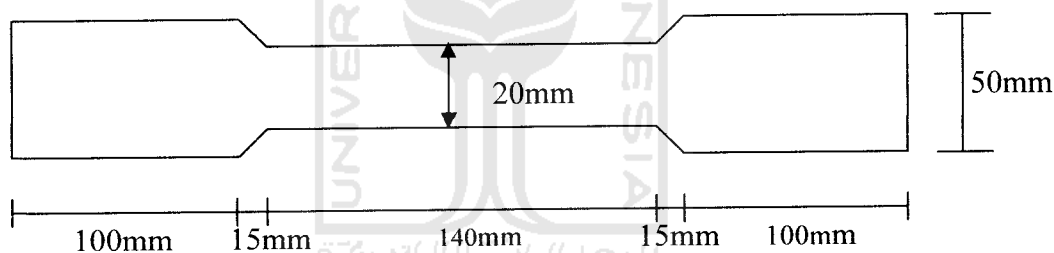


BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja.

Uji tarik baja terhadap benda uji yang dibuat dari besar pelat badan dan pelat sayap, dikerjakan guna mengetahui sifat-sifat baja, yaitu tegangan leleh (F_y) dan kuat tarik (F_u). bentuk benda uji ditunjukkan pada Gambar 5.1. uji dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* merk *shimitzu type UMH 30* dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari pengujian didapatkan data hasil kuat tarik baja pada Tabel (5.1).



Gambar 5.1 Benda uji tarik baja

Tabel 5.1 hasil uji tarik baja

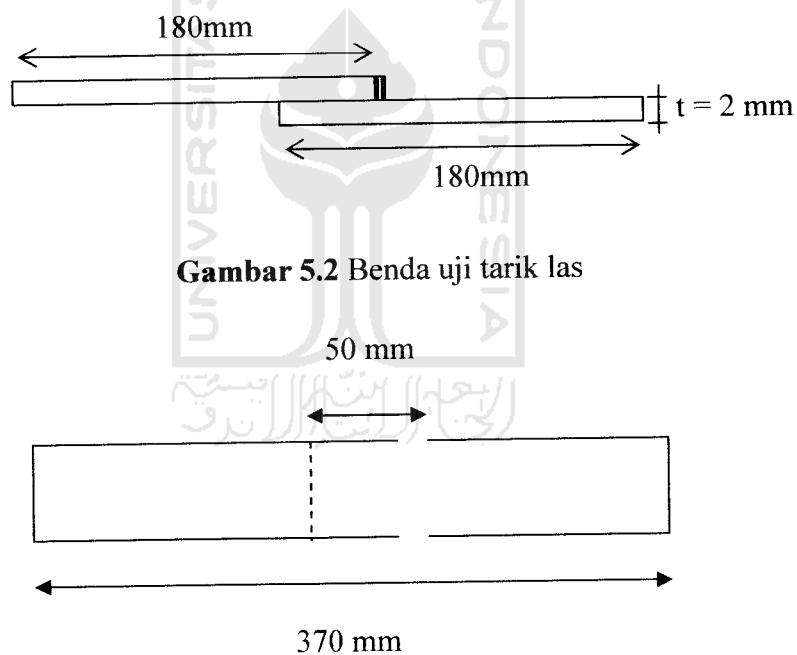
No	b mm	Tebal mm	A mm ²	P leleh (N)	P maks (N)	P patah (N)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
1	20	2	40	11994	14193	2230	300	355
2	30	3	60	18716,5	25467,5	18915	310	424

Dari hasil uji tarik baja didapatkan bahwa untuk pelat dengan tebal 2 mm nilai $F_u/F_y = 355/300 = 1,18$ sedangkan pada pelat 3 mm nilai $F_u/F_y = 424/310 = 1,36$. F_u/F_y pelat 3 mm lebih besar daripada F_u/F_y pelat 2 mm. Jadi pelat 2 mm memiliki kuat tarik yang lebih besar.

5.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Las.

Uji tarik las dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merk *shimitzu type* UMH 30 dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Bentuk benda uji ditunjukkan pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Benda uji tarik las

$$\text{Lebar las} = 3 \text{ cm} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Ketebalan Las (h)} = 0,5 \times t \times \sqrt{2} = 0,5 \times 2 \times \sqrt{2} = 1,14 \text{ mm}$$

$$\text{Luasan (A)} = 1,14 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} = 34,2 \text{ mm}^2$$

Dari hasil pengujian didapatkan hasil tarik las ditunjukkan pada Tabel (5.2) yaitu :

Tabel 5.2 Hasil Uji Tarik Las

No	P Maksimum (N)	F_u (MPa)
1	17972,1	424

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kuat tarik las yaitu 424 MPa yaitu memenuhi persyaratan las 70 Ksi atau setara dengan 490 MPa. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 2.

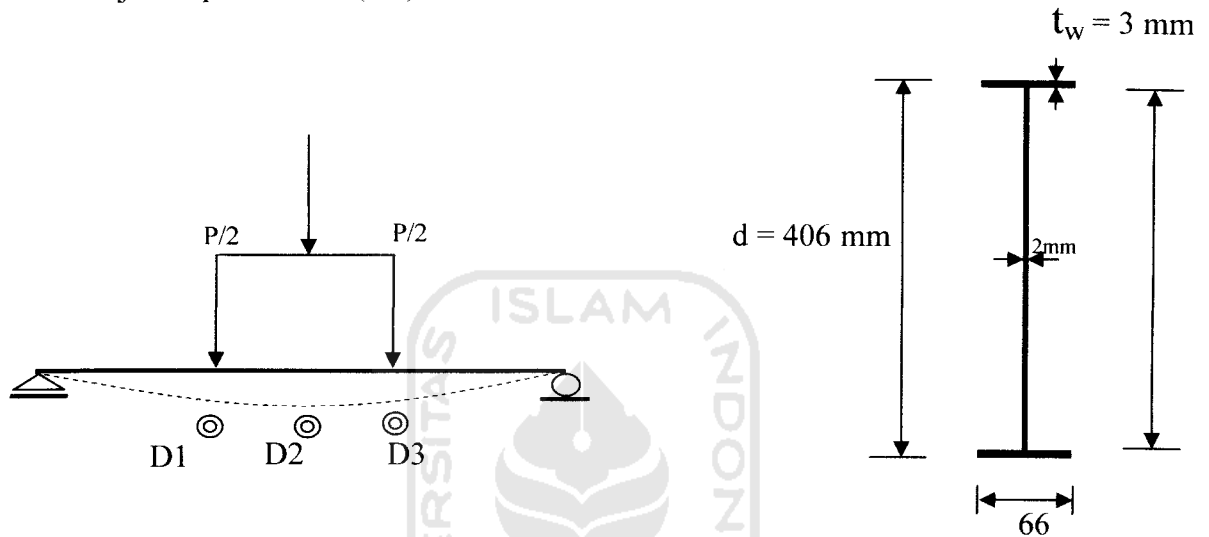
5.3 Hasil Uji Lentur Gelagar Pelat Penampang I dan Dobel Delta.

Pengujian gelagar pelat I dan gelagar pelat penampang Dobel Delta dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia. Pengujian dilaksanakan dengan sampel gelagar I dan Dobel Delta diberikan beban dengan menggunakan *Hidrolick Jack* dengan kapasitas beban sebesar 30 Ton (300 kN). Pada setiap sisi kanan dan kiri gelagar pelat I dan gelagar pelat Dobel Delta saat diuji diberikan Pengaku (*bracing*) dengan tujuan agar pelat tidak terjadi tekuk puntir lateral (*lateral torsional buckling*). Adapun data-data yang didapatkan pada pengujian adalah sebagai berikut :

5.3.1 Grafik Hasil Pengujian Gelagar Pelat I Dan Dobel Delta.

Uji kuat lentur gelagar pelat ini dilaksanakan dengan memberikan dua beban yang terletak sepanjang 1550 mm dan terletak pada tengah bentang. Bentuk benda uji

ditunjukkan pada Gambar 5.3. Kemudian secara bertahap diberi kenaikan beban sebesar 4 kN, pada setiap tahapan kenaikan beban dicatat lendutan (*defleksi*) yang terjadi pada gelagar pelat. Data pengujian ini dapat dilihat pada lampiran laporan tugas akhir ini. Dari Uji lentur gelagar penampang pelat I didapatkan data-data yang ditunjukkan pada Tabel (5.3).



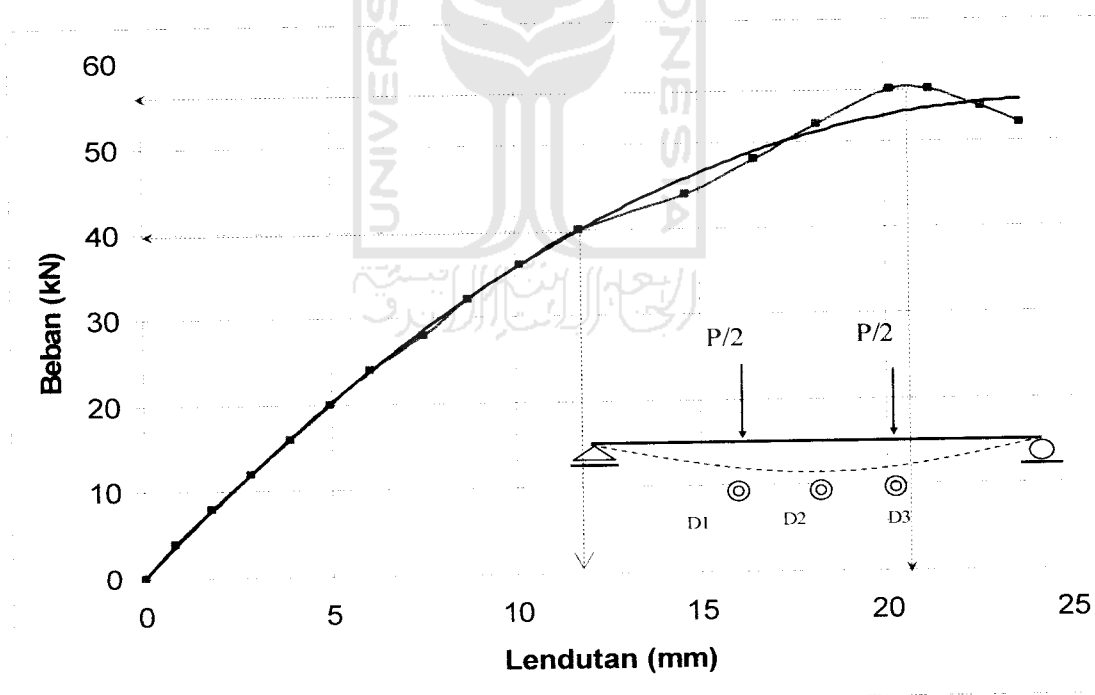
Gambar 5.3 Gelagar Penampang I

Tabel 5.3 Hasil Uji Beban-Lendutan Gelagar pelat I

Beban		Lendutan (x0,01 mm)		
P (ton)	kN	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0.0	0	0	0	0
0.4	4	50	80	25
0.8	8	137	178	129
1.2	12	223	282	232
1.6	16	325	387	331
2.0	20	417	496	440
2.4	24	517	605	540
2.8	28	645	752	720

3.2	32	749	872	825
3.6	36	874	1,012	938
4.0	40	1,021	1,176	1,125
4.4	44	1,235	1,464	1,336
4.8	48	1,400	1,647	1,522
5.2	52	1,684	1,818	1,638
5.6	56	1,889	2,014	1,829
5.6	56	2,002	2,120	1,923
5.4	54	2,176	2,260	2,027
5.2	52	2,327	2,367	2,210

Tabel 5.3 dapat ditentukan dalam bentuk kurva hubungan beban deformasi yang ditunjuk pada Gambar 5.3



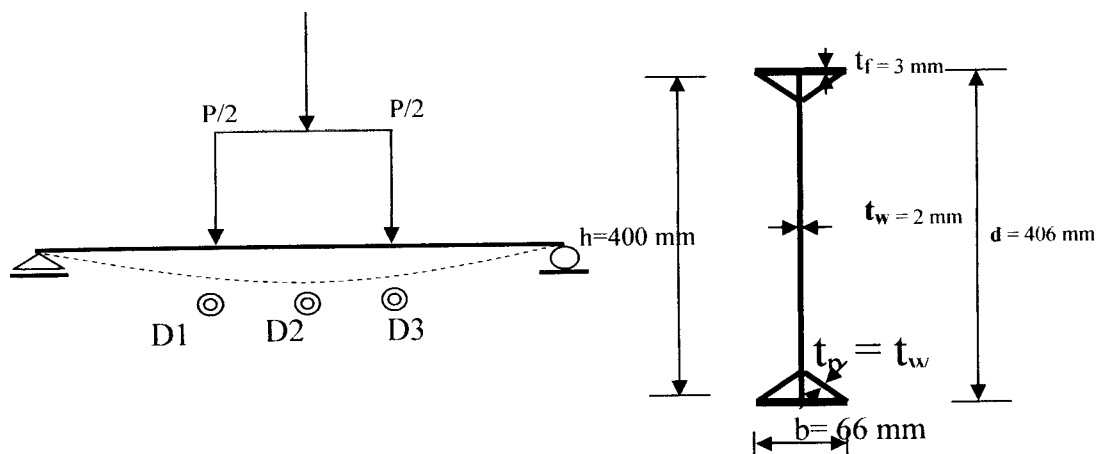
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Gelagar Pelat I

Dari Gambar 5.4 didapatkan data nilai lendutan pada dial 1 = 18,89 mm, lendutan pada dial 2 = 20,14 mm dan lendutan pada dial 3 = 18,29 mm, dan nilai $P_y = 40$ kN, nilai $\Delta_y = 11,8$ mm didapat juga nilai $P_u = 56$ kN, nilai $\Delta_u = 20,14$ mm. Dari pengujian yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan bahwa nilai lendutan terbesar terjadi pada $\frac{1}{2}$ panjang bentang atau pada pembacaan dial 2 dengan nilai lendutan sebesar 20,14 mm. Namun pembacaan pada dial 1 dan dial 3 tidak memiliki nilai yang sama persis tapi hanya mendekati hal ini dikarenakan pada saat pengujian beban bergeser sehingga pemberian beban tidak tepat pada $\frac{1}{3}$ panjang bentang. Selain itu, dari grafik diatas didapatkan beban maksimum yang diterima oleh gelagar pelat I adalah sebesar 56 kN. Dari Gambar 5.4 didapat nilai beban leleh dan beban maximum gelagar pelat I yang ditunjukkan pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Nilai Beban leleh (P_y) dan Beban maksimum (P_u) Pelat I

Pelat	P_y (kN)	P_{max} (kN)	M_y (kNmm)	M_{max} (kNmm)	S_x (mm ³)	$F_y = M_y / S_x$ Mpa	$F_{max} = M_{max} / S_x$ Mpa
I	40	56	3100000	4340000	131751,01	235,2	329,4

Pada Pelat Dobel Delta Bentuk benda uji ditunjukkan pada Gambar (5.5). Kemudian secara bertahap diberi kenaikan beban sebesar 4 kN, pada setiap tahapan kenaikan beban dicatat lendutan (*defleksi*) yang terjadi pada gelagar pelat. Dari Uji lentur gelagar penampang pelat I didapatkan data-data yang ditunjukkan pada Tabel (5.5).



