

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian didapatkan data primer berupa kuat tarik baja, kuat geser las dan beban lendutan struktur kuda-kuda dengan las langsung dan kuda-kuda dengan menggunakan plat buhul. Data tersebut dianalisis untuk memperoleh grafik hubungan momen kelengkungan.

5.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Uji kuat tarik baja dilakukan untuk mengetahui mutu dari bahan atau profil yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengujian kuat tarik baja ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil uji tarik baja

Dimensi (mm)	Kuat Leleh (Mpa)	Kuat Tarik (Mpa)
20x1,8	194,444	319,444
20x1,8	231,944	340,278

5.2 Hasil Uji Kuat Geser Las

Uji geser las dilakukan untuk mengetahui kuat geser las, sehingga kekuatan sambungan dapat direncanakan. Hasil pengujian kuat geser las ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil kuat geser las

Luas Las (mm ²)	Kuat Geser (Mpa)
46.8	824,7963
37.253	866,0893

5.3 Hasil Uji Pembebanan

Pada kuda-kuda las langsung dan kuda-kuda menggunakan plat buhul dilakukan pengujian dengan beban terpusat pada joint secara bertahap dengan interval pembebanan 250 kg, pada setiap tahap pembebanan, lendutan yang terjadi dicatat. Data uji pembebanan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik beban lendutan seperti pada Lampiran III. Dari grafik asli (Lampiran III) dial 1, dial 2, dan dial 3, kemudian diregresi dan dibuat satu grafik yaitu grafik dari dial 2 (tengah bentang).

5.4 Grafik Beban Lendutan Hasil Pengujian

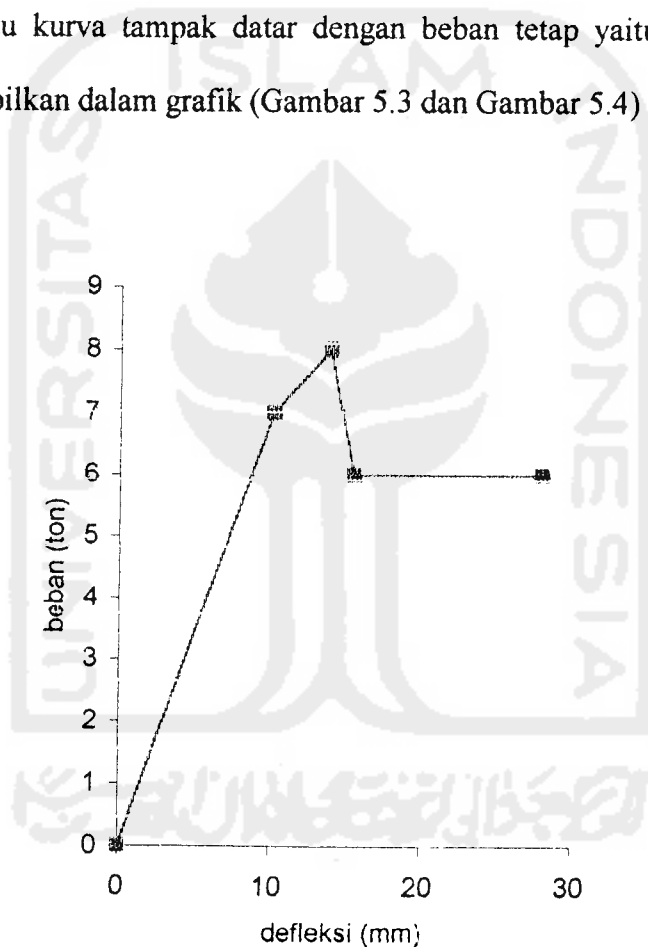
Masing-masing pengujian dibuat grafik beban lendutan dari dial 2. Untuk membandingkan hasil dari masing-masing pengujian, maka ke-4 grafik tersebut digabung menjadi satu.

a. Kuda-kuda dengan las langsung (benda uji 1)

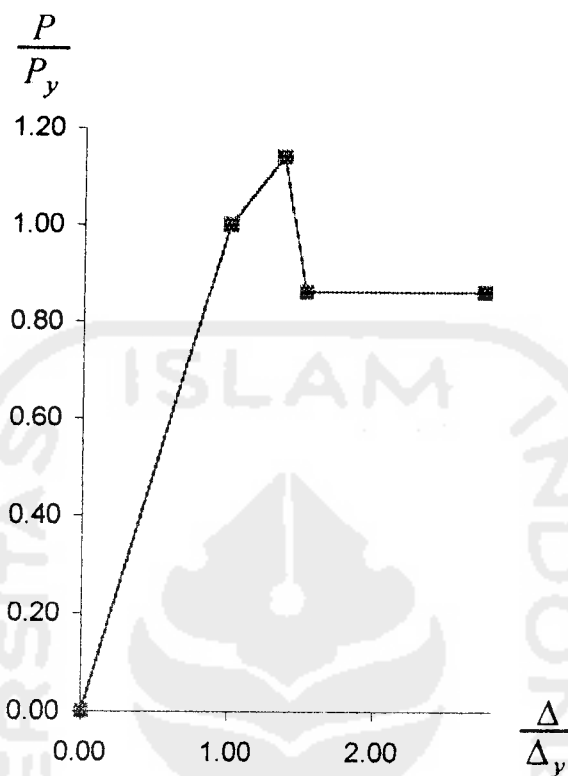
Dari titik pangkal koordinat sampai titik leleh yaitu titik dengan beban 8.25 kg dan defleksi 13,90 mm beban masih tampak linier, kemudian terjadi penurunan beban sampai 7 Ton dengan defleksi 12.4 mm kemudian kurva tampak relatif datar dengan beban tetap 7 Ton. Data pengujian ditampilkan dalam grafik beban lendutan (Gambar 5.1 dan Gambar 5.2).

b. Kuda-kuda dengan las langsung (benda uji 2)

Dari titik pangkal koordinat sampai beban kira-kira 7.5 Ton dengan defleksi 12,42 mm kurva masih tampak linier, setelah itu kurva tampak lebih condong sampai dengan beban 8 Ton dengan defleksi 13,95 baja telah mencapai titik leleh, kemudian terjadi penurunan beban sampai dengan kira-kira 6 Ton dengan defleksi 15,58, setelah itu kurva tampak datar dengan beban tetap yaitu 6 ton. Data pengujian ditampilkan dalam grafik (Gambar 5.3 dan Gambar 5.4)



