

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

Sampel uji kuat tarik baja dibuat dari pelat baja tebal 2 mm dan elemen profil L 30 x 30 x 3, masing - masing sebanyak tiga sampel. Pengujian tersebut menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* merk *Shimitzu type UMH-30* dan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil kuat tarik baja yang ditunjukkan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

NO	Benda Uji	f_y (MPa)	f_u (MPa)
1	Pelat	240	350
2	Profil Siku (L)	370	420

Dari tabel 5.1 diatas, didapatkan f_u/f_y pelat = $350/240 = 1,458$, sedang f_u/f_y profil siku (L) = $420/370 = 1,135$. f_u/f_y untuk pelat dengan tebal 2 mm lebih besar 1,285 kali dari profil siku (L) 30 x 30 x 3 . Jadi baja profil siku (L) mempunyai kuat tarik yang lebih besar sehingga dalam pengujian yang lebih dahulu leleh adalah pelat benda uji. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 2 dan untuk gambar pelaksanaan pengujian pada lampiran 9.

5.2. Hasil Pengujian Kuat Geser Las

Pengujian kuat tarik dan geser las menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* merk *Shimitzu* type *UMH-30* dan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sampel yang dipakai untuk pengujian kuat tarik las sebanyak 3 (tiga) sampel, dengan ukuran panjang las 10 mm dengan ketebalan 3,14 mm. Dari pengujian tersebut mendapatkan hasil kuat tarik las ditunjukkan dalam tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Geser Las

No	P Maksimum (N)	Fu (MPa)
1	9212	460.6
2	7448	372.4
3	7791	389.55

Nilai tegangan (F_u) elastis rata-rata :

$$f_u = \frac{460,6 + 372,4 + 389,6}{3} = 407,5166 \text{ MPa} , \text{ dipakai } f_u = 410 \text{ MPa}$$

Dari hasil tersebut tidak memenuhi persyaratan las E 70 ksi setara dengan 490 MPa, tetapi memenuhi persyaratan las E 60 ksi setara dengan 360 MPa. Jadi dalam pengujian yang leleh terlebih dahulu adalah pada pelat benda uji bukan pada sambungan las. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 2.

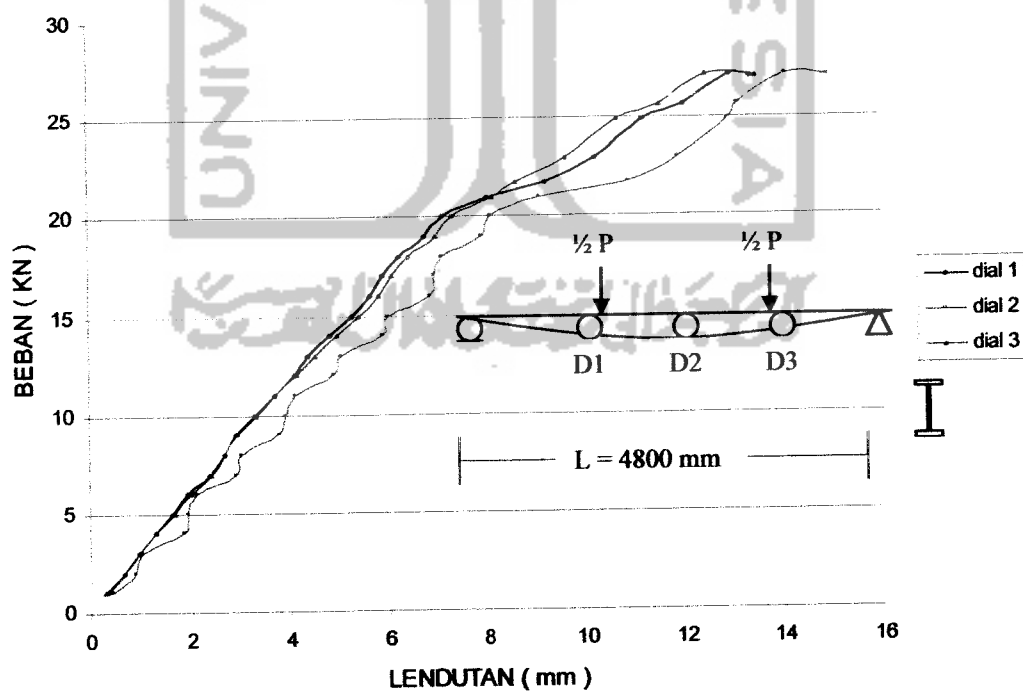
5.3. Hasil Pengujian Kuat Lentur Gelagar Pelat Penampang I dan V

