

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

Dilakukan pengujian kuat tarik baja berupa profil L 30x30x3 yang diambil bagian sayap dan pelat baja dengan tebal 2 mm masing-masing sebanyak 3 sampel, sedangkan perhitungannya pada Lampiran 2. Pengujian kuat tarik baja ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Pengujian tersebut mendapatkan hasil sebagai mana yang dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tarik baja

No	Jenis Pengujian	Fy (MPa)	Fu (MPa)
1.	Kuat Tarik Pelat	240	320
2.	Kuat Tarik Profil L (siku)	370	410

5.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Gelagar Pelat Penampang Kotak

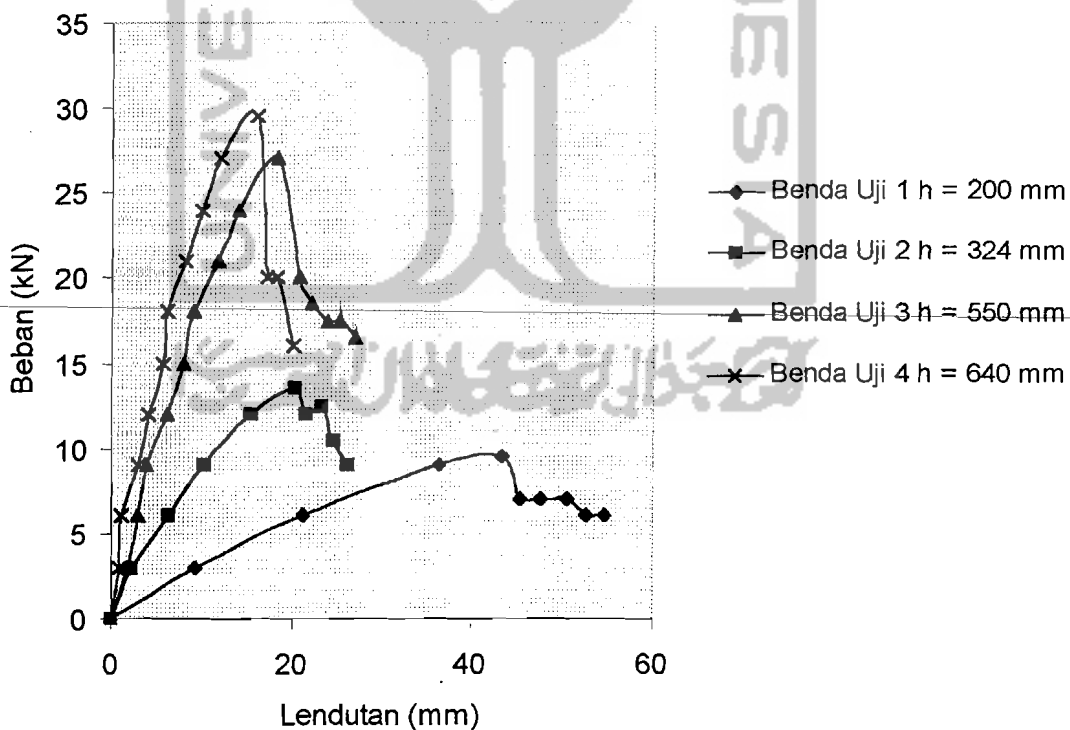
Pengujian kuat lentur gelagar pelat penampang kotak dilaksanakan di Laboratorim Mekanika Rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas



Islam Indonesia. Foto-foto pelaksanaan pada Lampiran 9. Dari hasil pengujian didapat grafik hubungan beban-lendutan.

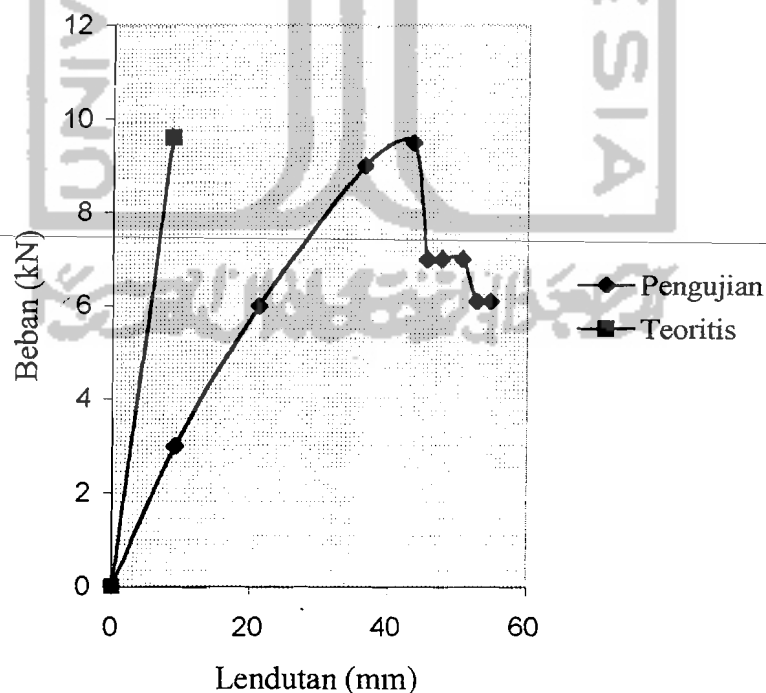
5.2.1 Hubungan beban (P) dengan lendutan (Δ) lentur (vertikal) pengujian dan teoritis

Pengujian kuat lentur gelagar pelat penampang kotak ini diberikan dua beban terpusat yang terletak pada $1/3$ dan $2/3$ panjang bentang. Secara bertahap gelagar pelat tersebut diberi kenaikan beban sebesar 300 kg (3,0 kN), kemudian setiap tahap pembebanan lendutan yang terjadi dicatat. Dari data hasil pengujian benda uji tersebut, dapat dibuat grafik hubungan beban-lendutan lentur (vertikal) seperti pada Gambar 5.1.

