

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pendahuluan dan uji kuat tekan kolom tersusun. Adapun uji pendahuluan berupa uji kuat tarik baja, uji kuat geser sambungan las, dan uji tekan profil siku yang sesuai dengan elemen yang digunakan sebagai komponen kolom tersusun non prismatis. Pengujian ini berguna untuk mengetahui kekuatan bahan yang dipakai, dan hasil pengujian akan digunakan untuk mengetahui perilaku kolom non prismatis untuk menerima beban aksial tekan sentris dan eksentris.

5.1.1 Hasil uji pendahuluan

Hasil uji pendahuluan meliputi dimensi benda uji, beban leleh (P_y), beban maksimum atau beban ultimit (P_u), dan beban pada saat putus. Hasil uji pendahuluan digunakan untuk menentukan tegangan leleh (F_y) dan tegangan ultimit (F_u) yang berguna untuk mengetahui perilaku kolom. Uji pendahuluan juga meliputi pengujian kekuatan sambungan las dan kuat tekan profil siku.

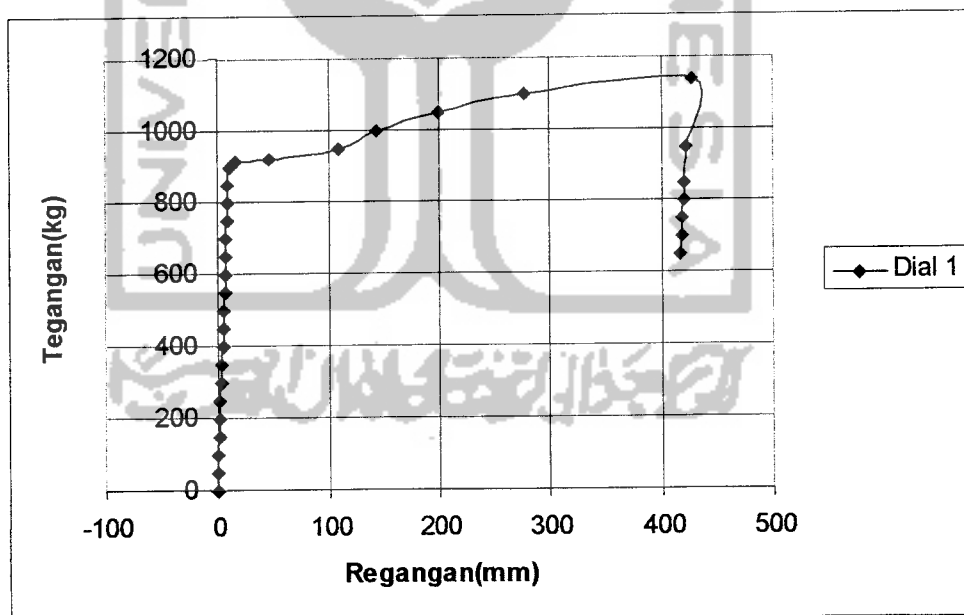
5.1.1.1 Hasil uji tarik baja siku dan pelat

Pengujian kuat tarik material baja siku dilakukan dengan dua buah sampel uji berupa plat dari profil situ sebagai sampel 1 dan plat arah diagonal dan melintang yang berupa tulangan sebagai sampel 2 dibentuk dengan standar pengujian kuat tarik baja.

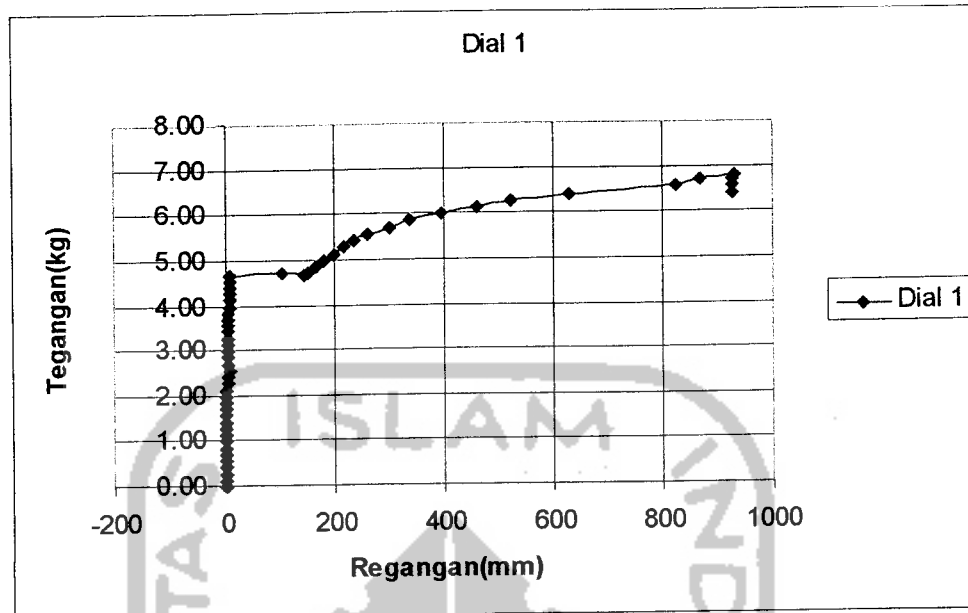
Adapun pengujian kuat tarik baja dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil pengujian kuat tarik bahan