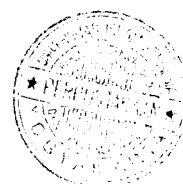
Gambar 5.3 Hubungan beban (P) - defleksi (Δ) Benda uji 2
(kuda-kuda dengan las langsung)

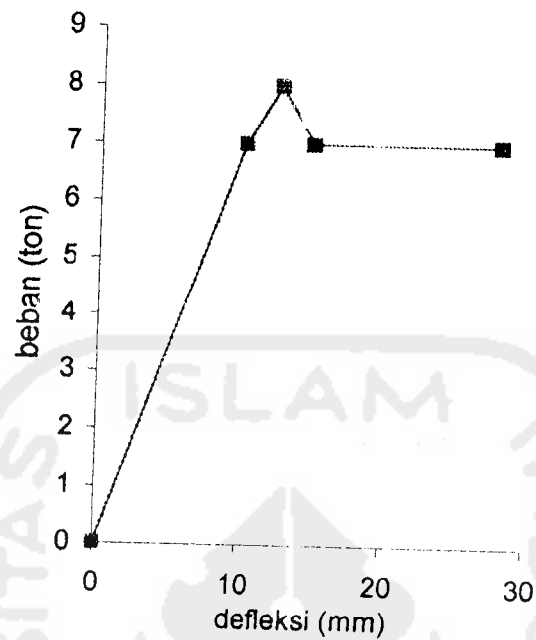


Gambar 5.4 Grafik non dimensi $\frac{P}{P_y}$ versus $\frac{\Delta}{\Delta_y}$ benda uji 2
(kuda-kuda dengan las langsung)

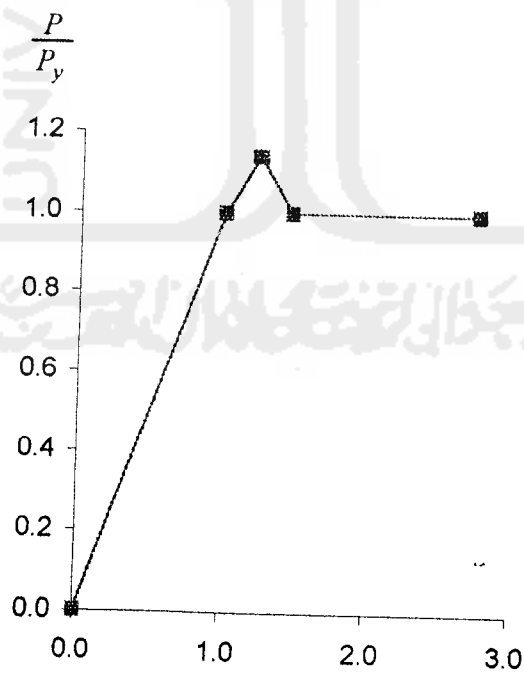
c. Kuda-kuda dengan plat buhul (benda uji 3)

Dari titik pangkal koordinat sampai beban kira-kira 7 Ton dengan defleksi 10,17 mm kurva masih tampak linier, setelah itu kurva tampak lebih condong sampai dengan beban 8 Ton dengan defleksi 12,57 baja telah mencapai titik leleh, kemudian terjadi penurunan beban sampai dengan kira-kira 7 Ton dengan defleksi 17,88, setelah itu kurva tampak datar dengan beban tetap yaitu 7 ton. Data pengujian ditampilkan dalam grafik beban lendutan (Gambar 5.5 dan Gambar 5.6)





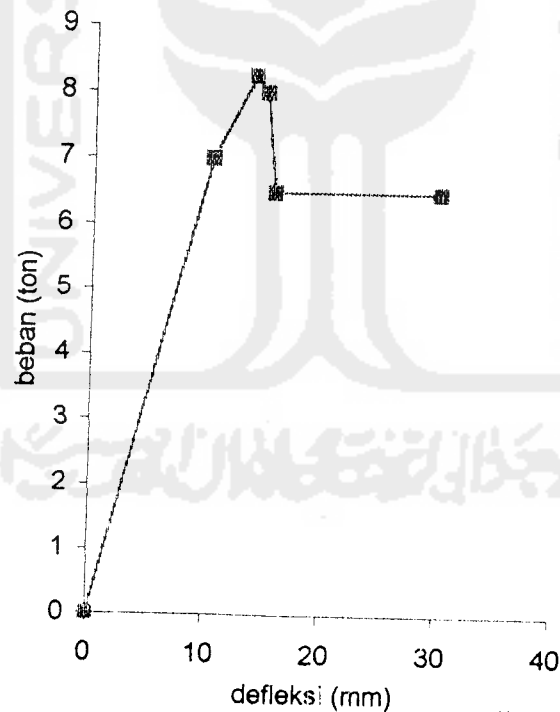
Gambar 5.5 Hubungan beban (P)- defleksi (Δ) Benda uji 3
(kuda-kuda dengan plat buhul)



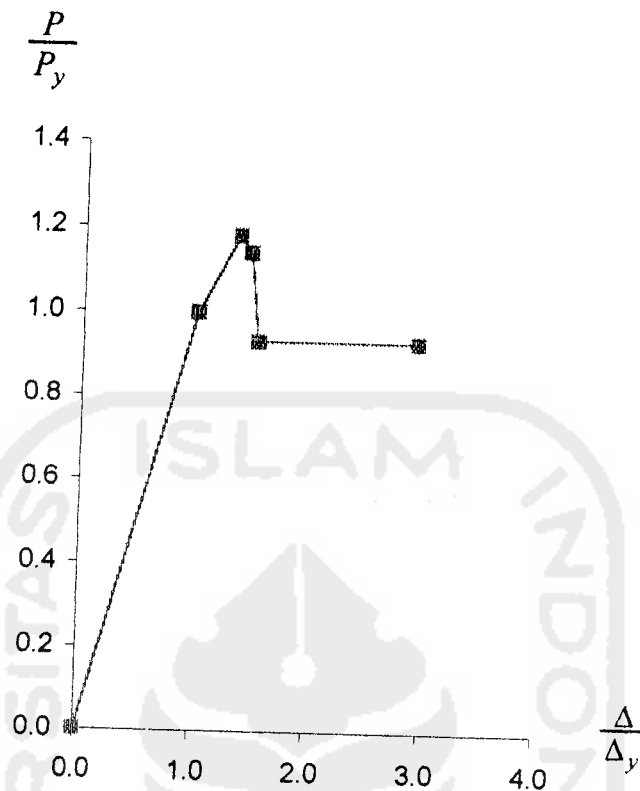
Gambar 5.6 Grafik non dimensi $\frac{P}{P_y}$ versus $\frac{\Delta}{\Delta_y}$ Benda uji 3
(kuda-kuda dengan plat buhul)

d. Kuda-kuda dengan plat buhul (benda uji 4)