Pengujian kuat lentur gelagar pelat penampang I dan V menggunakan *Loading Frame* dan sumber beban dibangkitkan dari *Hidraulic Jack*. Dilaksanakan

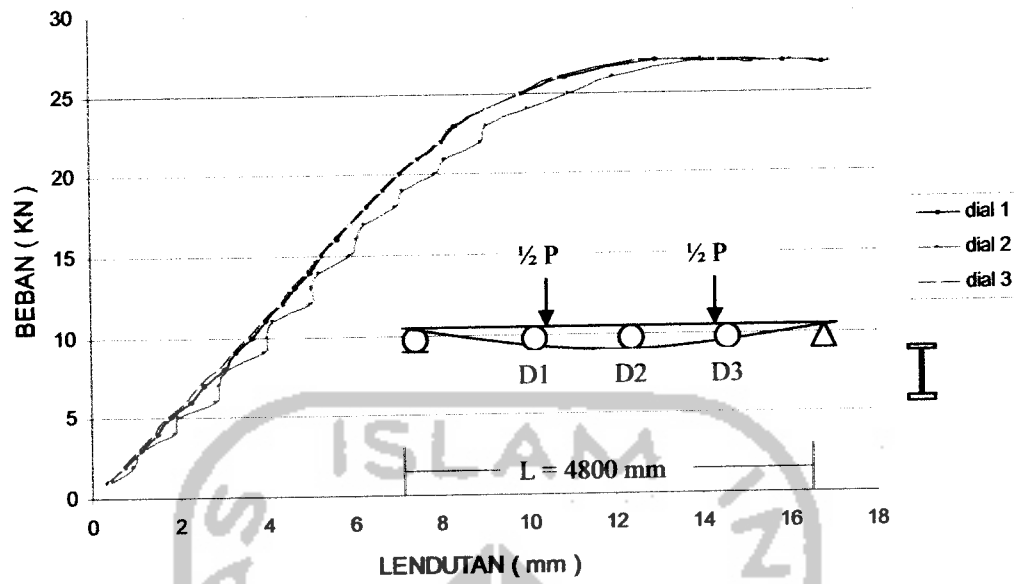
di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada lampiran 5, sedang untuk foto pelaksanaan pengujian dapat dilihat pada lampiran 9.