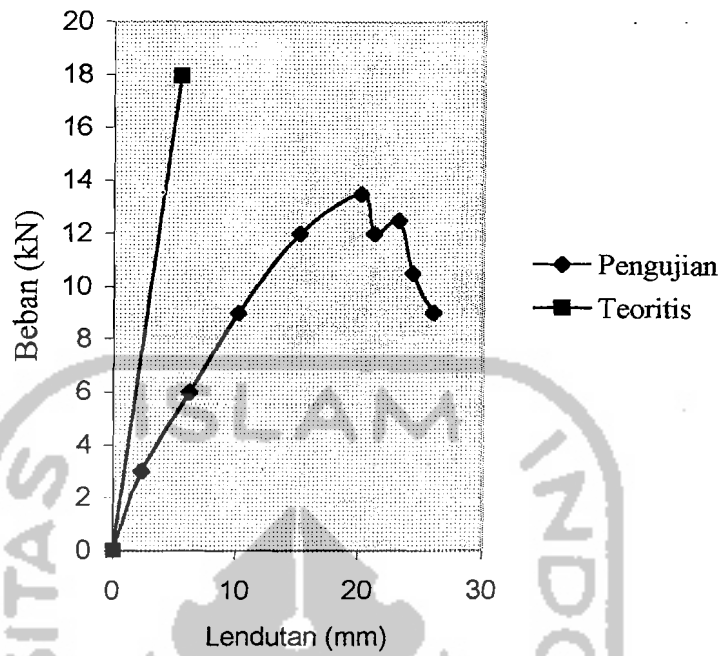


Gambar 5.1 Grafik hubungan beban-lendutan lentur (vertikal) keempat benda uji

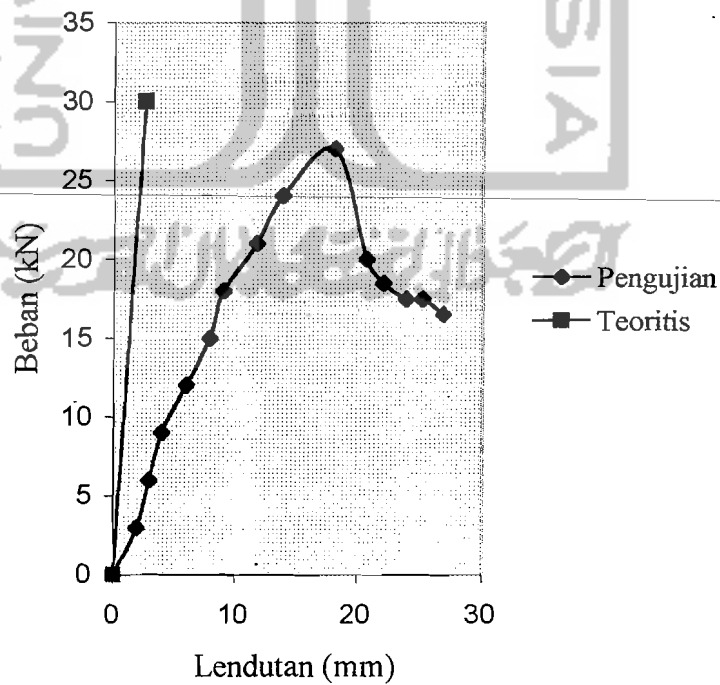
Tampak bahwa pada Gambar 5.1 setelah benda uji mengalami keruntuhan, pembacaan dial yang menghasilkan besarnya lendutan terhenti. Hal ini dikarenakan dial sudah dilepas sebab benda uji semakin tertekuk dan rawan terhadap keruntuhan sehingga lendutan tidak terbaca. Selanjutnya dilakukan perhitungan beban dan lendutan secara teoritis yang didasarkan pada Persamaan (3.65) dan (3.66) untuk beban teoritis lentur. Sedangkan untuk beban teoritis geser digunakan Persamaan (3.31) dan nilai lendutan teoritis didasarkan pada Persamaan (3.35) yang secara lengkap pehitungannya dapat dilihat pada Lampiran 6. Berdasarkan perbandingan nilai beban teoritis geser dengan lentur maka dipakai beban teoritis lentur sebagai dasar perhitungan karena nilainya lebih kecil. Hasilnya bila dibandingkan dengan hubungan beban lendutan pengujian seperti Gambar 5.2 sampai dengan Gambar 5.5.



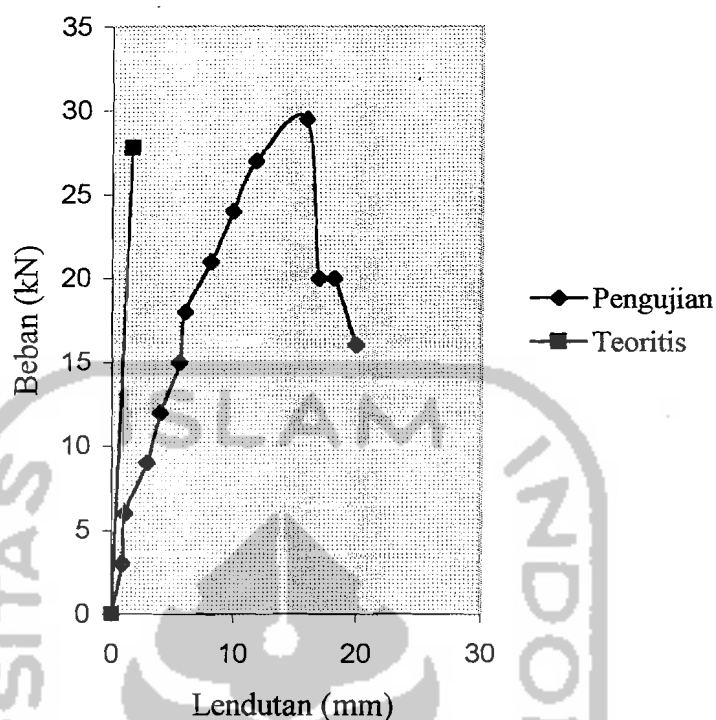
Gambar 5.2. Hubungan beban-lendutan pengujian dengan teoritis benda uji 1