Benda uji	A(mm ²)	P leleh (KN)	Pu maks (KN)	P putus (KN)	Fy(Mpa)
sampel 1	23.1	9.15	11.4	6.5	396.1
sampel 2	38.465	16.45	13.9	20.0	427.7



Gambar 5.1 Diagram tegangan regangan uji tarik element pelat profil siku



Gambar 5.2 Diagram tegangan regangan uji tarik pelat baja bulat diameter 7 mm

5.1.1.2 Hasil uji kuat geser sambungan las

Uji las geser dilakukan guna mengetahui tegangan ultimit las yang digunakan pada sambungan benda uji, hasil uji geser las ditunjukkan Tabel 5.2

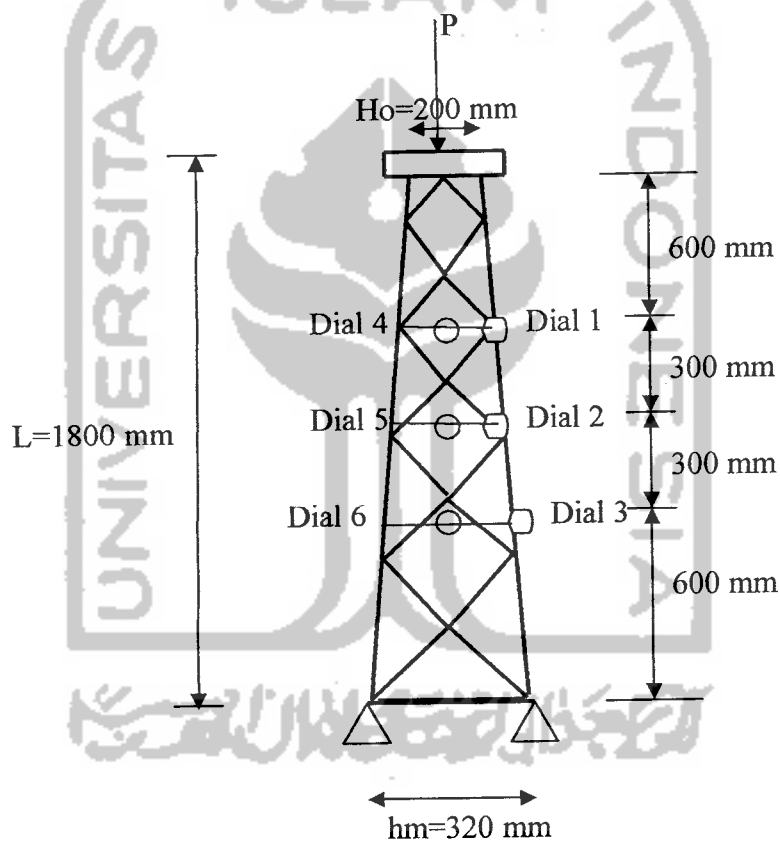
Tabel 5.2 Hasil pengujian kuat geser

Benda uji	Lebar(mm)	Tebal(mm)	Pu(KN)
Sampel 1	24	2.1	15.7

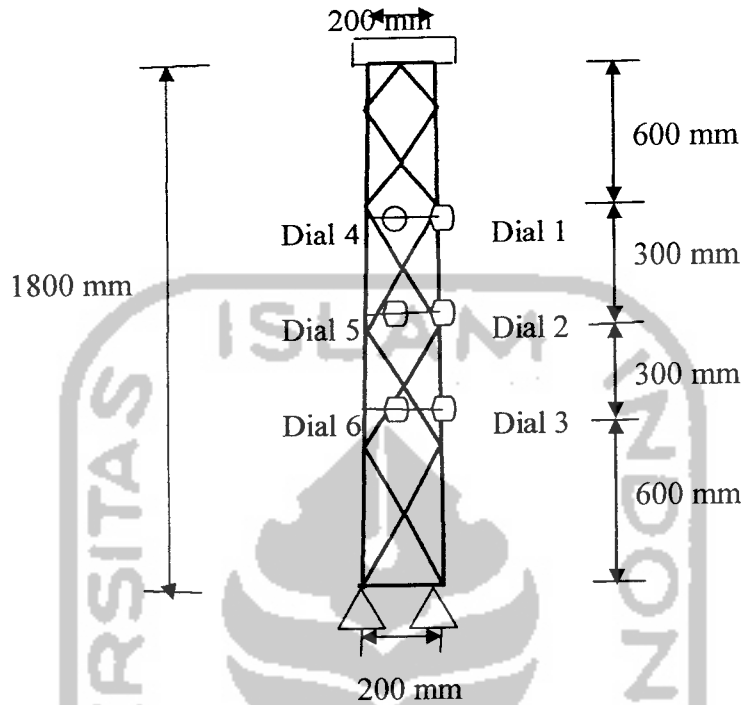
5.1.1.3 Hasil pengujian kuat tekan kolom tersusun

