

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 yang hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 2. Pengujian kuat tarik baja ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dari pengujian tersebut mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

NO	Jenis Pengujian	Fy (Mpa)	Fu (Mpa)
1.	Kuat Tarik Pelat	240	260
2.	Kuat Tarik Profil L (siku)	160	380

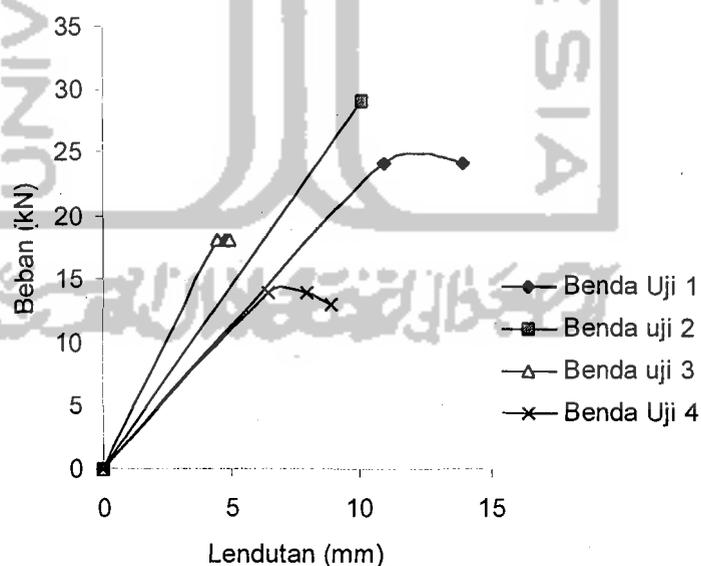
5.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Gelagar Pelat Kantilever

Pengujian kuat lentur gelagar pelat kantilever dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Foto-foto pelaksanaan pada Lampiran 9 dan hasil pembebanan benda uji dapat dilihat pada Lampiran 4. Dari hasil pengujian

didapat grafik hubungan beban-lendutan baik arah vertikal ataupun arah horisontal dan momen kelengkungan vertikal.

5.2.1 Hubungan Beban-Lendutan Lentur (vertikal)

Pengujian kuat lentur gelagar pelat kantilever ini diberikan dua beban yang terletak sepanjang 2,0 m terhitung dari ujung kantilever. Kemudian secara bertahap gelagar pelat tersebut diberi kenaikan beban sebesar 300. kg (3,0 kN), kemudian setiap tahap pembebanan lendutan yang terjadi dicatat. Data pengujian dapat dilihat pada Lampiran 4. Dari data hasil pengujian keempat 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 beban maksimum 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.

5.2.2 Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan Lentur (vertikal)

Dari data hasil pengamatan grafik hubungan beban-lendutan lentur (vertikal) pada Grafik (5.1) dapat disimpulkan tentang kekakuan gelagar pelat kantilever seperti pada Tabel (5.2) dan daktilitas lendutan pada Tabel (5.3).

Tabel 5.2 Analisa kekakuan dari hubungan beban-lendutan lentur (vertikal)

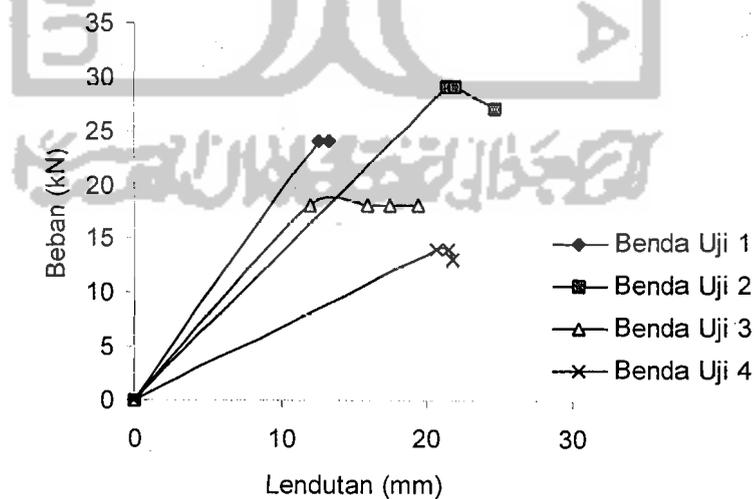
Benda Uji (mm)	Beban (P) kN	Lendutan (Δ) mm	Kekakuan (P/ Δ) kN/mm	Kekakuan Rata-rata kN/mm	Kekakuan Rata-rata (%)
Benda Uji 1 (Lb = 1000)	24	13,93	1,7229	2,30137	84,99
Benda Uji 2 (Lb = 1000)	29	10,07	2,87984		
Benda Uji 3 (Lb = 1500)	18	4,94	3,64372	2,70794	100
Benda Uji 4 (Lb = 1500)	14	7,90	1,77215		

