momennya maksimum. Makin besar beban yang diberikan, makin besar pula momennya. Jika beban besar, material akan terdeformasi semakin cepat dan defleksinya juga semakin besar (Lynn S. Beedle, 1958).



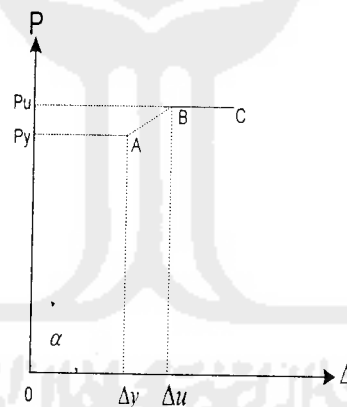
**Gambar 3.16** Lendutan Balok



**Gambar 3.17** Diagram Momen

$$\Delta = \frac{23P.L^3}{648EI} \quad (3.40)$$

dengan :  $\Delta$  = defleksi balok,  $P$  = beban,  $E$  = modulus elastis balok,  $L$  = panjang bentang balok,  $I$  = momen inersia penampang



**Gambar 3.18** Grafik Hubungan Beban( $P$ )-Lendutan( $\Delta$ )

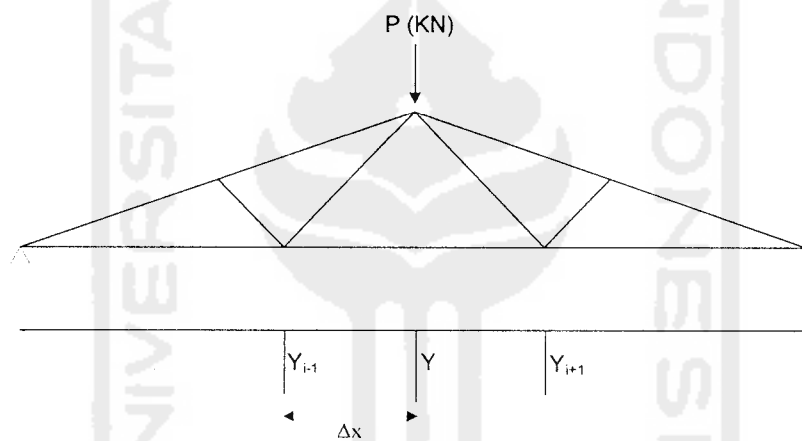
$$k = \operatorname{tg}\alpha = \frac{P}{\Delta} \quad (3.41)$$

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

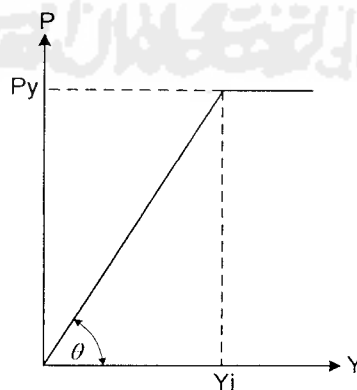
Menurut penelitian yang dilakukan oleh *American Society for testing and material* (ASTM) yang ditulis oleh *Timoshenko. 1987*, bahwa kekakuan

rangka hingga beban patah dinyatakan oleh garis OA pada diagram beban-lendutan dari Gambar 3.18 atau disebut juga dengan daerah elastis. Dengan penambahan beban pada rangka maka rangka akan menjadi plastis sebagian dimana ditunjukkan pada garis AB, hingga pada akhirnya rangka menjadi plastis sempurna dimana ditunjukkan pada garis BC, setelah itu rangka atau struktur tidak mampu lagi memikul tambahan beban.

### 3.7 Hubungan Momen dengan Kelengkungan



**Gambar 3.19** Rangka kuda-kuda yang diberi beban aksial ( $P$ ) sehingga terjadi lendutan ( $Y_i$ )



**Grafik 3.20** Hubungan beban ( $P$ )-lendutan ( $\Delta$ )

Apabila suatu material diberi beban maka material itu secara langsung akan terdefleksi. Semakin besar beban yang diberikan pada suatu material semakin besar pula defleksi yang terjadi pada material tersebut. Mengacu pada Gambar 3.20 menurut *Muslih & Ibnu , 2005*  $dy/dx$  didekati dengan persamaan berikut :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.42)$$

Diturunkan menjadi

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

karena  $(2\Delta_x)$  adalah konstan maka

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

Sehingga persamaan 3.43

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x)(d/dx)(y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.44)$$

selanjutnya dari persamaan 3.43 didapatkan

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta_x)^2} \quad (3.45)$$

Kemudian persamaan 3.45 disederhanakan menjadi

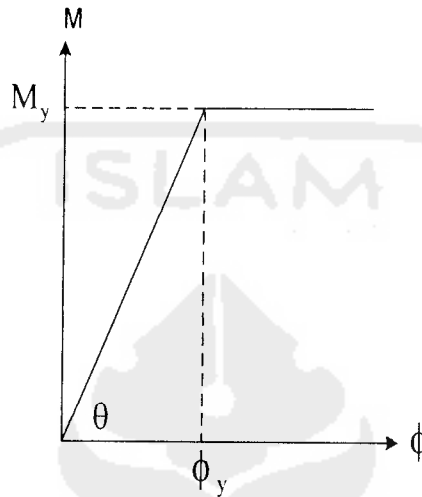
$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta x)^2} \quad (3.46)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \phi = \frac{M}{EI} \quad (3.47)$$

$$M = EI \cdot \phi \quad (3.48)$$

$$M = EI \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (3.49)$$

Hubungan momen ( $M$ ) dan kelengkungan (curvature)( $\phi$ ) ditunjukkan pada gambar 3.21.



**Gambar 3.21** Hubungan momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\phi$ )

### 3.8. Hipotesis

Berdasarkan kajian pustaka dan landasan teori dapat dikemukakan hipotesis seperti berikut ini. Rangka Fink mempunyai kekuatan paling besar dibandingkan rangka Howe dan Pratt, karena batang tekan pada rangka Fink paling pendek dibandingkan batang tekan pengisi rangka Pratt maupun Howe, sedangkan pada rangka howe batang tekan yang menjadi batang pengisinya lebih banyak dibandingkan dengan rangka Fink dan Howe.

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Metodologi Penelitian**

Metode penelitian adalah suatu urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan dalam penulisan tugas akhir.

#### **4.2 Bahan dan Alat yang digunakan**

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan dan bahan yang digunakan sebagai sarana untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun bahan dan alat yang dipergunakan adalah sebagai berikut.

##### **4.2.1 Bahan**

Bahan yang digunakan adalah kuda-kuda baja ringan hasil pabrikan PT. Kuda-kuda total prima yang diberi nama Pryda

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

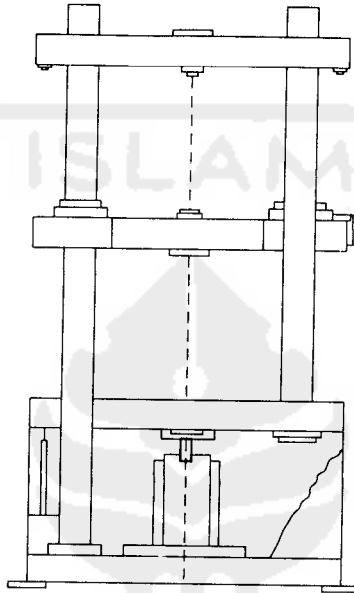
Peralatan-peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

##### **a. Alat Pengukur**

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur dimensi kuda-kuda benda uji.

### b. Mesin Uji Kuat Tarik

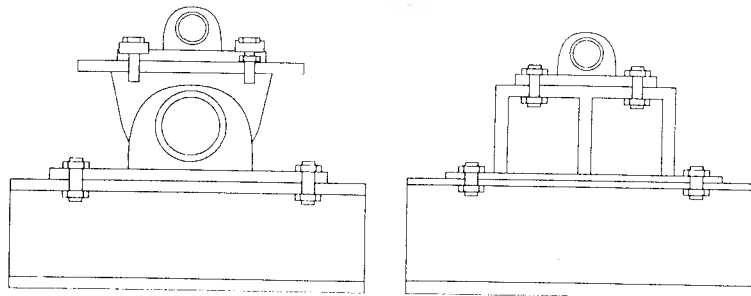
Digunakan untuk mengetahui kuat tarik baja. Pada penelitian ini digunakan UNIVERSAL TESTING MATERIAL (UTM) merk SHIMATSU type UMH 30, kapasitas 30 ton, seperti pada Gambar 4.1



**Gambar 4.1.** Universal Testing Material Shimatzu UMH30

### c. Dukungan Sendi dan Rol

Untuk membuat model kuda-kuda atap sederhana sesuai dengan di lapangan, maka pada dukungan dipasang dudukan sendi dan rol.

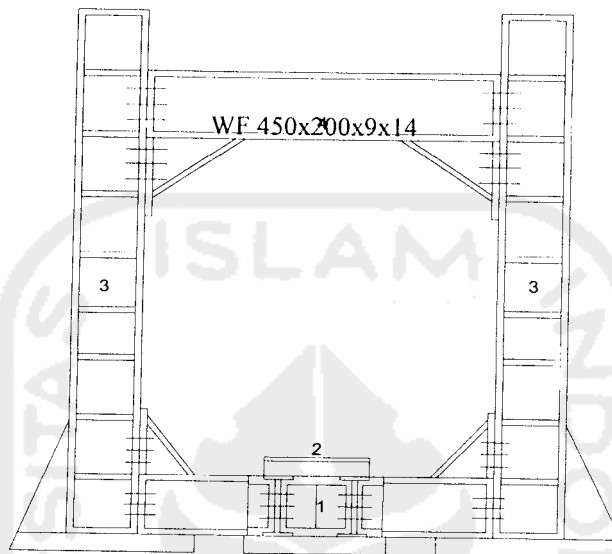


**Gambar 4.2.** Dukungan Sendi Dan Rol



#### d. Loading Frame

Untuk menempatkan benda uji pada penelitian ini digunakan Loading Frame dari bahan profil WF 450x200x9x14. Seperti pada Gambar 4.3



#### Keterangan:

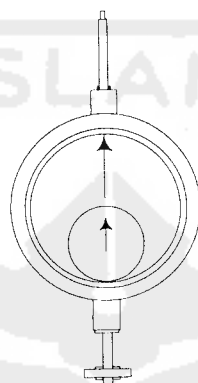
1. Balok lintang
2. Dukungan
3. Kolom
4. Balok portal (bisa digeser)

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

Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal segi empat yang berdiri di atas lantai beton (*rigid floor*) dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm. Agar *Loading Frame* tetap stabil, pelat dasar dibaut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450x200x9x14 mm. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan cara melepas sambungan baut.

### e. Dial Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Untuk penelitian skala penuh digunakan *dial gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan ketelitian 0,01 mm. Pada pengujian balok kecil dipakai dial gauge dengan kapasitas lendutan maksimum 30 mm – ketelitian 0,01.



Gambar 4.4. Dial

### f. Hidraulic Jack

Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur kuda-kuda atap (*Pyda*)



Gambar 4.5. Hidraulic Jack

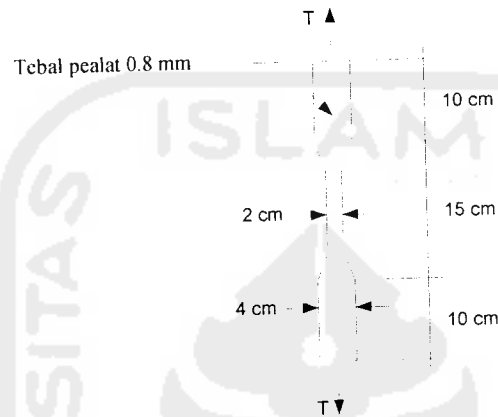
### g. Penahan Lateral Buckling (Gording)

Alat ini dibuat untuk menahan terjadinya lateral buckling pada sample benda uji.

### 4.3 Pembuatan Benda Uji

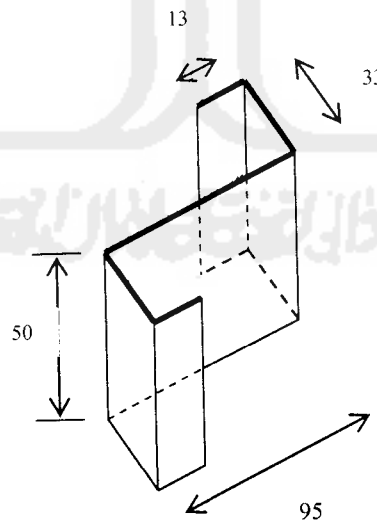
Benda uji yang akan digunakan dalam penelitian dibuat terlebih dahulu kemudian diuji di laboratorium, benda uji tersebut berupa:

- a. Tiga benda uji kuat tarik baja yang diambil dari profil



**Gambar 4.6.** Benda Uji Kuat Tarik Baja

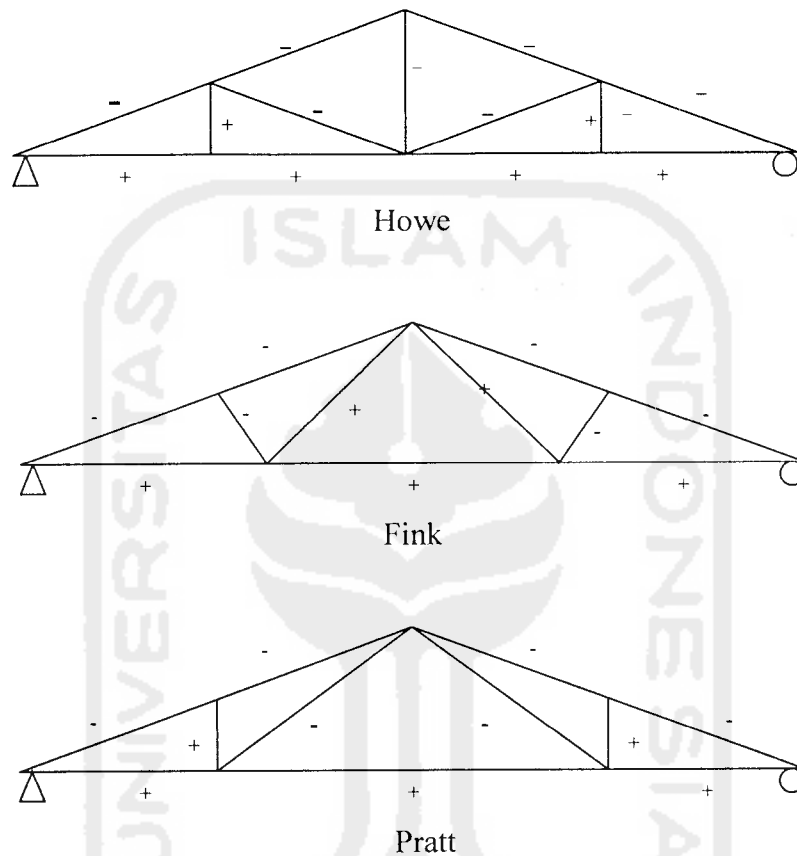
- b. Tiga benda uji kuat tekan yang diambil dari profil.



**Gambar 4.7.** Benda uji tekan profil Lipped Zed

- c. Tiga benda uji kuat lentur kuda-kuda ganda Pryda dengan variasi bentuk, yaitu Howe, Fink dan Pratt. Pembuatan sampel dilakukan oleh

PT. Kuda-kuda Total Prima di Yogyakarta selaku distributor Pryda,  
sampel tersebut meliputi:



**Gambar 4.8.** Benda uji kuda-kuda rangka batang

#### 4.4 Pengujian Sampel

##### 4.4.1. Pegujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik , Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian ini adalah beban leleh, beban masimum, dan beban

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kekakuan rangka atap baja diketahui dari uji lentur yang dilakukan dilaboratorium mekanika rekayasa, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban statis terpusat dipuncak rangka atap (*truss*) yang dilakukan secara bertahap dengan kenaikan sebesar 2,88 kN. Setiap tahap pembebanan dicatat lendutan yang terjadi pada tiga titik dial yang telah ditentukan. Hasil penelitian yang disertai pembahasannya akan disajikan sebagaimana berikut.

#### 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

Sample uji kuat tarik baja adalah elemen profil  $Z95 \times 33 \times 13 \times 0,8$  sebanyak tiga sampel. Pengujian tersebut menggunakan alat *Universal Testing Machine (Utm)* Merk *Shimizu Type UMH-30* dan dilaksanakan dilaboratorium bahan konstruksi teknik, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari eksperimen tersebut didapatkan kuat tarik baja yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Hasil pengujian kuat tarik baja

No	Benda uji	Fy (MPa)	Fu (MPa)
1	Sampel 1	525,52	735,73
2	Sampel 2	522,36	737,6
3	Sampel 3	517,09	725,33
4	Rata-rata	512,66	732,89

Nilai (fy) rata – rata :

$$F_y = \frac{525,52 + 522,36 + 517,09}{3} = 521,66 \text{ MPa}$$

Nilai (Fu) rata-rata :

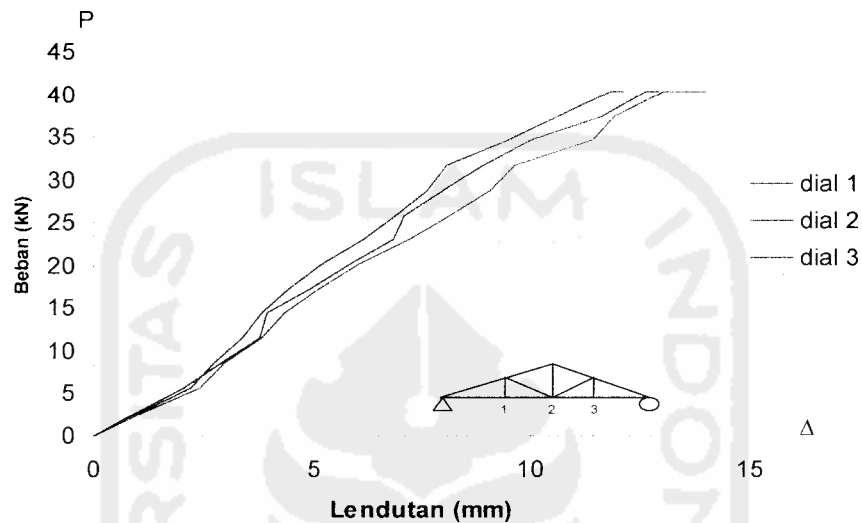
$$F_u = \frac{735,73 + 737,60 + 725,33}{3} = 732,89 \text{ MPa}$$

## 5.2 Hubungan Beban Lendutan Hasil uji lentur kuda - kuda

### 5.2.1 Kurva beban – lendutan hasil pengujian

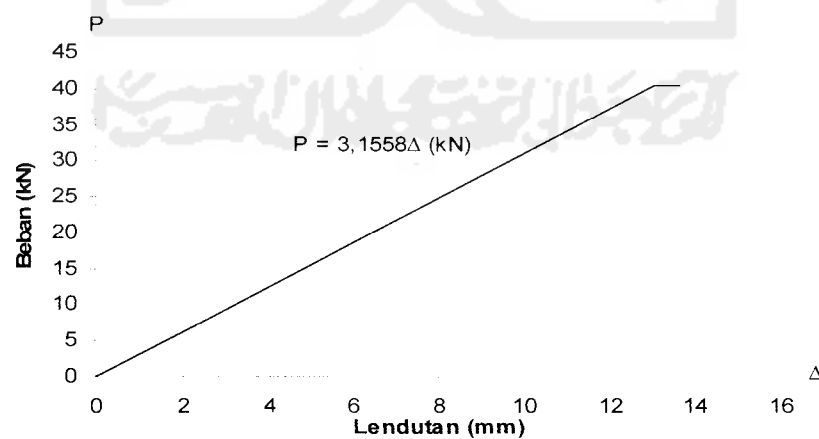
Pengujian kuat lentur kuda – kuda baja ringan dengan menggunakan profil lipped zed yang ditinjau dari variasi rangka Howe, Fink, dan Pratt dilakukan dengan memberikan beban pada rangka atap (*truss*) berupa beban statis terpusat dipuncak rangka atap. Beban pertama sebesar 2,88 kN selanjutnya diberikan kenaikan beban secara bertahap sebesar 2,88 kN, lendutan yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan secara bertahap dapat dibaca dari dial gauge yang sudah terpasang pada tiga titik yang telah ditentukan. Data pengujian berupa beban – lendutan dapat dilihat pada lampiran 4. dari data hasil pengujian ketiga

benda uji tersebut dapat dibuat grafik hubungan beban – lendutan seperti pada Gambar (5.1) yang disertai hasil regresi pada dial 2 pada seluruh Gambar hasil uji dan hasil analisis SAP 2000.