Gambar 5.3. Hubungan beban-lendutan pengujian dengan teoritis benda uji 2



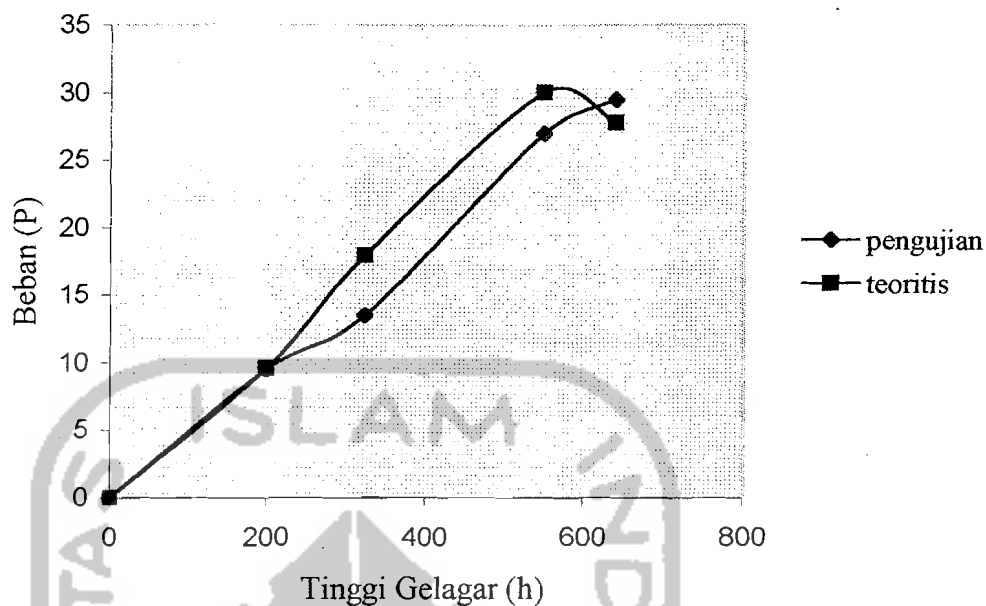
Gambar 5.4. Hubungan beban-lendutan pengujian dengan teoritis benda uji 3



Gambar 5.5. Hubungan beban-lendutan pengujian dengan teoritis benda uji 4

5.2.2 Hubungan beban (P) dengan tinggi gelagar (h) dalam kondisi tebal pelat gelagar (t) tetap pengujian dan teoritis

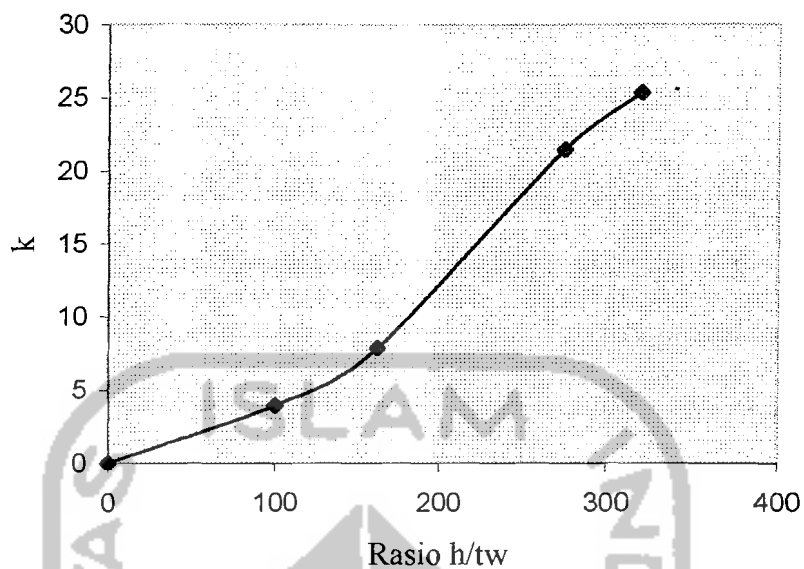
Hubungan antara nilai beban (P) dengan tinggi gelagar (h) antara pengujian dan teoritis ditunjukkan pada Gambar 5.6. Perhitungan beban teoritis menggunakan beban teoritis lentur (Persamaan (3.65) dan (3.66)), perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 6.



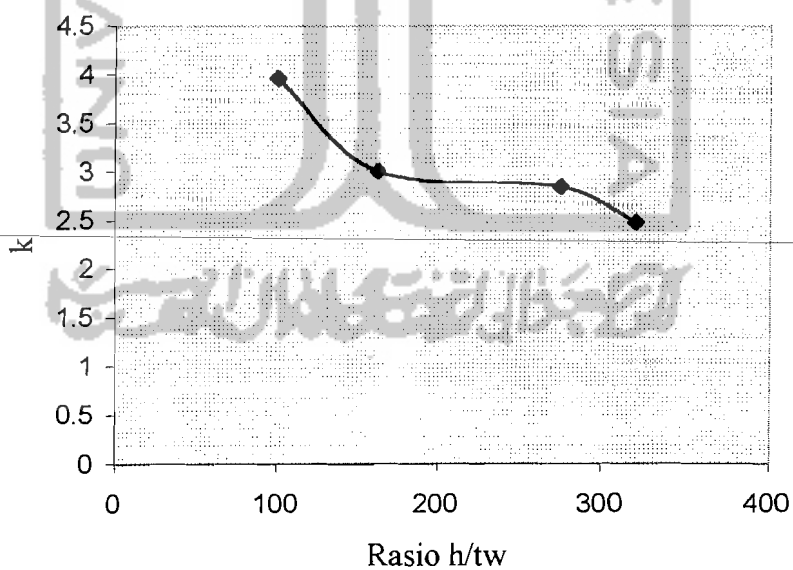
Gambar 5.6 Grafik hubungan beban (P) dengan tinggi gelagar (h) pengujian dan teoritis

5.2.3 Hubungan nilai koefisien tekuk pelat (k) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/t_w)

Hubungan antara nilai koefisien tekuk pelat (k) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/t_w) ditunjukkan pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8. Nilai koefisien tekuk pelat didapatkan dari Persamaan (3.3) yang secara lengkap perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 4.