Tabel 5.3 Analisa daktilitas lentur dari hubungan beban-lendutan lentur (vertikal)

Benda Uji (mm)	Beban (P) kN	Lend (Δ_y) mm	Lend. maks. (Δ_u) mm	Daktilitas (Δ_u/Δ_y)	Daktilitas Rata-rata	Daktilitas Rata-rata (%)
Benda Uji 1 Lb=1000	24	10,93	13,93	1,27	1,165	100
Benda Uji 2 Lb=1000	29	9,51	10,07	1,06		
Benda Uji 3 Lb=1500	18	4,51	4,94	1,00	1,16	99,57
Benda Uji 4 Lb= 1500	14	6,47	7,90	1,22		

5.2.3 Hubungan Beban-Lendutan Lateral (horisontal)

Pengujian kuat lentur gelagar pelat kantilever selain didapat grafik hubungan beban-lendutan lentur (vertikal) juga didapatkan grafik hubungan beban-lendutan lateral (horisontal) seperti pada Gambar (5.2)



Gambar 5.2 Grafik Hubungan-Beban Lendutan Lateral (horisontal) dari Keempat Benda Uji

Tampak bahwa lendutan tidak terbaca lebih panjang dikarenakan dial sudah dilepas pada saat beban sudah tidak dapat naik lagi dan benda uji sudah hampir rusak dan rawan terhadap keruntuhan.

5.2.4 Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan Lateral (horisontal)

Dari hasil pengujian kuat lentur didapat grafik hubungan beban-lendutan lateral (horisontal) seperti pada Gambar (5.2) dan dapat disimpulkan tentang lendutan lateral (horisontal) gelagar pelat tersebut dalam Tabel (5.4) dan daktilitas lendutan pada Tabel (5.5).

Tabel 5.4 Analisa kekakuan dari hubungan beban-lendutan lateral (horisontal)

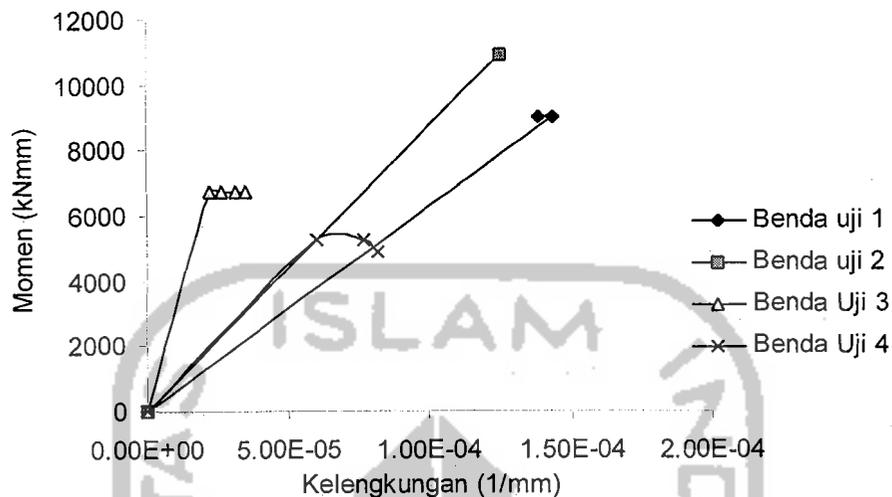
Benda uji (mm)	Beban (P) kN	Lendutan (Δ) mm	Kekakuan (P/Δ) kN/mm	Kekakuan Rata-rata kN/mm	Kekakuan Rata-rata (%)
Benda Uji 1 (Lb = 1000)	24	13,31	1,80316	1,56520	100
Benda Uji 2 (Lb = 1000)	29	21,85	1,32723		
Benda Uji 3 (Lb = 1500)	18	19,44	0,92593	0,78825	50,36
Benda Uji 4 (Lb = 1500)	14	21,52	0,65056		