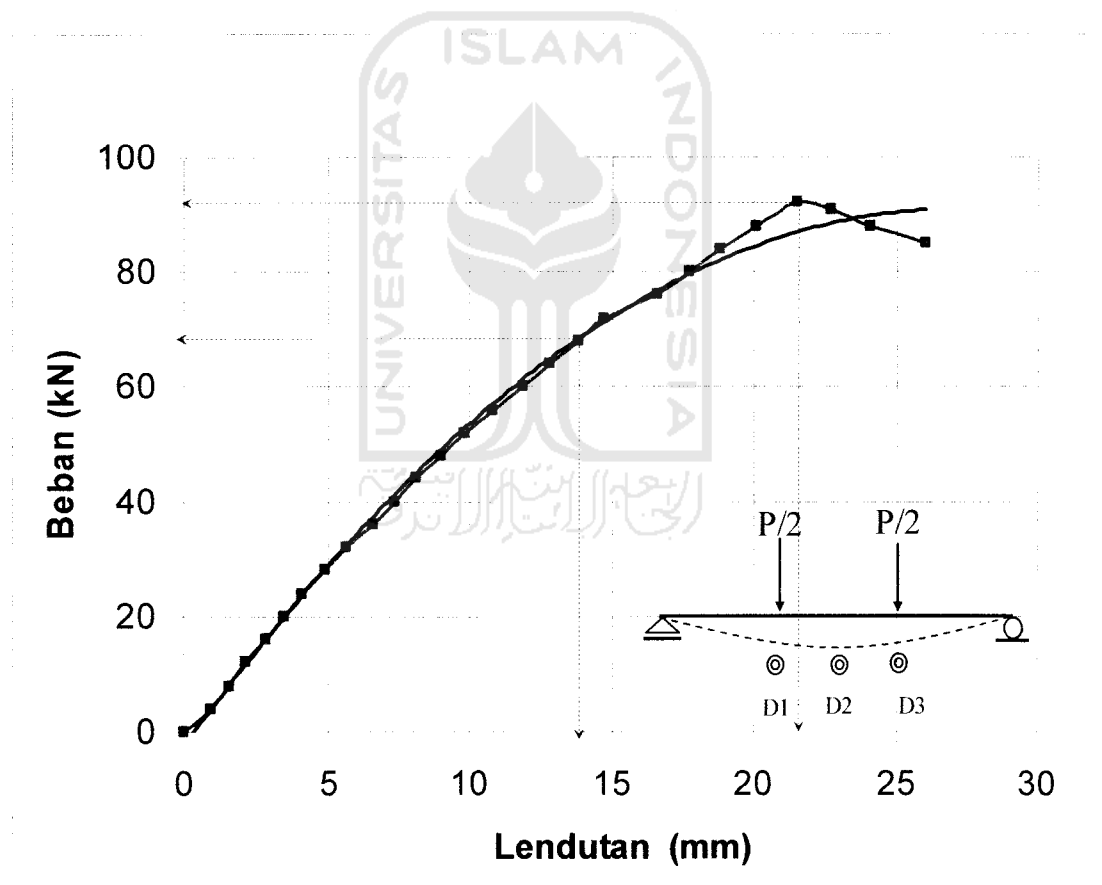
Gambar 5.5 Gelagar Penampang Dobel Delta

Tabel 5.5 Hasil Uji Beban-Lendutan Gelagar pelat Dobel Delta

Beban		Lendutan (x0,01 mm)		
P (ton)	kN	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0.0	0	0	0	0
0.4	4	84	95	88
0.8	8	137	158	168
1.2	12	189	215	197
1.6	16	247	280	281
2.0	20	303	343	367
2.4	24	362	408	390
2.8	28	433	490	481
3.2	32	503	565	573
3.6	36	578	659	666
4.0	40	653	735	698
4.4	44	719	812	784
4.8	48	794	900	879
5.2	52	866	980	970
5.6	56	956	1082	1068
6.0	60	1049	1186	1166
6.4	64	1134	1282	1208
6.8	68	1226	1384	1295
7.2	72	1303	1470	1383

7.6	76	1471	1658	1571
8.0	80	1576	1775	1667
8.4	84	1674	1882	1762
8.8	88	1796	2005	1871
9.2	92	1919	2149	1976
9.1	91	2023	2268	2084
8.8	88	2145	2408	2198
8.5	85	2308	2601	2392

Tabel 5.5 dapat ditentukan grafik hubungan beban terhadap regangan untuk penampang pelat Dobel delta yang ditunjuk pada gambar 5.4



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Beban –Lendutan Gelagar Pelat Dobel Delta

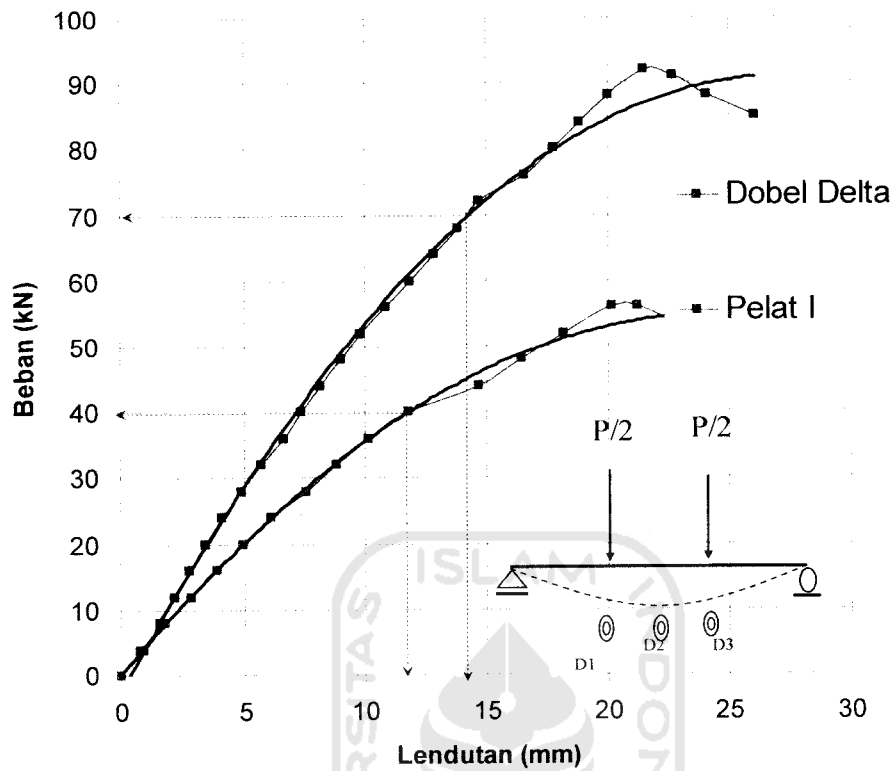
Dari Gambar (5.6) didapatkan data nilai lendutan pada dial 1 = 19,19 mm, lendutan pada dial 2 = 21,49 mm dan lendutan pada dial 3 = 19,76 mm, dan nilai $P_y = 70$ kN, nilai $\Delta_y = 14,8$ mm didapat juga nilai $P_u = 92$ kN, nilai $\Delta_u = 21,49$ mm. Dari pengujian yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan bahwa nilai lendutan terbesar terjadi pada $\frac{1}{2}$ panjang bentang atau pada pembacaan dial 2 dengan nilai lendutan sebesar 21,49 mm. Namun pembacaan pada dial 1 dan dial 3 tidak memiliki nilai yang sama persis tapi hanya mendekati hal ini dikarenakan pada saat pengujian beban bergeser sehingga pemberian beban tidak tepat pada $\frac{1}{3}$ panjang bentang. Selain itu, dari grafik diatas didapatkan beban maksimum yang diterima oleh gelagar pelat I adalah sebesar 92 kN. Dari Gambar 5.6 didapat nilai beban leleh dan beban maximum gelagar pelat Dobel Delta yang ditunjukkan pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Nilai Beban leleh (P_y) dan Beban maksimum (P_u) Pelat Dobel Delta

Pelat	P_y (kN)	P_u (kN)	M_y (kNmm)	M_{max} (kNmm)	S_x (mm ³)	$F_y = M_y/S_x$ Mpa	$F_u = M_{max}/S_x$ Mpa
I	70	92	5425000	7130000	175659,54	308,83	405,8

5.3.2 Hubungan Beban-Lendutan Gelagar I Versus Dobel Delta.

Untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada gelagar pelat I dan dobel delta, maka dilakukan perhitungan lendutan hasil pengujian. Dari hasil uji diperoleh data-data beban deformasi dan akan diperoleh grafik hubungan beban –lendutan. Berikut ini grafik hubungan beban-lendutan hasil pengujian pelat I dan Pelat dobel delta yang ditunjuk pada gambar 5.7



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Pelat I dan Dobel Delta

Gambar 5.7 menunjukkan gelagar pelat dobel delta lebih besar menerima beban dibandingkan pelat I yaitu $P_y = 70$ kN, nilai $\Delta_y = 14,8$ mm untuk gelagar pelat Dobel Delta dan $P_y = 40$ kN, $\Delta_y = 11,8$ mm untuk gelagar pelat I. Hal ini menunjukkan bahwa dengan memodifikasi gelagar pelat I menjadi pelat Dobel Delta dapat meningkatkan kekuatan pelat terhadap beban hingga $70/40 = 1,75$ kali. Selain itu, dengan menambahkan pelat penopang pada pelat badan dan sisi pelat sayap akan mengurangi penurunan akibat pembebanan hingga 1,093 kali.

Dari data pembebanan maksimum yang didapat dari pengujian laboratorium kemudian dapat digunakan untuk mencari nilai kekakuan gelagar pelat. Untuk mengetahui nilai kekakuan gelagar pelat I dan Gelagar pelat Dobel delta dapat dicari dengan persamaan 5.1 sebagai berikut yaitu :

$$k = \frac{P_y}{\Delta_y} \quad (5.1)$$

Dengan menggunakan Persamaan 5.1 maka nilai kekakuan untuk profil I dan gelagar dobel delta ditunjukkan pada Tabel (5.7) dan (5.8).

Tabel 5.7 Kekakuan Gelagar Pelat I Dengan Berbagai Variasi h/b

Nilai I	h/b=5,3	h/b=6
Beban (kN)	44	40
Lendutan (mm)	11,48	11,8
Kekakuan (kN/mm)	3,83	3,38

Tabel 5.8 Kekakuan Gelagar Pelat Dobel Delta Dengan Berbagai Variasi h/b

Nilai I	h/b=5,3	h/b=6
Beban (kN)	76	70
Lendutan (mm)	15,59	14,8
Kekakuan (kN/mm)	4,87	4,72

Dari perhitungan kekakuan diatas tampak jelas bahwa terjadi peningkatan kekakuan sebesar $70/14,8 = 4,72$ untuk gelagar pelat dobel delta dan $40/11,8 = 3,38$ untuk gelagar pelat I. Data ini menunjukkan bahwa dengan memodifikasi pelat I

menjadi Pelat Dobel Delta dapat meningkatkan kekakuan gelagar pelat hingga

$$\left[\frac{kDD}{kI} \right] = \frac{4,72}{3,38} = 1,39 \text{ kali.}$$

5.3.3 Nilai Tegangan Kritis (F_{cr}). Gelagar I dan Dobel Delta.

Hasil pengujian gelagar pelat I dan Gelagar pelat dobel delta menunjukkan beban maksimum (P) pada kedua gelagar yaitu 56 kN pada gelagar pelat I dan 92 kN pada gelagar pelat dobel delta. Dari beban maksimum dapat diperoleh nilai batas momen maksimum yaitu dengan persamaan 5.2 sebagai berikut :

$$M_{maks} = \frac{1}{6} x P x L \quad (5.2)$$

Dimana Pmax Penampang pelat I = 56 kN

Dimana Pmax Penampang pelat Dobel Delta = 92 kN

Panjangnya (L) = 4650 mm

$$M_{max} = 1/6 x 56 x 4650 = 4340000 \text{ kgmm}$$

Dari persamaan 5.2 kita dapat menentukan nilai momen kritis (M_{cr}) pelat I dan Pelat Dobel Delta yang ditunjukkan pada Tabel (5.9).