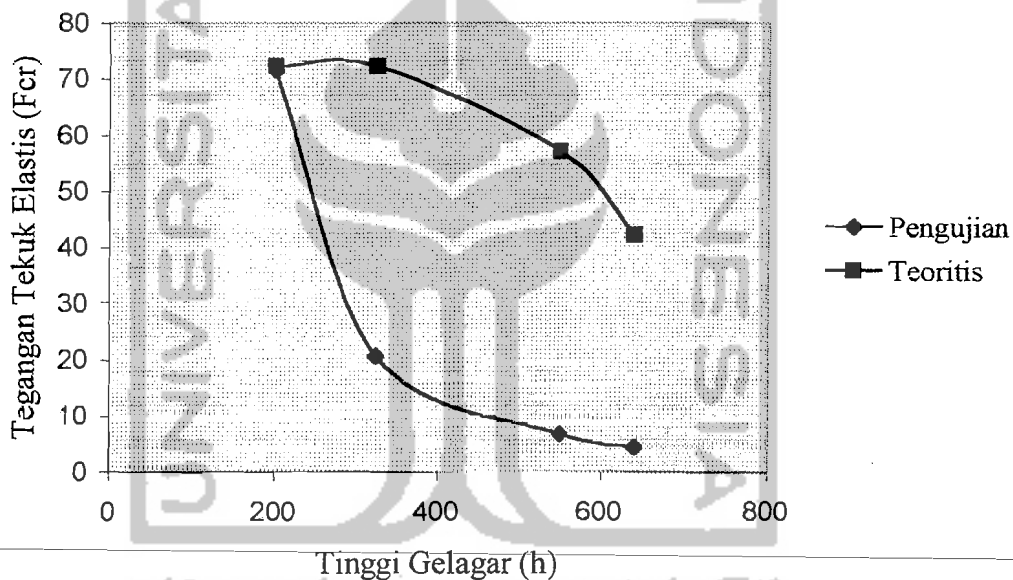
Gambar 5.7 Grafik hubungan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/tw) dengan koefisien tekuk pelat badan (k)



Gambar 5.8 Grafik hubungan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/tw) dengan koefisien tekuk pelat sayap (k)

5.2.4 Hubungan nilai tegangan tekuk elastis (F_{cr}) dengan tinggi gelagar (h) pengujian dan teoritis

Dari hasil perhitungan tegangan tekuk elastis (F_{cr}) pengujian dan teoritis yang didasarkan pada Persamaan (3.3) yang dapat dilihat pada Lampiran 5, diperoleh grafik hubungan tegangan tekuk elastis dengan tinggi gelagar seperti pada Gambar 5.9.

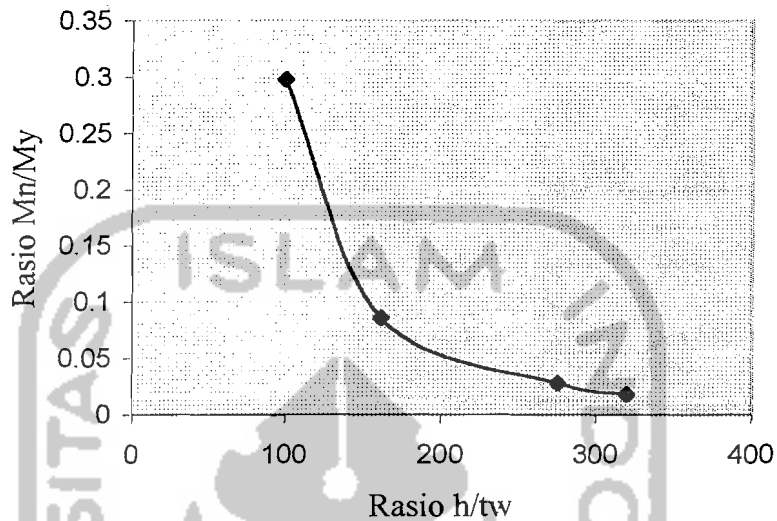


Gambar 5.9 Grafik hubungan nilai tegangan tekuk elastis (F_{cr}) dengan tinggi gelagar (h) pengujian dan teoritis

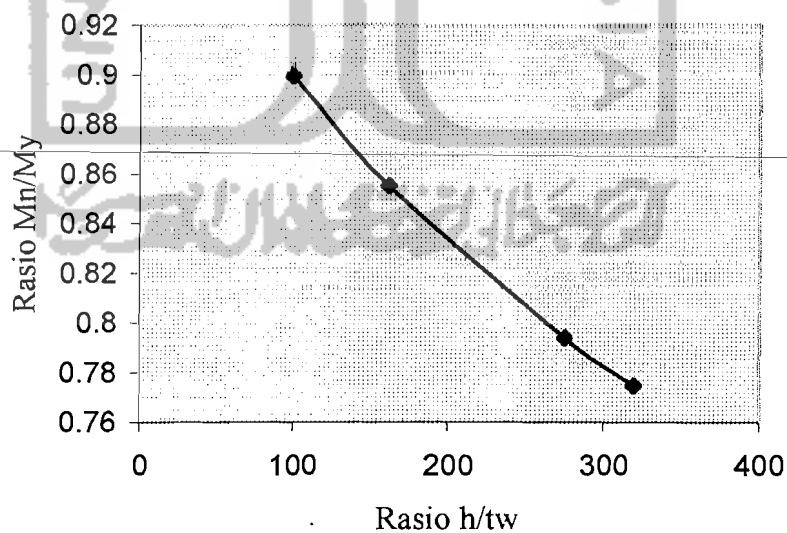
5.2.5 Hubungan rasio momen nominal terhadap momen leleh (M_n/M_y) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/t_w) pengujian dan teoritis

Dari hasil pengujian diperoleh grafik hubungan rasio momen nominal terhadap momen leleh (M_n/M_y) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/t_w) yang ditunjukkan Gambar 5.10. Selanjutnya dihitung nilai rasio momen nominal

terhadap momen leleh secara teoritis menggunakan Persamaan (3.19) dan (3.23) dengan hasil seperti pada Gambar 5.11.