Dari titik pangkal koordinat sampai beban kira-kira 7 Ton dengan defleksi 10,26 mm kurva masih tampak linier, setelah itu kurva tampak lebih condong sampai dengan beban 8,25 Ton dengan defleksi 13,88 baja telah mencapai titik leleh, kemudian terjadi penurunan beban sampai dengan kira-kira 15,75 Ton dengan defleksi 17,88, setelah itu kurva tampak datar dengan beban tetap yaitu 6.5 ton. Data pengujian ditampilkan dalam grafik beban lendutan (Gambar 5.7 dan Gambar 5.8)



Gambar 5.7 Hubungan beban (P) – defleksi (Δ) Benda uji 4 (kuda-kuda dengan plat buhul)

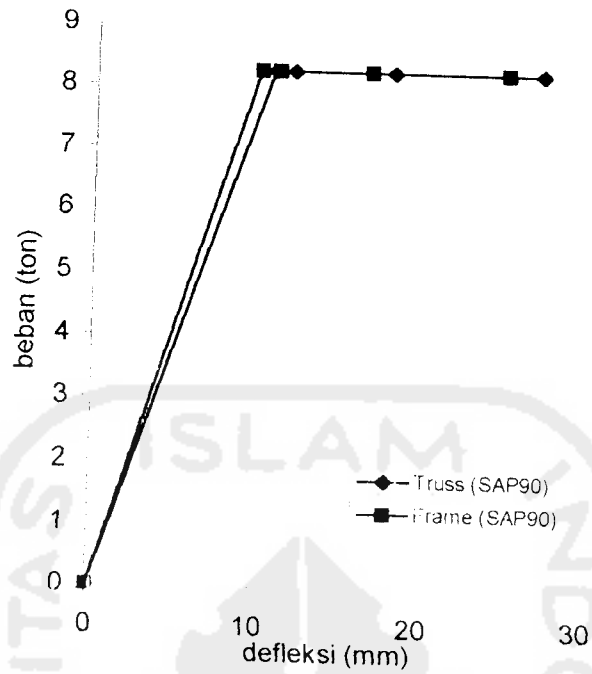


Gambar 5.8 Grafik non dimensi $\frac{P}{P_y}$ versus $\frac{\Delta}{\Delta_y}$ Benda uji 4
(kuda-kuda dengan plat buhul)

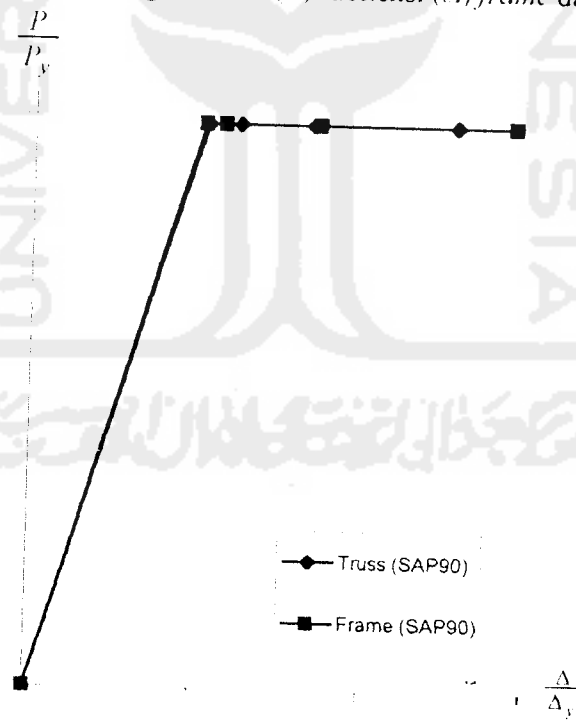
5.5 Grafik Beban Lentutan Hasil Analisa Komputer

Dari analisa komputer yaitu rangka kuda-kuda las langsung yang dianalisa sebagai truss, dan kuda-kuda menggunakan plat buhul yang dianalisa sebagai frame didapat data (Lampiran IV), yang kemudian di tampilkan dalam grafik beban lentutan dan grafik daktilitas simpangan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.

Beban diambil 8.25 ton yaitu beban maksimum dari pengujian, dalam analisa komputer didapatkan defleksi sebesar 10,9 mm untuk truss dan 10,06 mm untuk frame. Selanjutnya grafik dianggap datar akibat pengurangan modulus elastisitas (terjadi beban maksimum).



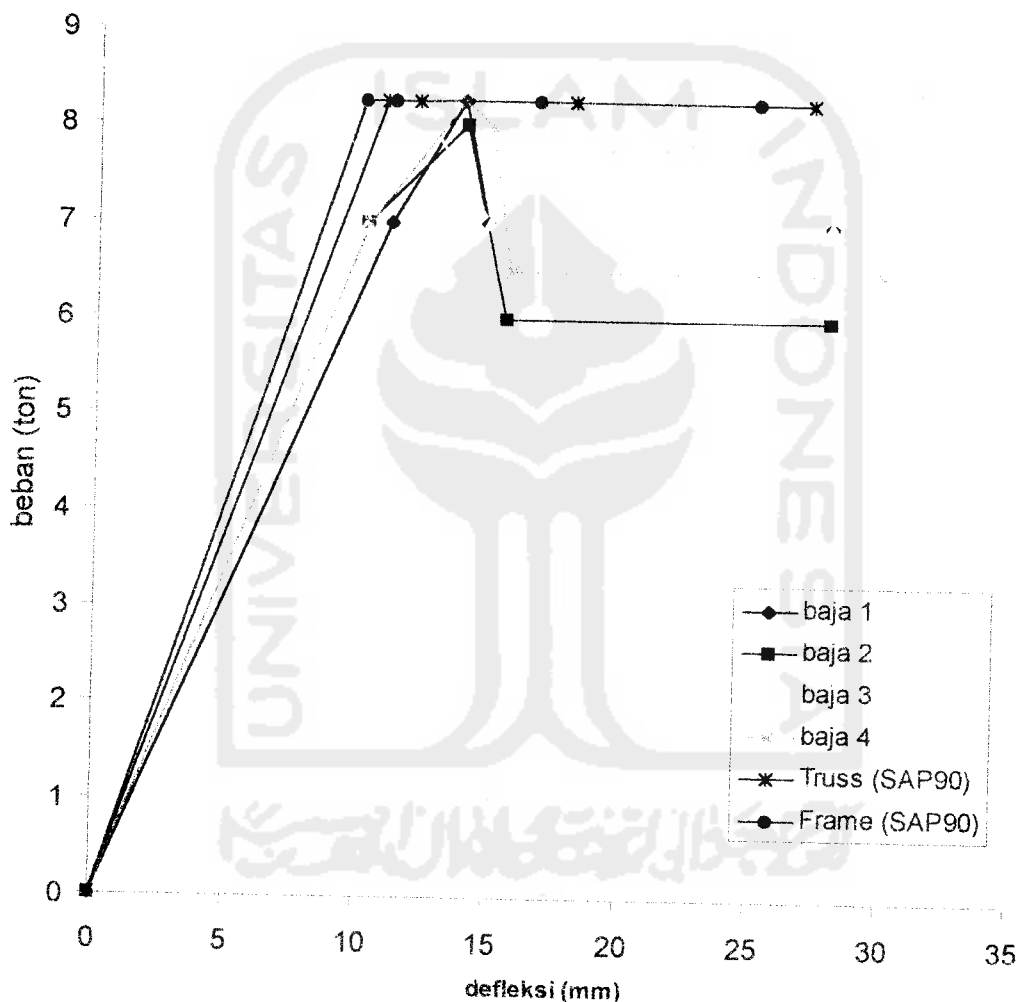
Gambar 5.9 Hubungan beban (P)- defleksi (Δ) *frame* dan *truss*