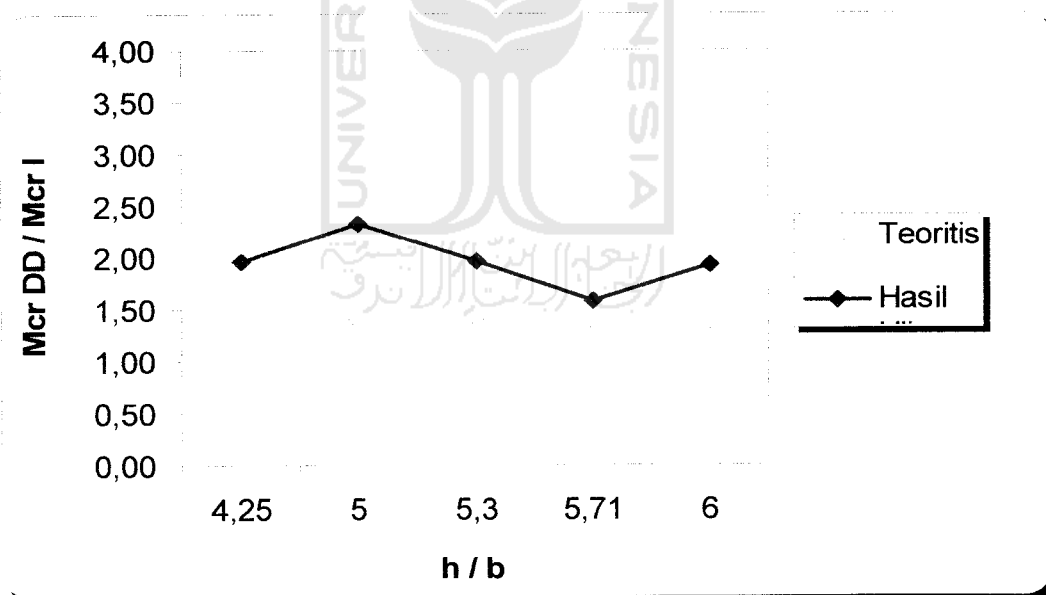
Tabel 5.9 Nilai Momen Kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Variasi	h/b=5,3	h/b=6
I (Nmm)	46500000	43400000
Dobel Delta (Nmm)	80600000	71300000
M_{crDD}/M_{crl}	1,73	1,64

Tabel 5.10 Nilai Momen Kritis Secara Teoritis.

Variasi	$h/b=5,3$	$h/b=6$
I (Nmm)	52537250	49164140
Dobel Delta (Nmm)	69448156	61783775
M_{crDD}/M_{crI}	1,32	1,25

Tabel (5.9) dan Tabel (5.10) menunjukkan terjadi peningkatan momen kritis hasil pengujian dan nilai momen kritis berdasarkan teori. Dari nilai-nilai diatas dapat ditunjuk dalam grafik pada gambar 5.8

**Gambar 5.8** Grafik Hubungan M_{cr} Uji Versus M_{cr} Teoritis

karena nilai Inersia dari kedua profil sudah diketahui, maka akan didapatkan nilai S_x Gelagar Pelat I dan Gelagar Pelat Dobel delta dengan persamaan 5.3 sebagai berikut yaitu :

$$S_x = \frac{I_x}{y} \quad (5.3)$$

Dimana I_x Penampang I = 26745454,67 mm⁴

I_x Penampang Dobel Delta = 35658887 mm⁴

Berdasarkan perhitungan persamaan (5.3) didapatkan nilai S_x yang ditunjukkan pada Tabel (5.11).

Tabel 5.11 Nilai S_x pada Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Profil	I	Dobel Delta
y (mm)	203	203
S_x (mm ³)	131751,008	175659,542

Dari kedua data-data diatas maka akan diperoleh nilai tegangan kritis (F_{cr}) pada Gelagar Pelat profil I dan Gelagar Pelat Profil Dobel Delta yaitu dengan persamaan 5.4 sebagai berikut :

$$F_{cr} = \frac{M_{cr}}{S_x} \quad (5.4)$$

Berdasarkan perhitungan persamaan (5.4) didapatkan nilai tegangan kritis yang ditunjukkan pada Tabel (5.12).

Tabel 5.12 Nilai Tegangan Kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta.

Variasi	h/b=5,3	h/b=6
I (MPa)	324,9	329,4
Dobel Delta (MPa)	419,6	405,8
F_{crDD}/F_{crI}	1,29	1,23

5.3.4 Nilai Koefisien Tekuk.

Dari hasil pengujian gelagar pelat I dan gelagar pelat Dobel Delta diperoleh beban maksimum (P) dan nilai tegangan kritis (F_{cr}). Karena Nilai $F_{cr} > F_y$ maka untuk menghitung nilai k dipakai data F_y , sehingga nilai koefisien tekuk (k) hasil pengujian dapat dicari dengan persamaan 5.5 dan persamaan 5.6 sebagai berikut yaitu :

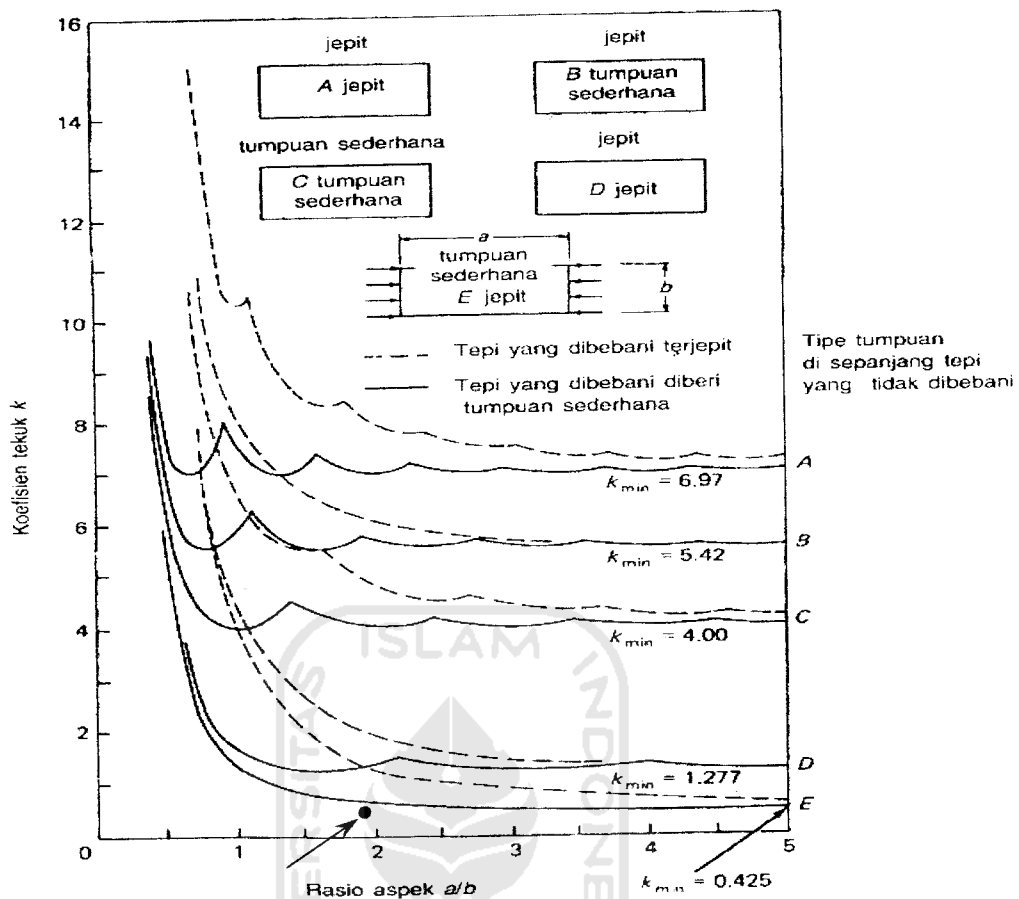
k badan :

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

k sayap :

$$k = \frac{F_{cr} \cdot 12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{b}{t}\right)^2}{\pi^2 \cdot E} \quad (5.6)$$

Secara teoritis nilai koefisien tekuk (k) untuk gelagar pelat I diasumsikan sebagai tumpuan sederhana dengan nilai k sebesar 0,425 pada sayap sedangkan pada pelat badan nilai koefisien tekuk diasumsikan sebesar 23,9. Untuk gelagar pelat Dobel Delta nilai koefisien tekuk (k) diasumsikan sebesar 4 pada pelat sayap dan 23,9 pada pelat badan. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai koefisien tekuk pelat sayap dan pelat badan sebagai berikut :



Tabel 5.13 Nilai Koefisien Tekuk (k) Pelat Sayap Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Variasi	$h/b = 5,3$	$h/b = 6$
k_I	0,26	0,21
$k_{Dobel\ Delta}$	0,35	0,26

Tabel 5.14 Nilai Koefisien Tekuk (k) Pelat Badan Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Variasi	$h/b = 5,3$	$h/b = 6$
k_I	68,47	69,42
$k_{Dobel\ Delta}$	88,42	85,52

5.3.5 Nilai Faktor Kelengkungan Pelat I dan Dobel Delta

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai beban-beban sampai mencapai beban maksimum. Dari data-data ini akan didapatkan nilai kelengkungan dari profil I dan profil Dobel delta. Dengan menggunakan persamaan 5.7 didapat nilai kelengkungan pelat sebagai berikut :

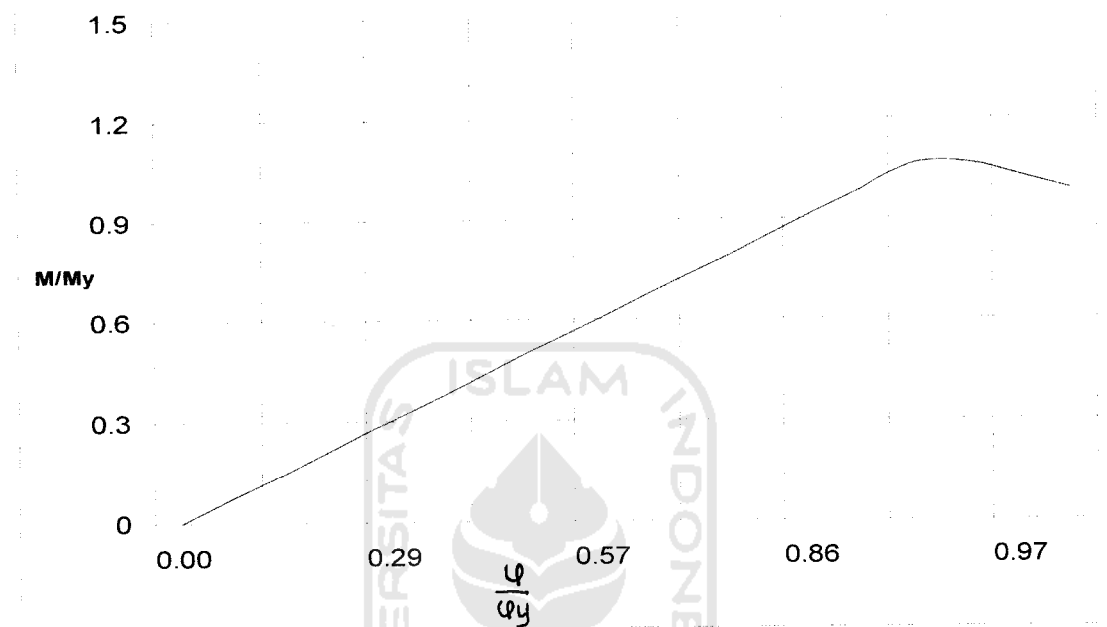
$$\varphi = \frac{\varepsilon}{h/2} \quad (5.7)$$

Dari persamaan 5.7 kita dapat menentukan nilai kelengkungan pelat I yang ditunjukkan pada Tabel 5.15

Tabel 5.15 Nilai Kelengkungan gelagar pelat penampang I.