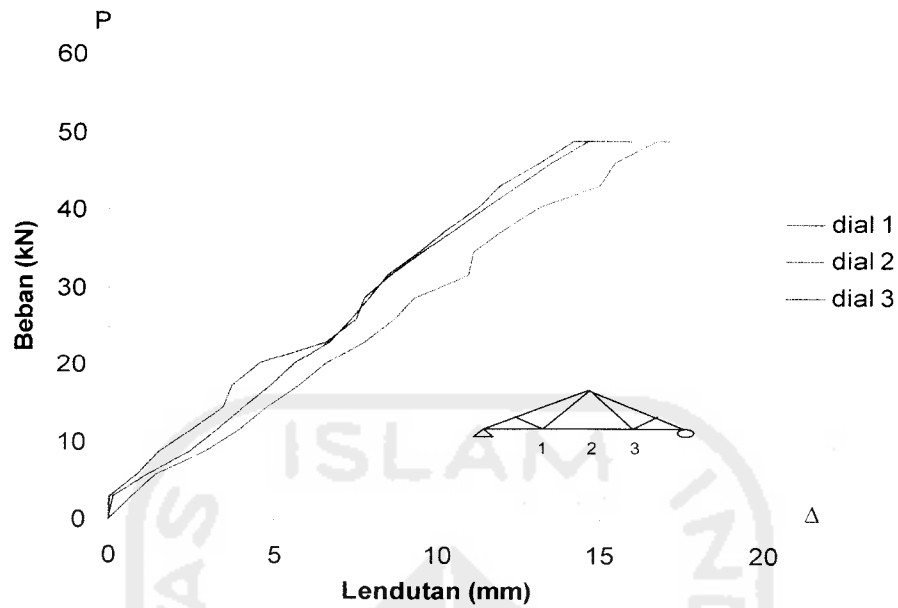


**Gambar 5.1** Hubungan beban – lendutan rangka Howe

Gambar 5.1 diregresi, hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.2

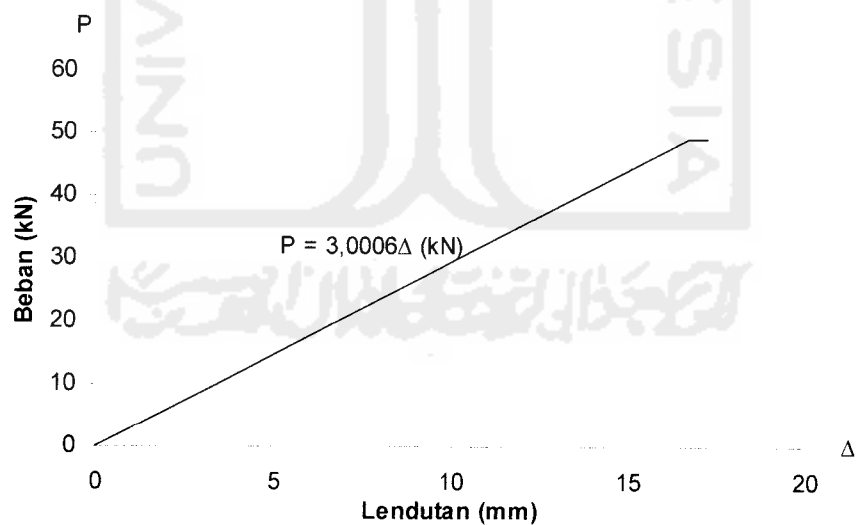


**Gambar 5.2** Hubungan beban-lendutan rangka Howe setelah diregresi



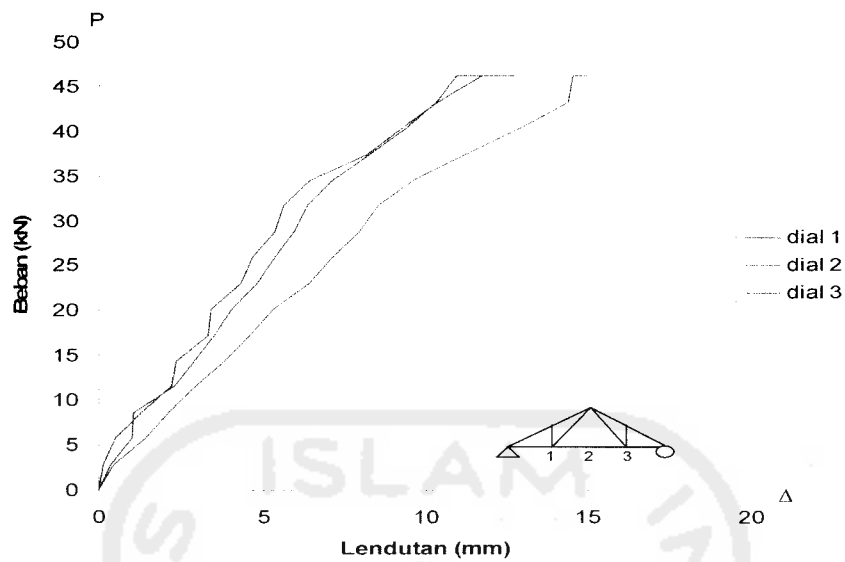
**Gambar 5.3** Hubungan beban – lendutan rangka Fink

Gambar 5.3 diregresi, hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.6



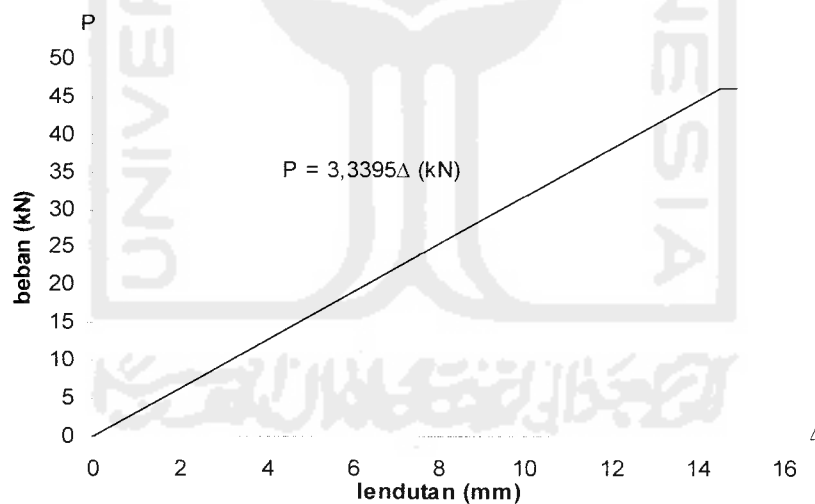
**Gambar 5.4** Hubungan beban-lendutan rangka Fink setelah diregresi





**Gambar 5.5** Hubungan beban – lendutan rangka Pratt

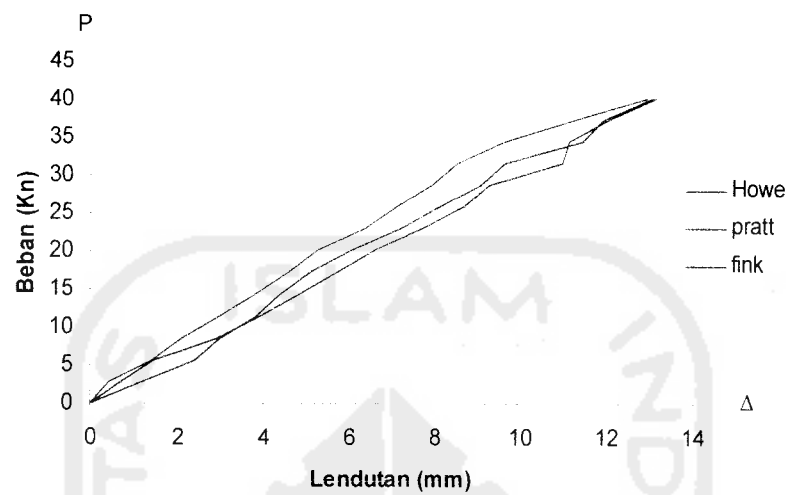
Gambar 5.5 diregresi, hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4



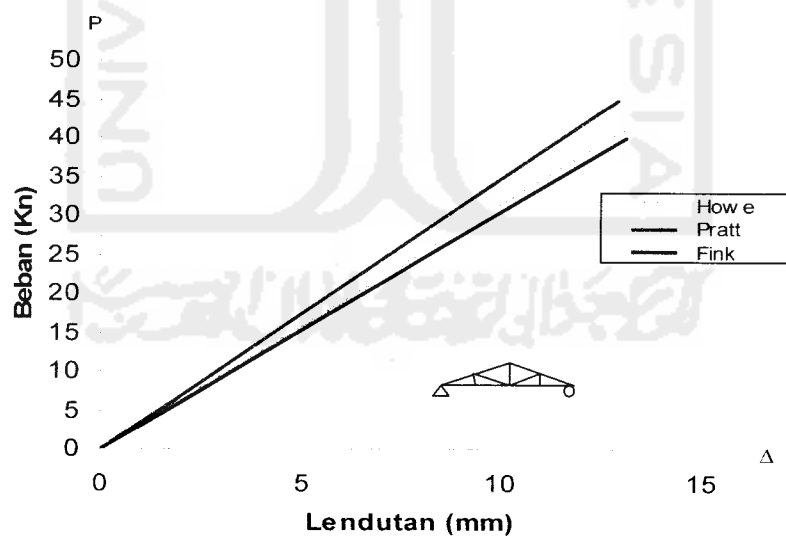
**Gambar 5.6** Hubungan beban-lendutan rangka Pratt setelah diregresi

Tampak bahwa pada Gambar 5.1, Gambar 5.3, dan Gambar 5.5 pembacaan dial 2 yang terletak ditengah bentang mempunyai lendutan yang lebih besar dari dial 1 dan 3 yang terletak pada seperempat bentang, jadi lendutan

maksimumnya berada ditengah bentang. Hubungan beban – lendutan pada rangka howe, fink, dan pratt ditunjukkan pada Gambar 5.9

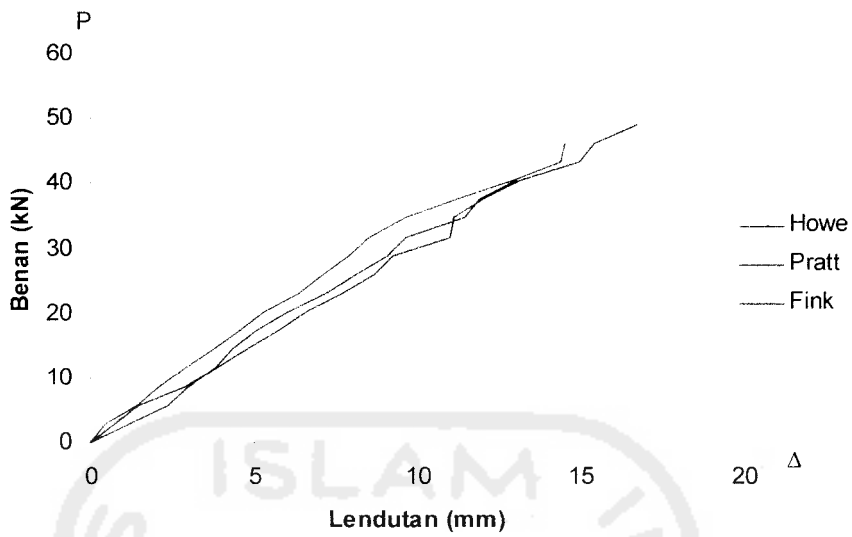


**Gambar 5.7** Hubungan beban – lendutan rangka Howe, Fink, dan Pratt dengan beban sama

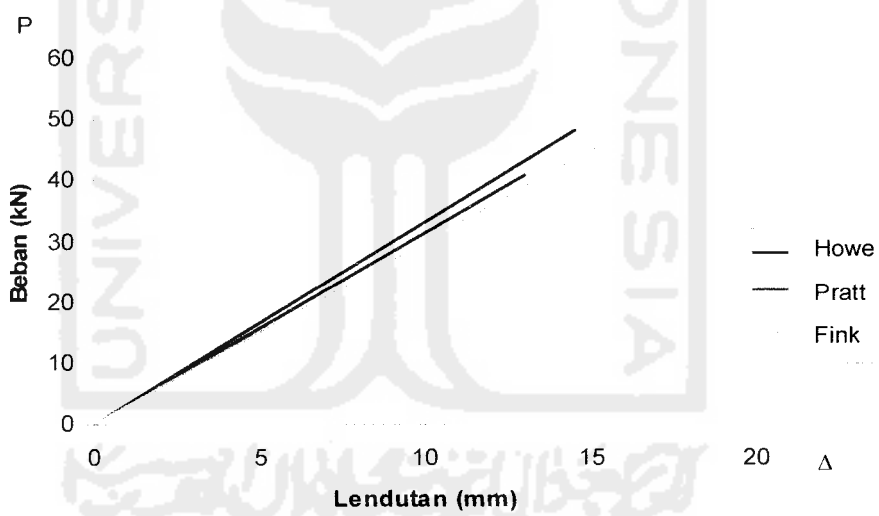


**Gambar 5.8** hubungan beban – lendutan ketiga rangka setelah diregresi





**Gambar 5.9** Hubungan beban – lendutan rangka Howe, Fink, dan Pratt dengan beban maksimal



**Gambar 5.10** hubungan beban – lendutan ketiga rangka setelah diregresi

Pada Gambar 5.10 terlihat bahwa rangka kuda – kuda baja ringan dengan rangka Howe mempunyai lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan kuda – kuda rangka Fink dan Pratt. Kekakuan dari rangka kuda – kuda Howe, Fink, dan

Pratt dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3.41). Dari persamaan tersebut nilai kekakuan (  $k$  ) seperti pada Tabel 5.2 dibawah ini

**Tabel 5.2** Nilai kekakuan hasil pengujian

<b>Rangka</b>	<b>Beban maks (kN)</b>	<b>Beban ambil ( kN)</b>	<b>Lendutan (<math>\Delta</math>) ( mm )</b>	<b>Kekakuan (k) (kN/mm)</b>	<b>Rasio kekakuan</b>	<b>Rasio kekuatan</b>
Howe	40.326	40.326	13.02	3.097	1	1
Fink	48,967	40.326	13,11	3,07	0,99	1.21
Pratt	46,086	40.326	12,9	3,13	1,01	1.14

Dari Tabel 5.2 dapat dilihat untuk rangka Howe  $k = 3,097$  kN/mm, rangka Fink  $k = 3,07$  kN/mm dan kekakuan rangka Pratt  $k = 3,13$  kN/mm. Jadi kuda – kuda baja ringan dengan rangka Howe mempunyai kekakuan 1,01 kali rangka Fink dan 0,99 kali rangka Pratt, sedangkan rangka Pratt mempunyai kekakuan 1,02 kali rangka Fink. Dari tabel diatas terlihat juga bahwa rangka Fink mempunyai rasio kekuatan paling besar, hal ini mungkin dikarenakan batang pengisi yang berupa batang tekan pada rangka Fink paling pendek dibandingkan batang tekan pengisi rangka Pratt maupun Howe, sedangkan pada rangka Howe batang tekan yang menjadi batang pengisinya lebih banyak dibandingkan dengan rangka Fink dan Pratt. Perhitungan nilai kekakuan dapat dilihat pada lampiran 4.

patah. Dalam pengujian ini baja yang diuji sebanyak 3 buah. Dengan tahap pengujian sebagai berikut :

1. Menentukan ukuran dari benda uji
2. Benda uji dipasang pada alat kuat tarik baja untuk dilaksanakan pengujian tarik baja.

#### **4.4.2. Pengujian Tekan Baja**

Pengujian kuat tekan baja ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik , Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil adalah beban maksimum. Dengan tahap pengujian sebagai berikut :

1. Menentukan ukuran dari benda uji
2. Benda uji dipasang pada alat kuat tarik baja untuk dilaksanakan pengujian tarik baja.

#### **4.4.3. Pengujian Geser Baut**

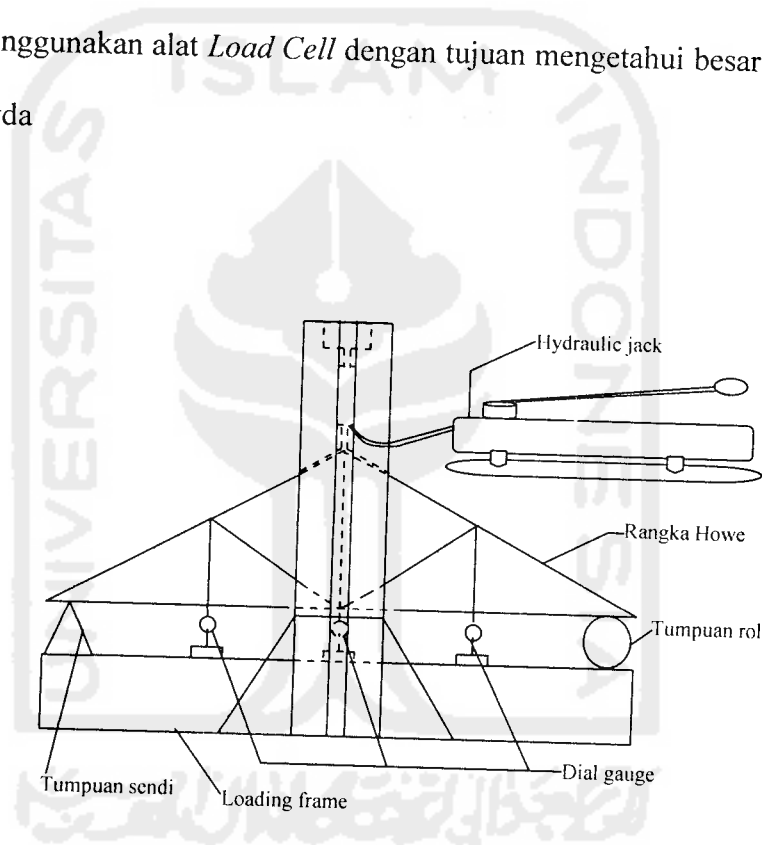
Pengujian geser baut dilakukan dilaboraturium Pryda solution Australia. Data yang diambil adalah beban geser maksimum.

#### **4.4.4. Pengujian Kuat Lentur**

Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah:

1. Kuda-kuda diletakkan diatas dukungan sendi dan rol

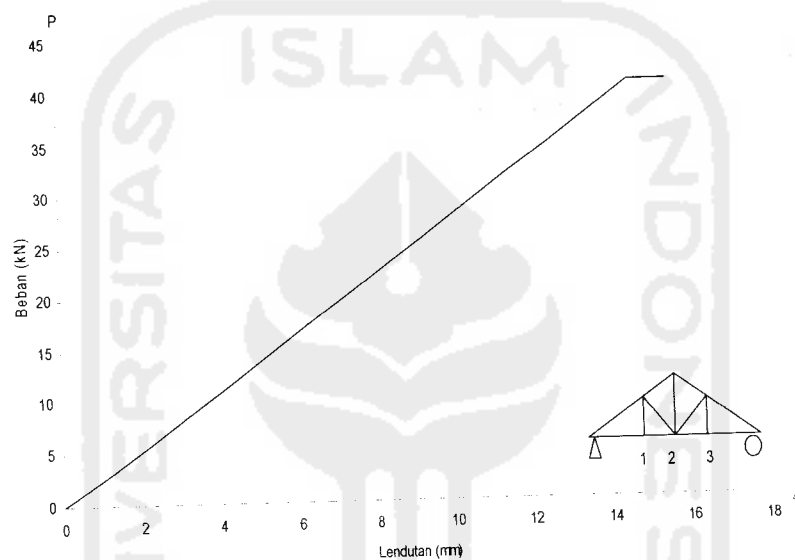
2. Benda uji siap diuji. *Hydraulic Jack* dipasang dipuncak kuda-kuda, kemudian dibawahnya dipasang alat *Load Cell*, setelah itu Hydraulic dipompa untuk melakukan pembebanan secara perlahan-lahan. Pengujian struktur Smartruss dengan beban aksial yang dinaikan bertahap dari nol sampai terjadi kerusakan dengan pertambahan beban 0,5 KN, kemudian beban ditingkatkan berdasarkan kondisi sampel menggunakan alat *Load Cell* dengan tujuan mengetahui besar defleksi pryda



**Gambar 4.9.** Pengujian kuda-kuda profil lipped zed bentukan dingin

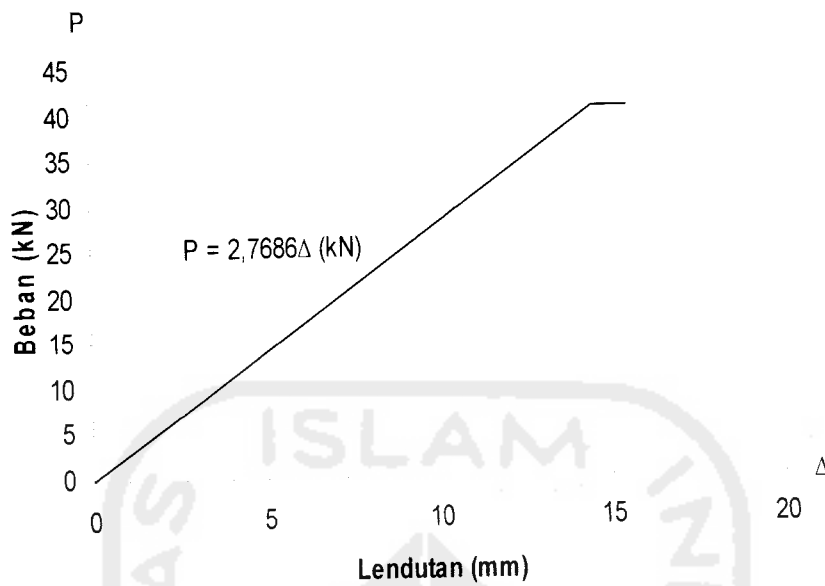
### 5.2.2 Kurva beban – lendutan hasil analisa sap 2000

Rangka dianalisis dengan menggunakan program SAP 2000 pembebanan disesuaikan dengan pembebanan pada waktu pengujian, yang kemudian ditampilkan dalam Tabel pada lampiran 5 dan grafik beban lendutan seperti ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.

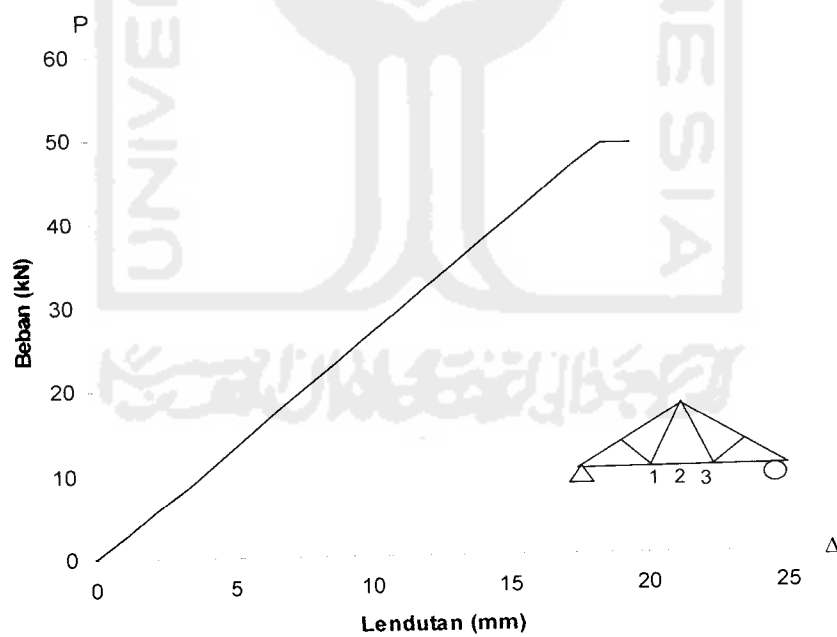


**Gambar 5.11** Hubungan beban – lendutan rangka Howe analisis SAP 2000

Gambar 5.11 diregresi, hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.12



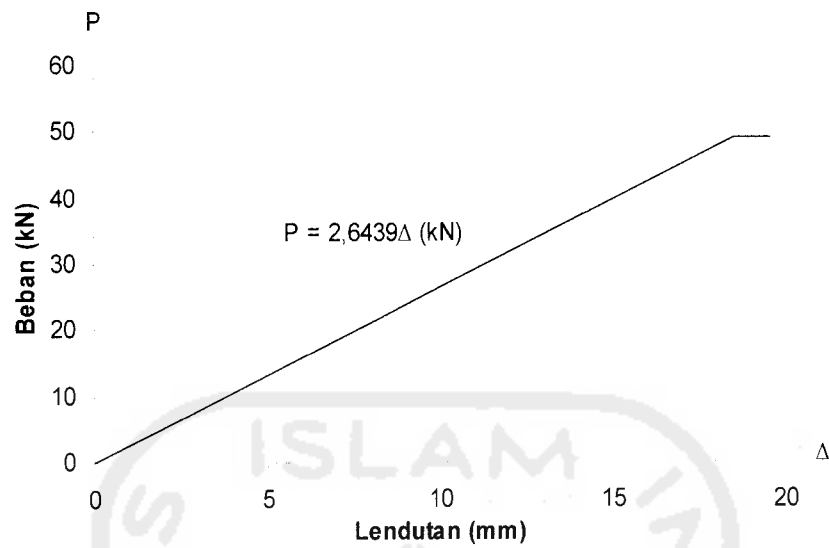
**Gambar 5.12** Hubungan beban – lendutan rangka Howe setelah diregresi



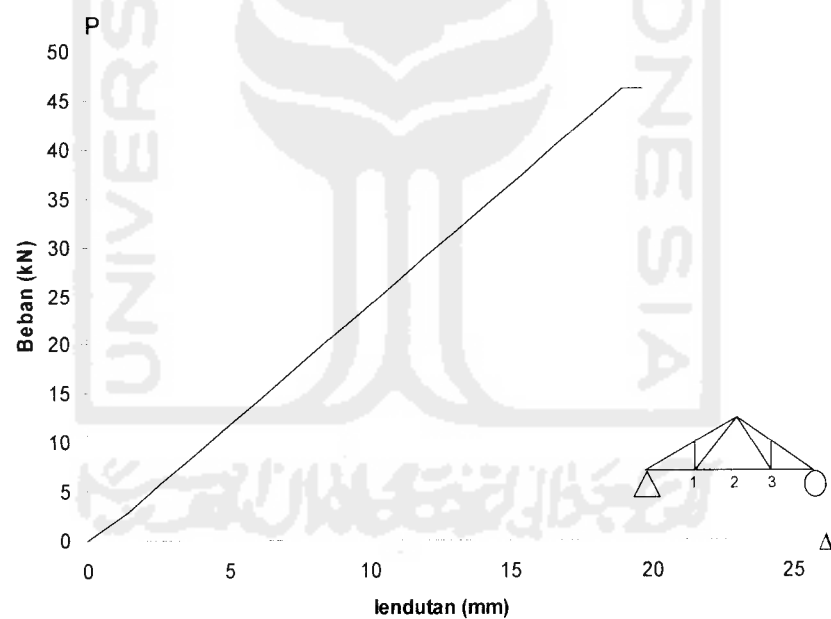
**Gambar 5.13** Hubungan beban – lendutan rangka fink analisis SAP 2000