Gambar 5.10 Grafik non dimensi $\frac{P}{P_y}$ versus $\frac{\Delta}{\Delta_y}$ *Frame* dan *Truss*

5.6 Grafik Beban Lendutan Hasil Pengujian dan Hasil Analisa Komputer

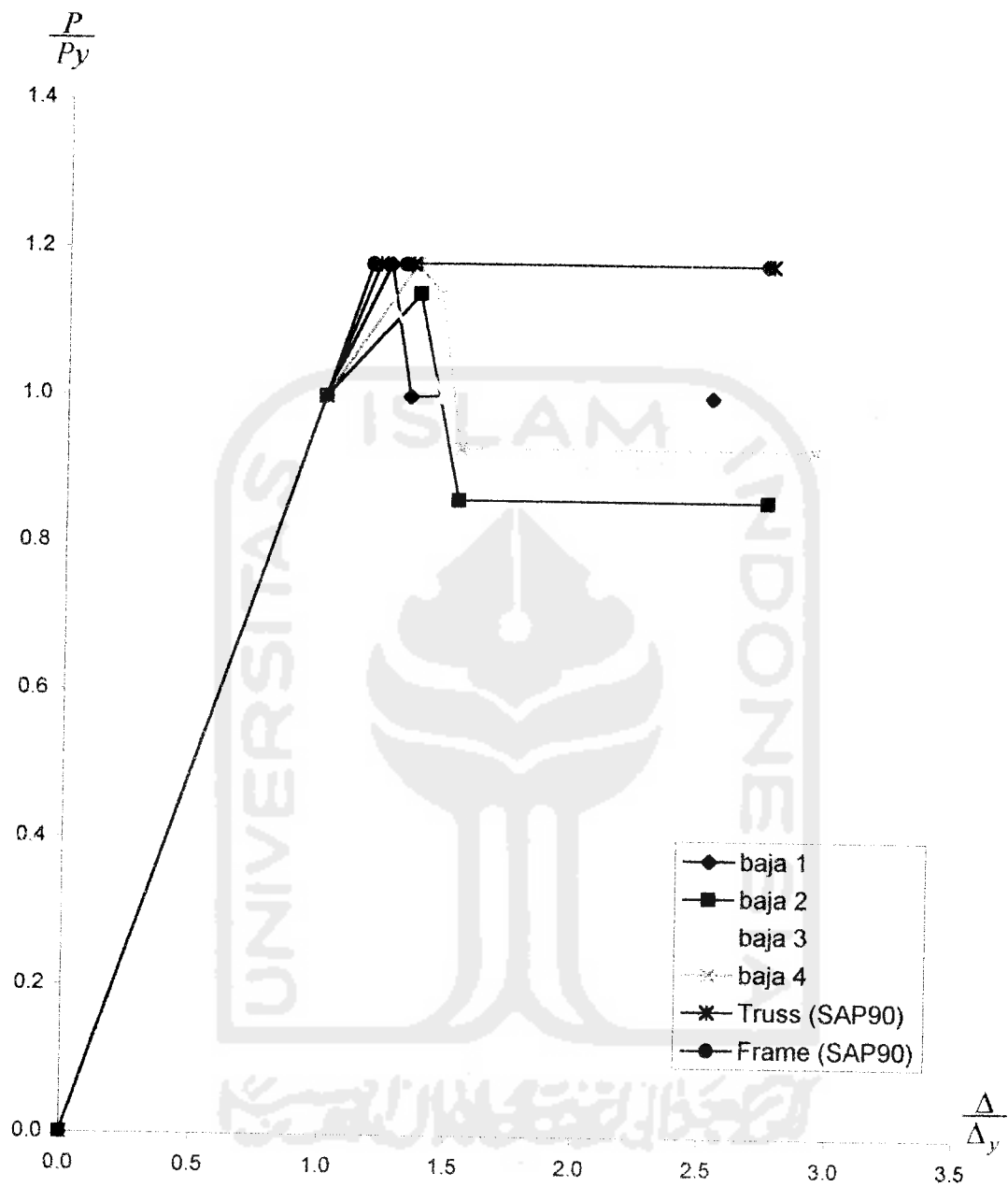
Dari grafik gabungan hasil pengujian dan analisa komputer didapat hasil seperti pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12. Ke-4 benda uji ternyata tidak masuk dalam *range frame* maupun *truss* hasil analisa.