Beban		Momen		F_{cr}	Regangan		engkungan
P (ton)	kN	(kNmm)	M/M _y	(Mpa)		φ/φ_y	1/mm
0.0	0	0	0	0	0	0	0.0000000
0.4	4	3100	0.0759007	23.52923171	0.00011204	0.07182305	0.0000006
0.8	8	6200	0.1518015	47.05846341	0.00022409	0.1436461	0.0000011
1.2	12	9300	0.2277022	70.58769512	0.00033613	0.21546915	0.0000017
1.6	16	12400	0.303603	94.11692682	0.00044818	0.28729221	0.0000022
2.0	20	15500	0.3795037	117.6461585	0.00056022	0.35911526	0.0000028
2.4	24	18600	0.4554045	141.1753902	0.00067226	0.43093831	0.0000034
2.8	28	21700	0.5313052	164.7046219	0.00078431	0.50276136	0.0000039
3.2	32	24800	0.607206	188.2338536	0.00089635	0.57458441	0.0000045
3.6	36	27900	0.6831067	211.7630853	0.0010084	0.64640746	0.0000050
4.0	40	31000	0.7590075	235.2923171	0.00112044	0.71823052	0.0000056
4.4	44	34100	0.8349082	258.8215488	0.00123248	0.79005357	0.0000062
4.8	48	37200	0.910809	282.3507805	0.00134453	0.86187662	0.0000067
5.2	52	40300	0.9867097	305.8800122	0.00145657	0.93369967	0.0000073
5.6	56	43400	1.0626104	329.4092439	0.00156862	1.00552272	0.0000078
5.6	56	43400	1.0626104	329.4092439	0.00156862	1.00552272	0.0000078
5.4	54	41850	1.0246601	317.644628	0.00151259	0.9696112	0.0000076
5.2	52	40300	0.9867097	305.8800122	0.00145657	0.93369967	0.0000073

Tabel 5.15 dapat menentukan kurva perbandingan Momen terhadap Kelengkungan pada pelat penampang I yang ditunjukkan pada gambar 5.7



Gambar 5.9 Kurva Perbandingan M/M_y versus ϕ/ϕ_y gelagar penampang I

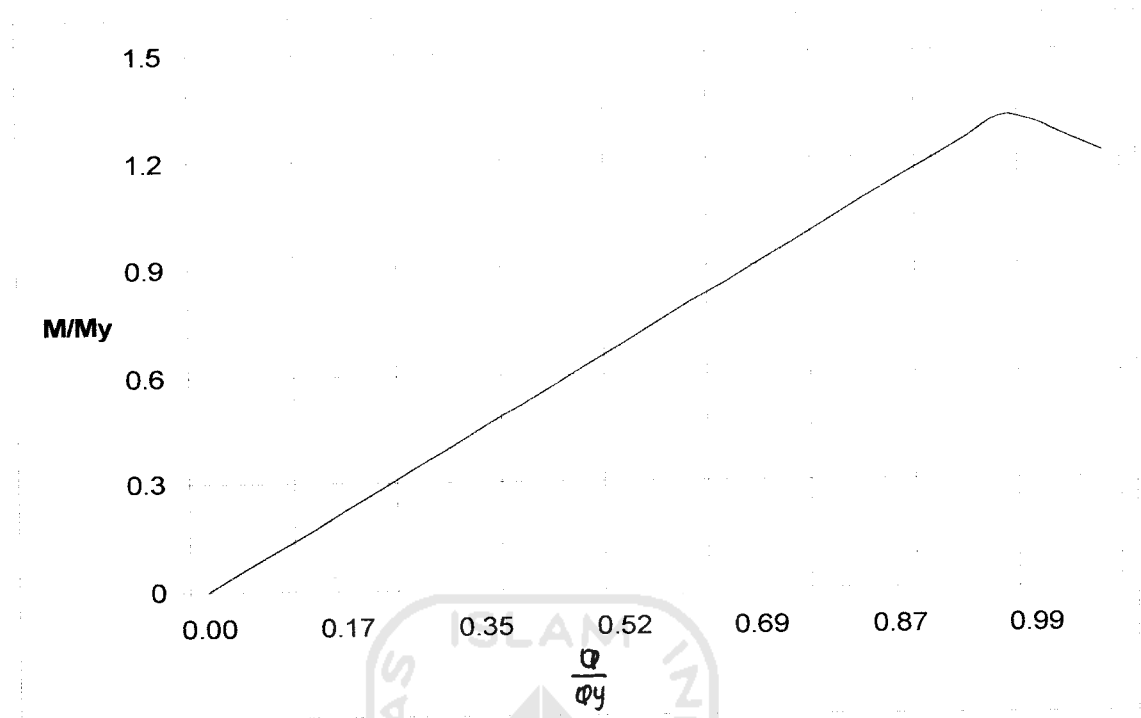
Dari pengujian pelat double delta didapatkan nilai kelengkungan yaitu:

Tabel 5.16 Nilai Kelengkungan gelagar pelat Double Delta

Beban		Momen			F_{cr}	Regangan		Kelengkungan
P (ton)	kN	(kNmm)	M/M_y		(Mpa)		ϕ/ϕ_y	1/mm
0.0	0	0	0		0	0	0	0.0000000
0.4	4	3100	0.0569283		17.64777	0.00008403	0.04331805	0.0000004
0.8	8	6200	0.1138566		35.29554	0.00016807	0.08663611	0.0000008
1.2	12	9300	0.1707849		52.94332	0.00025211	0.12995416	0.0000013
1.6	16	12400	0.2277132		70.59109	0.00033615	0.17327221	0.0000017
2.0	20	15500	0.2846415		88.23887	0.00042019	0.21659026	0.0000021

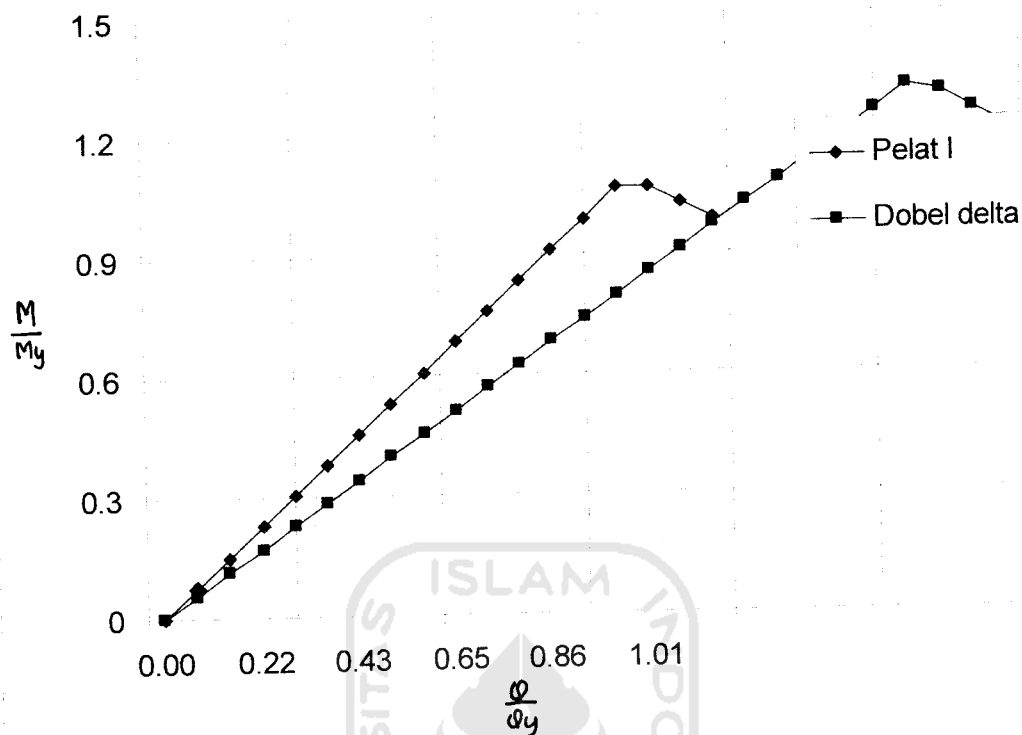
2.0	20	15500	0.2846415	88.23887	0.00042019	0.21659026	0.0000021
2.4	24	18600	0.3415698	105.8866	0.00050422	0.25990832	0.0000025
2.8	28	21700	0.3984981	123.5344	0.00058826	0.30322637	0.0000029
3.2	32	24800	0.4554264	141.1821	0.0006723	0.34654442	0.0000034
3.6	36	27900	0.5123548	158.8299	0.00075633	0.38986247	0.0000038
4.0	40	31000	0.5692831	176.4777	0.00084037	0.43318053	0.0000042
4.4	44	34100	0.6262114	194.1255	0.00092441	0.47649858	0.0000046
4.8	48	37200	0.6831397	211.7732	0.00100844	0.51981663	0.0000050
5.2	52	40300	0.740068	229.4210	0.00109248	0.56313468	0.0000055
5.6	56	43400	0.7969963	247.0688	0.00117652	0.60645274	0.0000059
6.0	60	46500	0.8539246	264.7166	0.00126056	0.64977079	0.0000063
6.4	64	49600	0.9108529	282.3643	0.00134459	0.69308884	0.0000067
6.8	68	52700	0.9677812	300.0121	0.00142863	0.73640689	0.0000071
7.2	72	55800	1.0247095	317.6599	0.00151267	0.77972495	0.0000076
7.6	76	58900	1.0816378	335.3077	0.0015967	0.823043	0.0000080
8.0	80	62000	1.1385661	352.9554	0.00168074	0.86636105	0.0000084
8.4	84	65100	1.1954944	370.6032	0.00176478	0.9096791	0.0000088
8.8	88	68200	1.2524227	388.2510	0.00184881	0.95299716	0.0000092
9.2	92	71300	1.309351	405.8988	0.00193285	0.99631521	0.0000097
9.1	91	70525	1.295119	401.4868	0.00191184	0.98548569	0.0000096
8.8	88	68200	1.2524227	388.2510	0.00184881	0.95299716	0.0000092
8.5	85	65875	1.2097265	375.0152	0.00178579	0.92050862	0.0000089

Tabel 5.16 dapat ditunjukkan dengan grafik nilai kelengkungan yang terjadi pada pelat penampang Dobel delta pada gambar 5.9



Gambar 5.10 Kurva Perbandingan M/M_y versus ϕ/ϕ_y gelagar penampang Dobel Delta

Untuk mengetahui Kelengkungan yang terjadi pada gelagar pelat I dan dobel delta, maka dilakukan perhitungan Kelengkungan hasil pengujian. Dari hasil uji diperoleh data-data Momen Kelengkungan dan akan diperoleh grafik hubungan Momen–kelengkungan. Berikut ini grafik hubungan Momen-Kelengkungan hasil pengujian pelat I dan Pelat dobel delta yang ditunjuk pada gambar 5.11



Gambar 5.11 Kurva Perbandingan M/M_y versus ϕ/ϕ_y antara gelagar penampang I dengan gelagar penampang Dobel Delta

5.3.6 Hubungan Rasio M_n/M_y terhadap h/tw Gelagar I dan Dobel Delta

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai rasio momen nominal terhadap momen leleh versus kelangsingan sebagai berikut :

Tabel 5.17 Nilai M_n/M_y terhadap h/tw pelat I dan Dobel Delta

Benda Uji	M_n/M_y		M_{nDD}/M_{nI}
	I	Dobel Delta	
$h/b = 5,3$	1,04	1,35	1,30
$h/b = 6$	1,06	1,31	1,23

Persamaan yang digunakan untuk mencari M_n/M_y yaitu:

$$\frac{M_n}{M_y} = \frac{F_{cruji}}{F_y} \quad (5.8)$$

Dari perhitungan menggunakan persamaan diatas didapatkan nilai rasio M_n/M_y terhadap h/t_w . Dengan memodifikasi pelat I menjadi pelat Dobel Delta akan menambah kekuatan menjadi $1,31/1,06 = 1,23$ kali. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin lebar pelat sayap akan menambah kekuatan pelat terhadap M_n/M_y . Hal ini terjadi karena terjadi peningkatan tegangan kritis pada pelat dobel delta terhadap pelat I. pada pengujian ini terjadi *strain hardening* karena nilai $M_n > 1$

5.4 Pembahasan

Hasil penelitian gelagar pelat I dan gelagar pelat Dobel Delta berupa data-data hasil uji dan foto – foto dari seting alat sampai hasil pengujian yang dapat dilihat pada lampiran laporan ini.

5.4.1 Rasio Kerusakan Pelat I dan Dobel Delta.

Setelah dilakukan pengujian gelagar pelat I dan gelagar pelat Dobel Delta terdapat kerusakan-kerusakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelat sayap pada gelagar pelat penampang I mengalami *buckling*. Ini berarti, pada pelat sayap

penampang I mengalami tekuk lokal dan sedikit mengalami tekuk puntir. Pada pelat Dobel Delta pelat sayap tidak mengalami tekuk lokal.

Dari kerusakan-kerusakan yang terjadi dapat diambil kesimpulan bahwa dengan memodifikasi pelat I menjadi pelat Dobel Delta akan menghindari gelagar pelat mengalami tekuk lokal (*local buckling*) pada pelat sayap sehingga akan dapat meningkatkan kekuatan pada pelat sayap gelagar pelat.

Dari penelitian sebelumnya terjadi tekuk puntir dikarenakan penyokong kiri kanannya bersilangan, sehingga tidak kuat untuk menahan beban, akibatnya terjadi tekuk puntir. Sedangkan pada pengujian sekarang penyokongnya sejajar sehingga sampel dapat menahan beban yang lebih kuat, sehingga tidak terjadi tekuk puntirnya.