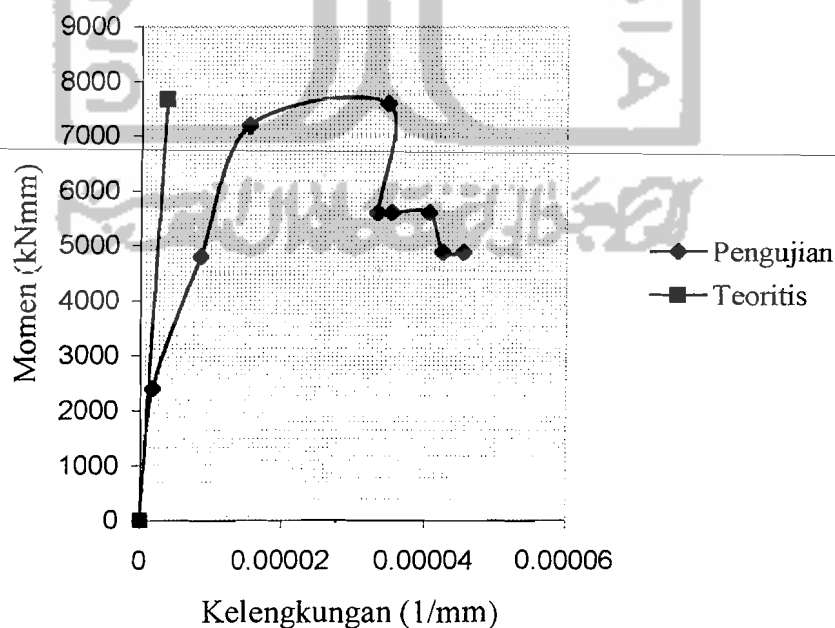
Gambar 5.10. Grafik hubungan momen nominal terhadap momen leleh dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan pengujian.



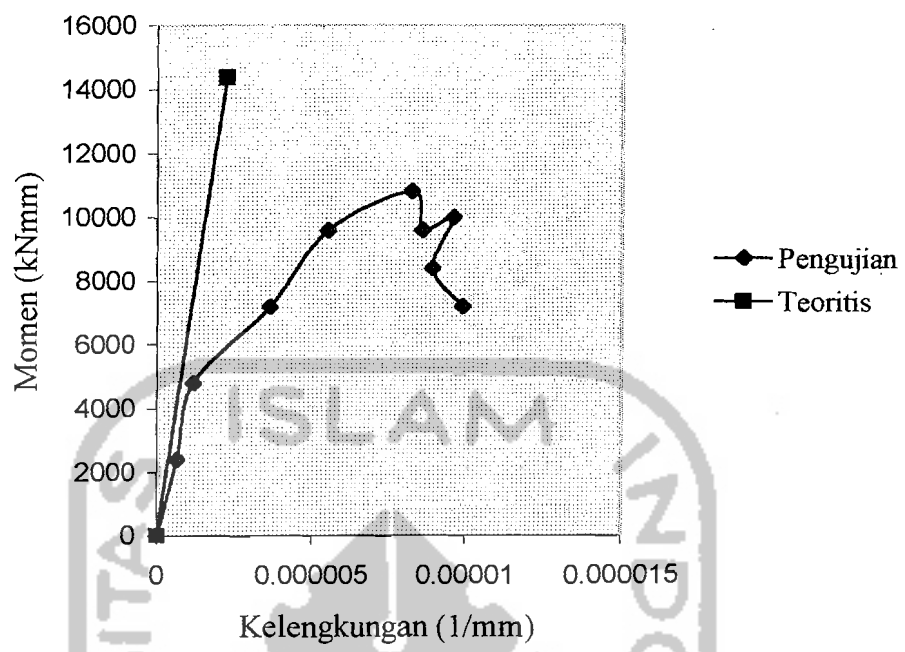
Gambar 5.11 Grafik hubungan rasio momen nominal terhadap momen leleh dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan teoritis

5.2.6 Hubungan momen (M) dengan kelengkungan (ϕ) lentur pengujian dan teoritis

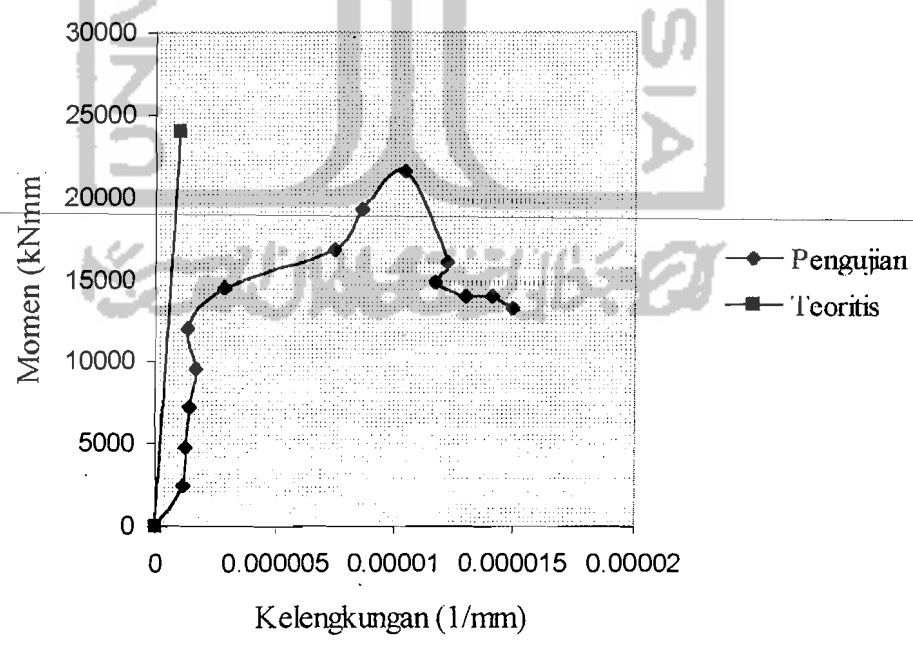
Dari hasil pengujian diperoleh grafik hubungan beban-lendutan ($P-\Delta$) sehingga dapat dicari momen (M) dengan menggunakan Persamaan (3.56) dan kelengkungan (ϕ) menggunakan Persamaan (3.51). Hubungan grafik momen dengan kelengkungan dapat digunakan untuk mencari nilai kekakuan lentur gelagar (EI) dengan menggunakan Persamaan (3.55). Sedangkan perhitungan teoritis nilai momen didasarkan pada Persamaan (3.57) dan (3.58), nilai kelengkungan digunakan Persamaan (3.60). Secara lengkap perhitungan momen dengan kelengkungan pengujian dan teoritis dapat dilihat pada Lampiran 7 dan 8. Sehingga didapatkan grafik hubungan momen dengan kelengkungan lentur (vertikal) pengujian dan teoritis yang ditunjukkan pada gambar berikut ini,