Keterangan :

- baja1 : Benda uji 1, kuda-kuda dengan las langsung
- baja2 : Benda uji 2, kuda-kuda dengan las langsung
- baja3 : Benda uji 3, kuda-kuda dengan plat buhul
- baja4 : Benda uji 4, kuda-kuda dengan plat buhul

Gambar 5.11 Hubungan beban - lendutan dari ke-4 benda uji pengujian dilapangan dan hasil analisis komputer



Keterangan :

baja1 : Benda uji 1, kuda-kuda dengan las langsung

baja2 : Benda uji 2, kuda-kuda dengan las langsung

baja3 : Benda uji 3, kuda-kuda dengan plat buhul

baja4 : Benda uji 4, kuda-kuda dengan plat buhul

Gambar 5.12 Hubungan $\frac{P}{P_y}$ versus $\frac{\Delta}{\Delta_y}$ kurva non dimensi dari ke-4 benda uji Hasil pengujian dilapangan dan analisis komputer (*Frame* dan *Truss*)

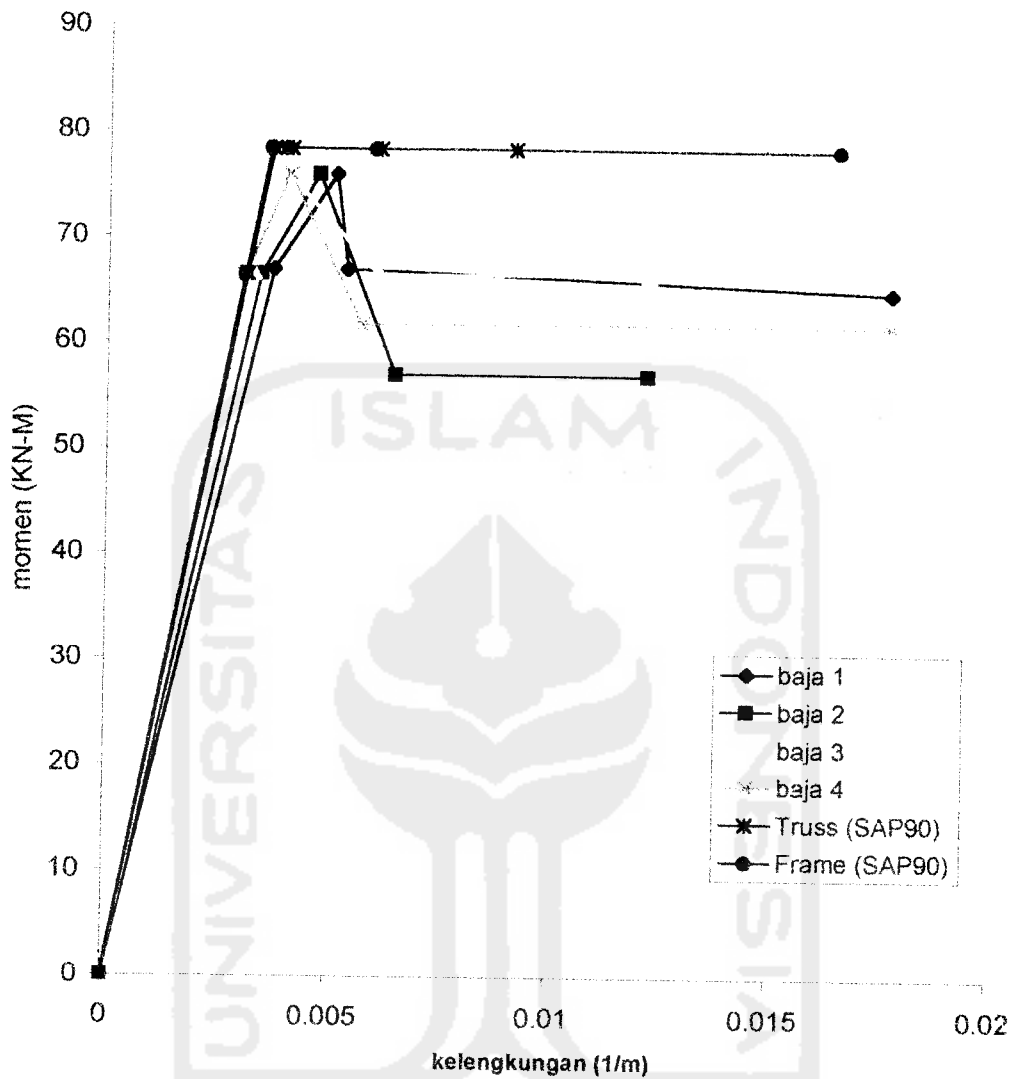
5.7 Grafik Momen Kelengkungan

Mengacu pada Park Pauley, nilai momen dan kelengkungan dicari dengan perhitungan teoritis. Perhitungan momen dan kelengkungan kuda-kuda las langsung dan kuda-kuda menggunakan plat buhul ditampilkan pada Tabel Lampiran III.

Dari hasil data penelitian didapat grafik $P-\Delta$, sehingga dapat dicari momen dan kelengkungan. Hubungan grafik $M-\Phi$ dapat untuk mencari faktor kekakuan, yaitu dengan membandingkan kuat lentur pada struktur kuda kuda menggunakan las langsung dan struktur kuda-kuda sambungan las menggunakan plat buhul.

Hubungan grafik $M-\Phi$ dari hasil pengujian dari ke-4 benda uji dan hasil analisis komputer (Frame dan Truss) di tampilkan dalam satu grafik sehingga sehingga kekakuannya dapat dibandingkan langsung.