Gambar 5.13 diregresi, hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.14



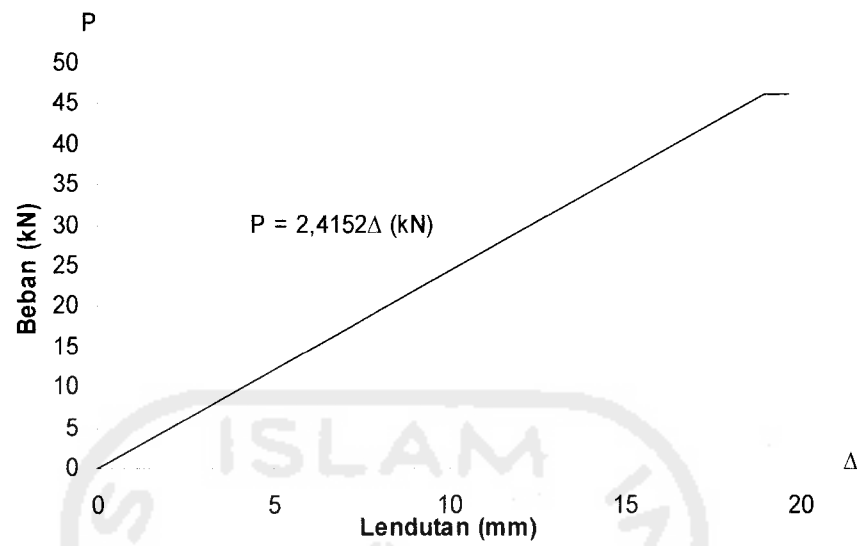


**Gambar 5.14** Hubungan beban – lendutan Rangka fink setelah diregresi

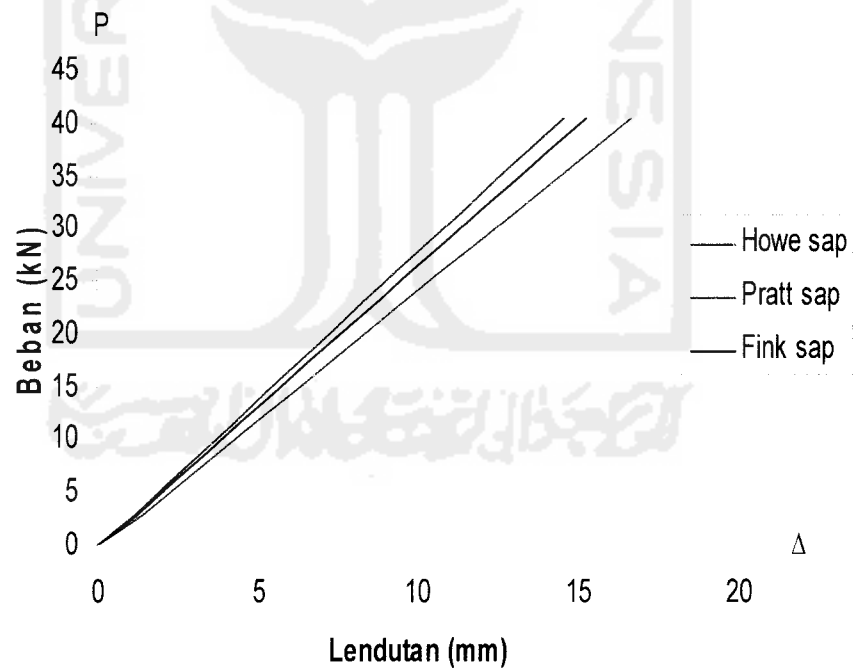


**Gambar 5.15** Hubungan beban – lendutan rangka Pratt analisis SAP 2000

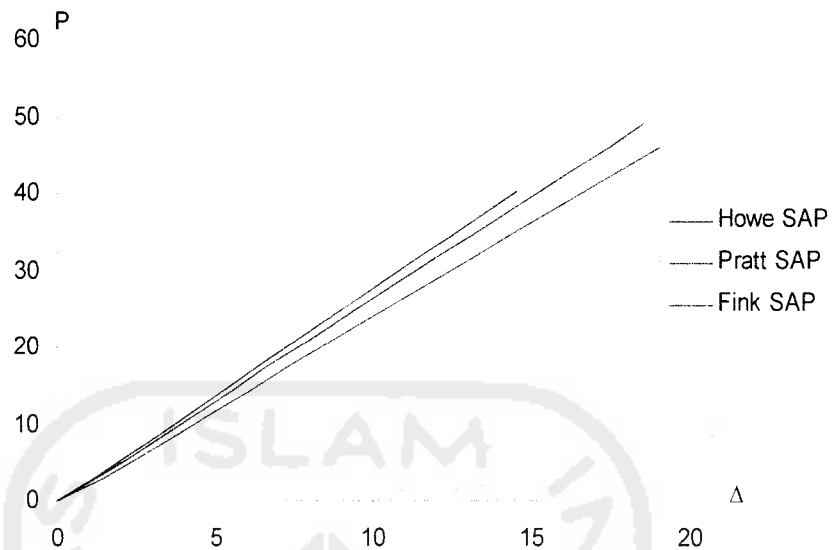
Gambar 5.15 diregresi, hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.16



**Gambar 5.16** Hubungan beban – lendutan rangka Pratt setelah diregresi



**Gambar 5.17** hubungan beban – lendutan rangka Howe, Fink, dan Pratt hasil SAP 2000 dengan beban yang sama



**Gambar 5.18** hubungan beban – lendutan rangka Howe, Fink, dan Pratt hasil SAP 2000 dengan beban maksimum

Pada Gambar 5.18 terlihat bahwa rangka kuda – kuda baja ringan dengan rangka Howe mempunyai lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan kuda – kuda rangka Fink dan Pratt. Kekakuan dari rangka kuda – kuda Howe, Fink, dan Pratt dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3.41). Dari persamaan tersebut nilai kekakuan ( $k$ ) seperti pada Tabel 5.3 dibawah ini

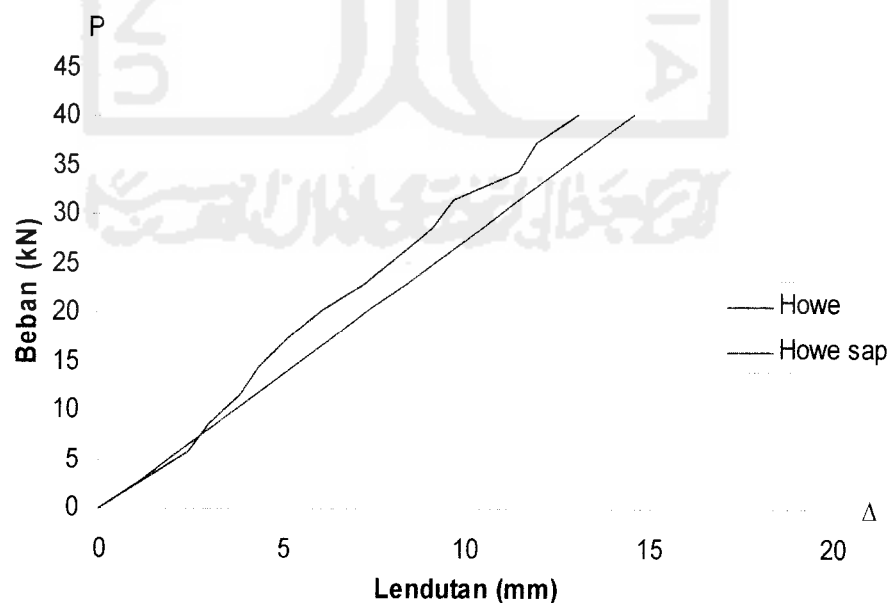
**Tabel 5.3** Nilai kekakuan hasil analisis menggunakan SAP 2000

Rangka	Beban akhir ( kN)	Beban ambil (kN)	Lendutan ( $\Delta$ ) (mm)	Kekakuan (k) (kN/mm)	Rasio kekakuan	Rasio kekuatan
Howe	40.326	40.326	14,52	2,78	1	1
Fink	48.967	40.326	15,23	2,65	0,95	1.21
Pratt	46.086	40.326	16,63	2.42	0,87	1.14

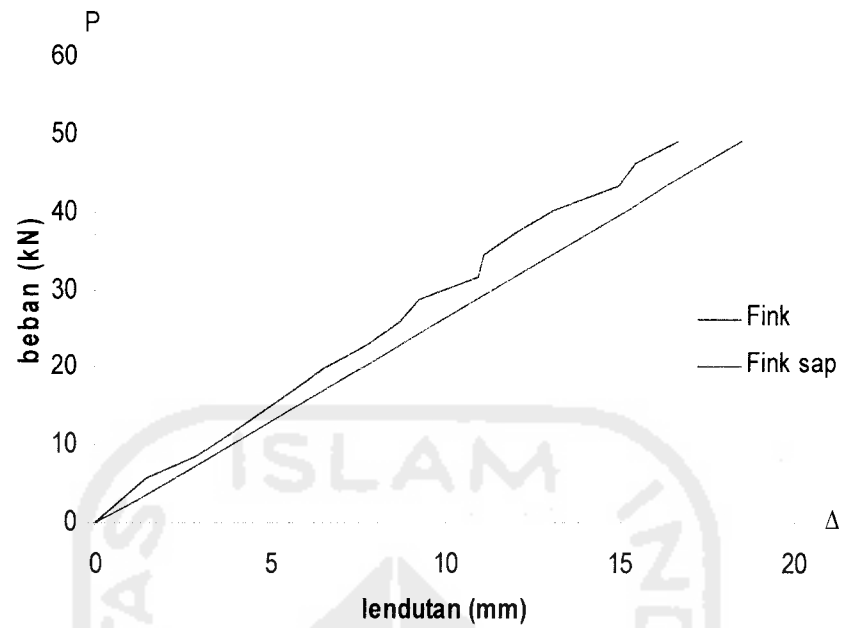
Dari Tabel 5.3 dapat dilihat untuk rangka howe  $K = 2,78 \text{ kN/mm}$ , rangka fink  $k = 2,65 \text{ kN/mm}$  dan kekakuan rangka pratt  $k = 2,42 \text{ kN/mm}$ . Jadi kuda – kuda baja ringan dengan rangka howe mempunyai kekakuan 1,05 kali rangka fink dan 1,15 kali rangka Pratt, sedangkan rangka Fink mempunyai kekakuan 1,09 kali rangka Pratt. Dari tabel diatas terlihat juga bahwa rangka Fink mempunyai rasio kekuatan yang paling besar, hal ini mungkin dikarenakan batang pengisi yang merupakan batang tekan pada rangka Fink paling pendek dibandingkan batang tekan pengisi rangka Pratt maupun Howe, sedangkan pada rangka Howe batang tekan yang menjadi batang pengisinya lebih banyak dibandingkan dengan rangka Fink dan Pratt. Perhitungan nilai kekakuan dapat dilihat pada lampiran 4.

### 5.2.3 Grafik beban – lendutan hasil pengujian dan analisa sap

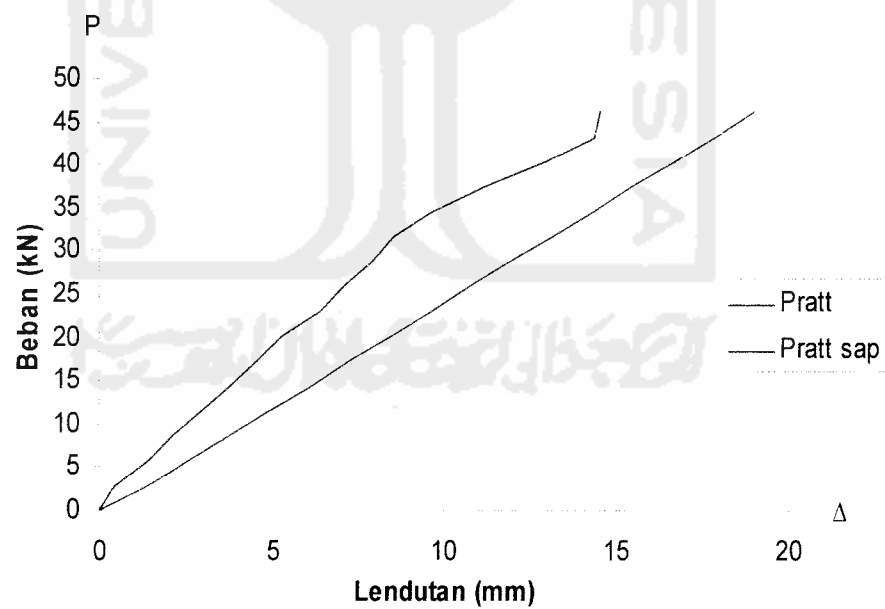
Dari penggabungan grafik hasil eksperimen dan analisis menggunakan SAP 2000 didapat hubungan beban – lendutan seperti pada Gambar dibawah ini.



**Gambar 5.19** Hubungan beban – lendutan Howe pengujian dengan Howe analisis SAP 2000



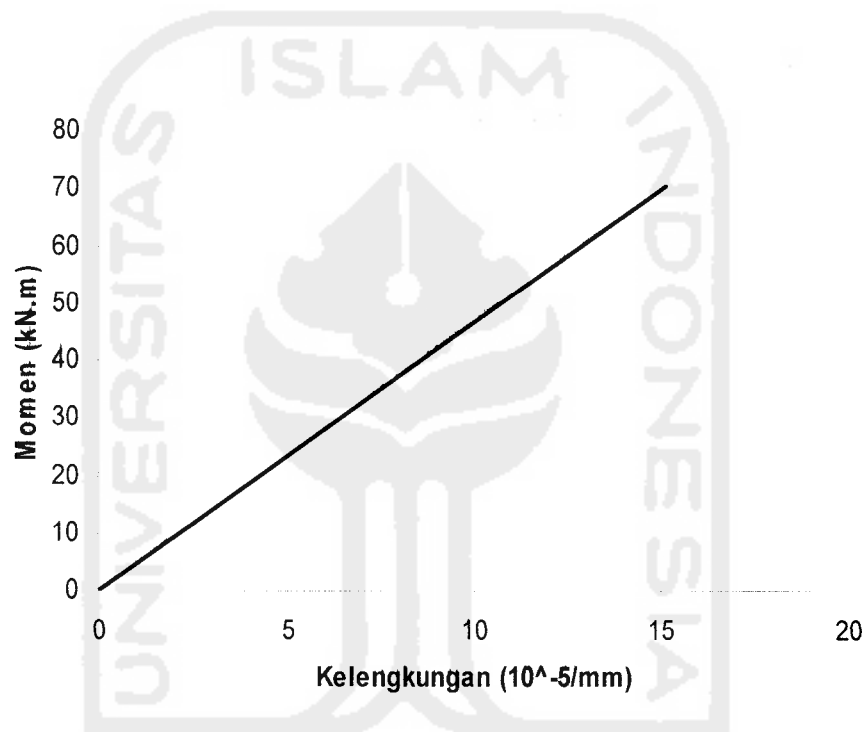
**Gambar 5.20** Hubungan beban – lendutan Fink pengujian dengan Fink analisis SAP 2000



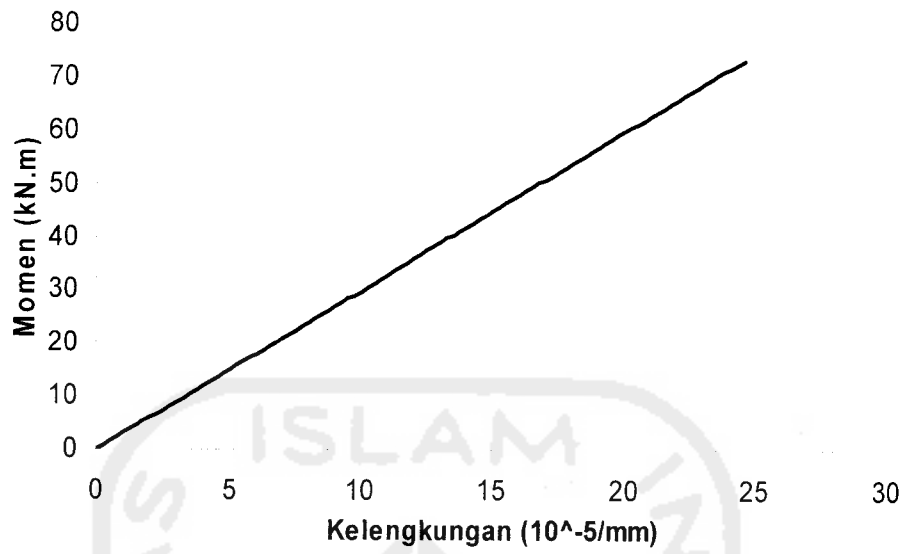
**Gambar 5.21** Hubungan beban – lendutan Pratt pengujian dengan Pratt analisis SAP 2000

#### 5.2.4 Hubungan momen – kelengkungan hasil pengujian

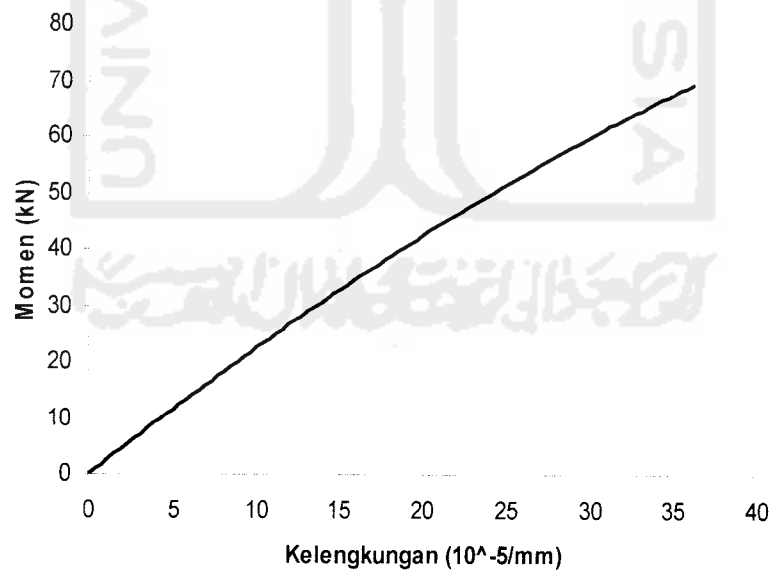
Dari hasil penelitian didapatkan data (P) – lendutan ( $\Delta$ ), sehingga dapat dicari momen (M) – kelengkungan ( $\phi$ ), untuk mencari kelengkungan dari rangka kuda – kuda dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3.46). hasil perhitungan kelengkungan dapat dilihat pada lampiran 4 dan dalam bentuk Gambar 5.19 dibawah ini.



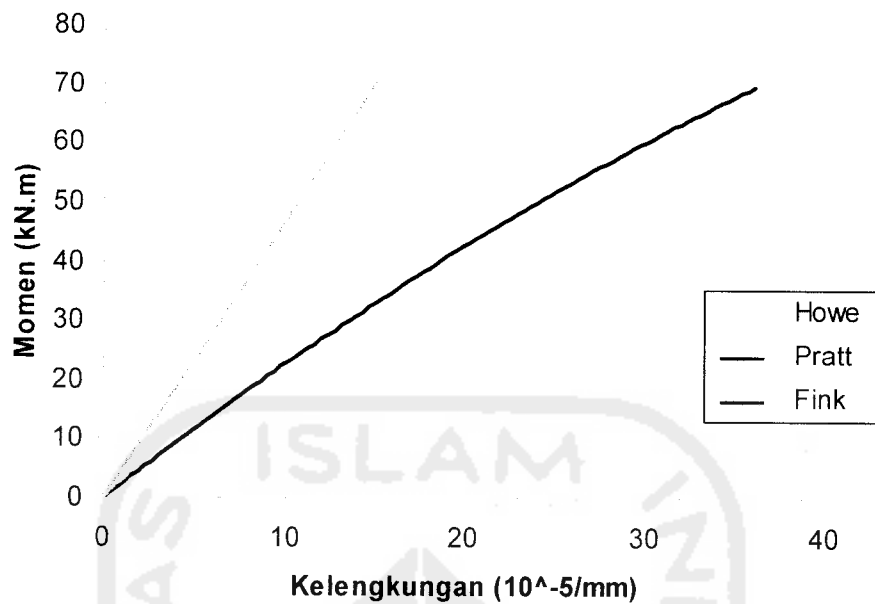
**Gambar 5.22** Hubungan momen – kelengkungan rangka Howe



**Gambar 5.23** Hubungan momen – kelengkungan rangka Fink



**Gambar 5.24** Hubungan momen – kelengkungan rangka Pratt



**Gambar 5.25** Hubungan momen – kelengkungan rangka Howe, Pratt, dan Fink

Pada Gambar 5.25 terlihat rangka kuda-kuda baja ringan bentukan Howe mempunyai kelengkungan yang lebih kecil dibandingkan dengan kuda-kuda rangka Pratt dan Fink, sehingga semakin besar kelengkungan yang terjadi maka semakin kecil kekakuan dapat dilihat pada lampiran 4. Untuk mencari kekakuan dari rangka kuda-kuda dapat dicari dengan persamaan (3.48). Dari persamaan tersebut diperoleh kekakuan seperti pada Tabel 5.4

**Tabel 5.4** Rasio kekakuan hasil pengujian

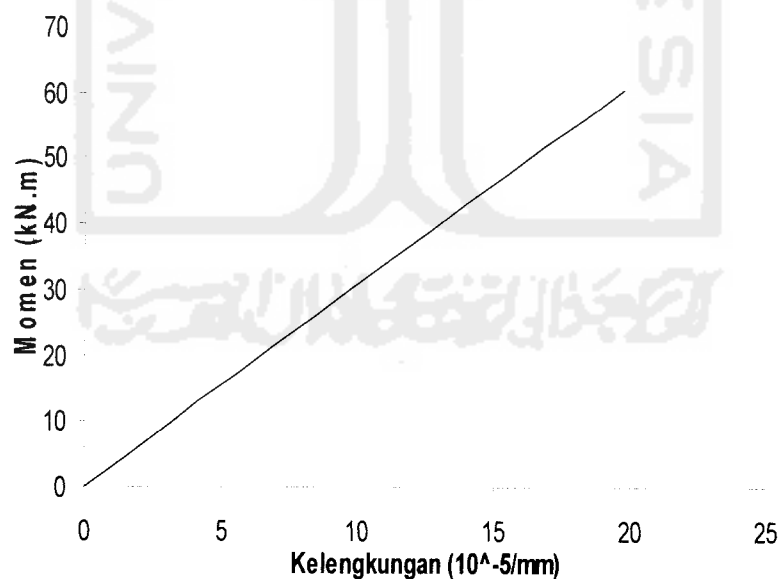
Rangka	Momen (kN.mm)	$\phi$ ( $10^{-5}/\text{mm}$ )	kekakuan (kN.mm <sup>2</sup> )	Rasio kekakuan
Howe	60488	7,289	829853203,5	1
Fink	60488	15,689	385544011,7	0,46
Pratt	60488	31,867	189813914,1	0,23



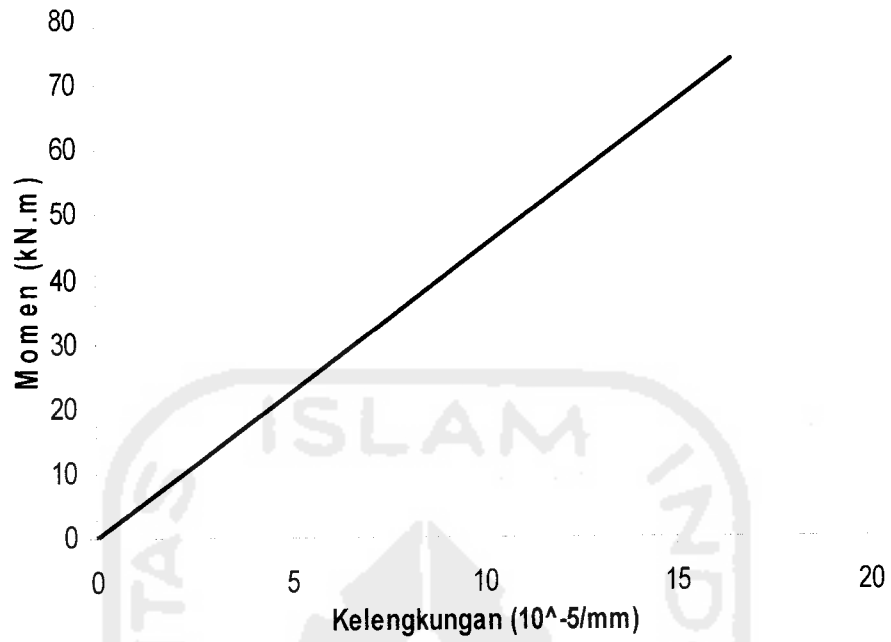
Dari Tabel 5.4 terlihat bahwa kuda-kuda rangka Howe mempunyai kekakuan 2,17 kali kekakuan rangka Fink dan mempunyai kekakuan 4,35 kali rangka Pratt. Sedangkan rangka Fink mempunyai kekakuan 2 kali kekakuan rangka Pratt. Hal ini mungkin dikarenakan rangka Howe mempunyai batang pengisi yang lebih banyak dibandingkan rangka Fink dan Pratt.