5.3.1. Grafik Hasil Pengujian Gelagar I dan Gelagar V.

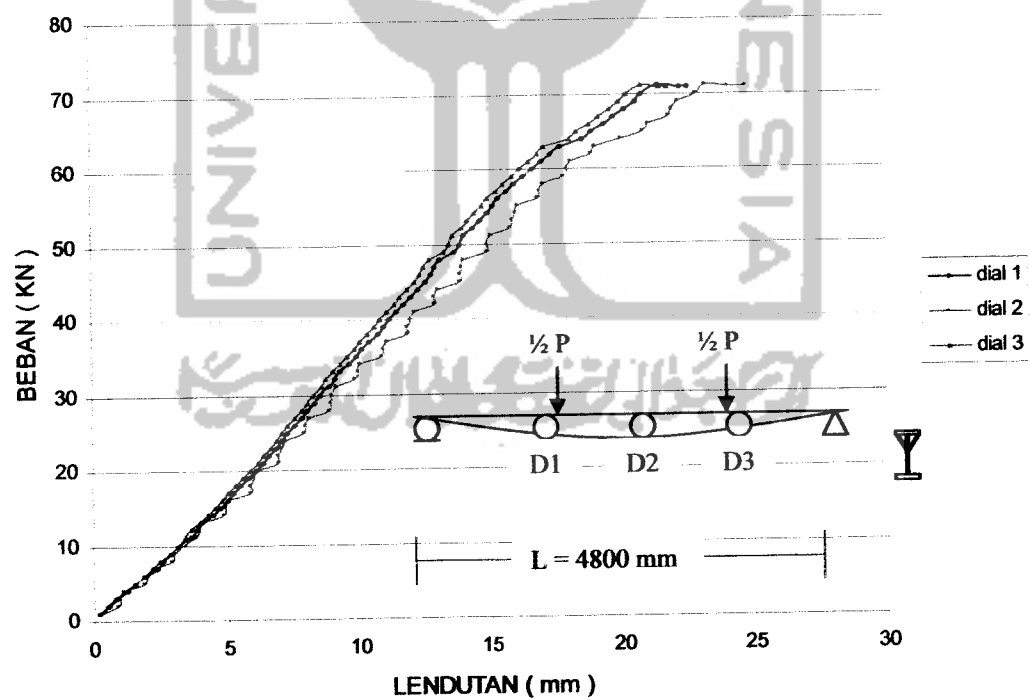
Pengujian kuat lentur gelagar pelat ini diberikan dua beban yang terletak sepanjang 1,60 m yang terletak pada tengah bentang. Kemudian secara bertahap gelagar pelat tersebut diberi kenaikan beban sebesar 100 kg (1,0 kN), kemudian setiap tahap pembebanan lendutan yang terjadi dibaca dan dicatat pada tabel. Data pengujian dapat dilihat pada lampiran 5. Dari data hasil pengujian ketiga benda uji tersebut dapat dibuat grafik hubungan beban-lendutan lentur seperti pada gambar 5.1, 5.2, 5.3 dan 5.4



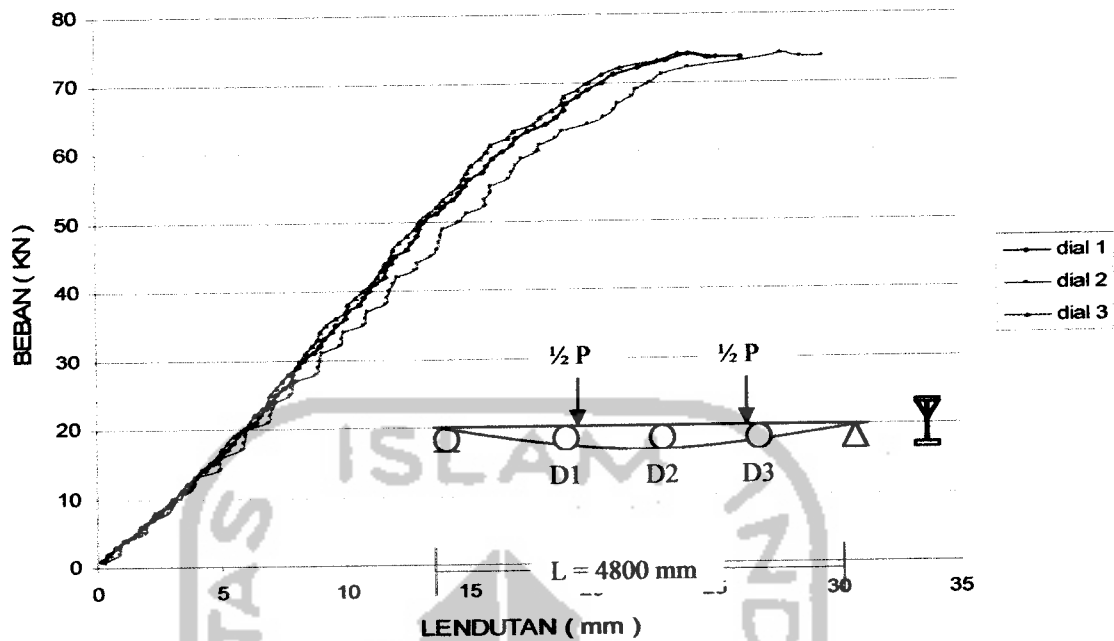
Gambar 5.1 Grafik hubungan Beban-Lendutan Gelagar I benda uji 1