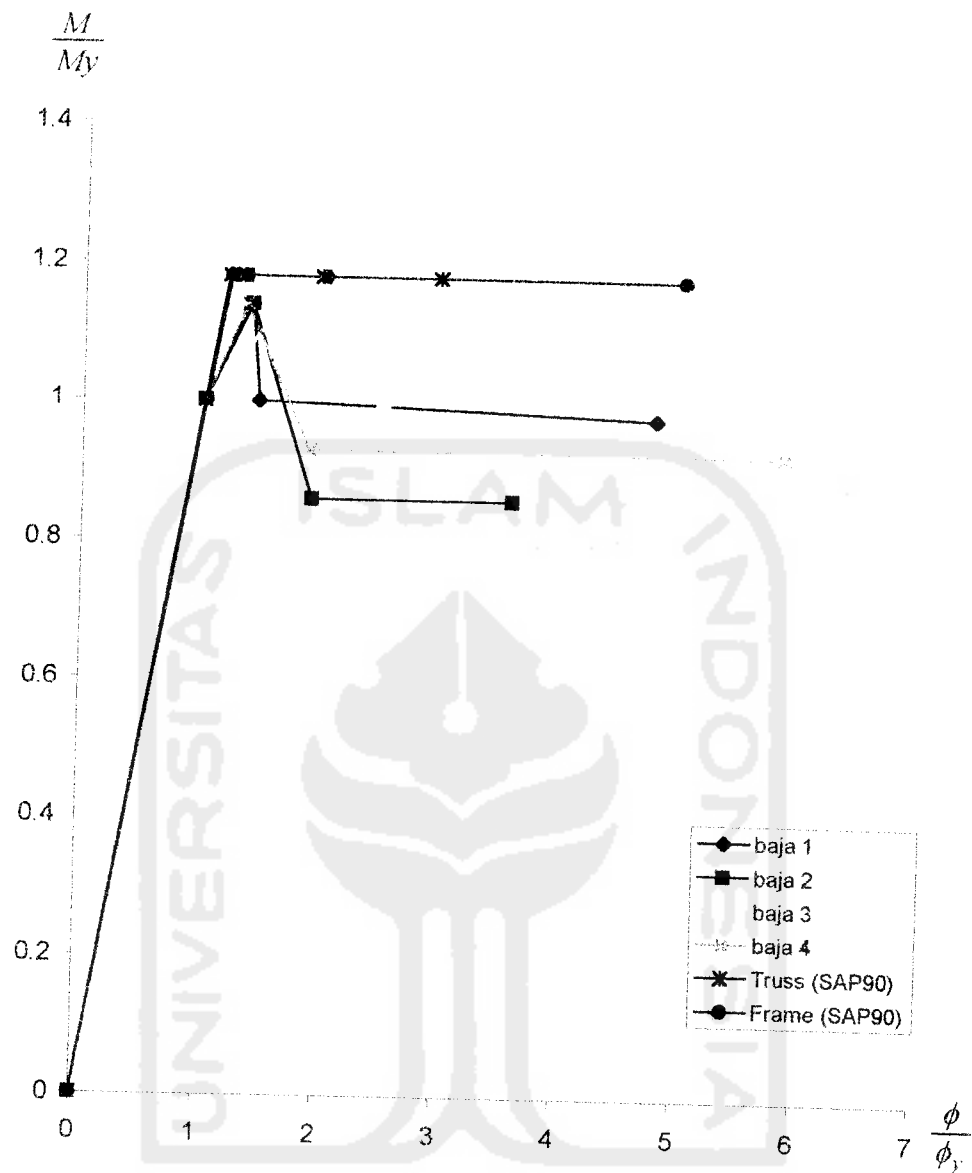
Grafik momen kelengkungan, ditampilkan dalam Gambar 5.13 dan Gambar 5.14 untuk hubungan $\frac{M}{M_y}$ versus $\frac{\phi}{\phi_y}$ kurva non dimensi.



Keterangan :

- baja1 : Benda uji 1, kuda-kuda dengan las langsung
- baja2 : Benda uji 2, kuda-kuda dengan las langsung
- baja3 : Benda uji 3, kuda-kuda dengan plat buhul
- baja4 : Benda uji 4, kuda-kuda dengan plat buhul

Gambar 5.13 Hubungan momen-kelengkungan dari ke-4 benda uji dan hasil analisis komputer (*frame* dan *truss*)



Keterangan :

Baja1 : Benda uji 1, kuda-kuda dengan las langsung

Baja2 : Benda uji 2, kuda-kuda dengan las langsung

Baja3 : Benda uji 3, kuda-kuda dengan plat buhul

Baja4 : Benda uji 4, kuda-kuda dengan plat buhul

Gambar 5.14 Hubungan $\frac{M}{M_y}$ versus $\frac{\phi}{\phi_y}$ kurva non dimensi dari ke-4 benda uji
Dan hasil analisis komputer (frame dan truss)

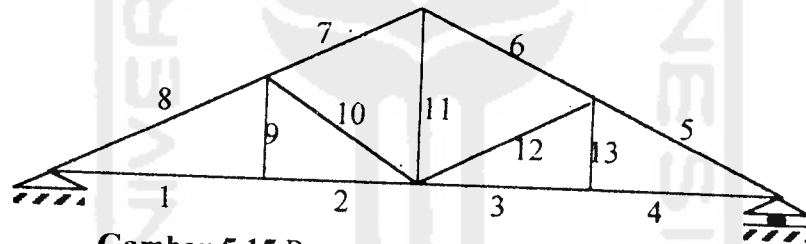
5.8 Tinjauan Analitis

Dari hasil pengujian pembebanan dilaboratorium, beban maksimum yang didapat kemudian di masukan dalam SAP 90 sehingga didapat gaya batang. Gaya batang SAP 90 dari beban maksimum hasil pengujian laboratorium ($P_{eksperimen}$) dibandingkan dengan P_{cr} hasil Analisis.

Masing masing benda uji baik kuda-kuda dengan las langsung maupun kuda-kuda menggunakan sambungan plat buhul dianalisa sebagai frame dan truss.

a. Pengujian Benda Uji 1 (Las Langsung)

Pada benda uji 1 beban maksimum yang masih dapat ditahan adalah 8,25 ton. Untuk penomoran seperti pada **Gambar 5.15**.



Gambar 5.15 Penomoran masing-masing batang

Analisa Rangka sebagai Truss

1. Batang Tekan (batang 5)

$$P_{eks} = 8232,94 \text{ kg}$$

$$L = 110 \text{ cm}$$

$$A_g = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,627$$

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

$$= \sqrt{\frac{2.3,14^2 \cdot 2100000}{2130}} = 139,43$$

$$\frac{KL}{r} = 67$$

$$F_{cr} = F_y \left[1 - \frac{(KL/r)^2}{(2.Cc)^2} \right]$$

$$= 2130 \left[1 - \frac{(110/1,627)^2}{(2 \cdot 139,43)^2} \right] = 2010,69 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$= 2,88 \cdot 2110,69$$

$$= 5790,79 \text{ kg}$$

$P_{eks} > P_{cr}$ jadi batang telah rusak

2. Batang Tarik (Batang 1)

$$P_{eks} = 7125 \text{ kg}$$

$$A_g = A_e = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2130 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{cr} = F_y \cdot A$$

$$= 2130 \cdot 2,88$$

$$= 6134 \text{ kg}$$

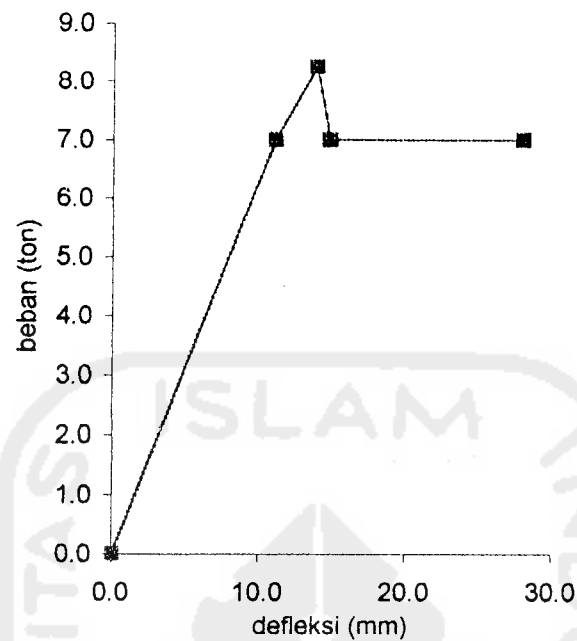
$P_{eks} > P_{cr} \rightarrow$ batang telah rusak