Tabel 5.5 Analisa daktilitas lateral dari hubungan beban-lendutan lateral (horisontal)

Benda uji (mm)	Beban (P) kN	Lend (Δ_y) mm	Lend. maks. (Δ_u) mm	Daktalitas (Δ_u/Δ_y)	Daktalitas Rata-rata	Daktalitas Rata-rata (%)
Benda Uji 1 (Lb= 1000)	24	12,55	13,31	1,06	1,045	78,57
Benda Uji 2 (Lb= 1000)	29	21,30	21,85	1,03		
Benda Uji 3 (Lb= 1500)	18	12,01	19,44	1,62	1,33	100
Benda Uji 4 (Lb= 1500)	14	20,60	21,52	1,04		

5.2.5 Hubungan Momen Kelengkungan Lentur (vertikal)

Dari hasil pengujian diperoleh grafik hubungan beban-lendutan ($P-\Delta$) sehingga dapat dicari momen (M) dan kelengkungan (ϕ). Hubungan grafik $M-\phi$ dapat digunakan untuk mencari nilai kekakuan. Dari hasil pengujian didapat grafik hubungan momen-kelengkungan Lentur (vertikal).



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Lentur (vertikal) dari Keempat Benda Uji

5.2.6 Analisa Data hubungan Momen-Kelengkungan Lentur (vertikal)

Hasil pengamatan seperti pada Gambar (5.3) dapat dicari kekakuan gelagar pelat kantilever seperti pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Analisa kekakuan dari hubungan momen-kelengkungan lentur (vertikal)

Benda uji (mm)	Momen (M) kNmm	Kelengkungan (ϕ) 1/mm	$EI = M/\phi$ KNmm ²	EI Rata-rata	EI Rata-rata (%)
Benda uji 1 (Lb = 1000)	9000	0,00014371	6,25E+07	7,46E+07	57,65
Benda Uji 2 (Lb = 1000)	10875	0,000125528	8,66E+07		
Benda Uji 3 (Lb = 1500)	6750	0,000035419	1,91E+08	1,29E+08	100
Benda Uji 4 (Lb = 1500)	5250	0,000077093	6,81E+07		

Dari Gambar (5.3) juga dapat dicari daktilitas lentur (vertikal) kelengkungan seperti dalam Tabel (5.7)

Tabel 5.7 Analisa daktilitas kelengkungan dari hubungan momen-kelengkungan lentur(vertikal)

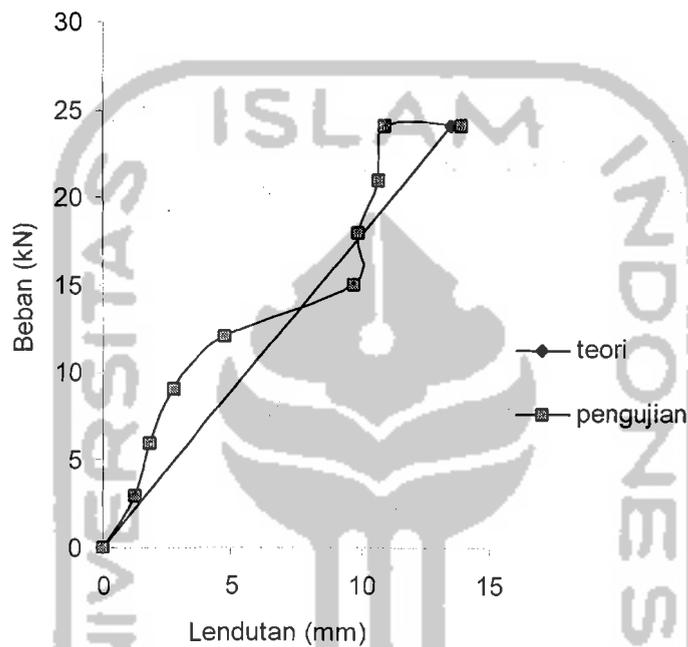
Benda Uji (mm)	M KNm	ϕ_y 1/m	ϕ_u 1/m	Daktilitas ϕ_u/ϕ_y	Daktilitas rata-rata	Daktilitas rata-rata (%)
Benda uji 1 (Lb = 1000)	9000	0,000138	0,000144	1,035	1,102	76,69
Benda Uji 2 (Lb = 1000)	10875	0,000107	0,000126	1,169		
Benda Uji 3 (Lb = 1500)	6750	0,022367	0,000035	1,603	1,437	100
Benda Uji 4 (Lb = 1500)	5250	0,000061	0,000077	1,270		