Gambar 5.2 Grafik hubungan Beban-Lendutan Gelagar I benda uji 2



Gambar 5.3 Grafik hubungan Beban-Lendutan Gelagar V benda uji 1

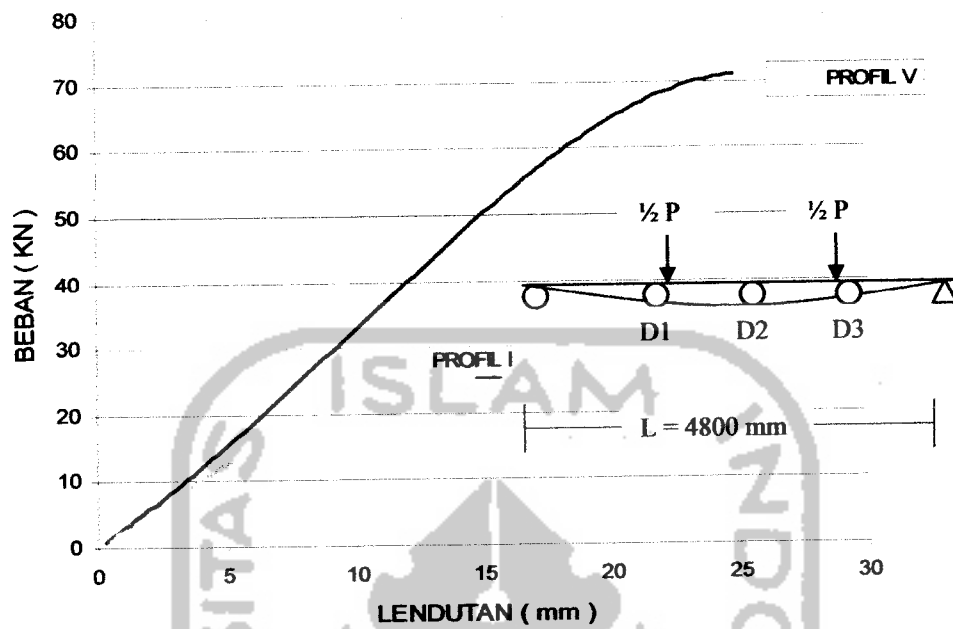


Gambar 5.4 Grafik hubungan Beban-Lendutan Gelagar ∇ benda uji 2

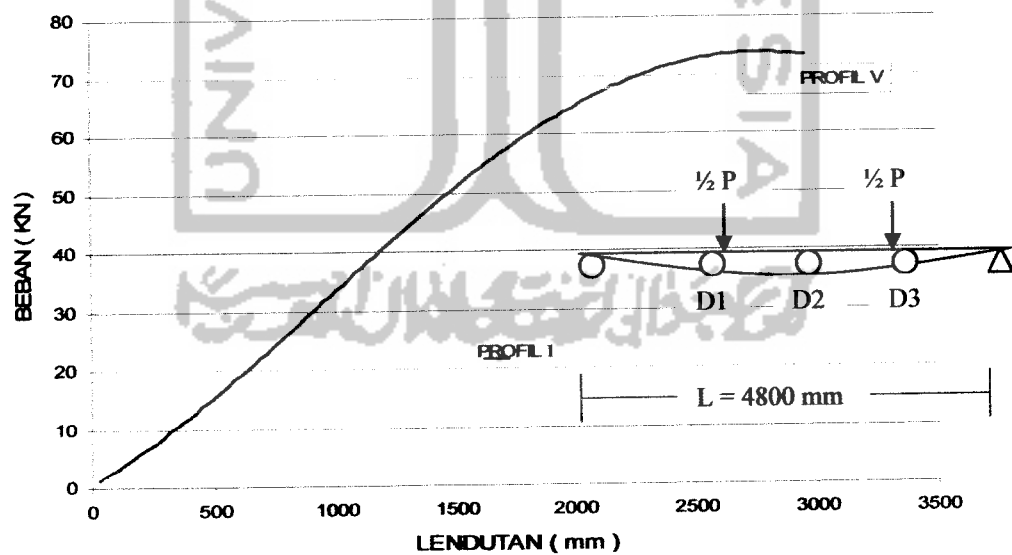
Tampak bahwa pada gambar 5.1, 5.2, 5.3, dan gambar 5.4 pembacaan dial 2 yang terletak di tengah bentang mempunyai lendutan lebih besar dari dial 1 & 3 yang terletak disepertiga bentang. Jadi lendutan maksimumnya berada di tengah bentang. Setelah beban maksimum pembacaan dial yang menghasilkan besarnya lendutan maksimum mengalami penurunan. Kemudian beban menjadi konstan dan tidak mengalami kenaikan lagi.