5.4.1 Hubungan Beban – Lendutan Pengujian.

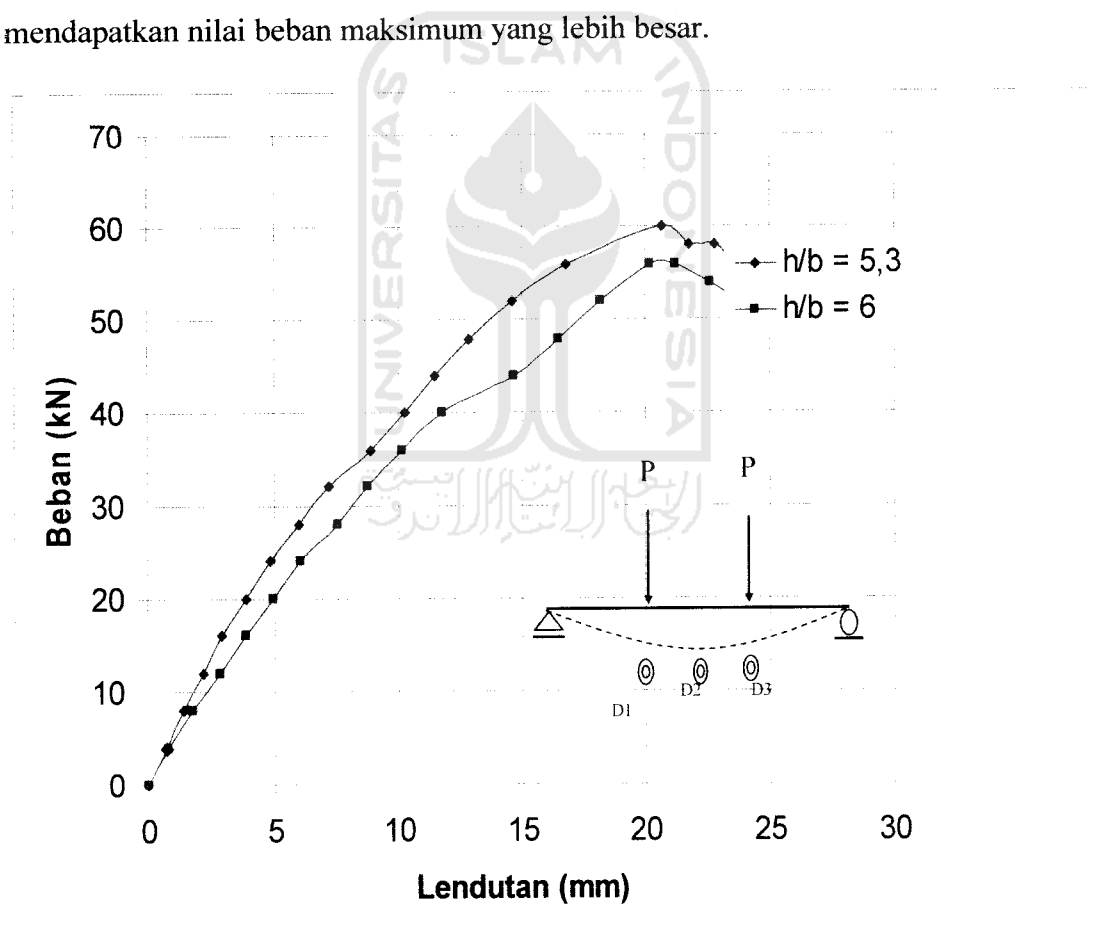
Dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan variasi lebar sayap didapatkan data uji antara beban – lendutan Gelagar Penampang I yang dijelaskan pada Tabel 5.18

Tabel 5.18 Nilai Beban - Lendutan Gelagar I

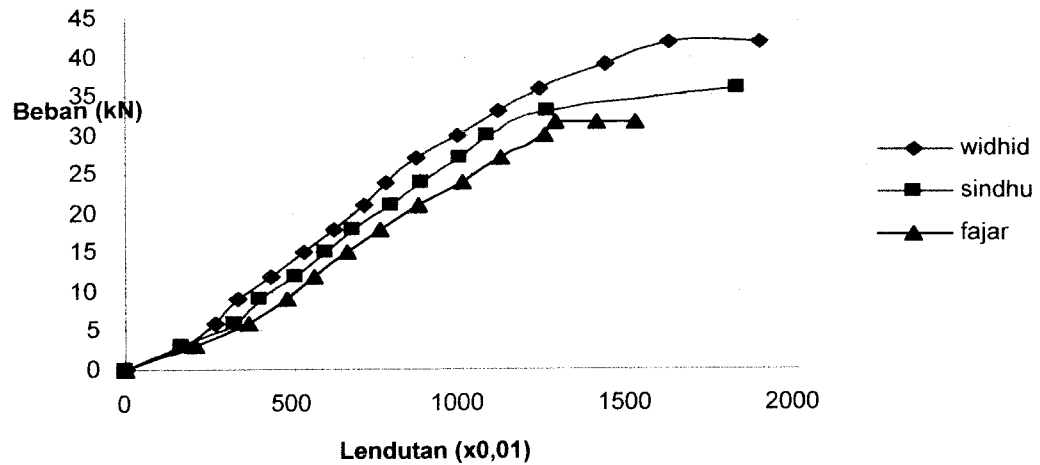
Nilai I	$h/b=4$	$h/b=5$	$h/b=5.3$	$h/b=5.7$	$h/b=6$
Beban (kN)	42	36	60	31,5	56
Lendutan (mm)	18,82	18,2	20,67	15,16	20,14
Kekakuan (kN/mm)	2,23	1,97	2,90	2,07	2,78

Dari Tabel 5.18 dapat disimpulkan bahwa semakin besar rasio tinggi terhadap lebar suatu gelagar I maka semakin kecil beban yang dapat didukung dan semakin kecil pula lendutan yang terjadi. Nilai kekakuan pun dapat dicari dengan membagi faktor beban terhadap lendutan yang terjadi, dapat disimpulkan pula bahwa semakin besar rasio tinggi terhadap lebar suatu gelagar maka semakin kecil nilai kekakuannya.

Dari penelitian sebelumnya nilai maksimum dan nilai lendutannya lebih kecil dari nilai pengujian sekarang, dikarenakan pada pengujian sekarang pengaku atau penyokongnya lebih kuat dan keseimbangan antara penyokongnya, sehingga mendapatkan nilai beban maksimum yang lebih besar.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Beban – Lendutan Profil I



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Beban – Lendutan Profil

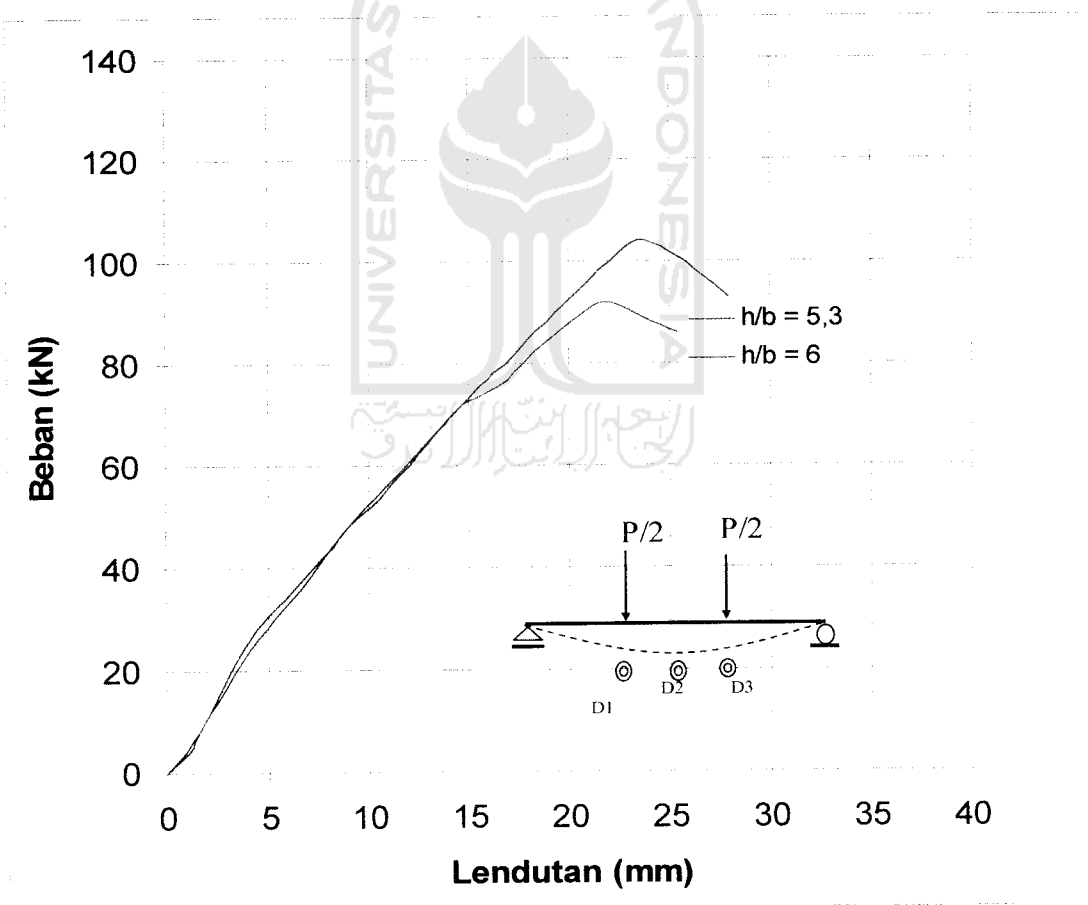
Setelah dilakukan pengujian, didapat nilai kenaikan beban setiap 4 kN hingga beban maksimum. Semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar pula lendutan yang terjadi. Hal ini terjadi pada pelaksanaan kelima macam gelagar I yaitu gelagar $h/b=4$ saudara Widhid, gelagar $h/b=5$ saudara Sindhu dan gelagar $h/b=5,3$ saudara Kholiq, gelagar $h/b=5,7$ saudara Fajar, gelagar $h/b=6$ saudara Batra. Dari penelitian didapatkan data uji antara beban – lendutan Gelagar Penampang Dobel Delta yang dijelaskan pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Nilai Beban - Lendutan Gelagar Dobel Delta

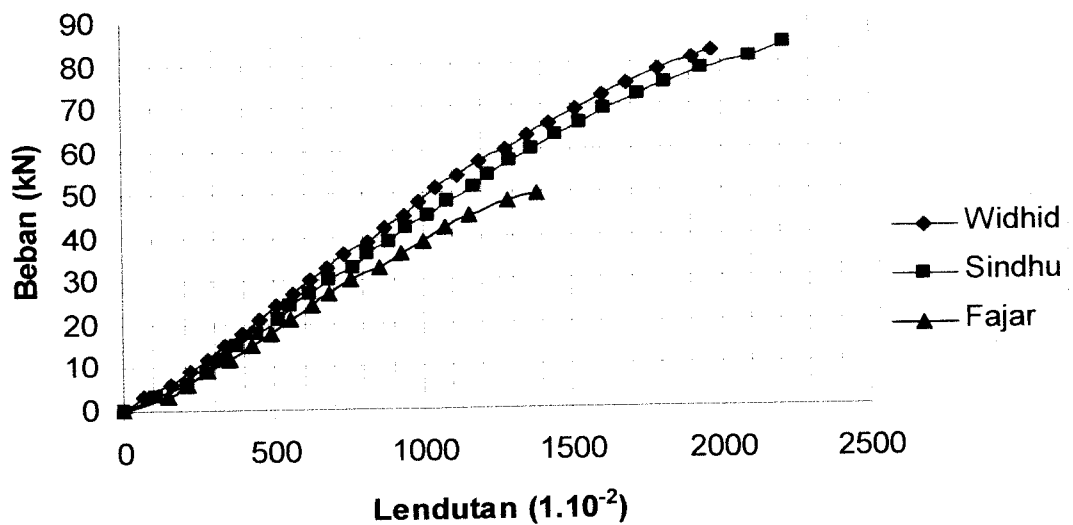
Nilai I	$h/b=4$	$h/b=5$	$h/b=5.3$	$h/b=5.7$	$h/b=6$
Beban (kN)	82,5	84	104	49,5	92
Lendutan (mm)	19,7	22,19	23,43	13,86	21,49
Kekakuan (kN/mm)	4,18	3,78	4,43	3,57	4,28

Dari Tabel 5.19 menunjukkan bahwa karakteristik nilai beban maksimum dengan $h/b = 5,3$ dan $h/b = 6$, maka lendutan yang terjadi pada gelagar dobel delta sama dengan karakteristik nilai gelagar I, yaitu semakin besar rasio tinggi terhadap lebar gelagar maka semakin kecil beban maksimum yang dapat dipikul dan semakin kecil pula lendutan yang terjadi.

Dari penelitian sebelumnya nilai maksimum dan nilai lendutannya lebih kecil dari nilai pengujian sekarang, dikarenakan pada pengujian sekarang pengaku atau penyokongnya lebih kuat dan keseimbangan antara penyokongnya, sehingga mendapatkan nilai beban maksimum yang lebih besar.



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Beban – Lendutan Profil Dobel Delta



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Beban – Lendutan Profil Dobel Delta

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapat Beban maksimum yang mampu diterima profil I sebesar 56 kN dengan besar lendutan yang terjadi sebesar 20,14 mm. Sedangkan beban maksimum yang mampu ditahan profil Dobel Delta sebesar 92 kN dengan lendutan yang terjadi sebesar 21,49 mm. Dari hasil penelitian sebelumnya dengan variasi h/b yang berbeda, dengan $h/b = 4,25$ didapat beban maksimum 42 kN dengan besar lendutan 18,82 mm, Sedangkan Beban maksimum untuk Dobel Delta sebesar 82,5 kN dengan besar lendutan 19,70 mm, dengan $h/b = 5$ didapat beban maksimum 36 kN dengan besar lendutan 18,2 mm, dan Beban maksimum untuk Dobel Delta sebesar 84 kN dengan besar lendutan 22,19 mm. dengan $h/b = 5,71$ didapat beban maksimum 31,5 kN dengan besar lendutan 15,16 mm, dan Beban maksimum untuk Dobel Delta sebesar 49,5 kN dengan besar lendutan 13,86 mm. dari data-data tersebut jelas bahwa dengan memodifikasi pelat I menjadi Pelat Dobel Delta akan dapat meningkatkan kemampuan pelat sebesar 1,64 kali.