5.2.7 Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan secara teoritis dengan Hubungan Beban-Lendutan pengujian

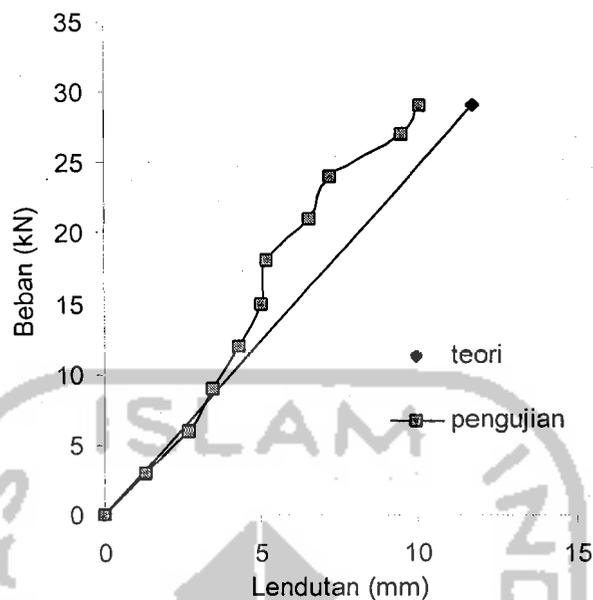
Dari hasil pengujian kuat lentur gelagar pelat kantilever diperoleh hubungan beban-lendutan yang terjadi selama penelitian atau hubungan beban-lendutan lapangan, untuk dapat mengetahui lendutan yang seharusnya terjadi pada gelagar pelat kantilever tersebut maka dilakukan juga perhitungan lendutan secara teoritis yang dihitung dengan dua cara yaitu asumsi pertama dengan anggapan bahwa beban teoritis sama dengan beban yang terjadi pada pengujian dan asumsi yang kedua bahwa beban teoritis tidak sama dengan beban pengujian tetapi di peroleh akibat gaya geser maksimum yang seharusnya terjadi pada gelagar pelat kantilever tersebut, contoh hitungan

dapat dilihat pada Lampiran 7. Berikut ini adalah grafik hasil perbandingan hubungan beban-lendutan teoritis dan hubungan beban-lendutan pengujian untuk masing-masing benda uji.

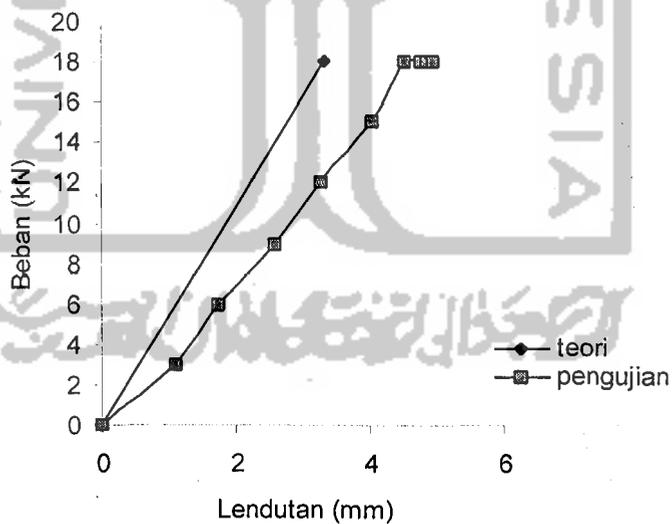
a) $P_{\text{teoritis}} = P_{\text{pengujian}}$



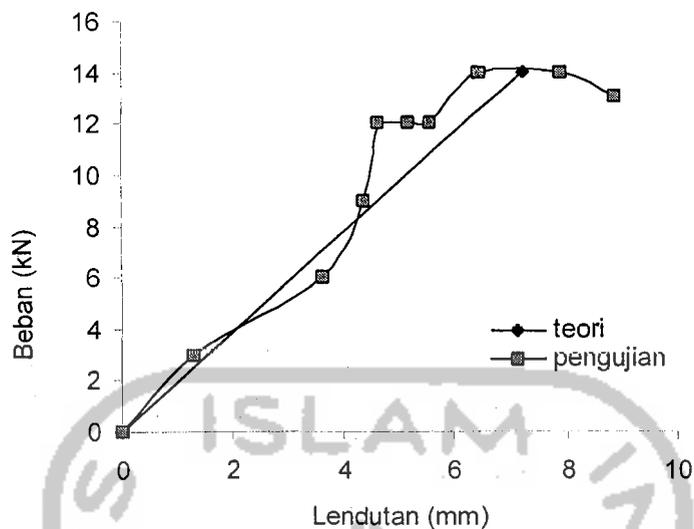
Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teoritis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian Benda Uji 1



Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teorisis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian Benda Uji 2

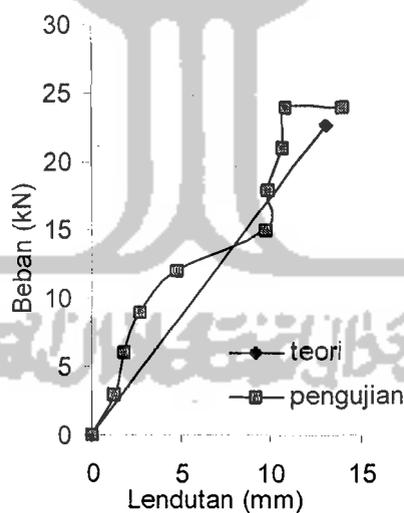


Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teorisis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian Benda Uji 3

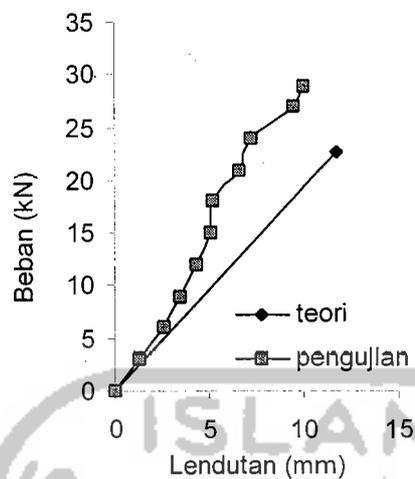


Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teoritis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian Benda Uji 4

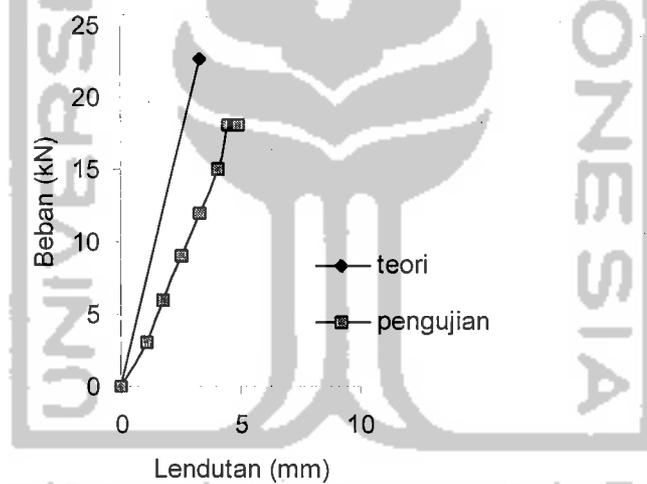
b) $P_{\text{teoritis}} \neq P_{\text{pengujian}}$



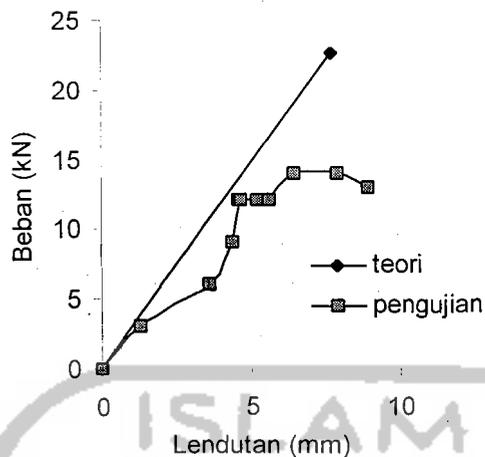
Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teoritis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian Benda Uji 1



Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teoritis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian Benda Uji 2



Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teoritis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian Benda Uji 3



Gambar 5.11 Grafik Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teoritis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian Benda Uji 4

5.2.8 Analisa Perbandingan Beban-Lendutan Secara Teoritis dengan Beban-Lendutan Pengujian

Dari Gambar (5.4),(5.5),(5.6),(5.7) maka dapat disimpulkan seperti pada Tabel (5.8).