### 5.2.5 Hubungan momen – kelengkungan hasil analisis sap 2000

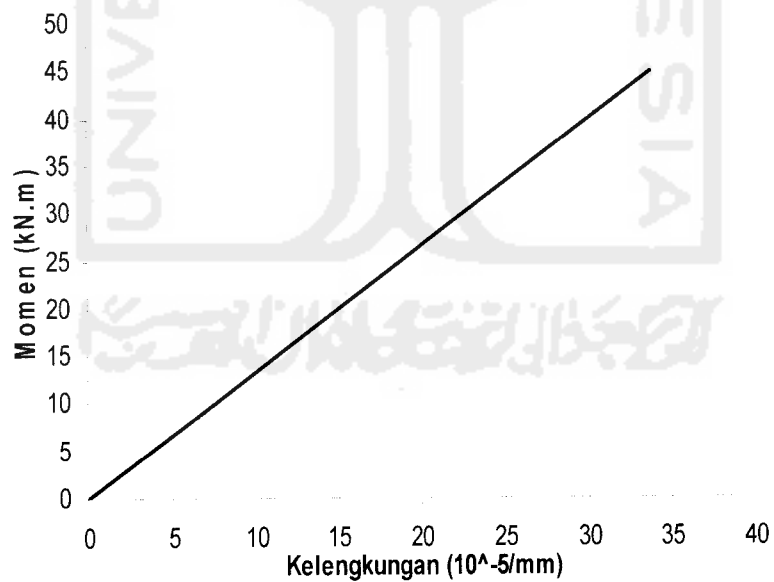
Dari hasil penelitian didapatkan data (P) – lendutan ( $\Delta$ ), sehingga dapat dicari momen (M) – kelengkungan ( $\phi$ ), untuk mencari kelengkungan dari rangka kuda – kuda dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3.46). hasil perhitungan kelengkungan dapat dilihat pada lampiran 5 dan dalam bentuk grafik dibawah ini



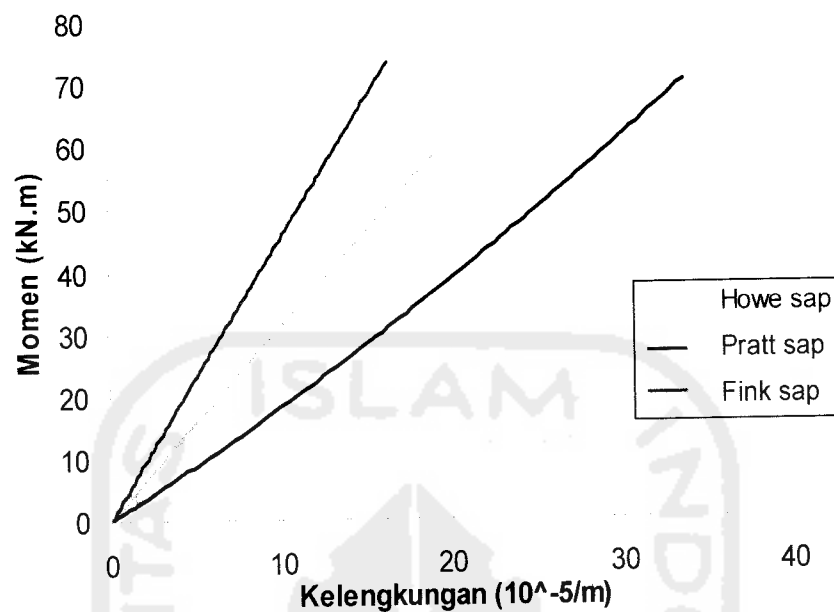
**Gambar 5.26** Hubungan momen – kelengkungan rangka Howe analisis menggunakan SAP 2000



**Gambar 5.27** Hubungan momen – kelengkungan rangka Fink analisis menggunakan SAP 2000



**Gambar 5.28** Hubungan momen – kelengkungan rangka Pratt analisis menggunakan SAP 2000



**Gambar 5.29** Hubungan momen – kelengkungan rangka Howe, Fink, dan Pratt analisis menggunakan SAP 2000

Pada Gambar 5.29 terlihat rangka kuda-kuda baja ringan bentukan Fink mempunyai kelengkungan yang lebih kecil dibandingkan dengan kuda-kuda rangka Howe dan Pratt, sehingga semakin besar kelengkungan yang terjadi maka semakin kecil kekakuan dapat dilihat pada lampiran 5. Untuk mencari kekakuan dari rangka kuda-kuda dapat dicari dengan persamaan (3.48). Dari persamaan tersebut diperoleh kekakuan seperti pada Tabel 5.5

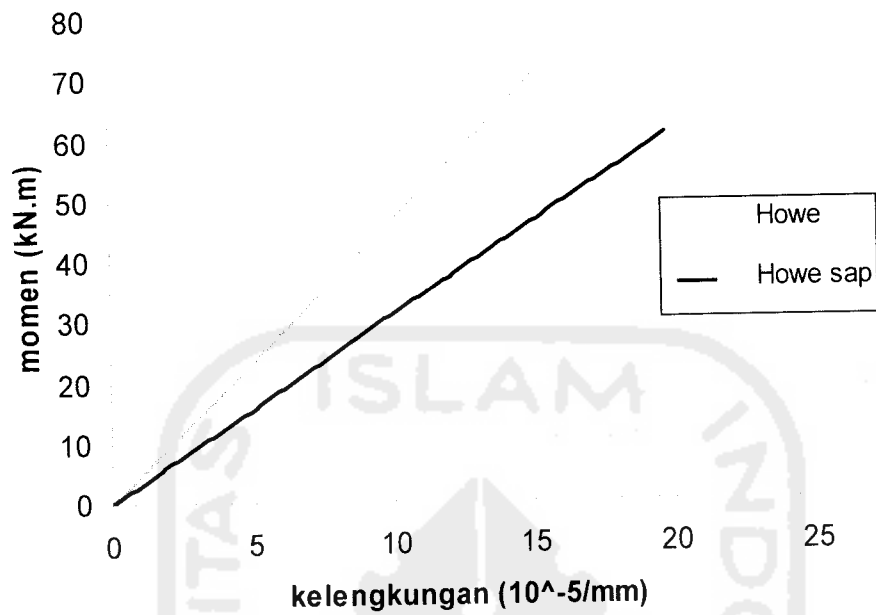
**Tabel 5.5** Rasio kekakuan hasil Analisis SAP 2000

<b>Rangka</b>	<b>Momen (kN.mm)</b>	$\phi$ ( $10^{-5}$ /mm)	<b>kekakuan (kN.mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rasio kekakuan</b>
Howe	60488	19,733	306532204,9	1
Fink	60488	13,511	447694471,2	1,46
Pratt	60488	29,787	203068452,7	0,66

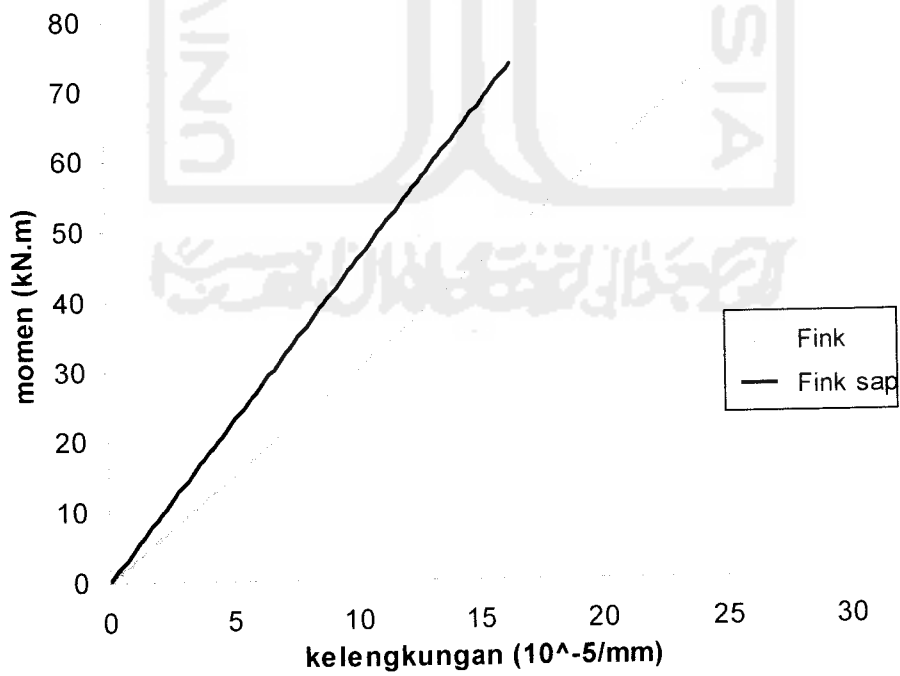
Dari Tabel 5.5 terlihat bahwa kuda-kuda rangka Howe mempunyai kekakuan 0,68 kali kekakuan rangka Fink dan 1,52 kali rangka Pratt. Sedangkan rangka fink mempunyai kekakuan 2,2 kali kekakuan rangka Pratt. Hasil kekakuan dari momen kelengkungan yang menggunakan analisa SAP 2000 berbeda dengan hasil pengujian, hal ini mungkin disebabkan pada analisa SAP 2000 kelengkungan dihitung dengan menganggap joint sebagai tumpuan sendi-sendi sedangkan pada kenyataannya joint bukan merupakan sendi-sendi melainkan sambungan batang yang dihubungkan dengan baut dan hal ini sangat berpengaruh terhadap kelengkungan yang terjadi.

### 5.2.6 Grafik momen – kelengkungan hasil pengujian dan analisa sap

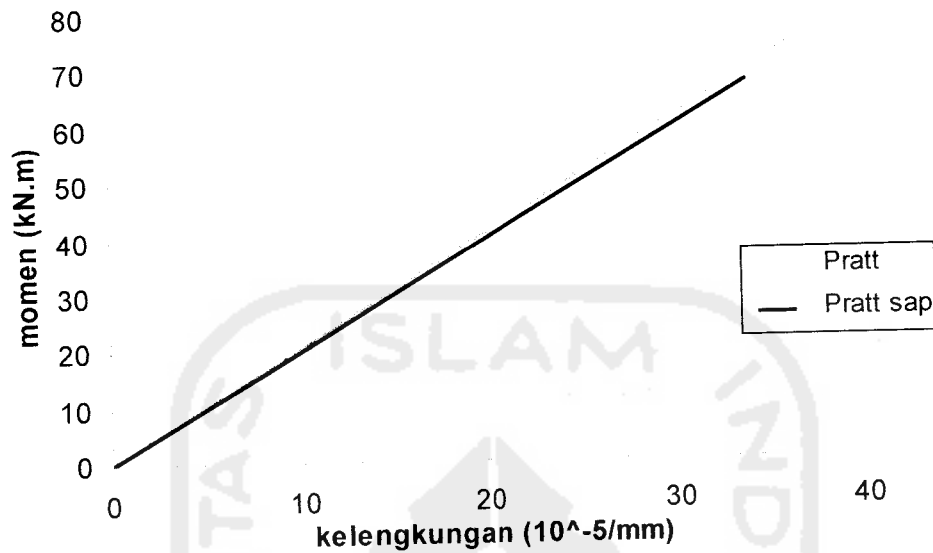
Dari penggabungan grafik hasil eksperimen dan analisis menggunakan SAP 2000 didapat hubungan beban – lendutan seperti pada Gambar 5.30 dibawah ini.



**Gambar 5.30** Hubungan momen – kelengkungan Howe pengujian dan Howe analisis SAP 2000



**Gambar 5.31** Hubungan momen – kelengkungan Fink pengujian dan Fink analisis SAP 2000



**Gambar 5.32** Hubungan momen – kelengkungan Pratt pengujian dan Pratt analisis SAP 2000

**Tabel 5.6** Perbandingan hasil pengujian dengan analisis SAP 2000

Rangka	Beban (kN)	Pengujian		Analisis menggunakan SAP		Rasio pengujian terhadap SAP
		kekakuan (kN.mm <sup>2</sup> )	Rasio kekakuan	kekakuan (kN.mm <sup>2</sup> )	Rasio kekakuan	Rasio kekakuan
Howe	40.326	829853203,5	1	306532204,9	1	2,71
Fink	40.326	385544011,7	0,46	447694471,2	1,46	0,86
Pratt	40.326	189813914,1	0,23	203068452,7	0,66	0,93

Dari Tabel 5.6 terlihat bahwa hasil pengujian kuda-kuda rangka howe mempunyai kekakuan 2,17 kali kekakuan rangka Fink dan 4,35 kali rangka Pratt. Sedangkan rangka Fink mempunyai kekakuan 2 kali kekakuan rangka Pratt. Pada hasil analisis menggunakan SAP 2000 terlihat bahwa kuda-kuda rangka Howe faktor kekakuan 0,68 kali kekakuan rangka Fink dan mempunyai faktor kekakuan 1,52 kali kekakuan rangka Pratt. Sedangkan rangka Fink mempunyai kekakuan 2,2 kali kekakuan rangka Pratt. Dari Tabel 5.6 juga terlihat perbedaan rasio kekakuan yang sangat besar antara pengujian dengan analisis SAP 2000, hal ini mungkin dikarenakan pada analisis SAP 2000 kelengkungan dihitung dengan menganggap joint sebagai tumpuan sendi-sendi sedangkan pada kenyataannya joint bukan merupakan sendi-sendi melainkan sambungan batang yang dihubungkan dengan baut dan hal ini sangat berpengaruh terhadap kelengkungan yang terjadi.

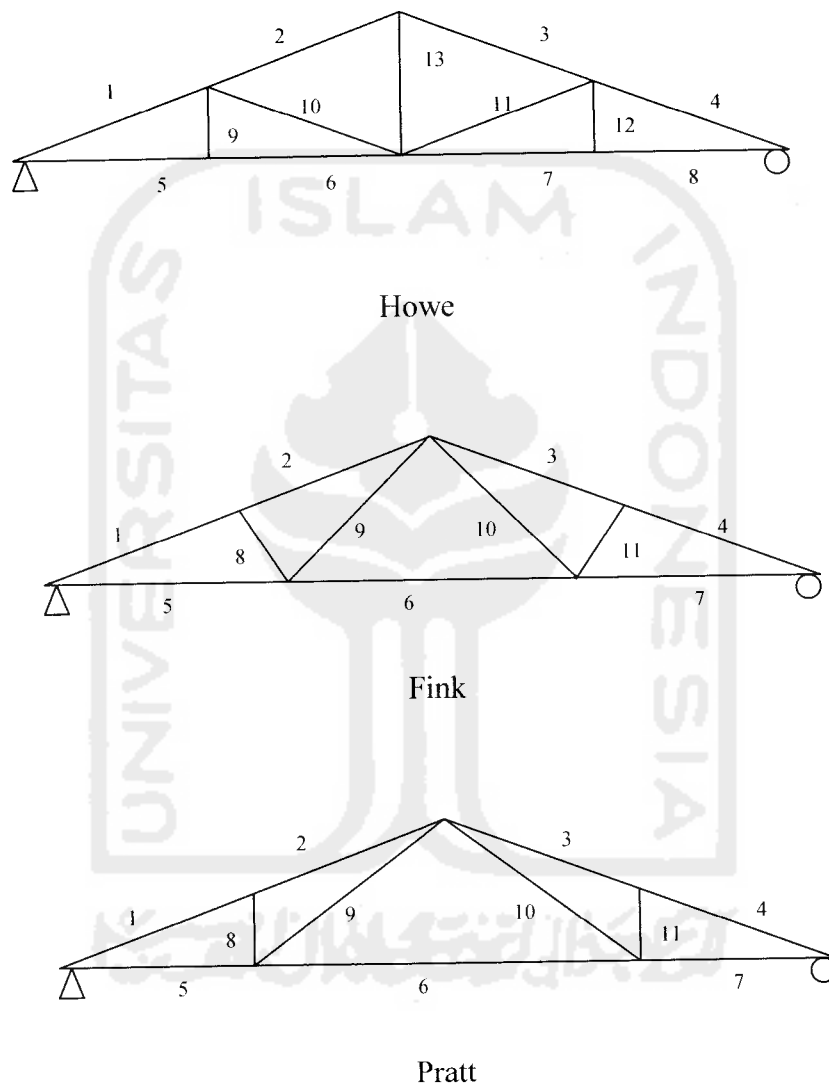
### 5.3 Tinjauan Analitis

Dari hasil pengujian pembebanan di laboratorium, beban maksimum yang didapat kemudian dimasukkan dalam SAP 2000 sehingga didapat gaya-gaya batang. Gaya batang SAP 2000 dari beban maksimum hasil pengujian laboratorium ( $P_{eksperimen}$ ) dibandingkan dengan hasil Analisis. Untuk analisa SAP 2000 terdapat pada lampiran 6.

#### 5.3.1 Rasio Nilai Koefisien Panjang Tekuk (K)

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 panjang tekuk dengan menggunakan persamaan (3.13). dimana koefisien panjang tekuk hanya dapat diperoleh dari batang yang rusak akibat tekuk seperti terlihat pada Gambar 5.33 dibawah ini.



**Gambar 5.33** Rangka Howe, Pratt, dan Fink

Pada rangka Howe tekuk terjadi pada batang 1, rangka Fink pada batang 2, dan rangka Pratt pada batang 1. Nilai koefisien panjang tekuk ditunjukkan pada Tabel 5.7. Perhitungan koefisien panjang tekuk dilampirkan pada lampiran 7.



Tabel 5.7 Nilai koefisien tekuk

Rangka	Batang	P (kN)	$\lambda$	A (mm)	Fcr (MPa)	b/t	$\mu$	Koefisien tekuk (K)
Howe	1	26,33	3,14	147,04	178,39	16,23	0,3	1,279
Fink	2	32,56	3,14	147,04	221,44	16,23	0,3	1,5
Pratt	1	30,137	3,14	147,04	204,96	16,23	0,3	1,47

dengan : A = luas penampang, Fcr = tegangan kritis, dan r = jari-jari inersia

#### 5.4 Pembahasan

Beban akhir yang dapat dipikul serta lendutan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.8 dibawah ini.

**Tabel 5.8** Rasio beban akhir, kekakuan, dan kekuatan yang terjadi pada masing-masing rangka Howe, Fink, dan Pratt

Rangka	Beban maks (kN)	Pengujian		Analisis Menggunakan SAP 2000	
		Rasio kekakuan	Rasio Kekuatan	Rasio kekakuan	Rasio Kekuatan
Howe	40.326	1	1	1	1
Fink	48.967	0,99	1.21	0,95	1.21
Pratt	46.086	1,01	1.14	0,87	1.14

Dari pengujian didapat hubungan (P) dan lendutan ( $\Delta$ ), yang menghasilkan nilai kekakuan.

Pada Tabel 5.8 terlihat bahwa kuda-kuda rangka Howe mempunyai rasio kekuatan 1 sedangkan pada rangka Fink rasio kekuatannya 1,21 dan pada rangka Pratt rasio kekuatan 1,14. Dari rasio kekuatan tersebut terlihat bahwa kuda-kuda rangka Fink mempunyai rasio kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan kuda-kuda rangka Howe, dan Pratt. Hal ini dikarenakan batang tekan yang

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penjelasan serta uraian dalam pembahasan Tugas Akhir ini, kesimpulan dan saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini (kuda-kuda rangka batang profil Lipped Zed bentukan dingin dengan variasi bentuk yaitu Howe, Fink dan Pratt adalah meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Dari hasil uji laboratorium dapat dilihat bahwa rangka Fink mempunyai rasio kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan rasio kekuatan rangka Howe, dan Pratt.
2. Dari grafik hubungan beban-lendutan, kuda-kuda rangka batang dengan profil, sudut  $\alpha$  dan bentang yang sama ternyata rangka Pratt mempunyai rasio kekakuan yang lebih besar dari pada rasio kekakuan rangka Howe dan Fink.
3. Dari tinjauan kerusakan pelat pada elemen batang rangka Howe, Fink, dan Pratt didapat nilai koefisien tekuk. Dimana tekuk yang terjadi adalah tekuk lokal.

#### 6.2 Saran

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

1. Pengaku yang digunakan diusahakan benar-benar kaku agar kuda-kuda rangka batang yang diuji tidak bergerak kekakanan atau kekiri yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada tumpuan.
2. Karena benda uji dibuat tukang, maka pada saat pembuatan sebaiknya diawasi dengan baik sehingga tidak terjadi kesalahan dan sesuai dengan perencanaan.
3. Pada saat pengujian perlu diperhatikan kecermatan dan ketelitian dalam pembacaan dial.
4. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat dibandingkan hal-hal sebagai berikut:
  - a) Pengaruh jarak pengekang lateral terhadap kuat lentur kuda-kuda rangka batang dari baja ringan profil lipped Zed.
  - b) Pengaruh sudut pada batang pengisi terhadap kekakuan kuda-kuda rangka batang dari baja ringan profil lipped Zed.
  - c) Pengaruh rasio tinggi terhadap panjang bentang kuda-kuda baja ringan profil lipped Zed.