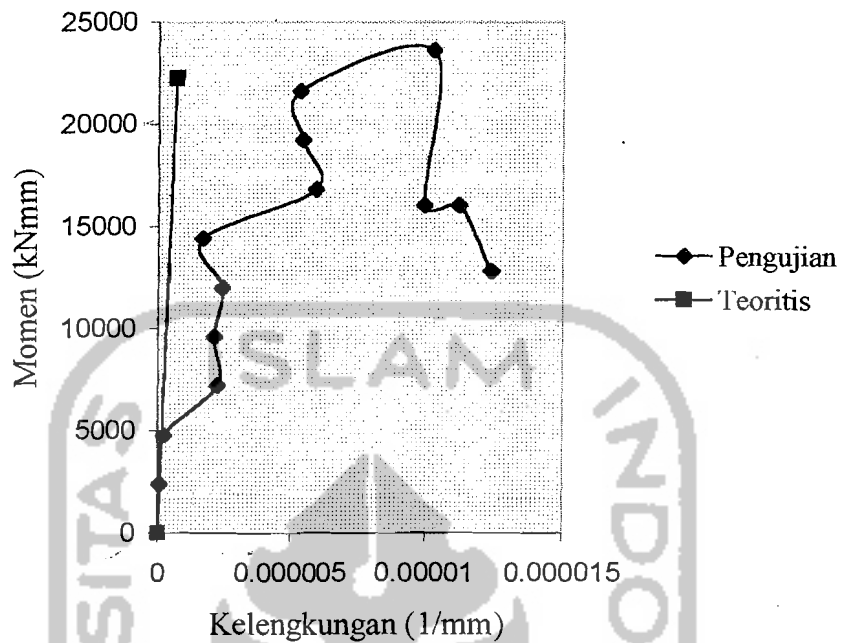
Gambar 5.12 Grafik hubungan momen (M) dengan kelengkungan (ϕ) lentur (vertikal) pengujian dan teoritis benda uji 1



Gambar 5.13 Grafik hubungan momen (M) dengan kelengkungan (ϕ) lentur (vertikal) pengujian dan teoritis benda uji 2



Gambar 5.14 Grafik hubungan momen (M) dengan kelengkungan (ϕ) lentur (vertikal) pengujian dan teoritis benda uji 3



Gambar 5.15 Grafik hubungan momen (M) dengan kelengkungan (ϕ) lentur (vertikal) pengujian dan teoritis benda uji 4

5.3 Analisa Data Hubungan Beban (P) dengan Lendutan (Δ) Lentur (vertikal)

Pengujian dan Teoritis

Perhitungan beban teoritis lentur didasarkan pada Persamaan (3.65) dan (3.66). Perhitungan beban teoritis geser didasarkan pada Persamaan (3.31). Hasil dari perhitungan beban lentur dan geser teoritis dipilih yang terkecil untuk menghitung lendutan teoritis. Nilai lendutan teoritis didasarkan pada Persamaan (3.35). Hasil dari perhitungan disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Analisa Perbandingan Beban (P) terhadap Lendutan (Δ) Secara Teoritis dengan Pengujian

No	Benda Uji (mm)	P Uji (kN)	P teoritis Lentur (kN)	Δ Uji (mm)	Δ Teoritis (mm)
1	h = 200	9.5	9.5943	43.36	8.7
2	h = 324	13.5	17.9621	20.18	5.41
3	h = 550	27	30.0064	18.14	2.53
4	h = 640	29.5	27.8120	15.92	1.61

5.4 Analisa Data Hubungan Beban (P) dengan Tinggi Gelagar (h) dalam Kondisi Tebal (t) Pelat Gelagar Tetap Pengujian dan Teoritis

Data dari Gambar 5.6 seperti dalam Tabel 5.3. terlihat bahwa semakin besar nilai tinggi gelagar maka nilai beban yang diperoleh semakin besar untuk pengujian sedangkan pada teoritis diperoleh hasil dimana untuk benda uji 3 nilai beban teoritisnya lebih besar dari benda uji 4 yang bervariasi hubungan antara nilai P dengan h .

Tabel 5.3 Data hubungan nilai beban (P) terhadap tinggi gelagar (h) pengujian dan teoritis

Benda Uji	Tinggi h (mm)	Beban P Pengujian (kN)	Beban P Teoritis (kN)
1	200	9.5	9.5943
2	324	13.5	17.9621
3	550	27	30.0064
4	640	29.5	27.8120

5.5 Analisa Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Tekuk Pelat (k)

Data dari hasil pengamatan grafik hubungan koefisien tekuk pelat (k) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/t_w) seperti pada Tabel 5.4, sedangkan perhitungan didasarkan pada Persamaan (3.3), secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 5.4 Analisa hubungan nilai koefisien tekuk pelat (k) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/t_w)

No	h/t_w	k badan	k sayap
1	100	3.961	3.961
2	162	7.8836	3.004
3	275	21.5041	2.8435
4	320	25.3505	2.4756

5.6 Analisa Hubungan Nilai Tegangan Tekuk Elastis (F_{cr}) dengan Tinggi Gelagar (h) Pengujian dan Teoritis

Data dari hasil Gambar 5.9 disajikan pada Tabel 5.5, perhitungan nilai F_{cr} didasarkan pada Persamaan (3.3) dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 5.5 Analisa hubungan tegangan tekuk elastis (F_{cr}) dengan tinggi gelagar (h) Pengujian dan teoritis

No	Benda Uji (h/t_w)	F_{cr} Pengujian (MPa)	F_{cr} Teoritis (MPa)
1	100	71.5272	72.3078
2	162	20.6908	72.3048
3	275	6.7967	57.1268
4	320	4.3701	42.1896

5.7 Analisa Rasio Momen Nominal terhadap Momen Leleh (M_n/M_y) dengan Rasio Tinggi terhadap Tebal Pelat Badan (h/t_w) Pengujian dan Teoritis

Hasil pengamatan pada Gambar 5.10 dan 5.11 ditunjukkan pada Tabel 5.6 dan 5.7. perhitungan nilai rasio momen nominal terhadap momen leleh didasarkan pada Persamaan (3.19) dan (3.23).