Tabel 5.8 Analisa Perbandingan Beban-Lendutan Secara Teoritis dengan Beban-Lendutan Pengujian ($P_{\text{teoritis}} = P_{\text{pengujian}}$)

Benda Uji (mm)	$P_{\text{teoritis}} = P_{\text{pengujian}}$ (kN)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Pengujian (mm)
Benda Uji 1 Lb=1000	24	13,5	13,93
Benda uji 2 Lb = 1000	29	11,768	10,07
Benda Uji 3 Lb = 1500	18	3,327	4,94
Benda uji 4 Lb = 1500	14	6,711	8,87

Beban teoritis diambil sama dengan beban yang terjadi pada saat pengujian dan dari Gambar (5.8),(5.9),(5.10),(5.11) maka dapat disimpulkan seperti pada Tabel (5.9).

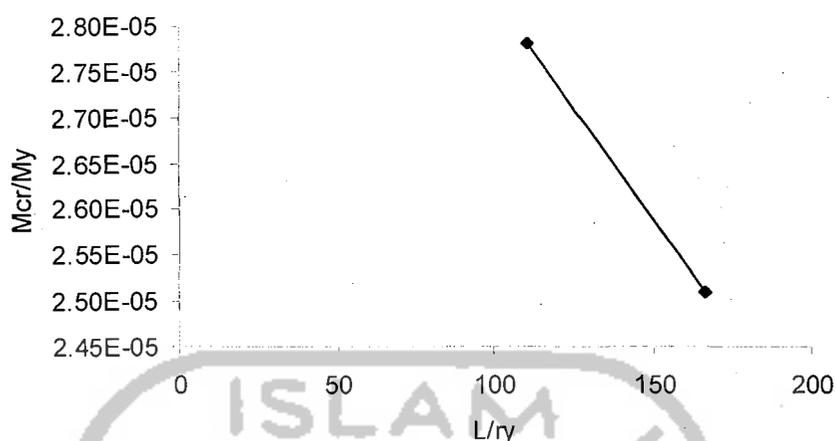
Tabel 5.9 Analisa Perbandingan Beban-Lendutan Secara Teoritis dengan Beban-Lendutan Pengujian ($P_{\text{teoritis}} \neq P_{\text{pengujian}}$)

Benda Uji (mm)	P_{teoritis} (kN)	$P_{\text{pengujian}}$ (kN)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Pengujian (mm)
Benda Uji 1 Lb=1000	22,587	24	13,01625	13,93
Benda uji 2 Lb = 1000	22,587	29	11,71875	10,07
Benda Uji 3 Lb = 1500	22,587	18	3,328125	4,94
Benda uji 4 Lb = 1500	22,587	14	7,66875	8,87

Beban teoritis diperoleh berdasarkan gaya geser maksimum yang seharusnya terjadi pada gelagar pelat dan beban teoritis tersebut bukan berdasarkan beban yang terjadi pada saat pengujian.

5.2.9 Hubungan Rasio M_{cr}/M_y dengan L/ry

Dari hasil penelitian diperoleh beban maksimum untuk setiap benda uji yang akan digunakan untuk menghitung besarnya momen kritis pada setiap benda uji tersebut. Berikut ini adalah grafik hasil perhitungan M_{cr}/M_y dan L/ry untuk masing-masing benda uji.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Rasio M_{cr}/M_y dengan L/r_y Untuk Keempat Benda Uji

5.2.10 Analisa Rasio M_{cr}/M_y dan L/r_y

Tabel 5.10 Analisa Rasio M_{cr}/M_y dan L/r_y

Benda Uji	M_{cr}/M_y	L/r_y	M_{cr}/M_y rata-rata	M_{cr}/M_y rata-rata %	L/r_y %
Benda Uji 1 Lb = 1000 mm	2,51E-05	111,1111	2,78E-05	100	66,66665
Benda Uji 2 Lb = 1000 mm	3,04E-05	111,1111			
Benda Uji 3 Lb = 1500 mm	2,82E-05	166,6667	2,51E-05	90,45045	100
Benda Uji 4 Lb = 1500 mm	2,20E-05	166,6667			

5.3 Analisa Kerusakan Pada Benda Uji

Dalam penelitian gelagar pelat kantilever ini terjadi kerusakan pada bagian kantilever yang menerima beban dan tidak diberi pengaku lateral seperti pada foto-foto dalam Lampiran 9.