Selain itu, dengan memodifikasi pelat I menjadi pelat Dobel Delta akan menambah penurunan yang diakibatkan oleh beban sebesar 1,06 kali. Penambahan pelat pada $\frac{1}{2}$ b plat dapat menambahkan kekakuan pada pelat sebesar 1,72 kali. Dari pengujian ini dapat diambil kesimpulan bahwa dengan memodifikasi pelat I menjadi dobel delta akan meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan mengurangi lendutan (*defleksi*) yang terjadi pada gelagar pelat.

Dari penelitian saudara **Kholiq** dengan variasi h/b yang lebih besar terjadi peningkatan beban sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan gelagar pelat. Dapat disimpulkan bahwa semakin lebar pelat sayap akan meningkatkan kekuatan dan kekakuan pada gelagar pelat I dan Gelagar pelat Dobel Delta. Hal ini dilihat dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar (5.12) dan Gambar (5.13).

Dari penelitian sebelumnya beban maksimum untuk pelat I dan Dobel Delta lebih kecil dari pengujian sekarang dikarenakan pada pengujian sebelumnya penyokong atau pengaku nya dibuat bersilangan sehingga penyokongnya tidak seimbang akibatnya kurang kuat untuk menahan beban, walaupun pelat sayapnya lebih lebar. sebaliknya pada pengujian sekarang pengakunya dibuat sejajar sehingga gaya tahannya lebih kuat dari penelitian sebelumnya. dari sini kita dapat menyimpulkan bahwa pengaku yang dibuat sejajar akan lebih kuat dari pada pengaku yang dibuat bersilangan.

5.4.2 Rasio Nilai Momen Batas (M_{cr}) Gelagar Penampang I dan Dobel Delta.

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 5.12 didapatkan tegangan kritis pada gelagar pelat Dobel Delta adalah 329,40 MPa dan tegangan kritis pada pelat I adalah

405,8 MPa. Dari hasil ini terbukti bahwa dengan memodifikasi pelat I dengan menambahkan pelat penopang pada sisi pelat dapat meningkatkan nilai tegangan kritis sampai $405,8/329,4 = 1,44$ kali.

Penelitian yang dilaksanakan oleh saudara **Kholiq** dengan menggunakan variasi lebar yang lebih besar dapat meningkatkan nilai tegangan kritis baik pada pelat I dan pada pelat Dobel Delta. Lebih jelasnya dilihat pada Tabel (5.12) dimana didapatkan peningkatan tegangan kritis pada gelagar pelat I dan Gelagar pelat dobel delta.

Dengan mengetahui nilai tegangan kritis dan beban maksimum yang mampu diterima gelagar pelat dapat diketahui nilai momen kritis pada pelat I dan pelat Dobel Delta. Dari Tabel (5.9) didapatkan bahwa momen kritis pada pelat I adalah 43400000 Nmm² sedangkan pada pelat Dobel Delta nilai momen kritis adalah sebesar 71300000Nmm². Hal ini membuktikan bahwa nilai momen kritis pelat dobel delta meningkat $71300000/43400000 = 1,64$ kali dari pelat I.

Hasil dari uji momen kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta dapat kita lihat pada tabel 5.20 sebagai berikut:

Tabel 5.20 Nilai Momen Kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Variasi	h/b=4,25	h/b=5	h/b=5,3	h/b=5,71	h/b=6
I (Nmm)	32550000	27900000	46500000	24412500	43400000
Dobel Delta (Nmm)	63937500	65100000	80600000	38362500	71300000
M_{crDD}/M_{crI}	1,96	2,33	1,73	1,57	1,64

Hasil dari uji momen kritis secara teoritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta dapat kita lihat pada tabel 5.21 sebagai berikut

Tabel 5.21 Nilai Momen Kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta Secara Teoritis

Variasi	h/b=4,25	h/b=5	h/b=5,3	h/b=5,71	h/b=6
I (Nmm)	44262580	40369600	52537250	37588900	49164140
Dobel Delta (Nmm)	64436348	56684850	69448156	51042400	61783775
M_{crDD}/M_{crI}	1,46	1,41	1,32	1,35	1,25

Selain pada hasil uji nyata telah dibuktikan juga secara teoritis bahwa pada pelat I nilai momen kritis adalah 49164140 Nmm² sedangkan pada pelat Dobel Delta nilai momen kritis adalah sebesar 61783775 Nmm². Rasio momen kritis berdasarkan hasil perhitungan teoritis pada Tabel (5.12) adalah sebesar 61783775/49164140 =1,25 kali.

Dari pengujian yang telah dilakukan bersama Saudara **Kholiq** jelas bahwa semakin besar lebar pelat sayap akan meningkatkan momen kritis pelat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.6 Hubungan momen batas gelagar pelat Dobel Delta terhadap Pelat I. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa semakin lebar pelat sayap akan meningkatkan tegangan kritis pelat dan secara teoritis akan meningkatkan momen kritis pada pelat dan telah terbukti bahwa nilai uji nyata di Laboratorium lebih besar daripada nilai uji secara teoritis seperti hasil uji pada Gambar (5.6).

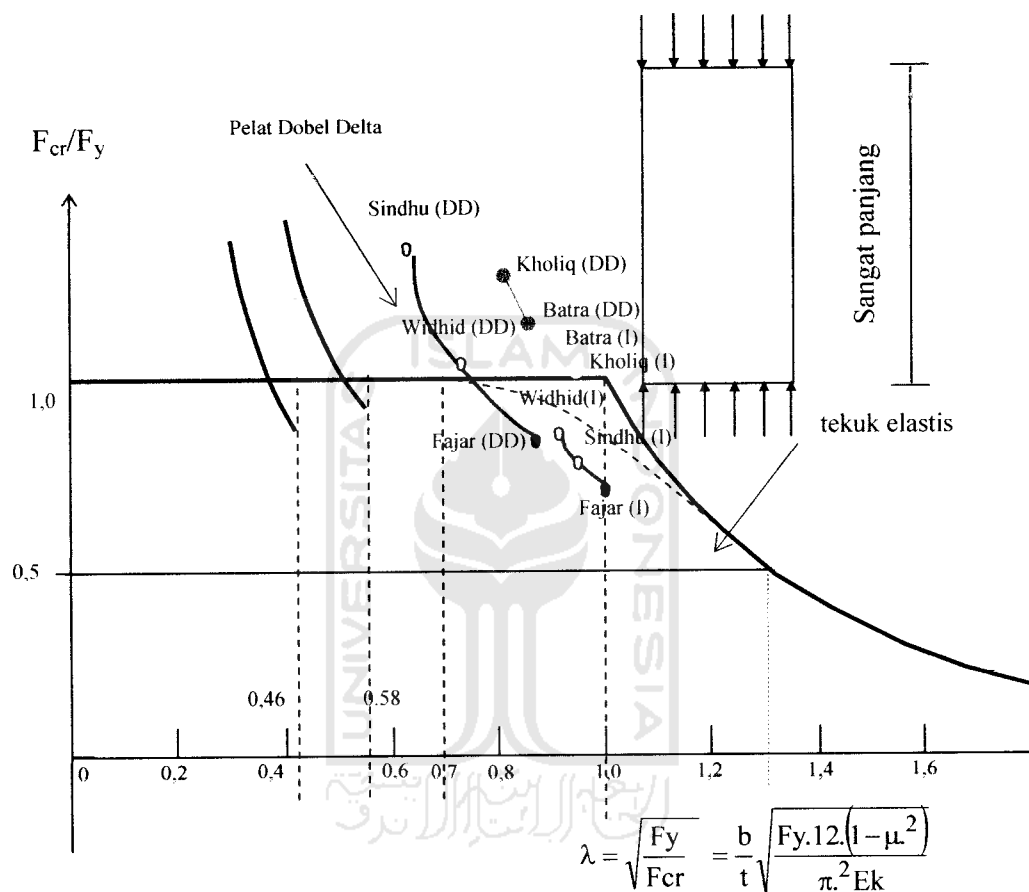
Dari pengujian didapatkan nilai tegangan kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta yang ditunjukkan pada Tabel 5.22

Tabel 5.22 Nilai Tegangan Kritis (F_{cr}) Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Variasi	$h/b=4,25$	$h/b=5$	$h/b=5,3$	$h/b = 5,7$	$h/b = 6$
I	196,85	187,81	324,91	178,78	329,4
Dobel Delta	286,21	230	419,6	210,05	405,8
Rasio F_{cr}	1,17	1,22	1,29	1,17	1,23

Dari pengujian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa memodifikasi pelat I menjadi Pelat Dobel Delta akan meningkatkan tegangan kritis pelat sebesar $405,8/329,4 = 1,23$ kali. F_{cr} Pelat I dan dobel delta hasil pengujian memiliki nilai lebih besar dari F_y ($F_{cr} > F_y$) yaitu 329,4 dan 405,8 MPa, maka gelagar Pelat I dan dobel delta telah mencapai *strain hardening*. pada pengujian ini pelat I dan Dobel delta telah mengalami *strain hardening*, karena nilai tegangan kritisnya melebihi tregangan lelehnya, sedangkan pada penelitian sebelumnya, pelat I tidak mengalami *strain hardening*. Artinya gelagar tersebut memungkinkan menahan tegangan tambahan (>310 Mpa) namun semakin besarnya lendutan dan regangan yang terjadi sehingga gelagar tersebut sudah tidak stabil. Maka dalam perhitungan berikutnya, digunakan nilai $F_{cr} = F_y$ yaitu 310 Mpa

Untuk dapat membuktikan kebenaran penelitian yang telah dilakukan dapat dijelaskan pada Gambar grafik oleh *Ostapenko (1971)* yang menunjukkan parameter kelangsingan terhadap rasio tegangan kritis pelat. Perhatikan Gambar (5.13) berikut:



Gambar 5.14 Kurva Parameter Kelangsingan Panjang

Nilai dari Tabel 5.22, dapat disimpulkan bahwa dengan ditambahkan pengaku pada kedua sayap penampang I, dapat meningkatkan nilai tegangan kritis (F_{cr}). F_{cr} pada penampang I memiliki nilai yang lebih kecil dari pada penampang dobel delta, hal itu disebabkan karena Koefisien tekuk yang dimiliki penampang I

lebih kecil dibandingkan dengan penampang dobel delta baik sayap maupun badan. Membuat pelat sayap menjadi lebih kaku, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar dari gelagar I dan menghambat terjadinya tekuk pada sayap. Selain itu, dengan adanya pengaku pada gelagar dobel delta, menjadikan tinggi gelagar juga semakin pendek, sehingga tekuk puntir lateral kemungkinannya kecil terjadi..

Pada gambar (5.14) kita dapat membedakan perbedaan penelitian sekarang dengan penelitian sebelumnya, dimana pada Penampang I dan Dobel delta terjadi *strain hardening*, sedangkan penelitian sebelumnya Penampang I nya tidak mengalami *strain hardening*. dan pada penelitian sekarang nilai tegangan kritisnya lebih besar dari penelitian sebelumnya.

5.4.4 Rasio Nilai Koefisien Tekuk (k) Gelagar Penampang I dan Dobel Delta.

Dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan perhitungan pada Tabel (5.13) dan Tabel (5.14) didapatkan nilai koefisien tekuk pada pelat sayap adalah 0,21 untuk pelat I dan pada pelat dobel delta nilai koefisien tekuk adalah 0,26. Pada pelat badan nilai koefisien tekuk penampang I adalah 69,42 dan pada pelat Dobel delta adalah sebesar 85,52.

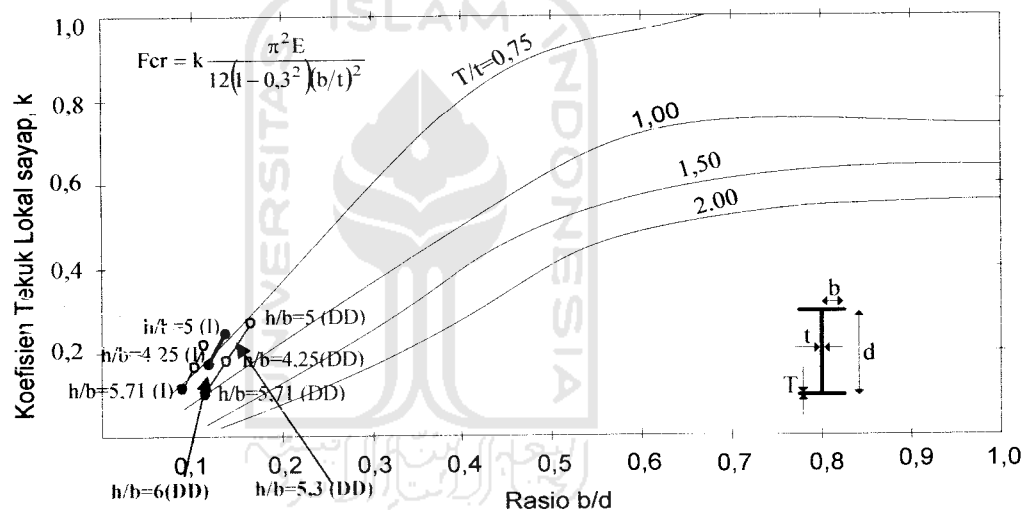
Dari hasil pengujian, didapat nilai koefisien tekuk (k) untuk sayap kelima sampel yang ditunjukkan pada Tabel 5.23

Tabel 5.23 Untuk k sayap:

Variasi	$h/b=4,25$	$h/b=5$	$h/b=5,3$	$h/b=5,71$	$h/b=6$
k I	0,25	0,175	0,26	0,13	0,21
k Dobel Delta	0,29	0,21	0,35	0,15	0,26

Pada penelitian yang diuji oleh saudara **Kholiq** dengan variasi lebar yang lebih besar didapatkan bahwa nilai koefisien tekuk pada pelat sayap dan pelat badan akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lebar pelat sayap akan meningkatkan koefisien tekuk pelat sayap maupun pelat badan.