Tabel 5.6 Analisa rasio momen nominal terhadap momen leleh (M_n/M_y) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/t_w) pengujian

Benda Uji	h/t_w	P	L	S_x	F_y	Mn	My	Mn/My
1	100	9.5	4800	106154.3	240	7592929	25477028	0.29803
2	162	13.5	4800	198737	240	4107855	47696890	0.086124
3	275	27	4800	420214.4	240	2853172	1.01E+08	0.028291
4	320	29.5	4800	527373.9	240	2302304	1.27E+08	0.01819

Tabel 5.7 Analisa rasio momen nominal terhadap momen leleh (M_n/M_y) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/t_w) teoritis

No	h/t_w	h	Fcr	Af	Aw	Ro	k	le	Mn	My	Mn/My
1	100	200	72.3048	800	800	1	0.467988	17864943	12139955	13496896	0.899463
2	162	324	72.3048	800	1296	1.62	0.454295	49766948	20351896	23801583	0.855065
3	275	550	57.126	800	2200	2.75	0.435982	1.58E+08	29105880	36655850	0.794031
4	320	640	42.1896	800	2560	3.2	0.430299	2.22E+08	25658275	33121649	0.774668

5.8 Analisa Data Hubungan Momen (M) dengan Kelengkungan (ϕ) Lentur Vertikal Pengujian dan Teoritis

Hasil pengamatan seperti pada Gambar (5.12; 5.13; 5.14; 5.15) dapat dicari nilai kekakuan lentur (EI) gelagar pelat penampang kotak seperti pada Tabel 5.8. Perhitungan didasarkan pada Persamaan (3.55), secara lengkap perhitungan momen – kelengkungan teoritis pada Lampiran 8.

Tabel 5.8 Analisa kekakuan lentur (EI) dari hubungan momen (M) dengan kelengkungan lentur (ϕ) vertikal pengujian dan teoritis

Benda Uji (mm)	M Uji (kNmm)	M Teoritis (kNmm)	ϕ Uji (1/mm)	ϕ Teoritis (1/mm)	$EI = M/\phi$ Uji (kN/mm ²)	$EI = M/\phi$ Teoritis (kN/mm ²)
h = 200	7600	7675.464	0.000034625	3.62E-06	219494585	2.12E+09
h = 324	10800	14369.64	0.00000825	2.23E-06	1.309E+09	6.44E+09
h = 550	21600	24005.17	1.04844E-05	1.04E-06	2.06E+09	2.31E+10
h = 640	23600	22248.69	1.02813E-05	6.59E-07	2.295E+09	3.38E+10

Dari data pada Tabel 5.8 dapat dianalisis daktilitas berdasarkan momen kelengkungan yang disajikan pada Tabel 5.9

Tabel 5.9 Analisa daktilitas berdasarkan hubungan momen (M) terhadap kelengkungan (ϕ)

NO	Benda Uji (mm)	M (KNmm)	Keleng. Mmaks ϕ_y (1/mm)	Keleng. Maks ϕ_u (1/mm)	Daktilitas $\mu = \phi_u / \phi_y$
1	h=200	7600	0.000034625	1.13E-05	3.26E-01
2	h=324	10800	0.00000825	2.48E-06	3.01E-01
3	h=550	21600	1.04844E-05	3.75E-06	3.58E-01
4	h=640	23600	1.02813E-05	3.11E-06	3.02E-01

5.9 Analisa Kerusakan Pada Benda Uji

Dalam penelitian gelagar pelat penampang kotak ini terjadi kerusakan pada bagian penampang kotak yang menerima beban dan tidak diberi pengaku lateral. Kerusakan yang terjadi adalah gelagar pelat tertekuk kesamping atau kearah lateral (horisontal) dan badan agak sedikit tertekuk vertikal dengan demikian sayap atas dan sayap bawah mengalami puntir. Karena badan tertekuk maka sayap atas dan

sayap bawah juga ikut mengalami kerusakan kearah lateral (horisontal) atau terjadi puntir. Pengujian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi gelagar (h) maka kekuatan lenturnya semakin besar dengan tebal pelat badan (tw) konstan dan h semakin kecil lebih rawan terhadap tekuk lateral dan lentur pada badan.

5.10 Pembahasan

Dari data yang diperoleh dan analisis yang telah dilakukan dengan merujuk pada landasan teori, maka dibahas sesuai tujuan penelitian. Selanjutnya pembahasannya diuraikan sebagai berikut.

5.10.1 Kuat tarik baja berdasarkan hasil pengujian kuat tarik baja

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik pelat baja maka baja dengan $F_y = 240$ Mpa dan $F_u = 320$ Mpa dapat digolongkan sebagai baja carbon, dan hasil pengujian kuat tarik Profil L (30x30x3) dengan $F_y = 370$ Mpa dan $F_u = 410$ Mpa maka baja dapat digolongkan sebagai *Heat-Treated Carbon and High-Strength Low-Alloy Steels*.

5.10.2 Kuat lentur vertikal gelagar pelat penampang kotak berdasarkan hubungan beban (P) dengan lendutan lentur (Δ) vertikal pengujian dan teoritis

Dengan mengamati hubungan beban-lendutan benda uji pada Gambar 5.1, dapat dilihat bahwa benda uji mempunyai perilaku yang hampir sama yaitu mulai dari titik awal sampai beban maksimum. Setelah itu mengalami penurunan beban dengan lendutan bertambah besar sampai terjadi keruntuhan.