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.

Hal ini menunjukkan bahwa $h/t > 162$ rawan terhadap tekuk. Karena badan tertekuk maka sayap atas dan sayap bawah juga ikut mengalami kerusakan kearah lateral (horisontal) atau terjadi puntir.

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 $F_u = 260$ Mpa dapat digolongkan sebagai baja carbon, dan hasil pengujian kuat tarik Profil L (30x30x3) dengan $F_y = 160$ Mpa dan $F_u = 380$ Mpa maka baja dapat digolongkan sebagai baja carbon, dengan asumsi bahwa F_y kurang dari 210Mpa termasuk baja carbon.

5.4.2 Kuat Lentur Vertikal Gelagar Pelat Kantilever Berdasarkan Hubungan Beban-Lendutan Lentur (vertikal)

Dengan mengamati hubungan beban-lendutan keempat benda uji pada Gambar (5.1) dapat dilihat bahwa keempatnya mempunyai perilaku yang hampir sama yaitu mulai dari titik awal sampai beban maksimum kemudian beban tetap maksimum dengan lendutan yang semakin bertambah besar.

Gelagar pelat dengan $L_b = 1500$ mm (benda uji 3 dan 4) mempunyai kuat lentur lebih baik 15,01% dari gelagar dengan $L_b = 1000$ mm (benda uji 1 dan 2). Gelagar pelat dengan $L_b = 1500$ mm dapat memikul beban maksimum rata-rata 16 kN sedangkan gelagar pelat dengan $L_b = 1000$ mm dapat memikul beban maksimum rata-rata 26,5 kN seperti pada Tabel (5.2). Jadi semakin panjang gelagar tidak diberi pengaku lateral (L_b) maka akan menerima beban yang semakin kecil tetapi untuk gelagar pelat yang memiliki L_b lebih panjang tersebut menghasilkan kekakuan yang lebih baik dibandingkan gelagar pelat yang memiliki L_b lebih pendek.

5.4.3 Daktilitas Ditinjau dari Hubungan Beban-Lendutan Lentur (vertikal)

Dari hasil pengamatan Gambar (5.1) selain didapat kekakuan juga dapat dianalisis untuk mencari daktilitas gelagar pelat kantilever seperti dalam Tabel (5.3).

Gelagar pelat dengan $L_b = 1000$ mm mempunyai daktilitas rata-rata sebesar 1,65 sedangkan untuk gelagar pelat dengan $L_b = 1500$ mm mempunyai daktilitas rata-rata sebesar 1,16. Gelagar pelat dengan $L_b = 1500$ mengalami penurunan daktilitas sebesar 0,005 dibanding dengan gelagar pelat dengan $L_b = 1000$ mm. Dengan demikian maka gelagar pelat kantilever dengan jarak tidak berpengaku lateral (L_b) yang lebih kecil memiliki daktilitas yang lebih besar dibanding dengan gelagar pelat kantilever dengan L_b yang lebih panjang.

5.4.4 Kuat Lentur Horizontal Gelagar Pelat Kantilever berdasarkan Hubungan Beban-lendutan Lateral (Horizontal)

Dengan mengamati Gambar (5.2) dapat dilihat bahwa keempat benda uji memiliki pola yang hampir sama yaitu mulai dari titik awal sampai beban maksimum kemudian beban tetap maksimum dengan lendutan yang semakin bertambah besar.

Dari Tabel (5.4) dapat dilihat besarnya kekakuan yang dimiliki oleh keempat benda uji. Gelagar pelat kantilever dengan $L_b = 1000$ mm mempunyai kekakuan rata-rata $1,56520$ kN/mm sedangkan gelagar pelat dengan $L_b = 1500$ mm mempunyai kekakuan rata-rata sebesar $0,78825$ kN/mm. Dapat dilihat dari hal tersebut bahwa kekakuan horizontal untuk gelagar pelat kantilever berbanding terbalik dengan kekakuan vertikal gelagar pelat kantilever. Tampak bahwa pada kekakuan horizontal gelagar pelat kantilever dengan L_b yang lebih pendek memiliki kekakuan yang lebih baik dibandingkan dengan L_b yang lebih panjang.