Untuk mengetahui kebenaran penelitian yang telah dilakukan dapat dibuktikan pada penelitian yang telah dilakukan oleh *N.S Tharair dan M.A Bradford (1988)* yang ditunjukkan pada gambar sebagai berikut yaitu :



Gambar 5.15 Koefisien tekuk lokal pada batang lentur

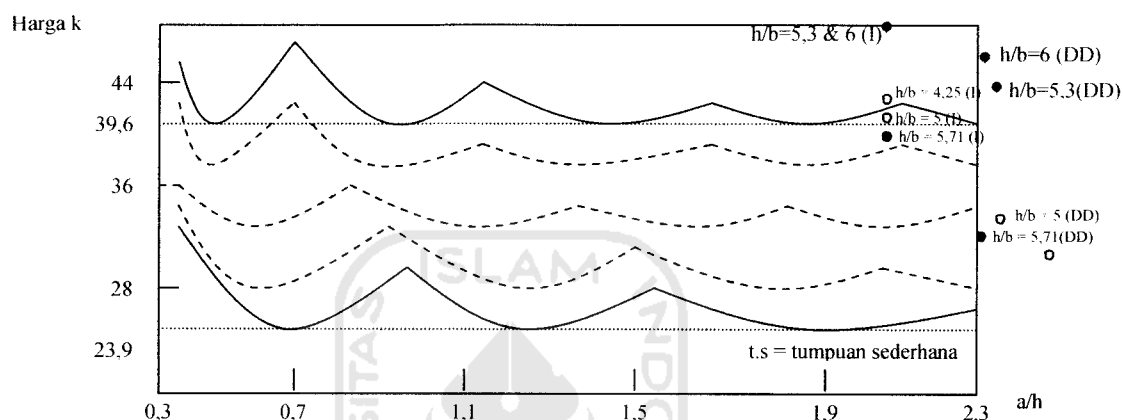
Gambar (5.15) menunjukkan bahwa nilai koefisien tekuk pelat dobel delta meningkat daripada pelat I. Hal ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya nilai faktor tekuk maka akan meningkatkan tegangan kritis pelat.

Dari hasil pengujian, didapat nilai koefisien tekuk (k) untuk badan kelima sampel yang ditunjukkan pada Tabel 5.24

Tabel 5.24 Untuk k badan:

Variasi	$h/b=4,25$	$h/b=5$	$h/b=5,3$	$h/b=5,71$	$h/b=6$
k I	41,45	39,54	68,47	37,64	69,42
k Dobel Delta	28,36	31,02	88,42	30,11	85,52

pada gambar nilai koefisien tekuk terhadap nilai a/h sebagai berikut yaitu :



Gambar 5.16. Koefisien Tekuk Pelat Dalam Lentur Murni

Dari Gambar (5.16) terbukti bahwa nilai kekakuan tekuk pada pelat badan melebihi nilai minimal yang telah diasumsikan awal perencanaan yaitu lebih besar dari 23,9 sehingga menunjukkan kebenaran dalam penelitian..

Berdasarkan Gambar 5.16 dapat diambil suatu kesimpulan bahwa nilai koefisien tekuk pada pelat badan memenuhi persyaratan parameter nilai koefisien tekuk

5.4.5 Rasio Momen Batas Terhadap Momen Leleh Versus Kelangsingan.

Setelah didapat nilai momen kritis pada pengujian maka akan didapatkan nilai rasio momen batas terhadap momen lelehnya. Pada perhitungan tercantum pada Tabel

(5.17) didapatkan nilai M_n/M_y pada pelat penampang I adalah sebesar 1,06 dan pada pelat penampang Dobel Delta adalah sebesar 1,31 Sehingga didapat momen batas terhadap momen leleh adalah sebesar $1,31/1,06 = 1,23$ kali.

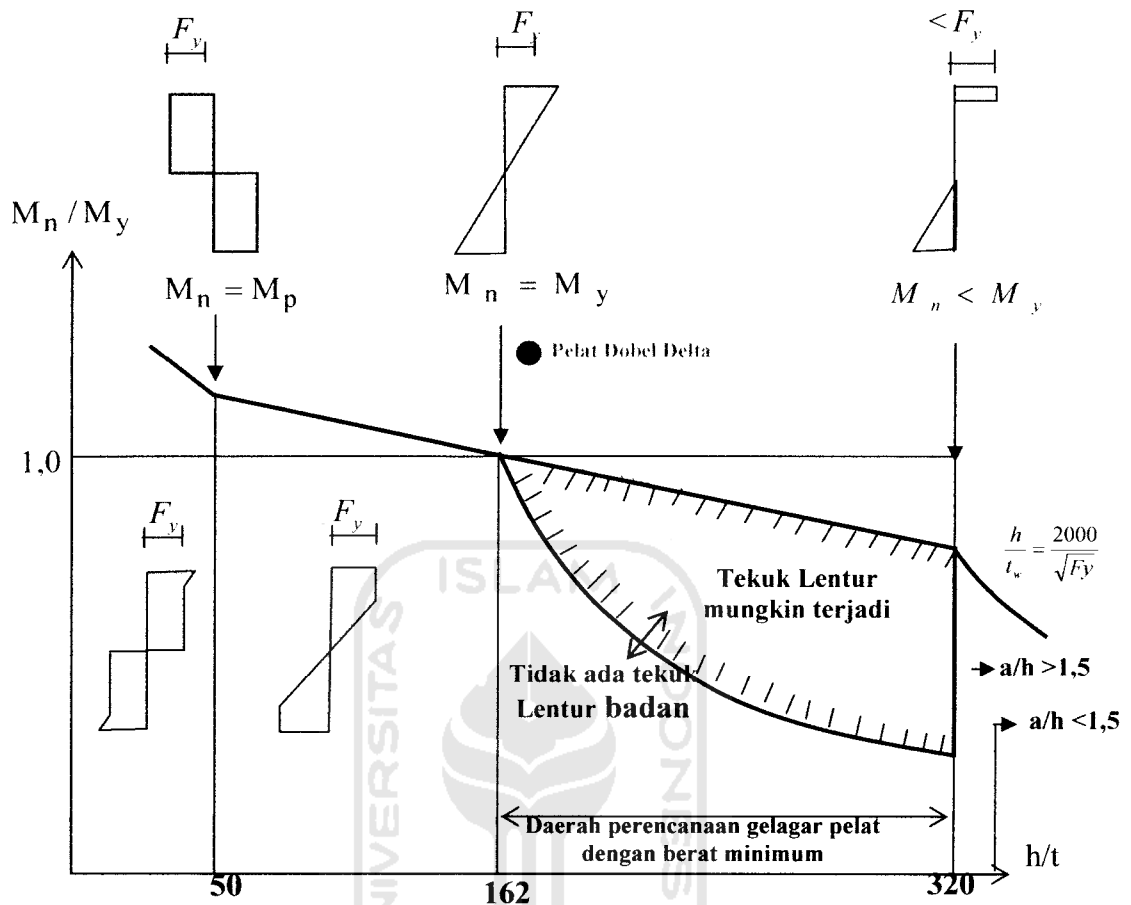
Dari hasil uji dapat menentukan nilai rasio momen batas terhadap momen leleh yang dijelaskan pada Tabel 5.25

Tabel 5.25 Nilai M_n/M_y terhadap h/t_w pelat I dan Dobel Delta

Benda Uji	M_n/M_y		Rasio
	I	Dobel Delta	
$h/b=4,25$	0,83	1	1,17
$h/b=5$	0,78	1	1,28
$h/b=5,3$	1,04	1,35	1,30
$h/b=5,71$	0,74	0,87	1,18
$h/b=6$	1,06	1,31	1,23

Dari penelitian yang diuji oleh saudari Kholiq dengan variasi lebar yang lebih kecil didapatkan bahwa nilai rasio momen batas terhadap momen leleh akan semakin besar. Sedangkan pada penelitian sebelumnya dengan variasi lebar yang lebih kecil didapatkan bahwa nilai rasio momen batas terhadap momen leleh akan semakin kecil.

Untuk mengetahui kebenaran penelitian yang telah dilakukan maka berdasarkan grafik momen batas terhadap momen leleh versus kelangsingan yang ditetapkan oleh peneliti terdahulu maka dapat dilakukan pengecekan yang ditunjukkan pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Hubungan Momen Batas Terhadap Momen Leleh Versus Kelangsingan

Grafik 5.17 menerangkan bahwa desain bahan yang memiliki rasio $h/t < 50$ akan mengalami momen plastis penuh, atau momen nominal (M_n) > Momen Plastis (M_p). Hal ini membuat bahan tidak akan mengalami tekuk pada badan sebab dimensi bahan yang sangat tebal. Sedangkan dimensi bahan yang memiliki rasio h/t antara $50 < h/t < 162$ juga tidak akan mengalami tekuk pada badan, sebab pada daerah ini dimensi bahan yang digunakan masih tebal meskipun batas maksimal rasio h/t bahan memiliki nilai momen nominal = momen leleh. Dalam perencanaan gelagar pelat,

dapat pula ditunjukkan hubungan momen batas terhadap momen leleh dan kelangsingannya, yaitu pada daerah dimensi bahan yang memiliki $h/t > 162$.

Dari gambar Grafik 5.17 jelas bahwa penelitian yang telah dilakukan masuk dalam persyaratan yang telah ditetapkan. Untuk gelagar I memiliki nilai $M_n/M_y > 1$, daerah ini disebut dengan daerah plastis. Sedangkan gelagar dobel delta memiliki nilai $M_n/M_y > 1$, disebut daerah plastis atau gelagar telah mengalami plastis (*strain hardening*). Dengan ditambahkannya pengaku pada gelagar pelat I, dapat meningkatkan tegangan kritis hingga mencapai tegangan leleh

5.4.6 Perbandingan Tekuk Lokal Terhadap Nilai Momen Puntir Lateral

Terhadap Kerusakan Pelat.

Berdasarkan teori menunjukkan bahwa perencanaan gelagar pelat dengan pelat badan dan pelat sayap yang tipis akan mengalami dua kerusakan yaitu kerusakan tekuk lokal pada pelat sayap dan mengalami tekuk puntir lateral. Berdasarkan analisis teoritis didapatkan nilai tekuk lokal pelat I dan Pelat Dobel Delta adalah sebagai berikut :

Tabel 5.26 Momen Batas Terhadap Tekuk Lokal Versus Tekuk Lateral Gelagar Pelat I

Variasi	M_{cr} Tekuk Puntir Lateral	M_{cr} Tekuk Lokal
	(Nmm)	(Nmm)
$h/b = 4,21$	51505954	44262580
$h/b = 5$	31982365	40369600
$h/b = 5,3$	26453545,09	52537250
$h/b = 5,71$	21611339,66	37588900
$h/b = 6$	18187220,02	49164140

Dari Tabel (5.26) dapat disimpulkan bahwa pelat I cenderung mengalami tekuk puntir lateral hal ini ditunjukkan dengan nilai momen berdasarkan tekuk puntir lateral lebih kecil dari momen berdasarkan tekuk lokal. Terbukti bahwa berdasarkan analisis teoritis menunjukkan pelat I mengalami tekuk puntir lateral.

Tabel 5.27 Momen Batas Terhadap Tekuk Lokal Versus Tekuk Lateral Gelagar Pelat Dobel Delta

Variasi	M_{cr} Tekuk Puntir Lateral	M_{cr} Tekuk Lokal
	(Nmm)	(Nmm)
$h/b = 4,21$	55166646	50616685,8
$h/b = 5$	36109539	56677536,47
$h/b = 5,3$	34741131,46	69448156.41
$h/b = 5,71$	25335786,82	39705191,88
$h/b = 6$	25448022,85	61783775.46

Dari Tabel (5.27) Diatas dapat disimpulkan bahwa pelat Dobel Delta cenderung mengalami tekuk puntir lateral hal ini ditunjukkan dengan nilai momen berdasarkan tekuk puntir lateral lebih kecil dari momen berdasarkan tekuk lokal. Terbukti bahwa berdasarkan analisis teoritis menunjukkan pelat Dobel Delta mengalami tekuk puntir lateral.

5.2.6 Nilai Faktor Kelengkungan Pelat I dan Dobel Delta

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan beban maksimum yang masih dapat dipikul oleh gelagar I maupun gelagar Dobel Delta. Dari data-data ini akan didapatkan nilai kelengkungannya.