Gelagar pelat dengan tinggi gelagar besar mampu menahan beban vertikal besar dibandingkan dengan gelagar pelat yang mempunyai tinggi lebih kecil baik pada pengujian maupun pada teoritis. Pada benda uji 4 diperoleh beban vertikal teoritis yang lebih kecil dibandingkan benda uji 3. Hal ini kemungkinan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan tidak proporsional (kelangsingan besar), yang menyebabkan berkurangnya kekuatan menahan beban vertikal.

Perhitungan beban teoritis lentur diperoleh nilai beban yang lebih besar dibandingkan dengan pengujiannya. Yang kemungkinan pada pengujiananya benda uji telah mengalami penurunan kekuatan akibat pengaruh cuaca (panas matahari, hujan) dan kondisi pengelasan. Semakin besar tinggi gelagar beban vertikal yang ditahan lebih besar dan lendutan yang terjadi semakin kecil.

5.10.3 Hubungan beban (P) dengan tinggi gelagar (h) dalam kondisi tebal pelat gelagar (t) tetap pengujian dan teoritis.

Dari hasil pada Gambar 5.6 menunjukkan bahwa nilai beban yang diperoleh benda uji dengan tinggi gelagar besar kekuatan menahan beban semakin besar baik pada pengujian maupun pada teoritis. Akan tetapi nilai beban teoritis pada benda uji 4 diperoleh hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan beban teoritis benda uji 3. Hal ini disebabkan adanya kemungkinan tidak proporsionalnya rasio tinggi gelagar terhadap tebal pelat badan yang menyebabkan berkurangnya kekuatan benda uji 4 menahan beban vertikal.

5.10.4 Kuat lentur gelagar pelat penampang kotak ditinjau dari hubungan nilai koefisien tekuk pelat (k) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/tw).

Dari hasil pengamatan Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 bahwa nilai koefisien tekuk pelat untuk pelat badan dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan besar, nilai kekakuannya besar sesuai dengan nilai kekakuan untuk pelat yang ditumpu sederhana pada kedua sisi sayapnya yaitu $k = 23,9$. Pada benda uji 1-3 nilai tersebut tidak dapat tercapai, hal ini dikarenakan gelagar tidak diberi pengaku. Pada benda uji 4 telah melampaui nilai k minimum untuk pelat yang ditumpu sederhana pada sayapnya, yaitu $k = 25,3505$.

Nilai k pada sayap untuk benda uji 2-4 mempunyai nilai dibawah dari persyaratan nilai k untuk tumpuan sederhana (sendi-sendid) yaitu $k = 4$. Pada benda uji 1 nilai k mendekati 4, yaitu $k = 3,961$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai k dipengaruhi oleh besarnya nilai tinggi gelagar, dimana semakin besar nilai h maka nilai k badan bertambah besar dan nilai k sayap kecil. Semakin besar tinggi gelagar (h) maka badan kuat dalam menahan tekuk lentur dan sayap rawan terhadap tekuk geser.

5.10.5 Hubungan nilai tegangan tekuk elastis (F_{cr}) dengan tinggi gelagar pelat

(h) pengujian dan teoritis

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa tinggi gelagar kecil mempunyai tegangan tekuk elastis yang besar sesuai dengan Persamaan (3.3) pada landasan teori. Nilai tegangan tekuk elastis pada pengujian dan teoritis menunjukkan perilaku yang sama yaitu semakin besar nilai rasio tinggi terhadap tebal nilai tegangan tekuk elastisnya semakin kecil. Hal ini bertolak belakang dengan hasil yang didapatkan dari pengujian, dimana tinggi gelagar semakin besar kuat lenturnya besar yang ditunjukkan oleh kemampuan gelagar dalam menahan beban vertikal (didapatkan

lendutan kecil). Kasus ini dikarenakan pada teori untuk rasio tinggi terhadap tebal pelat badan nilai pelat badannya variabel sedangkan tinggi gelagar konstan, sehingga rasio tinggi terhadap tebal pelat badan besar gelagar langsing rawan terhadap tekuk dan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan kecil (tw besar) pelat menjadi lebih kaku oleh ketebalan pelat. Dengan demikian lebih kuat menahan beban dibandingkan dengan tebal pelat badan yang tipis (tidak kuat menahan lentur).

5.10.6 Hubungan rasio momen nominal terhadap momen leleh (Mn/My) dengan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan (h/tw).pengujian dan teoritis

Dari Gambar 5.10 dan 5.11 dapat disimpulkan bahwa nilai Mn/My pengujian dan teoritis untuk benda uji 1-2 grafik mengalami penurunan secara linier. Pada benda uji 2-3-4 grafik penurunan secara drastis. Bila dibandingkan dengan Gambar 3.9 (untuk profil I) pada BAB III didapat perilaku nilai rasio Mn/My terhadap rasio h/tw yang hampir sama dengan gelagar pelat penampang kotak. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa keempat benda uji rawan terhadap tekuk lentur pada badan.

5.10.7 Kekakuan lentur pelat berdasarkan hubungan momen (M) dengan kelengkungan (ϕ) pengujian dan teoritis

Dengan mengamati Gambar 5.12-5.15 grafik hubungan momen dengan kelengkungan pengujian dan teoritis dapat dilihat bahwa momen yang terjadi pada pengujian lebih kecil dari pada teoritis kecuali pada benda uji 4 diperoleh momen yang lebih kecil dari benda uji 3. hal ini disebabkan rasio tinggi terhadap tebal pelat badan sudah tidak proporsional lagi, sehingga kemampuan benda uji 4 dalam menahan momen menjadi berkurang. Dengan demikian mempengaruhi nilai

kelengkungan dan faktor kekakuan lentur. Secara umum antara pengujian dan teoritis menunjukkan perilaku yang sama untuk nilai kelengkungan dan faktor kekakuan lentur yaitu semakin besar tinggi gelagar kelengkungan semakin kecil dan faktor kekakuan lentur bertambah besar. Pada pengujian ini diperoleh nilai daktilitas yang bervariasi dari keempat benda uji seperti pada Tabel 5.9. sehingga dapat diketahui bahwa tingkat kelenturan keempat benda uji berbeda-beda. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan lentur gelagar pelat dipengaruhi oleh tinggi gelagar tersebut.