Analisa Rangka sebagai Frame

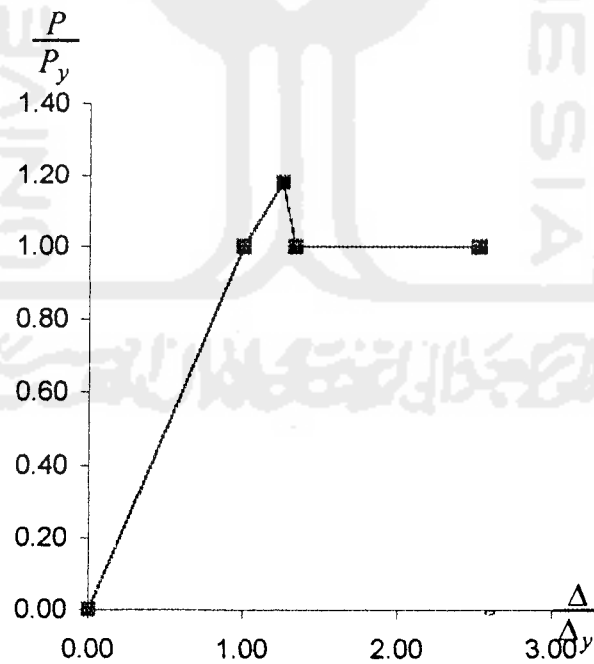
1. Batang Tekan (Batang 5)

$$P_{eks} = 8164,04 \text{ kg}$$

$$M = 1718,52 \text{ kgcm}$$



Gambar 5.1 Hubungan beban (P) – defleksi (Δ) Benda uji 1
(kuda-kuda dengan las langsung)



Gambar 5.2 Grafik non dimensi $\frac{P}{P_y}$ versus $\frac{\Delta}{\Delta_y}$ Benda uji 1
(kuda-kuda dengan las langsung)

$$S = 3,189 \text{ cm}^3$$

Dari perhitungan rangka truss didapatkan $Cc = 139,43$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= F_y \left[1 - \frac{(KL/r)^2}{(2.Cc)^2} \right] \\ &= 2130 \left[1 - \frac{(0,5.110/1,627)^2}{(2.139,43)^2} \right] = 2103,16 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cr} &= A.F_{cr} \\ &= 2,88.2183,16 \\ &= 6057,11 \text{ kg} \end{aligned}$$

$P_{eks} > P_{cr}$ jadi batang telah rusak

(batang tidak perlu dianalisa sebagai kolom)

2. Batang Tarik

$$P_{eks} = 7058,94 \text{ kg}$$

$$A_g = A_e = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2130 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} P_{cr} &= F_y.A \\ &= 2130.2,88 \\ &= 6134 \text{ kg} \end{aligned}$$

$P_{eks} > P_{cr} \rightarrow$ batang telah rusak

Untuk selanjutnya hasil perhitungan benda uji 1 (kuda-kuda dengan las langsung) ditabelkan dalam Tabel 5,4, Tabel 5.4, Tabel 5.5, dan Tabel 5.6.

Keter

P_e

P_e

b. Pengujian Benda Uji 2 (Las Langsung)

Pada benda uji 2 beban maksimum yang masih dapat ditahan adalah 8 ton.

Untuk penomoran tiap batang seperti pada Gambar 5.15.

Analisa Rangka sebagai Truss

1. Batang Tekan (batang 5)

$$P_{cr} = 7983,09 \text{ kg (Data SAP 90)}$$

$$L = 110 \text{ cm}$$

$$A_g = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,627$$

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

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 3,14^2 \cdot 2100000}{2130}} = 139,43$$

$$\frac{KL}{r} = 67$$

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

$$= 2130 \left[1 - \frac{(110/1,627)^2}{(2 \cdot 139,43)^2} \right] = 2008,84 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$= 2,88 \cdot 2008,84$$

$$= 5785,46 \text{ kg}$$

$P_{eks} < P_{cr}$ jadi batang telah rusak

2. Batang Tarik (batang 1)

$$P_{eks} = 6909,09 \text{ kg}$$

$$A_g = A_e = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2130 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{cr} = F_y \cdot A$$

$$= 2130 \cdot 2,88$$

$$= 6134 \text{ kg}$$

$$P_{eks} > P_{cr} \longrightarrow \text{batang telah rusak}$$

Analisa Rangka sebagai Frame

1. Batang Tekan (Batang 5)

$$P_{eks} = 7916,64 \text{ kg}$$

$$M = 1666,44 \text{ kgcm}$$

$$S = 3,189 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = F_y \left[1 - \frac{(KL/r)^2}{(2.Cc)^2} \right]$$

$$= 2130 \left[1 - \frac{(0,5 \cdot 110 / 1,627)^2}{(2 \cdot 139,43)^2} \right] = 2103,16 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$= 2,88 \cdot 2103,16$$

$$= 6057,11 \text{ kg}$$

$$P_{eks} > P_{cr} \text{ jadi batang telah rusak}$$

(batang tidak perlu dianalisa sebagai kolom)

2. Batang Tarik (batang 1)

$$P_{eks} = 6844,39,94 \text{ kg}$$

$$A_g = A_e = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2130 \text{ kg/cm}^2$$