Dengan menggunakan Persamaan 5.6 akan didapatkan nilai kelengkungan pelat sebagai berikut :

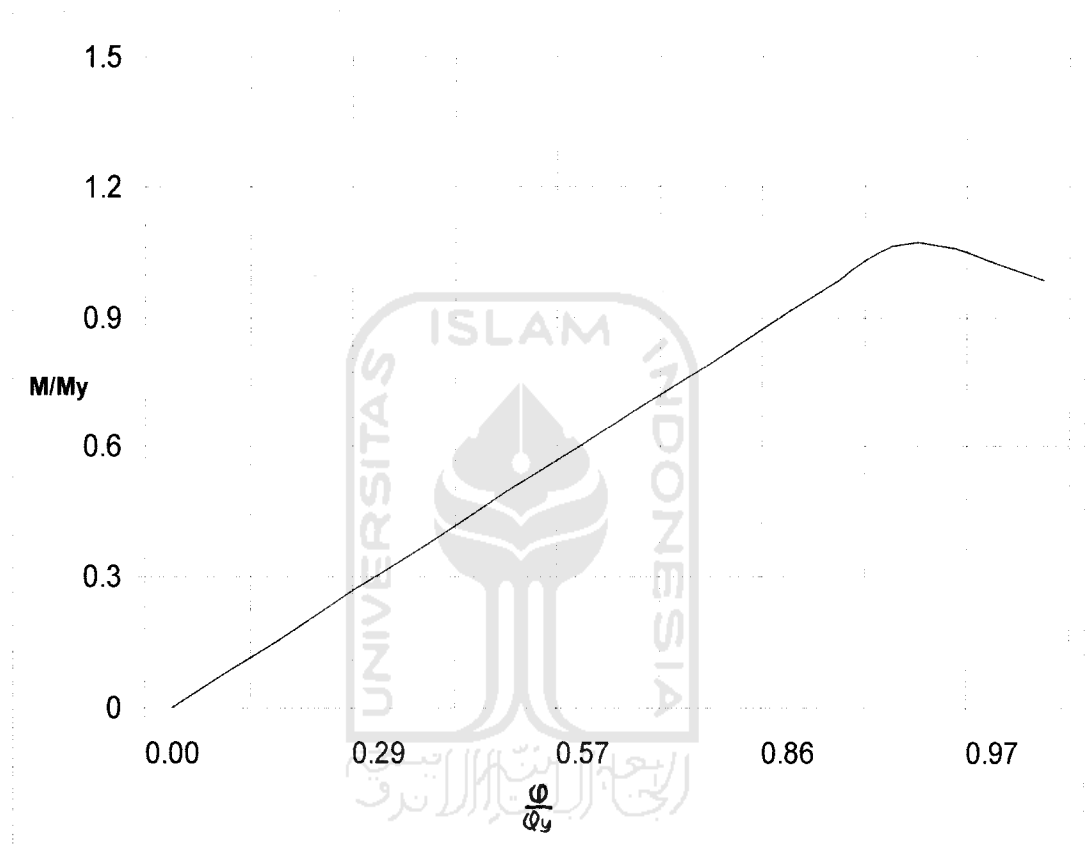
$$\varphi = \frac{\varepsilon}{h/2} \quad (5.6)$$

Dengan persamaan diatas didapatkan nilai kelengkungan hasil uji pelat I ditunjukkan pada Tabel 5.28

Tabel 5.28 Nilai Kelengkungan gelagar pelat penampang I.

Beban		Momen		F_{cr}	Regangan		kelengkungan
P (ton)	kN	(kNmm)	M/M_y	(Mpa)		φ/φ_y	1/mm
0.0	0	0	0	0	0	0	0.0000000
0.4	4	3100	0.0759007	23.52923171	0.00011204	0.07182305	0.0000006
0.8	8	6200	0.1518015	47.05846341	0.00022409	0.1436461	0.0000011
1.2	12	9300	0.2277022	70.58769512	0.00033613	0.21546915	0.0000017
1.6	16	12400	0.303603	94.11692682	0.00044818	0.28729221	0.0000022
2.0	20	15500	0.3795037	117.6461585	0.00056022	0.35911526	0.0000028
2.4	24	18600	0.4554045	141.1753902	0.00067226	0.43093831	0.0000034
2.8	28	21700	0.5313052	164.7046219	0.00078431	0.50276136	0.0000039
3.2	32	24800	0.607206	188.2338536	0.00089635	0.57458441	0.0000045
3.6	36	27900	0.6831067	211.7630853	0.0010084	0.64640746	0.0000050
4.0	40	31000	0.7590075	235.2923171	0.00112044	0.71823052	0.0000056
4.4	44	34100	0.8349082	258.8215488	0.00123248	0.79005357	0.0000062
4.8	48	37200	0.910809	282.3507805	0.00134453	0.86187662	0.0000067
5.2	52	40300	0.9867097	305.8800122	0.00145657	0.93369967	0.0000073
5.6	56	43400	1.0626104	329.4092439	0.00156862	1.00552272	0.0000078
5.6	56	43400	1.0626104	329.4092439	0.00156862	1.00552272	0.0000078
5.4	54	41850	1.0246601	317.644628	0.00151259	0.9696112	0.0000076
5.2	52	40300	0.9867097	305.8800122	0.00145657	0.93369967	0.0000073

Dari Tabel 5.28 hasil perhitungan dapat ditunjukkan dengan grafik nilai Momen-kelengkungan yang terjadi pada Gelagar Pelat penampang I ditunjukkan pada Gambar 5.18



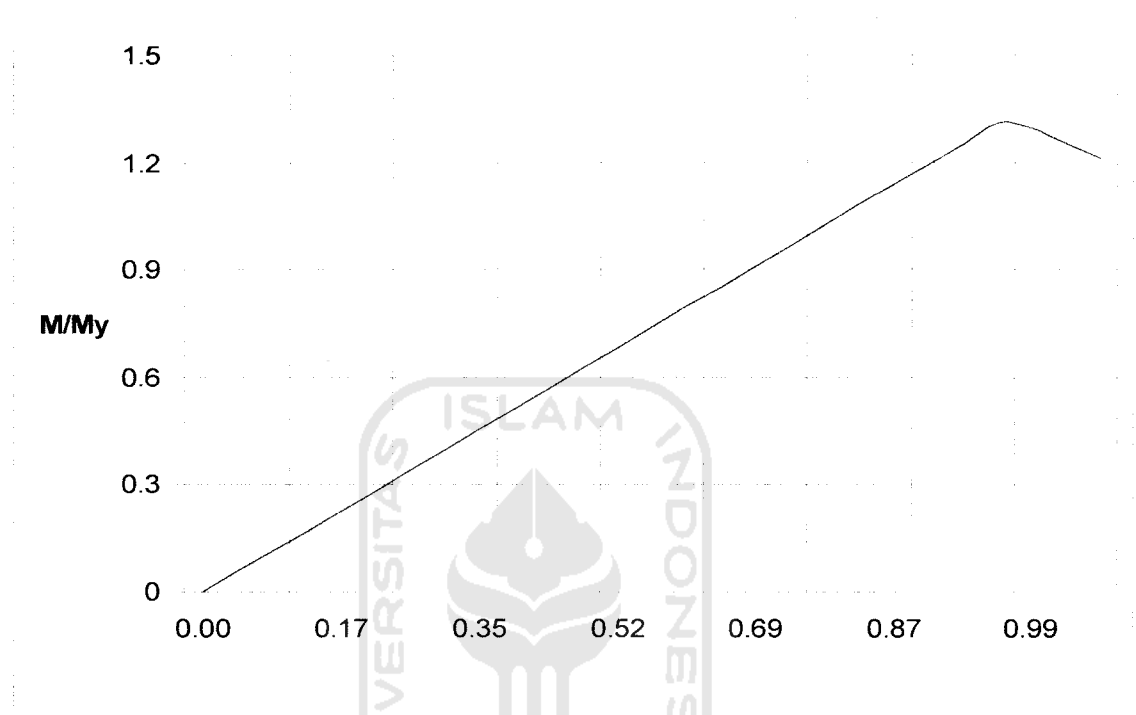
Gambar 5.18 Kurva Perbandingan M/M_y versus ϕ/ϕ_y gelagar penampang I

Dari pengujian Gelagar Pelat Dobel Delta juga didapatkan nilai Momen-kelengkungan ditunjukkan pada Tabel 5.29

Tabel 5.29 Nilai Kelengkungan Dobel Delta

Beban		Momen		F_{cr}	Regangan		Kelengkungan
P (ton)	kN	(kNmm)	M/My	(Mpa)		ϕ/ϕ_y	1/mm
0.0	0	0	0	0	0	0	0.0000000
0.4	4	3100	0.0569283	17.64777	0.00008403	0.04331805	0.0000004
0.8	8	6200	0.1138566	35.29554	0.00016807	0.08663611	0.0000008
1.2	12	9300	0.1707849	52.94332	0.00025211	0.12995416	0.0000013
1.6	16	12400	0.2277132	70.59109	0.00033615	0.17327221	0.0000017
2.0	20	15500	0.2846415	88.23887	0.00042019	0.21659026	0.0000021
2.4	24	18600	0.3415698	105.8866	0.00050422	0.25990832	0.0000025
2.8	28	21700	0.3984981	123.5344	0.00058826	0.30322637	0.0000029
3.2	32	24800	0.4554264	141.1821	0.0006723	0.34654442	0.0000034
3.6	36	27900	0.5123548	158.8299	0.00075633	0.38986247	0.0000038
4.0	40	31000	0.5692831	176.4777	0.00084037	0.43318053	0.0000042
4.4	44	34100	0.6262114	194.1255	0.00092441	0.47649858	0.0000046
4.8	48	37200	0.6831397	211.7732	0.00100844	0.51981663	0.0000050
5.2	52	40300	0.740068	229.4210	0.00109248	0.56313468	0.0000055
5.6	56	43400	0.7969963	247.0688	0.00117652	0.60645274	0.0000059
6.0	60	46500	0.8539246	264.7166	0.00126056	0.64977079	0.0000063
6.4	64	49600	0.9108529	282.3643	0.00134459	0.69308884	0.0000067
6.8	68	52700	0.9677812	300.0121	0.00142863	0.73640689	0.0000071
7.2	72	55800	1.0247095	317.6599	0.00151267	0.77972495	0.0000076
7.6	76	58900	1.0816378	335.3077	0.0015967	0.823043	0.0000080
8.0	80	62000	1.1385661	352.9554	0.00168074	0.86636105	0.0000084
8.4	84	65100	1.1954944	370.6032	0.00176478	0.9096791	0.0000088
8.8	88	68200	1.2524227	388.2510	0.00184881	0.95299716	0.0000092
9.2	92	71300	1.309351	405.8988	0.00193285	0.99631521	0.0000097
9.1	91	70525	1.295119	401.4868	0.00191184	0.98548569	0.0000096
8.8	88	68200	1.2524227	388.2510	0.00184881	0.95299716	0.0000092
8.5	85	65875	1.2097265	375.0152	0.00178579	0.92050862	0.0000089

Dari Tabel 5.29 hasil perhitungan dapat ditunjukkan dengan grafik Hubungan Momen-Kelengkungan pada gelagar pelat penampang dobel delta ditunjukkan pada Gambar 5.19



Gambar 5.19 Kurva Perbandingan M/M_y versus ϕ/ϕ_y gelagar penampang Dobel Delta

5.2.10 Desain Plastis Gelagar

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai F_{cr} gelagar Pelat I dan dobel delta lebih dari nilai tegangan lelehnya (310 Mpa), yaitu 329,4 dan 405,8 Mpa. maka gelagar tersebut telah mencapai daerah strain hardening. Pada keadaan ini, gelagar dapat diartikan masih mungkin menahan tegangan tambahan (> 310 Mpa) akan tetapi deformasi dan regangannya sangat besar sehingga gelagar sudah tidak stabil. Maka, terbukti bahwa dengan memodifikasi gelagar I menjadi gelagar dobel delta dapat

meningkatkan tegangan kritisnya. Tidak hanya sampai pada kondisi sama dengan tegangan lelehnya, namun hingga mencapai kondisi plastis. Adapun nilai desain plastis gelagar dobel delta sebagai berikut:

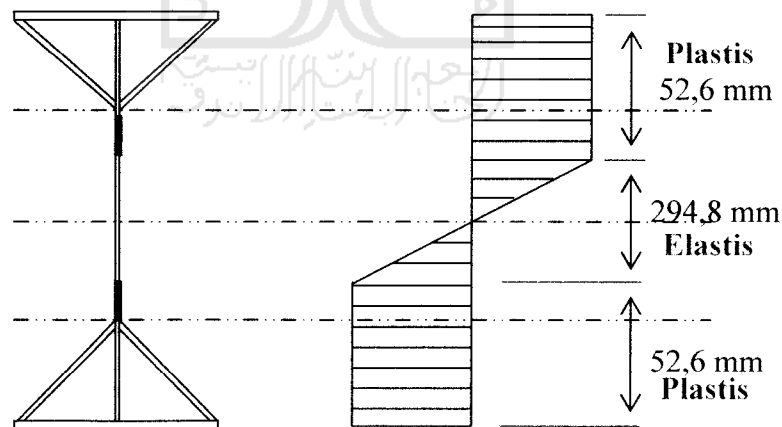
Tabel 5.30 Nilai M_{cr} Hasil Uji dan Momen Plastis

Momen Desain Plastis (Nmm)	M_{cr} Hasil Uji (Nmm)
65.280.027	80.600.000

Semakin

dekatnya

nilai Momen Plastis (M_p) maka semakin teliti pula pembagian daerah elastis dan daerah plastisnya pada distribusi momen lenturnya. Dari hasil perhitungan desain plastis gelagar tersebut, didapatkan nilai $M_p = 65.280.027$. Nilai rasio M_{cr} hasil uji terhadap M_p didapatkan $80.600.000/65.280.027 = 1,23$ nilai rasio M_{cr} hasil uji terhadap M_p adalah lebih dari 1. Maka kesimpulannya, gelagar tersebut telah mencapai *strain hardening*.



Gambar 5.20 Distribusi Tegangan Lentur