# LAMPIRAN 1





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN  
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330  
Email : dekanat@ftsp.uii.ac.id. Yogyakarta Kode Pos 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : : 410 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ IV /2005  
Lamp. : -  
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode Ke : : III ( Mar 05 - Agst 05 )

Jogjakarta, 18-May-05

Kepada .  
Yth. Bapak / Ibu : Fatkhurrohman N,Ir,MT  
di -

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu Agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut di bawah ini :

- 1 Nama : Rudi Hartanto  
No. Mhs. : 00 511 365  
Bidang Studi : Teknik Sipil  
Tahun Akademi : 2004 - 2005
- 2 Nama : Yopi Wanda Paty  
No. Mhs. : 00 511 381  
Bidang Studi : Teknik Sipil  
Tahun Akademi : 2004 - 2005

dapat diberikan petunjuk- petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua Mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai berikut :

Dosen Pembimbing I	: Fatkhurrohman N,Ir,MT
Dosen Pembimbing II	: Suharyatmo,Ir,H,MT
Berlaku Tgl	: 18-May-05 Sampai Akhir Agustus 05

Dengan Mengambil Topik /Judul :

Kapasitas Lentur Baja Lipped Zed bentukan Dingin Profil Z

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir.H. Munadhir,MS

Tembusan

- 1) Dosen Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs
- 3) Arsip. 5/18/2005 1:53:59 PM



UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI  
 TUGAS AKHIR MAHASISWA**

PERIODE KE : III ( Mar 05 - Agst 05 )  
 TAHUN : 2004 - 2005

**Berlaku mulai : 18-May-05 Sampai Akhir Agustus 05**

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Rudi Hartanto	00 511 365	Teknik Sipil
2.	Yopi Wanda Paty	00 511 381	Teknik Sipil

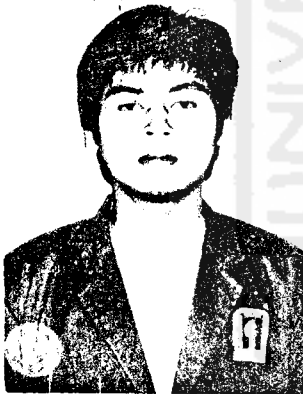
**JUDUL TUGAS AKHIR**

Kapasitas Lentur Baja Lipped Zed bentukan Dingin Profil Z

*2 kuda-kuda*

Dosen Pembimbing I : Fatkhurrohman N,Ir,MT

Dosen Pembimbing II : Suharyatmo,Ir,H,MT



Jogjakarta , 18-May-05  
 a.n. Dekan

Ir.H.Munadhir, MS

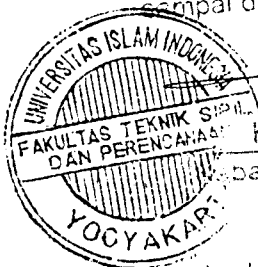
**Catatan :**

Seminar : \_\_\_\_\_

Sidang : \_\_\_\_\_

Pendadaran : \_\_\_\_\_

KP/TA diperpanjang  
 sampai dengan tgl. **18 FEB 2006**



*[Handwritten signature and notes]*  
 tdk byr



## KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Rudi Hartanto	00 511 365	Teknik Sipil
2.	Yopi Wanda Paty	00 511 381	Teknik Sipil

### JUDUL TUGAS AKHIR

Kapasitas Lentur Baja Lipped Zed bentukan Dingin Profil Z

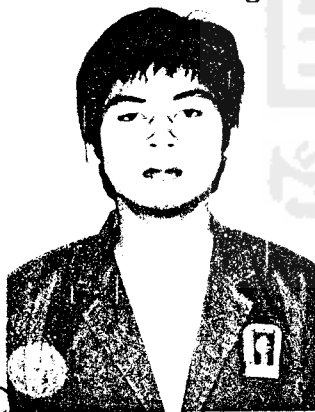
PERIODE KE : III ( Mar 05 - Agst 05 )  
 TAHUN : 2004 - 2005

**Berlaku mulai : 18-May-05 Sampai Akhir Agustus 05**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		MAR.	APR.	MEI.	JUN.	JUL.	AGT.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : Fatkhurrohman N,Ir,MT

Dosen Pembimbing II : Suharyatmo,Ir,H,MT



Jogjakarta , 18-May-05  
 a.n. Dekan

Mr.H.Munadhir, MS

○  
 Seminar : \_\_\_\_\_  
 Sidang : \_\_\_\_\_  
 Pendadaran : \_\_\_\_\_

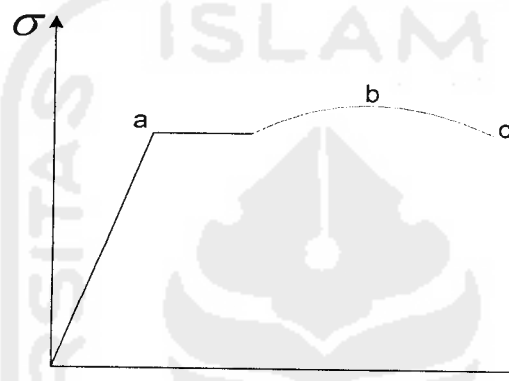
# LAMPIRAN 2





## HASIL UJI BAHAN

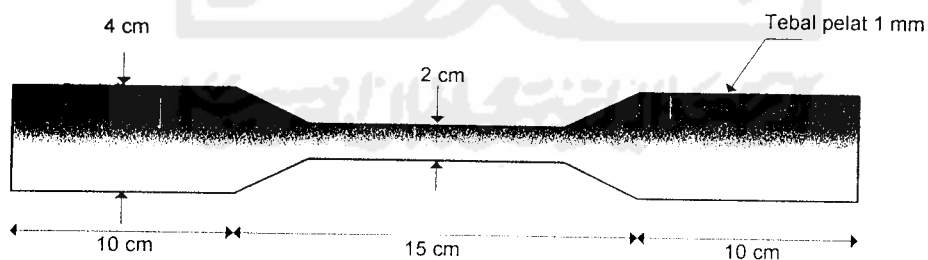
Pengujian ini merupakan uji terhadap kekuatan tarik bahan profil Lipped Zed 95x33x13 dengan tebal 1 mm yang dilakukan di laboratorium Teknik Sipil UII Yogyakarta pada tanggal 20 Agustus 2005. Adapun hasil uji pendahuluan adalah sebagai berikut :



Beban Leleh (a)

Beban Maksimum (b)

Beban Patah (c)



### 1. Hasil pengujian kuat tarik profil Lipped Zed 95x33x13x0,8

#### a. Sampel I

Beban leleh = 900 kg

Beban maksimum = 1270 kg

Lampiran 2

Perhitungan :

$$\text{Lebar} = 2,116 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 0,08 \text{ cm}$$

$$A_o = l \times t = 0,16928 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat Leleh (Fy)} = \frac{Py}{A_o}$$

$$= \frac{900}{0,16928}$$

$$= 5358,832 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 525,52 \text{ Mpa}$$

Perhitungan kuat tarik baja

$$\text{Kuat tarik Fu} = \frac{1270}{0,16928}$$

$$= 7502,363 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 735,73 \text{ MPa}$$

**b. Sampel II**

$$\text{Beban leleh} = 850 \text{ kg}$$

$$\text{Beban maksimum} = 1200 \text{ kg}$$

Perhitungan :

$$\text{Lebar} = 2,034 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 0,08 \text{ cm}$$

$$A_o = l \times t = 0,1627 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat leleh (Fy)} = \frac{Py}{A_o}$$

Lampiran 2

$$= 7253,27 \text{ kg/cm}^2$$

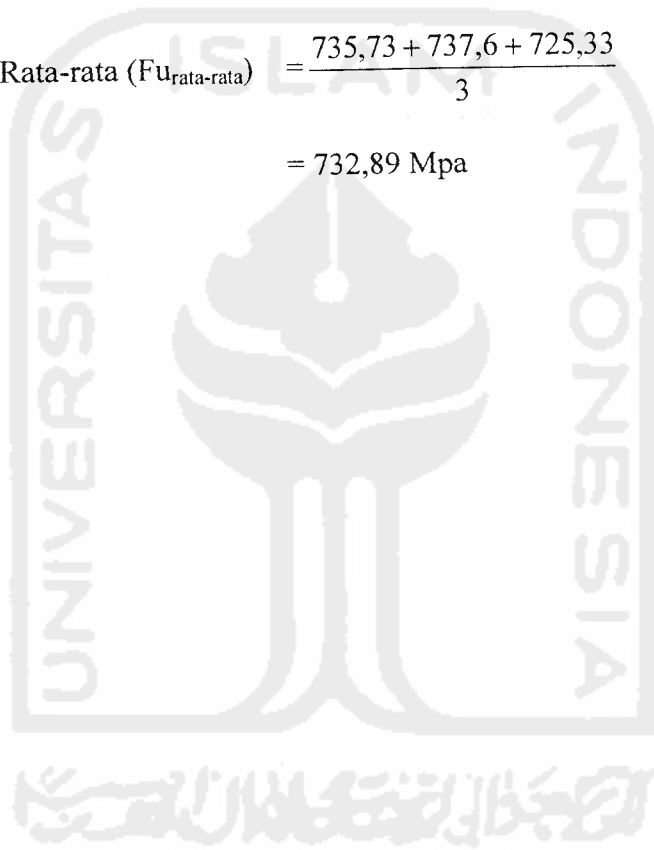
$$= 725,33 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat leleh Rata-rata (F}_{y_{\text{rata-rata}}}) = \frac{525,52 + 512,05 + 516,63}{3}$$

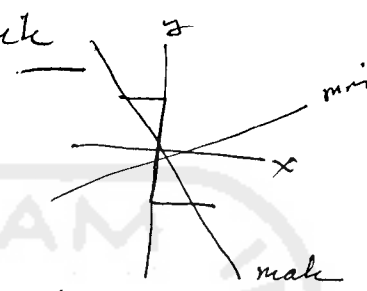
$$= 518,1 \text{ Mpa}$$

$$\text{Kuat Tarik Rata-rata (F}_{u_{\text{rata-rata}}}) = \frac{735,73 + 737,6 + 725,33}{3}$$

$$= 732,89 \text{ Mpa}$$



CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	KONSULTASI KE :	TANDA TANGGA
		<p>1. Landasan Teori harus membahas sifat profil. <math>z</math> dan <math>L</math></p> <p>teknik</p>  <p><math>\frac{KL}{r} \min =</math></p> <p><u>Landasan Teori</u>  <del>Uraian</del> uraian edl uraian kritis berdasarkan uraian uraian yg disusun oleh peneliti sbg mengemukakan hipotesis</p> <p>Target Seminar proposal 19/1 (awal) Juli 2025</p> <p>Teknik {             <ul style="list-style-type: none"> <li>colok <math>\rightarrow F_{cr} \Rightarrow f(\frac{E}{E})</math></li> <li>ribut <math>\rightarrow F_{cr} = f(\frac{E}{E})</math></li> </ul> </p> <p>29/6/05 Perbaikan</p> <p>1/7/05 Kecepatan &amp; Berat ?              - titik buhul ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Berat dragun P-D dan MP.</li> <li>- Cari gaya bt alat &amp; alat (Ruhul)</li> <li>- Berat anelms</li> </ul>	<p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p>

Setelah  $F \rightarrow F_{cr}$  nilai  $E$  merupakan  
 Berat Chen Ashuta (Teori Beam Column), (1977)  
 Buat. Tulis cat. dan ...  
 Berat dan Berat rasio kecepatan (P) kecepatan  
 & adaan faktor kelay. nilai  $F_{mh} = 1$

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANGGAL
	14/10/05	Perbaikan hasil & Luberan !!	
	24/11/05	<p>[ ] A. 2</p> <p>Perbaikan Luberan</p> <p>Uud ds. Gtng seban tgl. 15/12-2005</p> <p><del>Supkan</del> Gidang</p>	<p>15/12-2005</p> <p>5/12-2005</p>
	13/12/05	pe	
	16/2/06	<p>ACC, pendadareff</p> <p>pendadara</p>	16/02-2006

# LAMPIRAN 3



## Hasil Pengujian

Howe			
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)
0,000	0	0	0
2,880	1,11	1,185	1
5,761	2,18	2,38	2,01
8,641	2,69	2,97	2,86
11,522	3,37	3,81	3,78
14,402	3,81	4,34	3,91
17,282	4,4	5,08	4,89
20,163	5,17	6,03	5,82
23,043	6,13	7,2	6,83
25,924	6,87	8,11	7,08
28,804	7,62	9,05	7,96
31,684	8,05	9,62	8,88
34,565	9,45	11,42	10
37,445	10,6	11,87	11,6
40,326	11,8	13,02	12,6

Lampiran 3

Fink			
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)
0,000	0	0	0
2,880	0,15	0,72	0,05
5,761	1,17	1,44	0,85
8,641	2,41	2,9	1,5
11,522	3,25	3,88	2,48
14,402	4,05	4,78	3,43
17,282	4,85	5,73	3,7
20,163	5,6	6,6	4,57
23,043	6,66	7,74	6,58
25,924	7,36	8,67	7,49
28,804	7,91	9,26	7,74
31,684	8,48	10,96	8,55
34,565	9,42	11,08	9,54
37,445	10,22	12,01	10,47
40,326	11,22	13,11	11,47
43,206	11,91	14,94	12,45
46,086	13,11	15,4	13,49
48,967	14,15	16,67	14,57



Lampiran 3

<b>Pratt</b>			
<b>Beban (kN)</b>	<b><math>\Delta</math> 1 (mm)</b>	<b><math>\Delta</math> 2 (mm)</b>	<b><math>\Delta</math> 3 (mm)</b>
0,000	0	0	0
2,880	0,14	0,435	0,362
5,761	0,48	1,405	1,01
8,641	1,275	2,08	1,04
11,522	2,19	2,925	2,26
14,402	2,34	3,76	2,89
17,282	3,302	4,57	3,47
20,163	3,39	5,27	4
23,043	4,3	6,36	4,78
25,924	4,63	7,11	5,33
28,804	5,34	7,91	5,91
31,684	5,6	8,51	6,31
34,565	6,42	9,61	7,09
37,445	8,15	11,22	8,25
40,326	9,24	12,9	9,39
43,206	10,32	14,36	10,28
46,086	11,7	14,5	10,94

# LAMPIRAN 4



**DATA SAP 2000**

**Rangka Howe**

Frame	Station	P
1	0	-26,3375
1	0,807775	-26,3342
1	1,615549	-26,3308
2	0	-27,252
2	0,807775	-27,2487
2	1,615549	-27,2454
3	0	-27,2454
3	0,807775	-27,2487
3	1,615549	-27,252
4	0	-26,3308
4	0,807775	-26,3342
4	1,615549	-26,3375
5	0	24,38352
5	0,5	24,38352
5	1	24,38352
5	1,5	24,38352
6	0	24,61618
6	0,5	24,61618
6	1	24,61618
6	1,5	24,61618
7	0	24,61618
7	0,5	24,61618
7	1	24,61618
7	1,5	24,61618
8	0	24,38352
8	0,5	24,38352
8	1	24,38352
8	1,5	24,38352
9	0	-0,34182
9	0,3	-0,33897
9	0,6	-0,33611
10	0	0,780691
10	0,807775	0,777838
10	1,615549	0,774985
11	0	0,774985

Lampiran 4

11	0,807775	0,777838
11	1,615549	0,780691
12	0	-0,34182
12	0,3	-0,33897
12	0,6	-0,33611
13	0	-0,19906
13	0,6	-0,19335
13	1,2	-0,18765



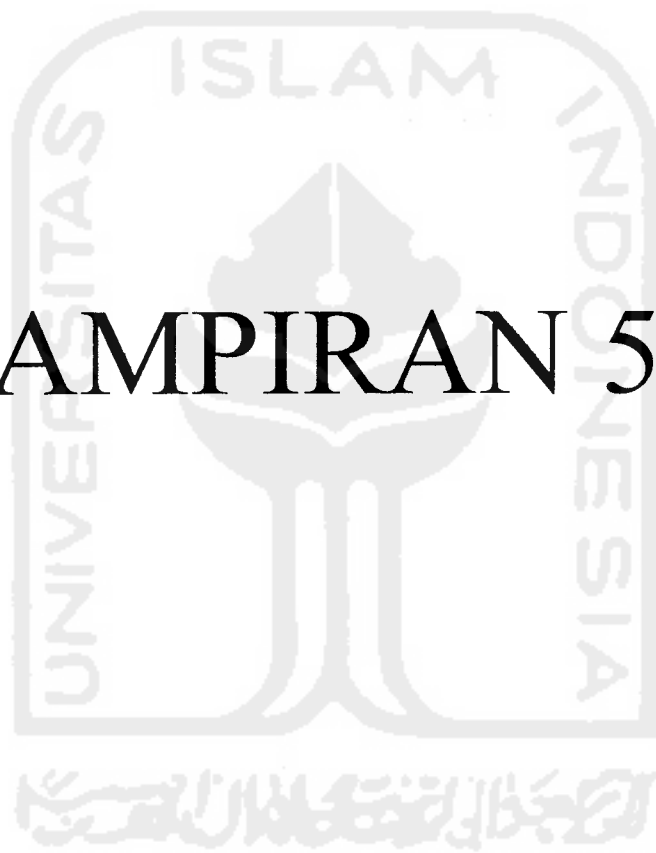
**Rangka Fink**

Frame	Station	P
1	0	-32,2159
1	0,807775	-32,2126
1	1,615549	-32,2093
2	0	-32,5657
2	0,807775	-32,5624
2	1,615549	-32,5591
3	0	-32,5591
3	0,807775	-32,5624
3	1,615549	-32,5657
4	0	-32,2093
4	0,807775	-32,2126
4	1,615549	-32,2159
5	0	29,81216
5	1	29,81216
5	2	29,81216
6	0	30,6637
6	1	30,6637
6	2	30,6637
7	0	30,6637
7	1	30,6637
7	2	30,6637
8	0	0,51938
8	0,390512	0,516527
8	0,781025	0,513673
9	0	-0,49651
9	0,781025	-0,4908
9	1,56205	-0,48509
10	0	-0,48509
10	0,781025	-0,4908
10	1,56205	-0,49651
11	0	0,513673
11	0,390512	0,516527
11	0,781025	0,51938

## Rangka Pratt

Frame	Station	P
1	0	-30,1369
1	0,807775	-30,1336
1	1,615549	-30,1303
2	0	-30,3781
2	0,807775	-30,3748
2	1,615549	-30,3715
3	0	-30,3715
3	0,807775	-30,3748
3	1,615549	-30,3781
4	0	-30,1303
4	0,807775	-30,1336
4	1,615549	-30,1369
5	0	27,89464
5	0,5	27,89464
5	1	27,89464
5	1,5	27,89464
6	0	28,86465
6	1,5	28,86465
6	3	28,86465
7	0	28,86465
7	0,5	28,86465
7	1	28,86465
7	1,5	28,86465
8	0	0,301444
8	0,3	0,304298
8	0,6	0,307151
9	0	-0,74874
9	0,960469	-0,74303
9	1,920937	-0,73733
10	0	-0,74874
10	0,960469	-0,74303
10	1,920937	-0,73733
11	0	0,301444
11	0,3	0,304298
11	0,6	0,307151

# LAMPIRAN 5



Lampiran 5

Perhitungan Faktor kekakuan (Beban – Lendutan)

1. Hasil pengujian Laboratorium

Howe			
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)
0,000	0	0	0
2,880	1,11	1,185	1
5,761	2,18	2,38	2,01
8,641	2,69	2,97	2,86
11,522	3,37	3,81	3,78
14,402	3,81	4,34	3,91
17,282	4,4	5,08	4,89
20,163	5,17	6,03	5,82
23,043	6,13	7,2	6,83
25,924	6,87	8,11	7,08
28,804	7,62	9,05	7,96
31,684	8,05	9,62	8,88
34,565	9,45	11,42	10
37,445	10,6	11,87	11,6
40,326	11,8	13,02	12,6

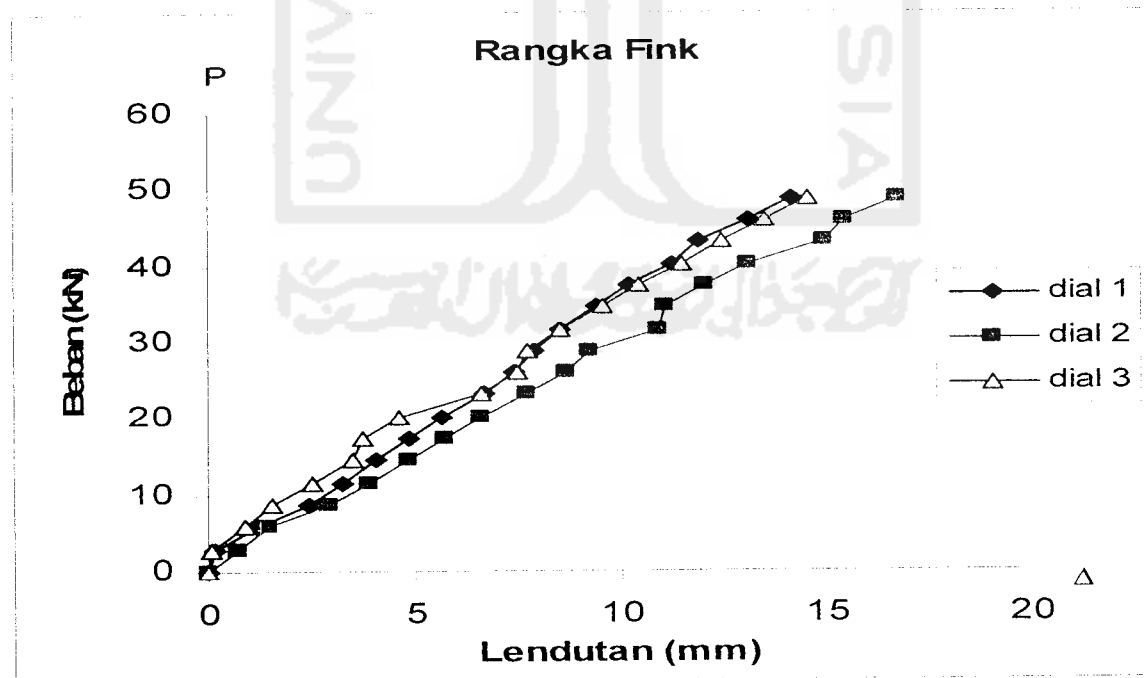
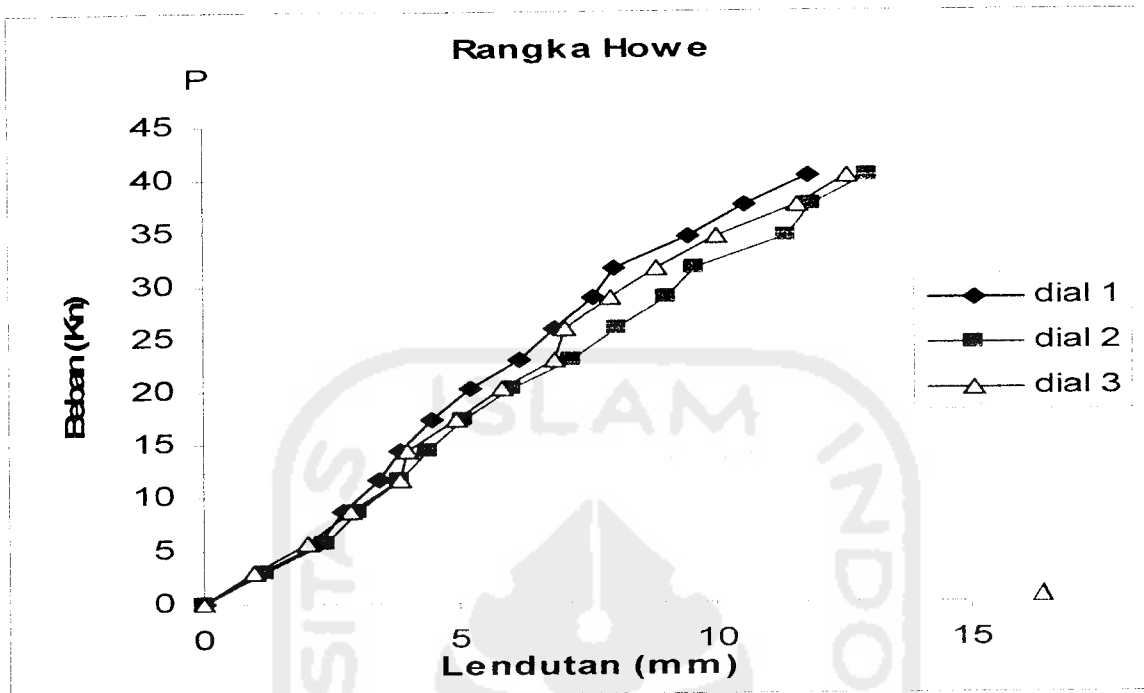