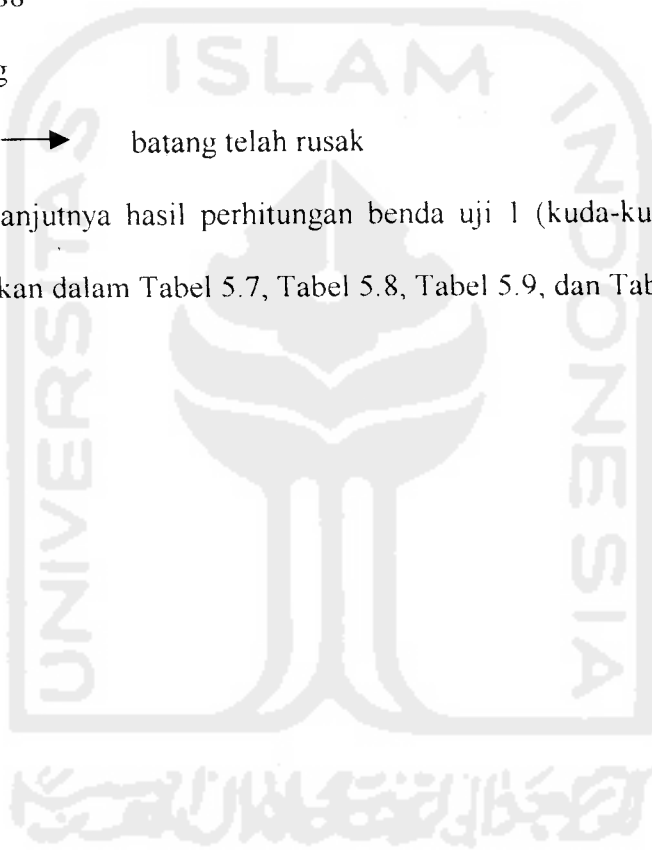
$$P_{cr} = F_y \cdot A$$

$$= 2130 \cdot 2,88$$

$$= 6134 \text{ kg}$$

$$P_{eks} > P_{cr} \rightarrow \text{batang telah rusak}$$

Untuk selanjutnya hasil perhitungan benda uji 1 (kuda-kuda dengan las langsung) ditabelkan dalam Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, dan Tabel 5.10



Tabel 5.7 Kekuatan batang tekan struktur truss (benda uji 2)

Elm	P_{eks} (kg)	L (cm)	KL/r	F_{cr} (kg/cm ²)	P_{cr} (kg/cm ²)	Keterangan
5	7983,09	110	33,5	2008,84	5785,46	$P_{eks} > P_{cr}$
6	7983,09	110	33,5	2008,84	5785,46	$P_{eks} > P_{cr}$
7	7983,09	110	33,5	2008,84	5785,46	$P_{eks} > P_{cr}$
8	7983,09	110	33,5	2008,84	5785,46	$P_{eks} > P_{cr}$

Tabel 5.8 Kekuatan batang tarik struktur truss (benda uji 2)

Elm	P_{eks} (kg)	$P_{cr} = F_y.A$ (kg)	Keterangan
1	6909,09	6134,4	$P_{eks} > P_{cr}$
2	6909,09	6134,4	$P_{eks} > P_{cr}$
3	6909,09	6134,4	$P_{eks} > P_{cr}$
4	6909,09	6134,4	$P_{eks} > P_{cr}$

Tabel 5.9 Kekuatan batang tekan struktur frame (benda uji 2)

Elm	P_{eks} (kg)	L (cm)	KL/r	F_{cr} (kg/cm ²)	P_{cr} (kg/cm ²)	Keterangan
5	7916,64	110	33,5	2099,26	6045,87	$P_{eks} > P_{cr}$
6	7977,35	110	33,5	2099,26	6045,87	$P_{eks} > P_{cr}$
7	7977,35	110	33,5	2099,26	6045,87	$P_{eks} > P_{cr}$
8	7916,64	110	33,5	2099,26	6045,87	$P_{eks} > P_{cr}$
9	37,02	55	25	2112,88	4225,76	$P_{eks} < P_{cr}$
11	30,52	90	43	2079,36	4158,72	$P_{eks} < P_{cr}$
13	37,02	55	25	2112,36	4225,76	$P_{eks} < P_{cr}$

Tabel 5.10 Kekuatan tarik tekan struktur frame (benda uji 2)

Elm	P_{eks} (kg)	$P_{cr} = F_y.A$ (kg)	Keterangan
1	6844,39	6134,4	$P_{eks} > P_{cr}$
2	6855,91	6134,4	$P_{eks} > P_{cr}$
3	6855,91	6134,4	$P_{eks} > P_{cr}$
4	6844,39	6134,4	$P_{eks} > P_{cr}$
10	62,95	4260	$P_{eks} < P_{cr}$
12	62,95	4260	$P_{eks} < P_{cr}$

Keterangan :

$P_{eks} > P_{cr}$ terjadi kerusakan pada batang

$P_{eks} < P_{cr}$ batang belum rusak

c. Pengujian Benda Uji 3 (Kuda-kuda dengan plat buhul)

Beban maksimum pada benda uji 3 adalah 8 ton, sama dengan benda uji 2 sehingga analisisnya sama dengan benda uji 2.

d. Pengujian Benda Uji 4 (Kuda-kuda dengan plat buhul)

Beban maksimum pada benda uji 4 adalah 8,25 ton, sama dengan benda uji 1 sehingga analisisnya sama dengan benda uji 1.

5.9 Pembahasan

5.9.1 Kuat Lentur Ditinjau dari Hubungan Beban dan Lendutan

Dari penelitian didapatkan hubungan beban (P) dan lendutan (Δ), yang menghasilkan nilai kekakuan. Nilai kekakuan didapat dari diagram P/Δ , sehingga diperoleh kekakuan pada kuda-kuda las langsung dan kuda-kuda menggunakan plat buhul.

Dari hasil pengujian kuda-kuda las langsung dan kuda-kuda menggunakan plat buhul tidak dapat ditentukan termasuk pada pemodelan yang frame atau truss karena grafik yang didapatkan (beban lendutan dan momen kelengkungan) tidak masuk dalam range frame atau truss hasil analisa komputer

Beban maksimum yang dapat dipikul serta lendutan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.11

Tabel 5.11 Beban maksimum dan lendutan yang terjadi pada masing-masing kuda-kuda.

	Jenis Sambungan	Beban Mak	Lendutan
		Ton	mm
Benda uji 1	Las langsung	8.25	13,9
Benda uji 2	Las langsung	8	13,95
Benda uji 3	Plat buhul	8	12,57
Benda uji 4	Plat buhul	8.25	13,88

Beban maksimum yang dapat didukung kuda-kuda adalah 8 Ton dan 8.25 Ton, sedang lendutan yang terjadi berkisar antara 12,57 mm sampai 13,95 mm. Hasil tersebut tidak menunjukkan bahwa salah satu model mempunyai kekakuan yang lebih baik atau mempunyai kekakuan yang lebih besar dari model yang lain, sehingga dalam penelitian ini disimpulkan bahwa, dari ke-2 model benda uji, yaitu kuda-kuda yang menggunakan las langsung dan kuda-kuda menggunakan plat buhul mempunyai kekakuan yang relatif sama.