5.3.2. Hubungan Beban-Lendutan Gelagar I Versus Gelagar ∇

Untuk mengetahui lendutan yang seharusnya terjadi pada gelagar pelat pelat profil I dan ∇ , maka dilakukan perhitungan lendutan hasil pengujian. Berikut ini grafik perbandingan hubungan beban lendutan hasil pengujian untuk masing-masing benda uji.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Beban Lendutan Gelagar I dan ∇ benda uji 1



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Beban Lendutan Gelagar I dan ∇ benda uji 2

Pada grafik gambar 5.5. dan gambar 5.6. kekuatan gelagar ∇ meningkat sangat signifikan, terlihat gelagar I hanya mampu menahan beban 2700 kg dan gelagar ∇ mampu menahan beban 7400 kg atau meningkat sebesar 174 % dari gelagar I. Untuk mencari kekakuan dari gelagar dapat dicari dengan persamaan (5.1) :

$$k = \frac{Py}{\Delta y} \quad (5.1)$$

Dari rumus tersebut diperoleh nilai kekakuan (k) untuk gelagar I = 1,93 kN/mm, sedang untuk gelagar ∇ = 2,86 kN/mm. Jadi dengan penambahan pelat berbentuk ∇ pada gelagar I akan meningkatkan kekakuan sebesar = 1,48 kali atau meningkat sebesar 54,6%.

5.3.3. Rasio Nilai Tegangan Kritis (F_{cr}) Gelagar I dan ∇

Setelah pengujian terhadap gelagar I dan ∇ didapatkan beban maksimum (P) pada kedua gelagar tersebut yaitu untuk gelagar I = 27 kN sedang untuk gelagar ∇ = 74 kN. Dari beban tersebut didapatkan momen maksimum dengan persamaan (5.2) :

$$M_{maks} = 1/6.P.L. \quad (5.2)$$

Karena inersia dari kedua profil sudah diketahui, maka dapat diperoleh nilai tegangan kritis (F_{cr}) Profil I dan ∇ dengan persamaan (5.3):

$$F_{cr} = \frac{M.y}{I} \quad (5.3)$$

dan hasil dari perhitungan dapat dilihat pada lampiran 4 dan tabel 5.3.

Tabel 5.3 Tegangan Kritis (F_{cr}) Profil I dan ∇

Benda Uji	F_{cr}	
	I	∇
1	102.15	201,208
2	101.89	209,710
Rata-rata	102,02	205,459

Dari Tabel 5.3 di atas, dapat di lihat bahwa nilai tegangan kritis (F_{cr}) pada profil ∇ lebih besar dibanding dengan tegangan kritis (F_{cr}) pada profil I, hal ini terjadi karena pengaruh momen inersia pada profil tersebut sehingga nilai tegangan kritis (F_{cr}) pada gelagar ∇ meningkat 2,1 kali atau meningkat sebesar 101,3% terhadap gelagar I. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 4.