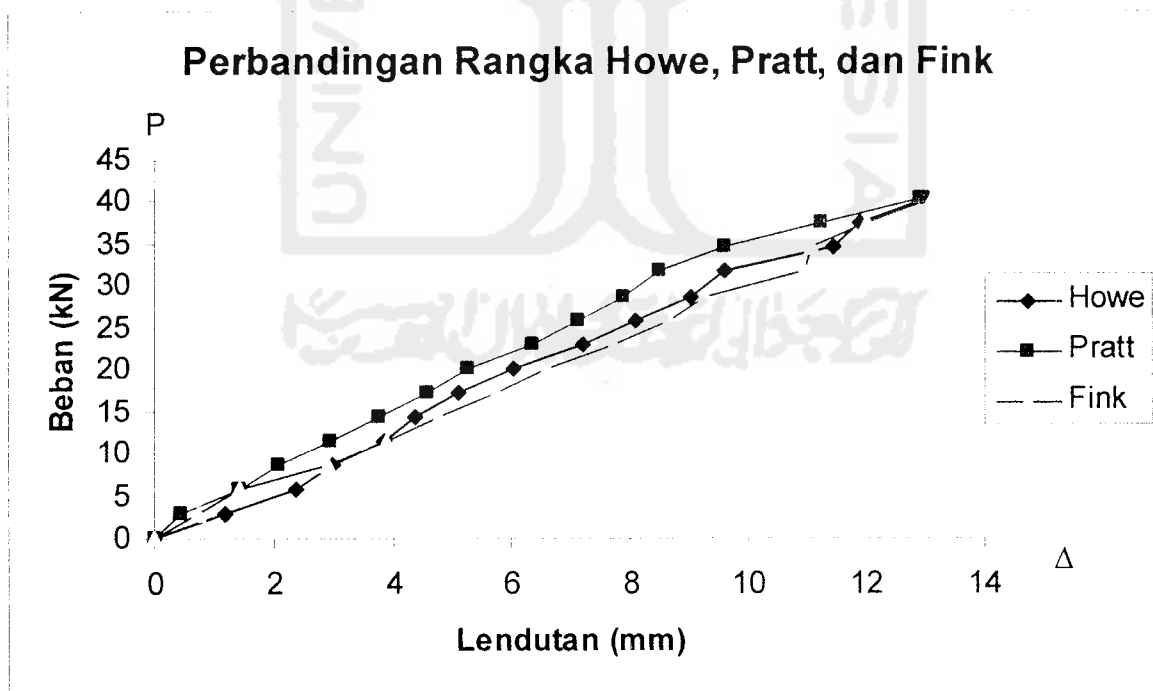
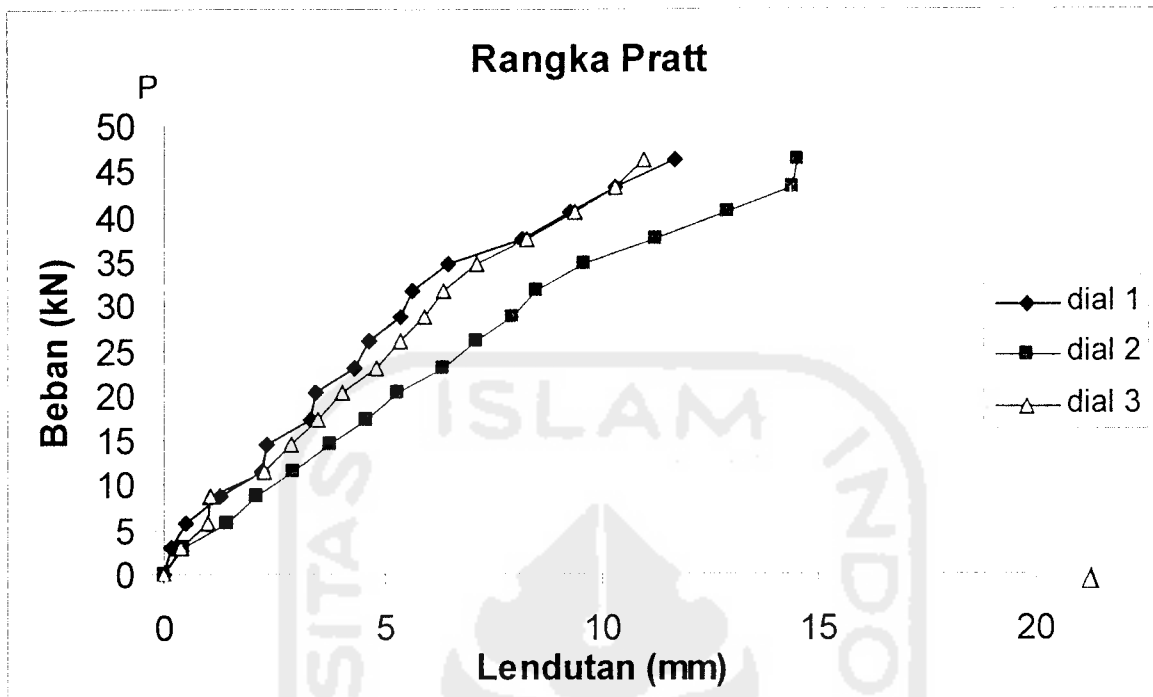
Lampiran 5

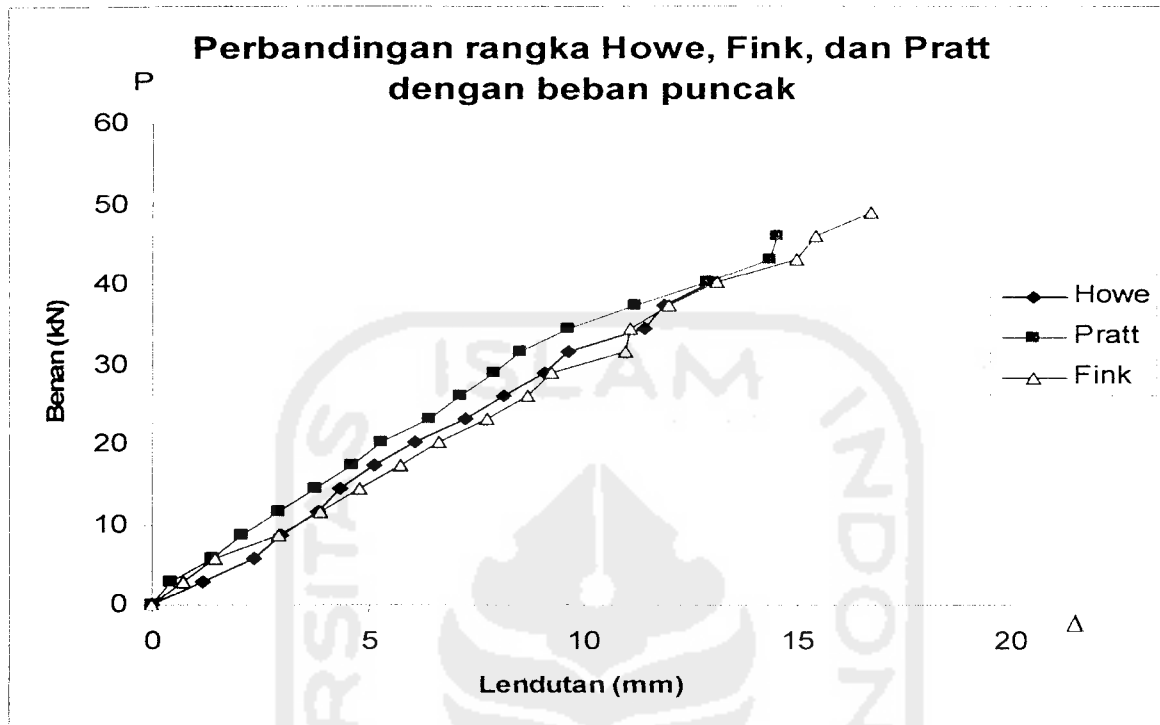
Fink			
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)
0,000	0	0	0
2,880	0,15	0,72	0,05
5,761	1,17	1,44	0,85
8,641	2,41	2,9	1,5
11,522	3,25	3,88	2,48
14,402	4,05	4,78	3,43
17,282	4,85	5,73	3,7
20,163	5,6	6,6	4,57
23,043	6,66	7,74	6,58
25,924	7,36	8,67	7,49
28,804	7,91	9,26	7,74
31,684	8,48	10,96	8,55
34,565	9,42	11,08	9,54
37,445	10,22	12,01	10,47
40,326	11,22	13,11	11,47
43,206	11,91	14,94	12,45
46,086	13,11	15,4	13,49
48,967	14,15	16,67	14,57

Lampiran 5

Pratt			
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)
0,000	0	0	0
2,880	0,14	0,435	0,362
5,761	0,48	1,405	1,01
8,641	1,275	2,08	1,04
11,522	2,19	2,925	2,26
14,402	2,34	3,76	2,89
17,282	3,302	4,57	3,47
20,163	3,39	5,27	4
23,043	4,3	6,36	4,78
25,924	4,63	7,11	5,33
28,804	5,34	7,91	5,91
31,684	5,6	8,51	6,31
34,565	6,42	9,61	7,09
37,445	8,15	11,22	8,25
40,326	9,24	12,9	9,39
43,206	10,32	14,36	10,28
46,086	11,7	14,5	10,94







Lampiran 5

a Rangka Howe

$$\begin{aligned}\text{Beban Total} &= 40.326 \text{ kN} \\ \text{Panjang bentang} &= 6 \text{ m} = 6000 \text{ mm} \\ \text{Lendutan akhir } (\Delta) &= 13,02 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{tg } \theta &= k = \frac{P}{\Delta} \\ \text{tg } \theta &= k = \frac{40.326}{13,02} = 3.097 \text{ kN}\end{aligned}$$

b Rangka Pratt

$$\begin{aligned}\text{Beban Total} &= 40.326 \text{ KN} \\ \text{Panjang bentang} &= 6 \text{ m} = 6000 \text{ mm} \\ \text{Lendutan akhir } (\Delta) &= 12,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{tg } \theta &= k = \frac{P}{\Delta} \\ \text{tg } \theta &= k = \frac{40,326}{12,9} = 3,13 \text{ kN}\end{aligned}$$

c Rangka Fink

$$\begin{aligned}\text{Beban Total} &= 40.326 \text{ KN} \\ \text{Panjang bentang} &= 6 \text{ m} = 6000 \text{ mm} \\ \text{Lendutan akhir } (\Delta) &= 13,11 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{tg } \theta &= k = \frac{P}{\Delta} \\ \text{tg } \theta &= k = \frac{40,326}{13,11} = 3,07 \text{ kN}\end{aligned}$$

Lampiran 5

Rangka	Beban Akhir (kN)	Beban (kN)	Lendutan ( $\Delta$ ) (mm)	Kekakuan (k) (kN/mm)	Rasio kekakuan	Rasio kekuatan
Howe	40.326	40.326	13.02	3.097	1	1
Fink	48,967	40.326	13,11	3,07	0,99	1.21
Pratt	46,086	40.326	12,9	3,13	1	1.14



Lampiran 5

2 Analisis menggunakan SAP 2000

Howe SAP			
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)
0,000	0	0	0
2,880	0,978	1,14	0,978
5,761	1,85	2,16	1,85
8,641	2,73	3,19	2,73
11,522	3,6	4,22	3,6
14,402	4,47	5,25	4,47
17,282	5,34	6,28	5,34
20,163	6,21	7,31	6,21
23,043	7,08	8,34	7,08
25,924	7,95	9,37	7,95
28,804	8,82	10,4	8,82
31,684	9,69	11,43	9,69
34,565	10,56	12,46	10,56
37,445	11,43	13,49	11,43
40,326	12,3	14,52	12,3

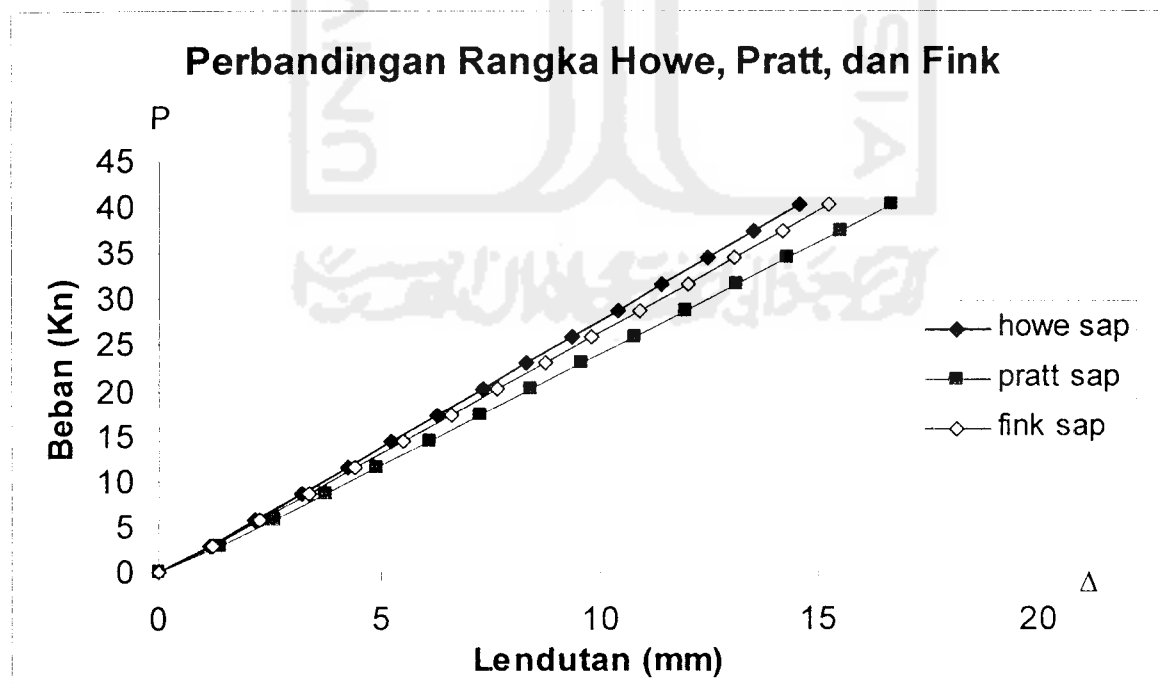
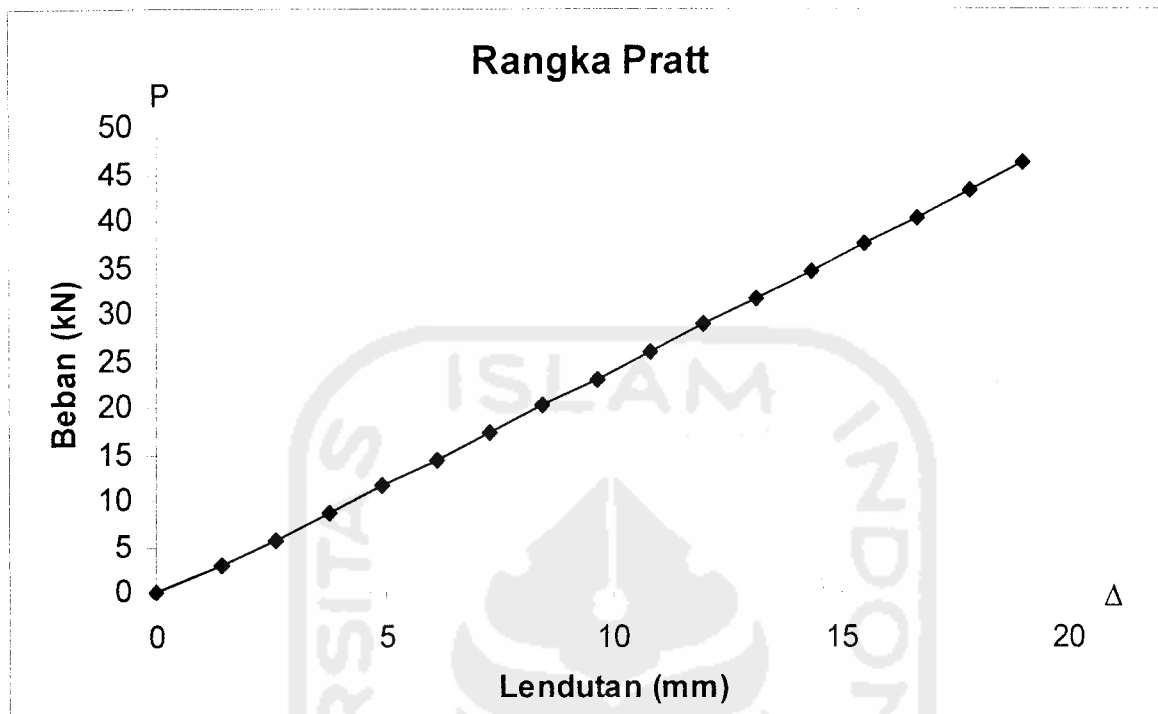


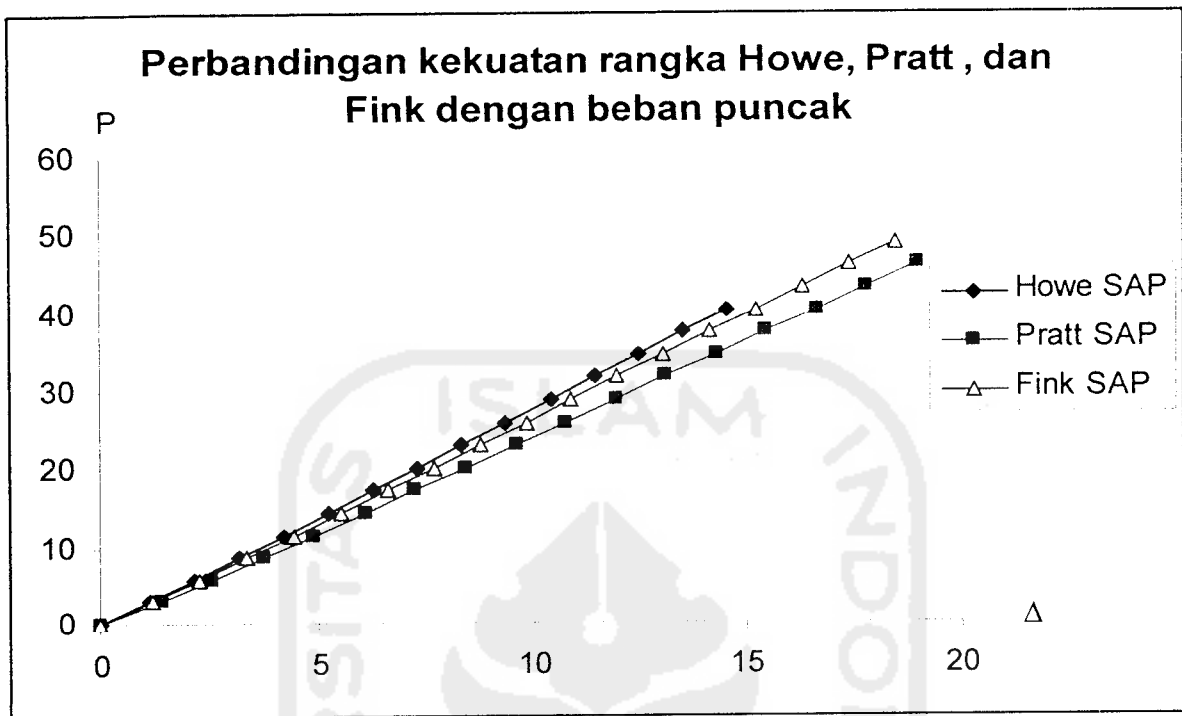
Lampiran 5

<b>Fink SAP</b>			
<b>Beban (kN)</b>	<b><math>\Delta 1</math> (mm)</b>	<b><math>\Delta 2</math> (mm)</b>	<b><math>\Delta 3</math> (mm)</b>
0,000	0	0	0
2,880	1,08	1,2	1,08
5,761	2,06	2,28	2,06
8,641	3,04	3,35	3,04
11,522	4,01	4,43	4,01
14,402	4,98	5,51	4,98
17,282	5,95	6,59	5,95
20,163	6,92	7,67	6,92
23,043	7,89	8,75	7,89
25,924	8,86	9,83	8,86
28,804	9,83	10,91	9,83
31,684	10,8	11,99	10,8
34,565	11,77	13,07	11,77
37,445	12,74	14,15	12,74
40,326	13,71	15,23	13,71
43,206	14,68	16,31	14,68
46,086	15,65	17,39	15,65
48,967	16,62	18,47	16,62

Lampiran 5

Pratt SAP			
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)
0,000	0	0	0
2,880	1,01	1,4	1,01
5,761	1,92	2,57	1,92
8,641	2,82	3,74	2,82
11,522	3,72	4,91	3,72
14,402	4,63	6,09	4,901
17,282	5,54	7,26	5,884
20,163	6,44	8,44	6,867
23,043	7,35	9,61	7,85
25,924	8,26	10,78	8,833
28,804	9,17	11,95	9,816
31,684	10,08	13,12	10,799
34,565	10,99	14,29	11,782
37,445	11,9	15,46	12,765
40,326	12,81	16,63	13,748
43,206	13,72	17,8	14,731
46,086	14,63	18,97	15,714





Lampiran 5

a. Rangka Howe

$$\begin{aligned}\text{Beban Total} &= 40.326 \text{ kN} \\ \text{Panjang bentang} &= 6 \text{ m} = 6000 \text{ mm} \\ \text{Lendutan akhir } (\Delta) &= 14.52 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{tg } \theta = k = \frac{P}{\Delta}$$

$$\text{tg } \theta = k = \frac{40.326}{14.52} = 2,78 \text{ kN}$$

b. Rangka Pratt

$$\begin{aligned}\text{Beban Total} &= 40.326 \text{ KN} \\ \text{Panjang bentang} &= 6 \text{ m} = 6000 \text{ mm} \\ \text{Lendutan akhir } (\Delta) &= 18.47 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{tg } \theta = k = \frac{P}{\Delta}$$

$$\text{tg } \theta = k = \frac{46.086}{18.47} = 18.47 \text{ kN}$$

c. Rangka Fink

$$\begin{aligned}\text{Beban Total} &= 40.326 \text{ KN} \\ \text{Panjang bentang} &= 6 \text{ m} = 6000 \text{ mm} \\ \text{Lendutan akhir } (\Delta) &= 18.97 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{tg } \theta = k = \frac{P}{\Delta}$$

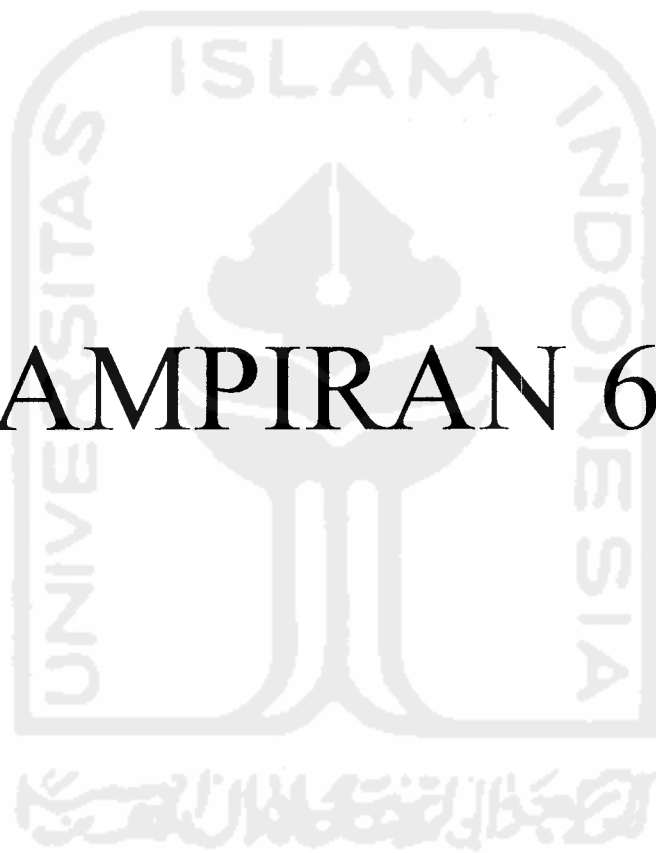
$$\text{tg } \theta = k = \frac{48.967}{18.97} = 18.97 \text{ kN}$$

Lampiran 5

Rangka	Beban akhir ( kN)	Beban ambil (kN)	Lendutan ( $\Delta$ ) ( mm )	Kekakuan (k) (kN/mm)	Rasio kekakuan	Rasio kekuatan
Howe	40.326	40.326	14,52	2,78	1	1
Fink	48.967	40.326	15,23	2,65	0,95	1.21
Pratt	46.086	40.326	16,63	2.42	0,87	1.14



# LAMPIRAN 6



Lampiran 6

Perhitungan Faktor Kekakuan

1 Hasil pengujian Laboratorium

Hubungan Momen – kelengkungan Rangka Howe

Howe					
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $10^{-5}/mm$ )
0,000	0	0	0	0,000	0,000
2,880	1,11	1,185	1	4,321	1,156
5,761	2,18	2,38	2,01	8,641	2,533
8,641	2,69	2,97	2,86	12,962	1,733
11,522	3,37	3,81	3,78	17,282	2,089
14,402	3,81	4,34	3,91	21,603	4,267
17,282	4,4	5,08	4,89	25,924	3,867
20,163	5,17	6,03	5,82	30,244	4,756
23,043	6,13	7,2	6,83	34,565	6,400
25,924	6,87	8,11	7,08	38,885	10,089
28,804	7,62	9,05	7,96	43,206	11,200
31,684	8,05	9,62	8,88	47,527	10,267
34,565	9,45	11,42	10	51,847	15,067
37,445	10,6	11,87	11,6	56,168	6,844
40,326	11,8	13,02	12,6	60,488	7,289