5.4.5 Daktilitas Ditinjau dari Hubungan Beban-Lendutan Lateral (horizontal)

Dari hasil pengamatan pada Gambar (5.2) didapat analisa untuk mencari daktilitas gelagar pelat kantilever seperti pada tabel (5.5).

Gelagar pelat dengan $L_b = 1000$ mm mempunyai daktilitas rata-rata 1,045 sedangkan untuk $L_b = 1500$ mm mempunyai daktilitas rata-rata 1,33. Seperti halnya kekakuan maka untuk daktilitas horisontal juga berbanding terbalik dengan daktilitas vertikal yaitu untuk daktilitas horisontal gelagar pelat kantilever dengan $L_b = 1500$ mm mengalami kenaikan sebesar 0,285. Jadi daktilitas untuk L_b yang lebih panjang akan lebih besar dibanding L_b yang lebih pendek.

5.4.6 Kuat Lentur Gelagar Pelat Kantilever ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan

Dengan mengamati Gambar (5.3) grafik hubungan momen-kelengkungan dapat dilihat keempatnya memiliki perilaku yang hampir sama. Dari Tabel (5.6) dapat dilihat EI rata-rata untuk $L_b = 1000$ mm adalah 74567029 kN/mm^2 sedangkan untuk $L_b = 1500$ mm memiliki EI rata-rata = $129336942 \text{ kN/mm}^2$. Terlihat bahwa untuk L_b yang lebih pendek memiliki EI yang lebih kecil dibandingkan dengan L_b yang lebih panjang.

5.4.7 Daktilitas Gelagar Pelat Kantilever Ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan

Dengan mengamati Gambar (5.3) grafik hubungan momen-kelengkungan selain menghasilkan besarnya EI untuk masing-masing benda uji juga didapat analisa daktilitas kelengkungan seperti pada Tabel (5.7).

Terlihat bahwa daktilitas rata-rata untuk $L_b = 1000$ mm sebesar 1,02 dan untuk $L_b = 1500$ mm sebesar 1,437. Daktilitas untuk $L_b = 1000$ mm mengalami penurunan sebesar 0,335 dibandingkan dengan daktilitas untuk $L_b = 1500$ mm.

5.4.8 Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teoritis dengan Hubungan Beban-Lendutan Pengujian

Dari Gambar (5.4),(5.5),(5.6),(5.7) serta (5.8),(5.9),(5.10),(5.11) dapat terlihat adanya persamaan perilaku antara lendutan teoritis dan lendutan pengujian hanya saja lendutan teoritis cenderung linier dan lendutan pengujian tidak dapat linier. Dari keempat benda uji dengan $P_{\text{teoritis}} \neq P_{\text{pengujian}}$ tampak bahwa P_{teoritis} untuk benda uji dengan $L_b = 1000$ mm lebih kecil dibandingkan dengan $P_{\text{pengujian}}$ nya sedangkan untuk $L_b = 1500$ mm P_{teoritis} lebih besar dari $P_{\text{pengujian}}$ nya. Hal ini disebabkan pada $L_b = 1000$ mm adanya tambahan pengaku lateral pada bagian kantilever sebesar 500 mm sehingga gelagar pelat kantilever dapat menerima beban yang lebih besar daripada P_{teoritis} , sedangkan untuk $L_b = 1500$ mm tidak ada tambahan pengaku lateral pada bagian kantilever.

5.4.9 Hubungan Rasio M_{cr}/M_y dengan L/r_y

Dari Gambar (5.8) grafik hubungan rasio M_{cr}/M_y dengan L/r_y dan Tabel (5.9) tampak bahwa benda uji dengan $L_b = 1000$ mm memiliki rasio M_{cr}/M_y yang lebih besar dibanding dengan benda uji dengan $L_b = 1500$ mm, hal ini

karena pada benda uji yang memiliki $L_b = 1000$ mm dapat menerima beban jauh lebih besar dibandingkan benda uji dengan $L_b = 1500$ mm. Karena itu benda uji dengan $L_b = 1000$ mm memiliki kenaikan nilai rasio M_{cr}/M_y sebesar 9,54955% dibanding dengan benda uji dengan $L_b = 1500$ mm. Sedangkan untuk rasio L/r_y berbanding terbalik dengan rasio M_{cr}/M_y yaitu untuk $L_b = 1000$ mm mengalami penurunan nilai sebesar 33,334 % dibanding benda uji dengan $L_b = 1500$ mm.