5.3.4. Rasio Nilai Koefisien Tekuk (k) Gelagar I dan ∇

Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh beban maksimum (P) dan tegangan kritis (F_{cr}) dari profil I dan ∇ , karena F_{cr} yang didapat lebih kecil dari F_y atau $F_{cr} < F_y$, maka untuk menghitung nilai koefisien tekuk (k) dipakai F_y , sehingga dapat dicari nilai koefisien tekuk (k) hasil penelitian pada sayap dengan persamaan (5.4) :

$$k = \frac{F_{cr} \cdot 12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{b}{t} \right)^2}{\pi^2 \cdot E} \quad (5.4)$$

dan badan dengan persamaan (5.5) :

$$k = \frac{F_{cr} \cdot 12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{h}{t} \right)^2}{\pi^2 \cdot E} \quad (5.5)$$

Secara teoritis nilai koefisien tekuk (k) untuk profil I apabila diasumsikan sebagai tumpuan sederhana adalah 0,425 pada sayap sedangkan badan adalah 23,9 sedang untuk profil ∇ adalah 4 pada sayap sedangkan badan adalah 23,9. Untuk dapat mengetahui hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan, dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Nilai koefisien tekuk (k) hasil penelitian Profil I dan ∇

• Sayap		
Benda Uji	Profil I	Profil ∇
1	0,5620	5,57
2	0,5615	5,80
Rata-rata	0,5618	5,69

• Badan		
Benda Uji	Profil I	Profil ∇
1	22,48	25,376
2	22,45	26,449
Rata-rata	22,465	25,912

Dari tabel 5.4 di atas, dapat diperoleh rasio nilai koefisien tekuk (k) pada sayap gelagar ∇ meningkat, sedangkan pada badan, rasio nilai koefisien tekuk (k) gelagar ∇ sedikit meningkat terhadap nilai koefisien tekuk (k) gelagar I. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien tekuk gelagar ∇ pada badan hanya meningkat sedikit yaitu 1,2 kali atau meningkat sebesar 20 % terhadap gelagar I, sedang pada

sayap peningkatan nilai koefisien tekuk (k) sangat signifikan yaitu sebesar 10,1 kali atau meningkat sebesar 912 % terhadap gelagar I.

5.3.5. Hubungan Rasio Mn/My dengan h/tw Gelagar I dan ∇ .

Dari hasil pengujian diperoleh tabel hubungan rasio Mn/My terhadap h/tw yang ditunjukkan Tabel 5.5

Tabel 5.5 Hasil pengujian Mn/My terhadap h/tw Profil I dan ∇

Benda Uji	Mn / My		∇ / I
	I	∇	
1	0,426	0,8384	1,96
2	0,423	0,8738	2,06
Rata-rata	0,4245	0,8561	2,02

Rumus yang digunakan untuk mencari Mn/My yaitu dengan persamaan (5.6):

$$\frac{Mn}{My} = \frac{F_{cr \text{ pengujian}} \cdot S_{x \text{ profil}}}{F_y \cdot S_{x \text{ profil}}}, \quad (5.6)$$

karena pada penyebut dan pembilang terdapat nilai $S_x \text{ profil}$ yang sama, maka $S_x \text{ profil}$ dapat dihilangkan, menjadi persamaan (5.7):

$$\frac{Mn}{My} = \frac{F_{cr \text{ pengujian}}}{F_y}, \quad (5.7)$$

Tampak bahwa dari tabel 5.6. terjadi peningkatan Mn/My pada gelagar ∇ sebesar 2,02 kali atau meningkat sebesar 101,67 % terhadap gelagar I.

5.3.6. Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan Pengujian

Dari data hasil pengamatan grafik hubungan beban-lendutan pada Gambar 5.1 dapat dijelaskan seperti pada Tabel 5.6 maka didapatkan kekakuan (k) sesuai persamaan 5.1 dan daktilitas simpangan, yang ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.6. Hubungan Beban-Lendutan Pengujian

Benda Uji (mm)	Beban (P_y) kN	Lendutan(Δ_y) mm	Kekakuan (k)
Gelagar I	27	14,05	1,93
Gelagar ∇	74	19,52	2,86

Tabel 5.7. Daktilitas Simpangan dari Hubungan Beban-Lendutan Pengujian

Benda Uji (mm)	Beban (P) kN	Lend (Δ_y) mm	Lend. maks.(Δ_u) mm	Daktilitas (Δ_u/Δ_y)
Gelagar I	27	14,05	17	1,209
Gelagar ∇	74	19,52	29,52	1,512