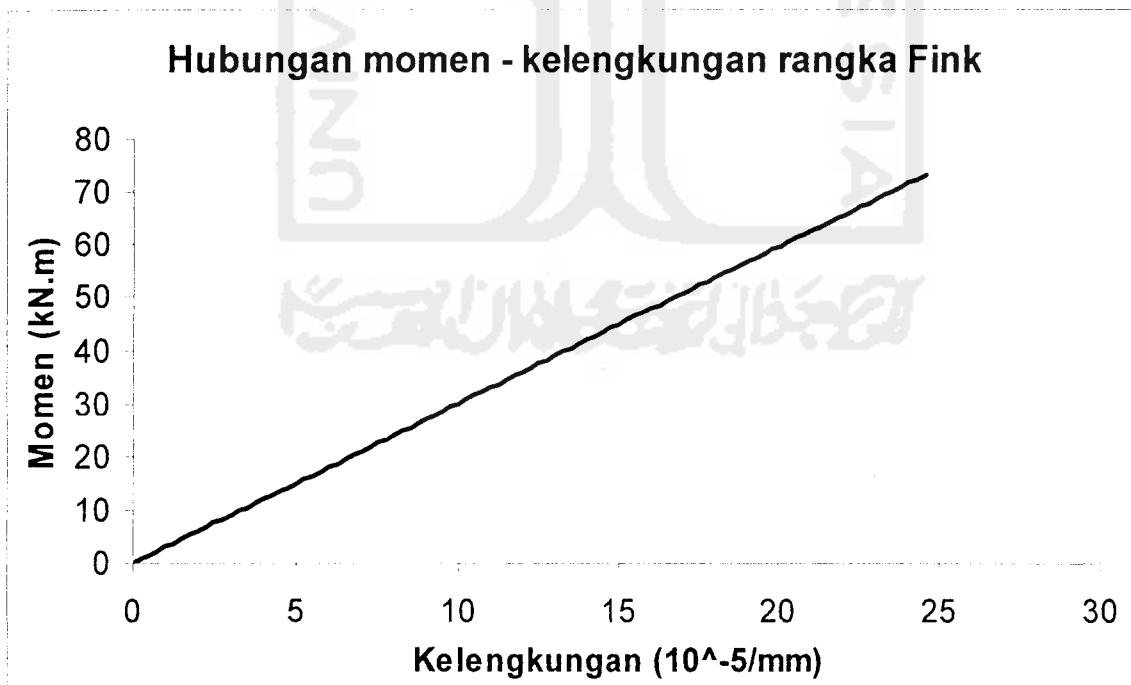
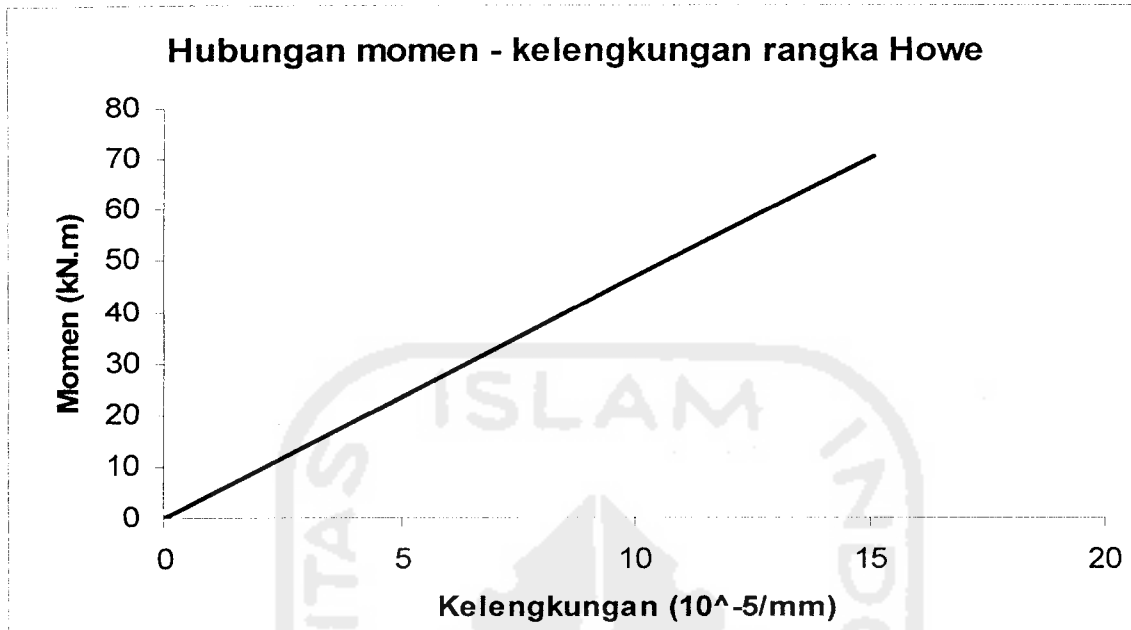
## Hubungan Momen – kelengkungan Rangka Fink

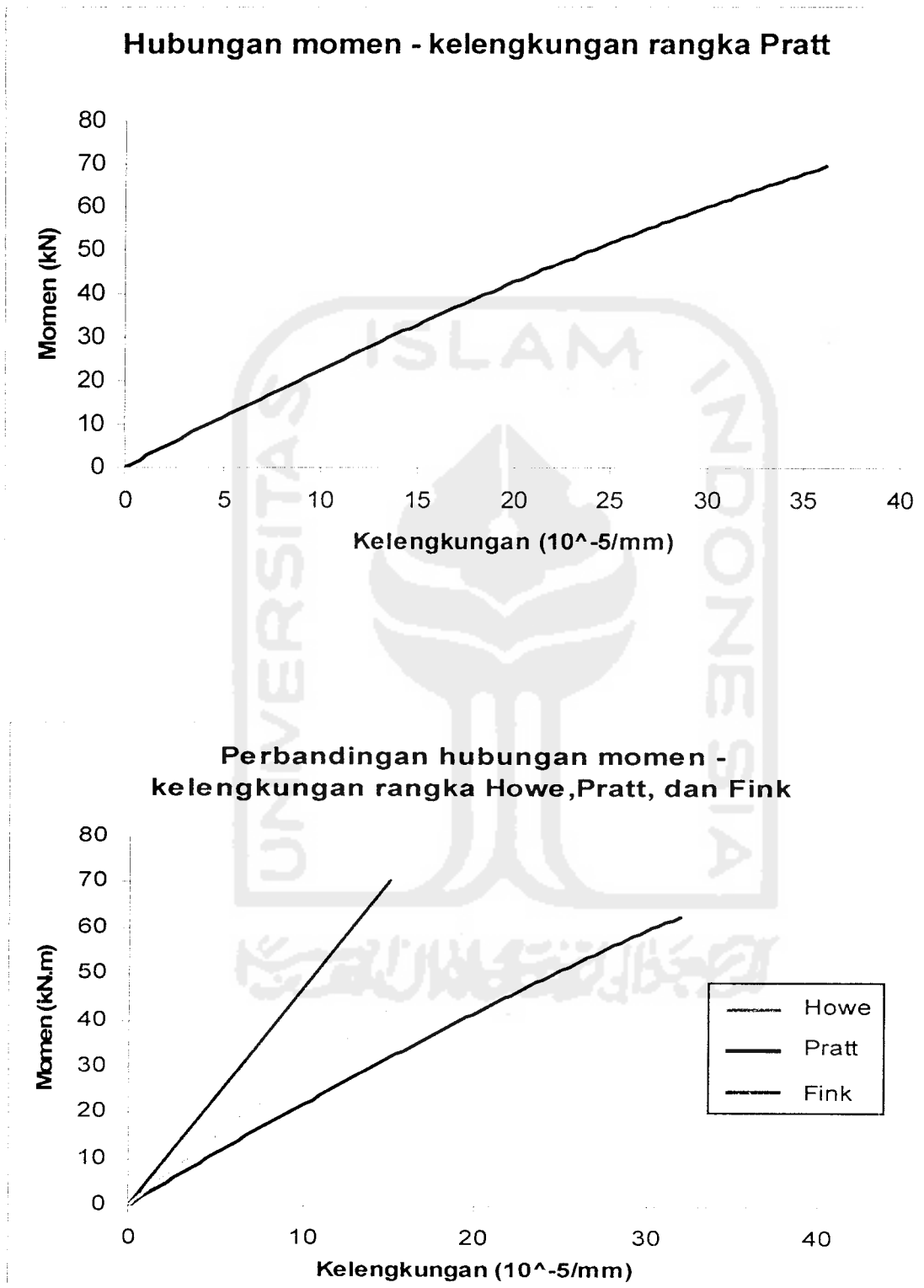
Fink					
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $10^{-5}/\text{mm}$ )
0,000	0	0	0	0,000	0,000
2,880	0,15	0,72	0,05	4,321	5,511
5,761	1,17	1,44	0,85	8,641	3,822
8,641	2,41	2,9	1,5	12,962	8,400
11,522	3,25	3,88	2,48	17,282	9,022
14,402	4,05	4,78	3,43	21,603	9,244
17,282	4,85	5,73	3,7	25,924	12,933
20,163	5,6	6,6	4,57	30,244	13,467
23,043	6,66	7,74	6,58	34,565	9,956
25,924	7,36	8,67	7,49	38,885	11,067
28,804	7,91	9,26	7,74	43,206	12,756
31,684	8,48	10,96	8,55	47,527	21,733
34,565	9,42	11,08	9,54	51,847	14,222
37,445	10,22	12,01	10,47	56,168	14,800
40,326	11,22	13,11	11,47	60,488	15,689
43,206	11,91	14,94	12,45	64,809	24,533
46,086	13,11	15,4	13,49	69,130	18,667
48,967	14,15	16,67	14,57	73,450	20,533

Lampiran 6

Hubungan Momen – kelengkungan Rangka Pratt

Pratt					
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $10^{-5}/\text{mm}$ )
0,000	0	0	0	0,000	0,000
2,880	0,14	0,435	0,362	4,321	1,636
5,761	0,48	1,405	1,01	8,641	5,867
8,641	1,275	2,08	1,04	12,962	8,200
11,522	2,19	2,925	2,26	17,282	6,222
14,402	2,34	3,76	2,89	21,603	10,178
17,282	3,302	4,57	3,47	25,924	10,524
20,163	3,39	5,27	4	30,244	14,000
23,043	4,3	6,36	4,78	34,565	16,178
25,924	4,63	7,11	5,33	38,885	18,933
28,804	5,34	7,91	5,91	43,206	20,311
31,684	5,6	8,51	6,31	47,527	22,711
34,565	6,42	9,61	7,09	51,847	25,378
37,445	8,15	11,22	8,25	56,168	26,844
40,326	9,24	12,9	9,39	60,488	31,867
43,206	10,32	14,36	10,28	64,809	36,089
46,086	11,7	14,5	10,94	69,130	28,267





## Lampiran 6

### 1 Rangka Howe

$$M = 60488 \text{ kN.m} \quad ; \quad \phi = 7,289 \cdot 10^5 / \text{mm}$$

$$EI = \frac{M}{\phi}$$

$$EI = \frac{60488}{7.289 \times 10^5} = 829853203,5 \text{ kN.mm}^2$$

### 2 Rangka Fink

$$M = 60488 \text{ kN.m} \quad ; \quad \phi = 15,689 \cdot 10^5 / \text{mm}$$

$$EI = \frac{M}{\phi}$$

$$EI = \frac{60488}{15,689 \times 10^5} = 385544011,7 \text{ kN.mm}^2$$

### 3 Rangka Pratt

$$M = 60488 \text{ kN.m} \quad ; \quad \phi = 31,867 \cdot 10^5 / \text{mm}$$

$$EI = \frac{M}{\phi}$$

$$EI = \frac{60488}{31,867 \times 10^5} = 189813914,1 \text{ kN.mm}^2$$

Rangka	Momen (kN.mm)	$\phi$ ( $10^{-5}/\text{mm}$ )	Kekakuan ( $\text{kN.mm}^2$ )	Rasio kekakuan
Howe	60488	7,289	829853203,5	1
Fink	60488	15,689	385544011,7	0,46
Pratt	60488	31,867	189813914,1	0,23

Rasio kekakuan

a. Perbandingan antara Rangka Howe dengan Rangka Fink

o Kekakuan Rangka Howe = 829853203.5 kN.mm<sup>2</sup>

o Kekakuan Rangka Fink = 385544011,7 kN.mm<sup>2</sup>

Perbandingan kekakuan antara Rangka Howe dan Fink adalah

$$\frac{829853203.5}{385544011,7} = 2,17$$

rangka Howe mempunyai kekakuan 2,17 lebih besar dari pada rangka Fink.

b. Perbandingan antara Rangka Howe dengan Rangka Pratt

o Kekakuan Rangka Howe = 829853203.5 kN.mm<sup>2</sup>

o Kekakuan Rangka Pratt = 189813914,1 kN.mm<sup>2</sup>

Perbandingan faktor kekakuan antara Rangka Howe dan Fink adalah

$$\frac{829853203.5}{189813914,1} = 4,35$$

rangka Howe mempunyai kekakuan 4,35 lebih besar dari pada rangka Pratt.

c. Perbandingan antara Rangka Fink dengan Rangka Pratt

o Kekakuan Rangka Fink = 385544011,7 kN.mm<sup>2</sup>

o Kekakuan Rangka Pratt = 189813914,1 kN.mm<sup>2</sup>

Perbandingan kekakuan antara Rangka Howe dan Fink adalah

Lampiran 6

$$\frac{385544011,7}{189813914,1} = 2$$

rangka Fink mempunyai kekakuan 2 lebih besar dari pada rangka Pratt.



Lampiran 6

2 Hasil Analisis SAP 2000

Hubungan Momen – kelengkungan Rangka Howe analisis SAP 2000

Howe SAP					
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $10^{-5}/\text{mm}$ )
0,000	0	0	0	0,000	0,000
2,880	0,978	1,14	0,978	4,321	1,440
5,761	1,85	2,16	1,85	8,641	2,756
8,641	2,73	3,19	2,73	12,962	4,089
11,522	3,6	4,22	3,6	17,282	5,511
14,402	4,47	5,25	4,47	21,603	6,933
17,282	5,34	6,28	5,34	25,924	8,356
20,163	6,21	7,31	6,21	30,244	9,778
23,043	7,08	8,34	7,08	34,565	11,200
25,924	7,95	9,37	7,95	38,885	12,622
28,804	8,82	10,4	8,82	43,206	14,044
31,684	9,69	11,43	9,69	47,527	15,467
34,565	10,56	12,46	10,56	51,847	16,889
37,445	11,43	13,49	11,43	56,168	18,311
40,326	12,3	14,52	12,3	60,488	19,733

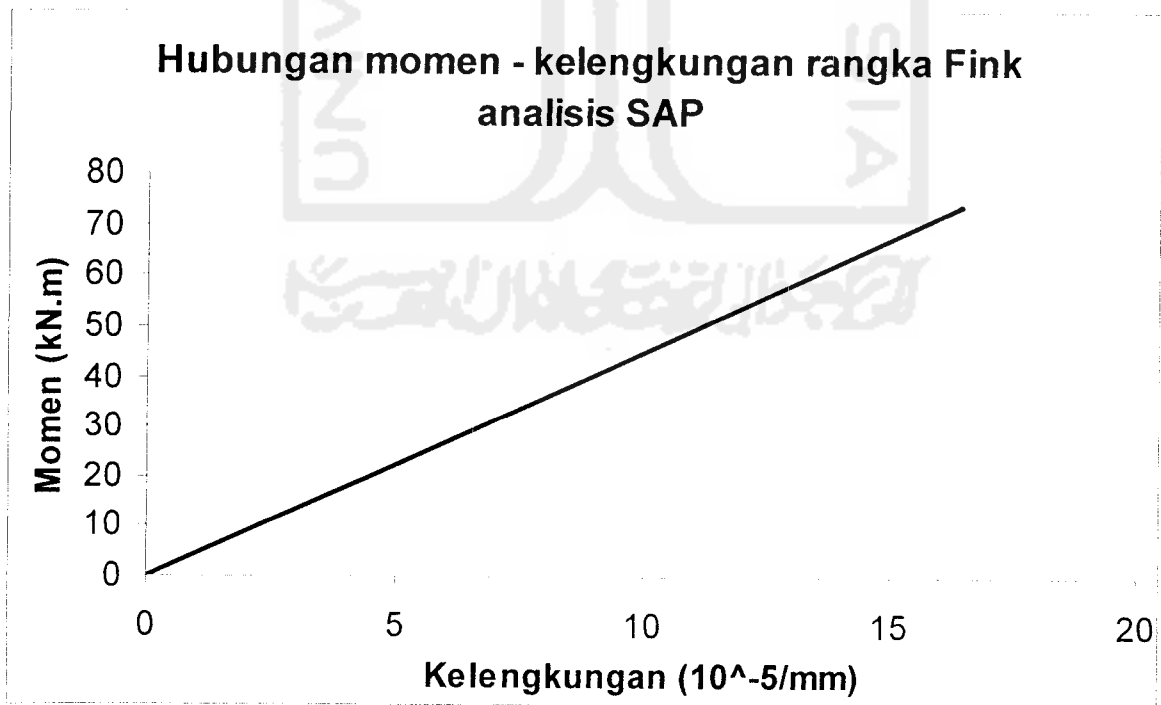
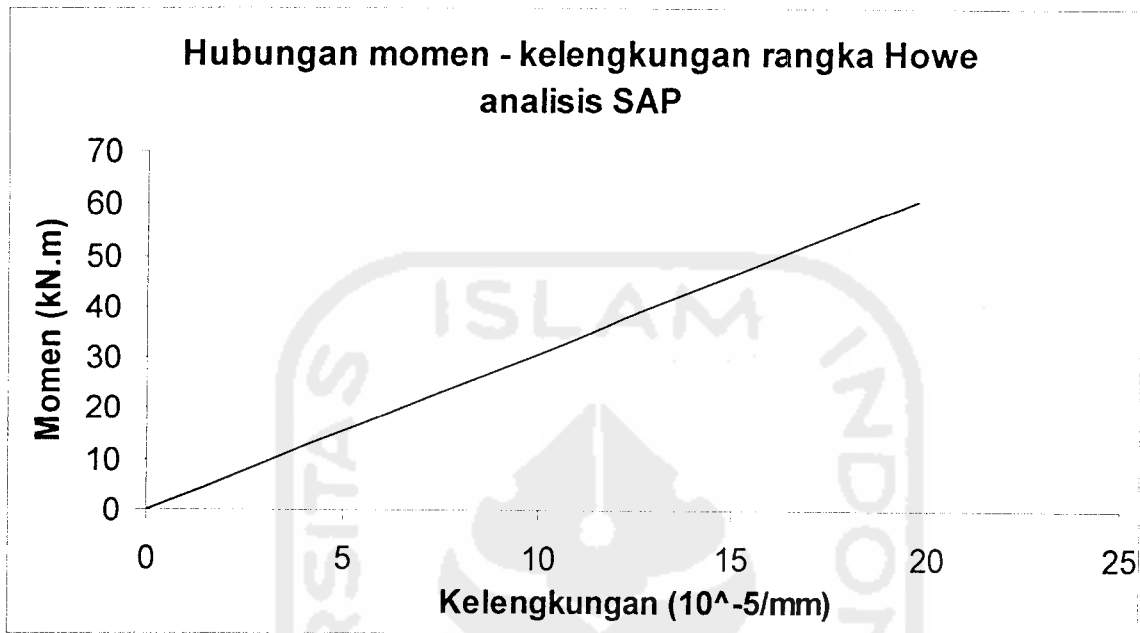


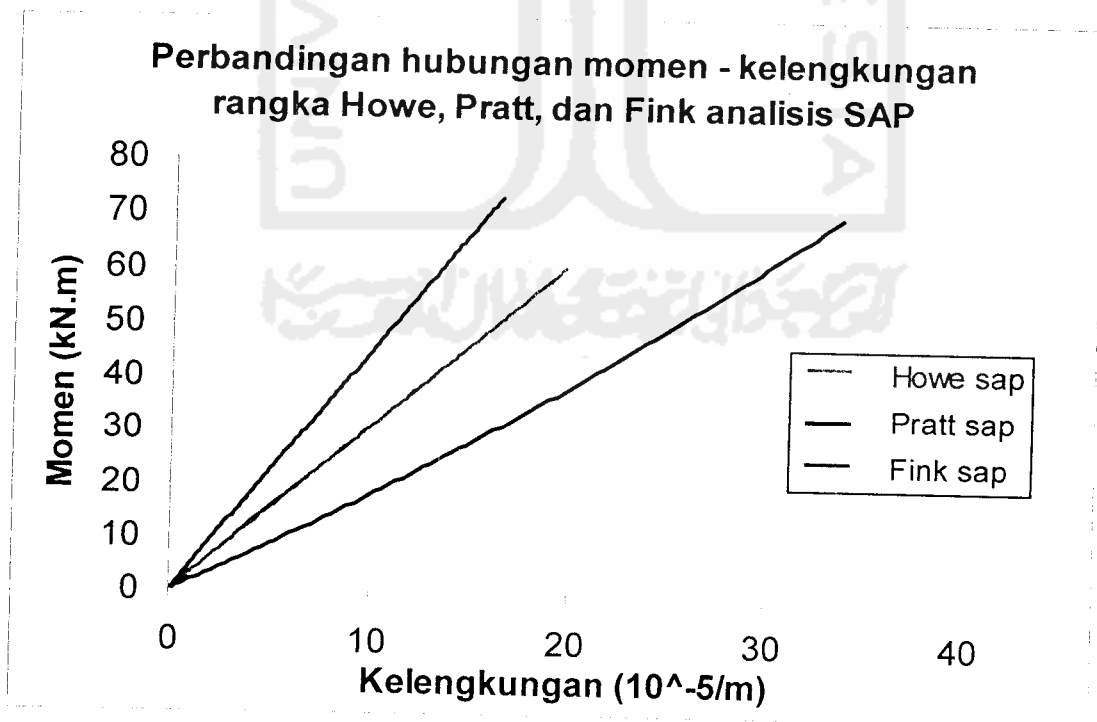
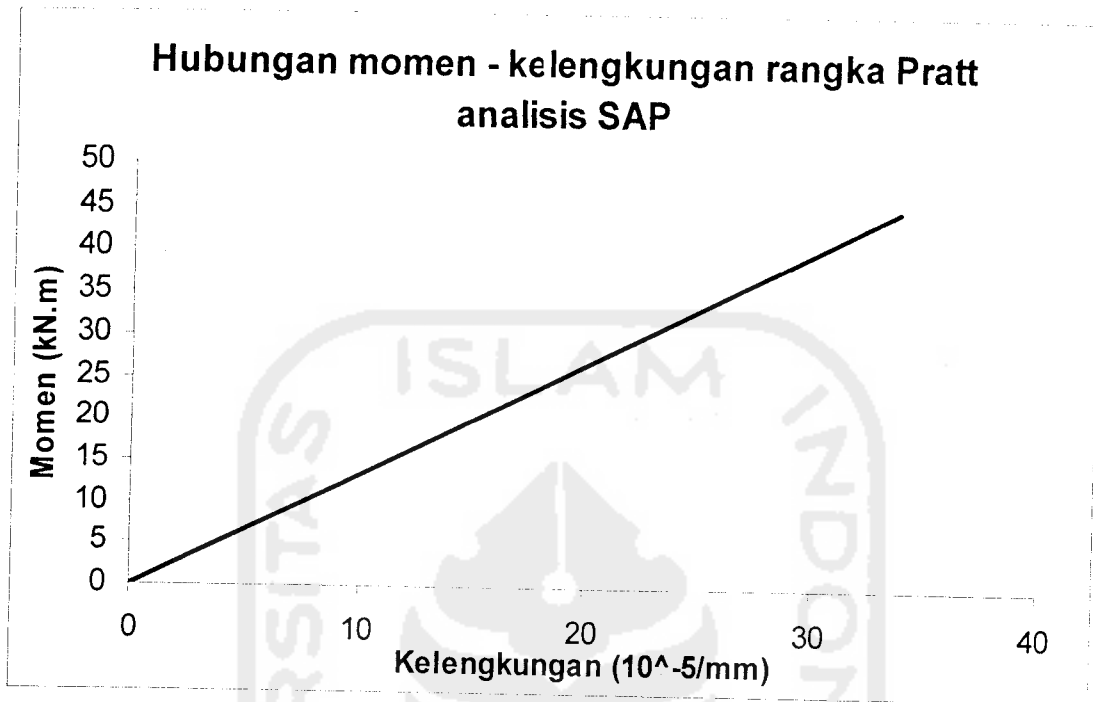
Hubungan Momen – kelengkungan Rangka Fink analisis SAP 2000