5.3.7 Analisa Data Rasio Beban-Lendutan Secara Teoritis Dengan Beban-Lendutan Pengujian

Dari Gambar (5.1),(5.2),(5.3) dan (5.4) dapat disimpulkan seperti pada Tabel 5.8 perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 5.8. Rasio Beban-Lendutan Teoritis dengan Beban-Lendutan pengujian
($P_{\text{teoritis}} \neq P_{\text{pengujian}}$)

No	Benda Uji (mm)	P Uji (kN)	P_{teoritis} Lentur (kN)	Δ Uji (mm)	Δ Lentur (mm)
1	I	27	26,8445	17	12,325
2	∇	74	72,4299	29,52	19,523

5.3.9. Analisa Data Rasio Nilai Tegangan Kritis (F_{cr}) Teoritis Dengan Pengujian Gelagar I dan ∇ .

Dari perhitungan tegangan kritis (F_{cr}) sesuai persamaan 3.2 dan hasil pengujian seperti pada Lampiran 3 dan 4, dapat dianalisa seperti pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Rasio Tegangan Kritis (F_{cr}) Gelagar I dan ∇

Benda Uji	F_{cr} Teoritis (MPa)	F_{cr} Pengujian (MPa)
Gelagar I	108,005	102,02
Gelagar ∇	335,61	205,459

Dari Tabel 5.10 terlihat bahwa untuk profil I dan ∇ , F_{cr} Teoritis lebih besar dibanding F_{cr} pengujian, dengan rasio untuk gelagar pelat profil I F_{cr} pengujian = 0,945 F_{cr} teoritis, sedang rasio untuk gelagar pelat profil ∇ F_{cr} pengujian = 0,624 F_{cr} teoritis.



5.4. Pembahasan

5.4.1 Kuat Tarik Baja Berdasarkan Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik pelat baja maka baja dengan $F_y = 240$ MPa dan $F_u = 350$ MPa dapat digolongkan sebagai baja carbon, dan hasil pengujian kuat tarik Profil L (30x30x3) dengan $F_y = 370$ MPa dan $F_u = 420$ MPa maka baja dapat digolongkan sebagai baja carbon, dengan asumsi bahwa F_y kurang dari 700 MPa termasuk baja carbon.

Dari hasil diatas, f_u/f_y untuk pelat = $350/240 = 1,458$, sedang f_u/f_y untuk profil siku (L) = $420/370 = 1,135$. Jadi f_u/f_y untuk pelat dengan tebal 2 mm lebih besar 1,285 kali dari profil siku (L) 30 x 30 x 3 . Jadi baja profil siku (L) mempunyai kuat tarik yang lebih besar sehingga dalam pengujian yang lebih dahulu leleh adalah pelat benda uji.

5.4.2 Hubungan Beban-Lendutan Pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa pada sayap gelagar mengalami tekuk lokal, sedang pada badan belum mengalami tekuk. Hal ini dapat dilihat pada lampiran 9 gambar no. 4 dan no. 6.

Dengan mengamati Gambar 5.1 - Gambar 5.6 serta lampiran 5, dapat dilihat bahwa pada saat beban maksimum pada profil I yaitu 27 kN, lendutan yang terjadi pada profil I sampel 1 = 15,34 mm, profil I sampel 2 = 14,05 mm, sedang untuk profil ∇ sampel 1 = 8,07 mm dan sampel 2 = 7,99 mm. Disini terlihat rasio kekuatan pada gelagar pelat untuk menahan lendutan yaitu profil I = 0,55 profil ∇ .

Hal itu disebabkan semakin tinggi (h) gelagar maka nilai kekakuan lentur (ED)nya semakin meningkat karena dipengaruhi oleh inersia penampang yang semakin besar. Dari keempat benda uji tersebut, diperoleh suatu pernyataan bahwa dengan penambahan pengaku berbentuk ∇ pada sayap atas, dapat meningkatkan inersia sebesar = 1,05 kali atau meningkat sebesar 5,2%, dan kekakuan sebesar = 1,48 kali atau meningkat sebesar 50,3%.

5.4.3. Rasio Nilai Tegangan Kritis (F_{cr}) Gelagar I dan Gelagar ∇

Untuk tegangan kritis (F_{cr}) yang terjadi setelah pengujian kuat lentur dari berbagai benda uji sebagai berikut ; Gelagar I benda uji 1 adalah 102,15 Mpa, Gelagar pelat profil I benda uji 2 adalah 101,89 Mpa sedang untuk Gelagar pelat profil ∇ benda uji 1 adalah 201,208 Mpa, Gelagar pelat profil ∇ benda uji 2 adalah 209,710 Mpa, seperti terlihat pada Tabel 5.3. Rasio tegangan kritis (F_{cr}) dari gelagar pelat profil I dan ∇ yaitu F_{cr} profil I = 0.48 F_{cr} profil ∇ .

Dari Lampiran 4 dapat diamati bahwa dengan penambahan pengaku berbentuk ∇ pada sayap atas maka akan meningkatkan nilai tegangan kritis (F_{cr}). Untuk rasio tegangan kritis (F_{cr}) Gelagar I dan Gelagar ∇ dapat dilihat tegangan kritis (F_{cr}) Gelagar I lebih kecil dibandingkan tegangan kritis (F_{cr}) Gelagar ∇ . Hal itu disebabkan nilai koefisien tekuk (k) Gelagar pelat profil I yang terjadi baik badan atau sayap dari berbagai benda uji lebih kecil dibandingkan nilai koefisien tekuk (k) Gelagar pelat profil ∇ , setelah pengujian kuat lentur.

Jadi penambahan pengaku berbentuk ∇ pada sayap atas gelagar pelat profil I akan meningkatkan nilai tegangan kritis (F_{cr}) sebesar 2,1 kali atau meningkat sebesar 101,3%.

5.4.4. Rasio Nilai Koefisien Tekuk (k) Gelagar I dan ∇

Dengan mengamati Tabel 5.4 dapat dilihat nilai koefisien tekuk (k), pada sayap semakin kecil rasio h/t maka nilai koefisien tekuknya semakin besar, sedangkan pada badan semakin kecil rasio h/t maka nilai koefisien tekuk (k) semakin kecil.

Dapat dilihat pada tabel 5.4 bahwa dengan penambahan pengaku berbentuk ∇ pada sayap atas, dapat meningkatkan nilai koefisien tekuk (k) pada sayap atas yaitu dari 0,5618 menjadi 5,685 atau meningkat sebesar 912%. sedang pada badan nilai faktor kekakuan (k) mengalami sedikit peningkatan dari 22,48 menjadi 26,449 atau meningkat sebesar 15,1%.

Dari pengujian tersebut, bahwa dengan penambahan pengaku sayap bentuk ∇ pada profil I dapat diperoleh peningkatan nilai koefisien tekuk (k) sayapnya yaitu = 10,1 kali atau meningkat sebesar 912%. Sedang pada badan, peningkatan nilai koefisien tekuk (k) yang diperoleh yaitu = 1,2 kali atau meningkat sebesar 20%.

5.4.5. Hubungan Rasio M_n/M_y dengan h/t_w Gelagar I dan ∇ .

Dari Tabel 5.5. dapat diamati bahwa nilai M_n/M_y pada gelagar pelat profil I lebih kecil dibandingkan dengan gelagar pelat profil ∇ . Hal ini terjadi karena nilai

tegangan kritis (F_{cr}) dari gelagar pelat profil I lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan kritis (F_{cr}) gelagar pelat profil ∇ . Selain itu, rasio dari h/tw pada badan gelagar pelat profil I juga lebih besar dari gelagar pelat profil ∇ , semakin kecil nilai h/tw maka akan meningkatkan nilai M_n/M_y .

Dari tabel 5.5, dapat diperoleh bahwa rasio M_n/M_y dari Profil I dan ∇ yang terjadi pada hasil pengujian yaitu M_n/M_y Profil I = 0,48 M_n/M_y Profil ∇ . Ternyata rasio M_n/M_y dari gelagar pelat Profil I dan ∇ berbanding lurus dengan rasio tegangan kritis (F_{cr}) dari gelagar pelat profil I dan ∇ yaitu terjadi peningkatan sebesar 2.1 kali.