Fink SAP					
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $10^{-5}/\text{mm}$ )
0,000	0	0	0	0,000	0,000
2,880	1,08	1,2	1,08	4,321	1,067
5,761	2,06	2,28	2,06	8,641	1,956
8,641	3,04	3,35	3,04	12,962	2,756
11,522	4,01	4,43	4,01	17,282	3,733
14,402	4,98	5,51	4,98	21,603	4,711
17,282	5,95	6,59	5,95	25,924	5,689
20,163	6,92	7,67	6,92	30,244	6,667
23,043	7,89	8,75	7,89	34,565	7,644
25,924	8,86	9,83	8,86	38,885	8,622
28,804	9,83	10,91	9,83	43,206	9,600
31,684	10,8	11,99	10,8	47,527	10,578
34,565	11,77	13,07	11,77	51,847	11,556
37,445	12,74	14,15	12,74	56,168	12,533
40,326	13,71	15,23	13,71	60,488	13,511
43,206	14,68	16,31	14,68	64,809	14,489
46,086	15,65	17,39	15,65	69,130	15,467
48,967	16,62	18,47	16,62	73,450	16,444

Hubungan Momen – kelengkungan Rangka Pratt analisis SAP 2000

Pratt SAP					
Beban (kN)	$\Delta 1$ (mm)	$\Delta 2$ (mm)	$\Delta 3$ (mm)	Momen (kN.m)	Kelengkungan ( $10^{-5}/\text{mm}$ )
0,000	0	0	0	0,000	0,000
2,880	1,01	1,4	1,01	4,321	3,467
5,761	1,92	2,57	1,92	8,641	5,778
8,641	2,82	3,74	2,82	12,962	8,178
11,522	3,72	4,91	3,72	17,282	10,578
14,402	4,63	6,09	4,901	21,603	11,773
17,282	5,54	7,26	5,884	25,924	13,760
20,163	6,44	8,44	6,867	30,244	15,880
23,043	7,35	9,61	7,85	34,565	17,867
25,924	8,26	10,78	8,833	38,885	19,853
28,804	9,17	11,95	9,816	43,206	21,840
31,684	10,08	13,12	10,799	47,527	23,827
34,565	10,99	14,29	11,782	51,847	25,813
37,445	11,9	15,46	12,765	56,168	27,800
40,326	12,81	16,63	13,748	60,488	29,787
43,206	13,72	17,8	14,731	64,809	31,773
46,086	14,63	18,97	15,714	69,130	33,760





Lampiran 6

1 Rangka Howe

$$M = 60488 \text{ kN.m} \quad ; \quad \phi = 19.733 \times 10^5 / \text{mm}$$

$$EI = \frac{M}{\phi}$$

$$EI = \frac{60488}{19,733 \times 10^5} = 306532204.9 \text{ kN.mm}^2$$

2 Rangka Fink

$$M = 60488 \text{ kN.m} \quad ; \quad \phi = 13,511 \times 10^5 / \text{mm}$$

$$EI = \frac{M}{\phi}$$

$$EI = \frac{60488}{13,511 \times 10^5} = 447694471,2 \text{ kN.mm}^2$$

3 Rangka Pratt

$$M = 60488 \text{ kN.m} \quad ; \quad \phi = 29,787 \times 10^5 / \text{mm}$$

$$EI = \frac{M}{\phi}$$

$$EI = \frac{60488}{29,787 \times 10^5} = 203068452,7 \text{ kN.mm}^2$$

Rangka	Momen (kN.mm)	$\phi$ ( $10^{-5}/\text{mm}$ )	Kekakuan ( $\text{kN.mm}^2$ )	Rasio kekakuan
Howe	60488	19,733	306532204,9	1
Fink	60488	13,511	447694471,2	1,46
Pratt	60488	29,787	203068452,7	0,66

## Lampiran 6

### Rasio kekakuan

#### A Perbandingan antara Rangka Fink dengan Rangka Howe

○ Kekakuan Rangka Fink =  $447694471,2 \text{ kN.mm}^2$

○ Kekakuan Rangka Howe =  $306532204,9 \text{ kN.mm}^2$

Perbandingan kekakuan antara Rangka Fink dan Howe adalah

$$\frac{447694471,2}{306532204,9} = 1,46$$

rangka Fink mempunyai kekakuan 1,46 lebih besar dari pada rangka Howe.

#### B Perbandingan antara Rangka Fink dengan Rangka Pratt

○ Kekakuan Rangka Fink =  $447694471,2 \text{ kN.mm}^2$

○ Kekakuan Rangka Pratt =  $203068452,7 \text{ kN.mm}^2$

Perbandingan kekakuan antara Rangka Fink dan Pratt adalah

$$\frac{447694471,2}{203068452,7} = 2,2$$

rangka Fink mempunyai kekakuan 2,2 lebih besar dari pada rangka Pratt.

#### C Perbandingan antara Rangka Howe dengan Rangka Pratt

○ Kekakuan Rangka Howe =  $306532204,9 \text{ kN.mm}^2$

○ Kekakuan Rangka Pratt =  $203068452,7 \text{ kN.mm}^2$

*Lampiran 6*

Perbandingan kekakuan antara Rangka Howe dan Fink adalah

$$\frac{306532204,9}{203068452,7} = 1,5$$

Rangka Howe mempunyai kekakuan 1.5 lebih besar dari pada rangka Pratt.



# LAMPIRAN 7





**Perrhitungan nilai k**

**Perhitungan dengan ekivalen**

**Rangka Howe**

Rusak batang 1 pada lips

- Lips (bibir)

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

$$178,39 = k_{lips} \cdot \frac{3,14^2 \cdot 200000}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{13}{0,8}\right)^2}$$

$$k_{lips} = 0,261$$

- Sayap

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

$$178,39 = k_{sayap} \cdot \frac{3,14^2 \cdot 200000}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{33}{0,8}\right)^2}$$

$$k_{sayap} = 1,68$$

Lampiran 7

*k* ekivalen

$$\begin{aligned}k_{\text{ekivalen}} &= \frac{(0,261 \cdot 10,4) + (1,68 \cdot 26,4)}{(10,4 + 26,4)} \\ &= 1,279\end{aligned}$$

**Rangka Fink**

Rusak batang 2 pada lips

- Lips (bibir)

$$\begin{aligned}F_{cr} &= \frac{k \cdot \pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \left(\frac{d}{t}\right)^2} \\ 221,4 &= k_{\text{lips}} \cdot \frac{3,14^2 \cdot 200000}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{13}{0,8}\right)^2}\end{aligned}$$

$$k_{\text{lips}} = 0,32$$

- Sayap

$$\begin{aligned}F_{cr} &= \frac{k \cdot \pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \left(\frac{b}{t}\right)^2} \\ 221,4 &= k_{\text{sayap}} \cdot \frac{3,14^2 \cdot 200000}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{33}{0,8}\right)^2}\end{aligned}$$

Lampiran 7

$$k_{\text{sayap}} = 1,987$$

*k ekivalen*

$$k_{\text{ekivalen}} = \frac{(0,32 \cdot 10,4) + (1,987 \cdot 26,4)}{(10,4 + 26,4)}$$
$$= 1,5$$

**Rangka Pratt**

Rusak batang 1 pada lips

- Lips (bibir)

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

$$204,96 = k_{\text{lips}} \cdot \frac{3,14^2 \cdot 200000}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{13}{0,8}\right)^2}$$

$$k_{\text{lips}} = 0,299$$

- Sayap

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

$$204,96 = k_{\text{sayap}} \cdot \frac{3,14^2 \cdot 200000}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{33}{0,8}\right)^2}$$

Lampiran 7

$$k_{\text{sayap}} = 1,93$$

*k ekivalen*

$$k_{\text{ekivalen}} = \frac{(0,299 \cdot 10,4) + (1,93 \cdot 26,4)}{(10,4 + 26,4)}$$
$$= 1,47$$

Perhitungan dengan anggapan sumbangan lips terhadap flange

$$9,4 \cdot \frac{t^2 \cdot c^2}{t_f^2 \cdot d^2} > 1$$

$$9,4 \cdot \frac{0,8^2 \cdot 46^2}{0,8^2 \cdot 95^2} = 2,2 > 1$$

$$\zeta = \frac{\frac{t_c^3 \cdot d}{t_f^3 \cdot c} \cdot 1}{1 - 0,106 \cdot \left[ \frac{t_c^2 \cdot d^2}{t_f^2 \cdot d^2} \right]}$$

$$\zeta = \frac{0,8^3 \cdot 95}{0,8^3 \cdot 46} \cdot \frac{1}{1 - 0,106 \cdot \left[ \frac{0,8^2 \cdot 95^2}{0,8^2 \cdot 95^2} \right]}$$

$$\zeta = 2,31$$

Lampiran 7

$$\sqrt{k} = 0,65 + \frac{2}{3,5 + 4}$$

$$\sqrt{k} = 0,65 + \frac{2}{(3,2,31) + 4}$$

$$= 0,833$$

$$k = 0,833^2$$

$$= 0,694$$



LM

Perhitungan beban kritis

a.)  $I_y = 27822,0309$

$r_y = 16,23$

$A = 147,04 \text{ mm}$

b.) Elemen yang tidak diperkuat

$$\frac{250}{\sqrt{521,66}} = 10,95 < \frac{b}{t} = 16,25 < \frac{463,16}{\sqrt{521,66}} = 20,3$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } Q_s &= 1,415 - 0,002694 \cdot \left(\frac{b}{t}\right) \cdot \sqrt{F_y} \\ &= 1,415 - 0,002694 \cdot (16,25) \cdot \sqrt{521,66} \\ &= 0,42 \end{aligned}$$

c.) Elemen yang diperkuat

$$\begin{aligned} f &= F_y \cdot Q_s \\ &= 521,66 \cdot 0,42 \\ &= 219,1 \end{aligned}$$

$$\frac{b_E}{t} = \frac{26,9}{f} \left[ 1 - \frac{6,722}{(b/t) \cdot \sqrt{f}} \right]$$

$$\frac{b_E}{t} = \frac{26,9}{\sqrt{219,1}} \left[ 1 - \frac{6,722}{(41,25) \cdot \sqrt{219,1}} \right] = 1,8$$

$$\begin{aligned} A_{\text{effek}} &= A_{\text{brutto}} - \left[ \frac{b}{t} - \frac{b_E}{t} \right] \cdot t^2 \\ &= 147,04 - [41,25 - 1,8] \cdot 0,8^2 \end{aligned}$$

Lampiran 8

$$= 121,792$$

$$Q_A = \frac{A_{eff}}{A_{bruto}}$$
$$= \frac{121,792}{147,04}$$
$$= 0,828$$

$$Q = Q_A \cdot Q_S$$
$$= 0,828 \cdot 0,42$$
$$= 0,348$$

Asumsi  $k = 1$

$$\frac{k_y \cdot I_y}{r_y} = \frac{1.1615}{16,23} = 99,51$$

$$c_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{Q \cdot F_y}}$$
$$= \sqrt{\frac{2.3,14.200000}{0,348.521,66}}$$
$$= 147,4$$

$$\frac{kl}{r} < c_c$$

$$F_{cr} = Q \cdot F_y \cdot \left[ 1 - \frac{(kl/r)^2}{2 \cdot c_c^2} \right]$$
$$= 0,348 \cdot 521,66 \cdot \left[ 1 - \frac{99,51^2}{2 \cdot 147,4^2} \right]$$
$$= 140,2$$

Lampiran 8

$$\begin{aligned}P_{cr} &= F_{cr} \cdot A_g \\ &= (140,2 \cdot 147) / 1000 \\ &= 20,61 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_{\text{terjadi}} = 26,33 \text{ kN}$$

$P_{cr} < P_{\text{terjadi}}$  maka batang rusak

Rangka Howe (batang 1)

$$D_{\text{baut}} = 4,8 \text{ mm}$$

$$T_{\text{plat}} = 0,8 \text{ mm}$$

$$P_{\text{aksial}} = 8,6 \text{ kN}$$

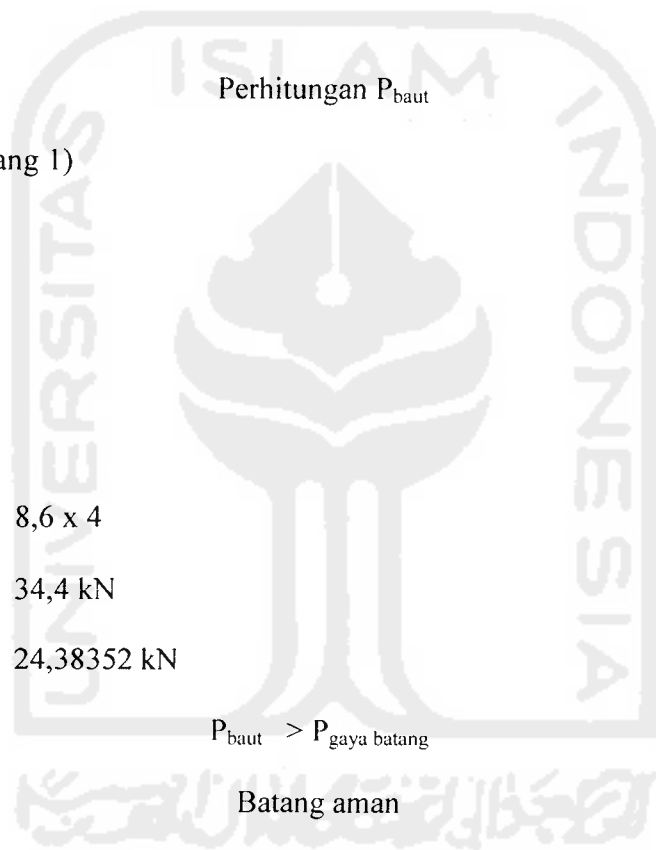
Perhitungan

$$\begin{aligned}P_{\text{aksial baut}} &= 8,6 \times 4 \\ &= 34,4 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_{\text{gaya batang}} = 24,38352 \text{ kN}$$

$$P_{\text{baut}} > P_{\text{gaya batang}}$$

Batang aman





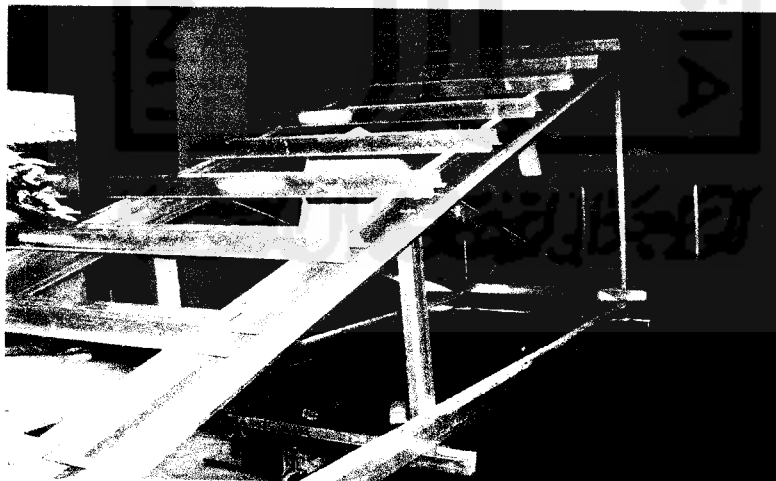
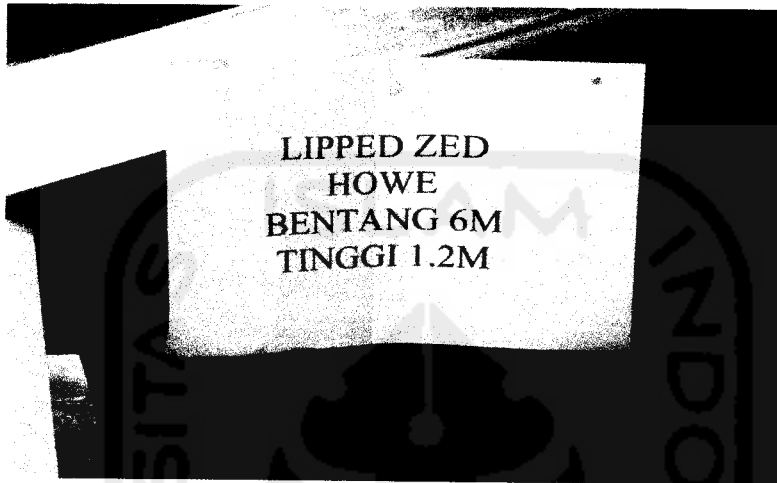
Batang Tarik Rangka Howe													
batang	L	A batang	A baut	A lubang	jumlah baut	A netto	U	A eff	fy	fu	p ijin (fy)	p ijin (fu)	p pakai
5	1500	147,04	4,8	7,975	4	115,14	0,85	97,869	521,66	730,32	46,02293	35,73784	35,73784
6	1500	147,04	4,8	7,975	3	123,115	0,85	104,648	521,66	730,32	46,02293	38,21317	38,21317
7	1500	147,04	4,8	7,975	3	123,115	0,85	104,648	521,66	730,32	46,02293	38,21317	38,21317
8	1500	147,04	4,8	7,975	4	115,14	0,85	97,869	521,66	730,32	46,02293	35,73784	35,73784
10	1615	127	4,8	7,975	3	103,075	0,85	87,6138	521,66	730,32	39,75049	31,99304	31,99304
11	1615	127	4,8	7,975	3	103,075	0,85	87,6138	521,66	730,32	39,75049	31,99304	31,99304

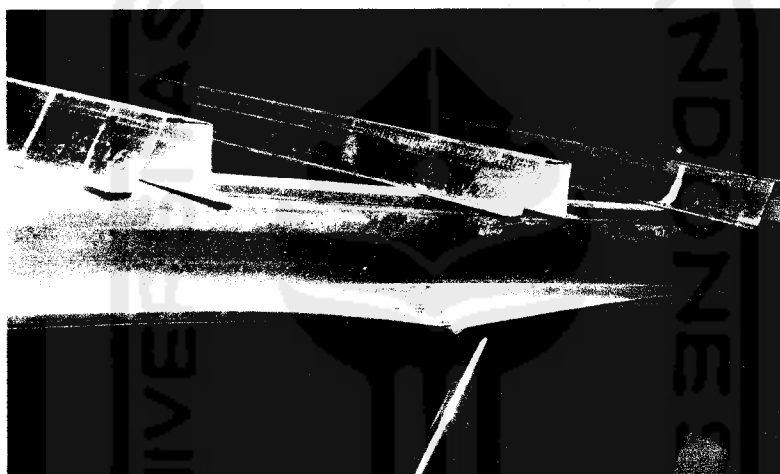
Batang Tarik Rangka Fink													
batang	L	A batang	A baut	A lubang	jumlah baut	A netto	U	A eff	fy	fu	p ijin (fy)	p ijin (fu)	p pakai
5	2000	147,04	4,8	7,975	4	115,14	0,85	97,869	521,66	730,32	46,02293	35,73784	35,73784
6	2000	147,04	4,8	7,975	3	123,115	0,85	104,648	521,66	730,32	46,02293	38,21317	38,21317
7	2000	147,04	4,8	7,975	4	115,14	0,85	97,869	521,66	730,32	46,02293	35,73784	35,73784
8	781	127	4,8	7,975	3	103,075	0,85	87,6138	521,66	730,32	39,75049	31,99304	31,99304
11	781	127	4,8	7,975	3	103,075	0,85	87,6138	521,66	730,32	39,75049	31,99304	31,99304

Batang Tarik Rangka Pratt													
batang	L	A batang	A baut	A lubang	jumlah baut	A netto	U	A eff	fy	fu	p ijin (fy)	p ijin (fu)	p pakai
5	1500	147,04	4,8	7,975	4	115,14	0,85	97,869	521,66	730,32	46,02293	35,73784	35,73784
6	1500	147,04	4,8	7,975	3	123,115	0,85	104,648	521,66	730,32	46,02293	38,21317	38,21317
7	3000	147,04	4,8	7,975	4	115,14	0,85	97,869	521,66	730,32	46,02293	35,73784	35,73784
8	600	127	4,8	7,975	3	103,075	0,85	87,6138	521,66	730,32	39,75049	31,99304	31,99304
11	600	127	4,8	7,975	3	103,075	0,85	87,6138	521,66	730,32	39,75049	31,99304	31,99304

DOKUMENTASI PADA SAAT PENGUJIAN

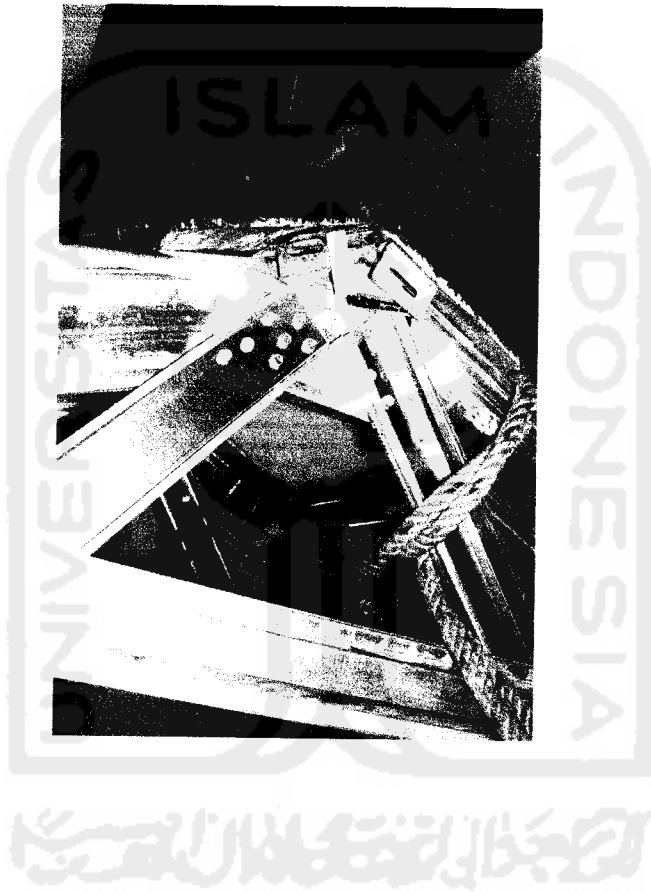
Rangka Howe



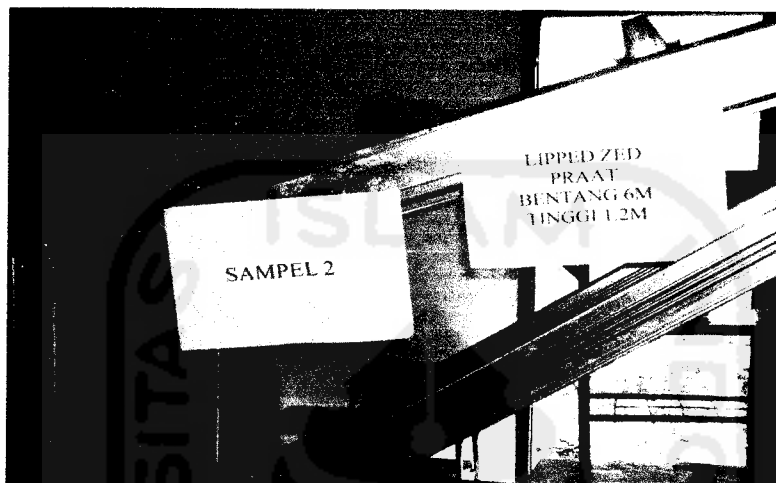


Rangka Fink





Rangka Pratt





# LAMPIRAN 9