Pengujian kuat tekan kolom bangun dilakukan dengan alat dukungan *Loading Frame* dan alat pembangkit beban berupa *Hidraulic Jack* di Laboratorium Mekanika Rekayasa Fakultas Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Struktur dibebani tekan aksial sentris dan aksial eksentris secara bertahap dengan kenaikan sebesar 4 kN.

Lendutan yang terjadi pada tempat - tempat yang telah ditentukan, diukur melalui pembacaan skala pada dial gauge. Dial gauge dipasang pada jarak $1/3L(600\text{mm})$, $1/2L(900\text{mm})$ dan $2/3L(1200\text{mm})$, dari panjang bentang keseluruhan (1800mm). Pada pengujian dengan pembebanan sentris dipakai 6 buah dial, sementara untuk pembebanan eksentris dipakai 3 buah dial. Pemasangan dial pada benda uji dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.3. Benda uji kolom pendek bangun non prismatis dan penempatan dial gauge



Gambar 5.4. Benda uji kolom pendek bangun prismatis dan penempatan dial gauge

Hasil pengujian laboratorium dapat dilihat pada Tabel (5.3) hasil pengujian tekan kolom bangun dengan lendutan arah lateral dan Gambar (5.4) grafik lendutan maksimum.

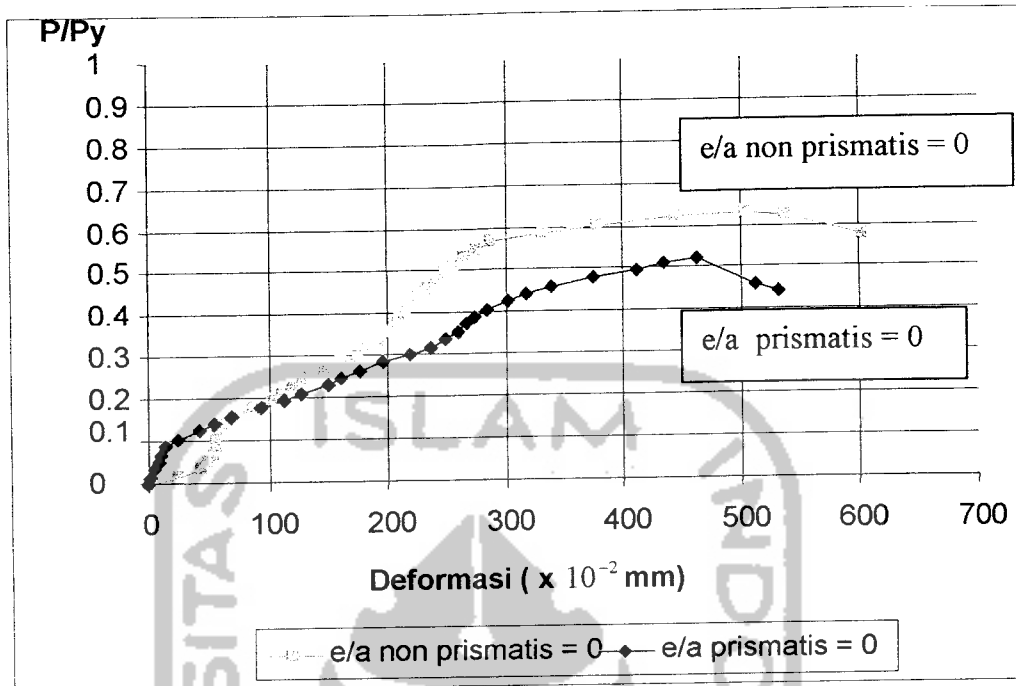
Tabel 5.3 Beban versus deformasi kolom pendek bangun non prismatis

Beban(kg)	e/h 0.05			Beban(kg)	e/h 0.1			Beban(kg)	Sentris Non Prismatis		
	Dial 1	Dial 2	Dial 3		Dial 1	Dial 2	Dial 3		Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	40	15	24	400	3	0	1	400	25	7	13
800	50	43	43	800	9	2	2	800	45	15	25
1200	62	55	51	1200	11	6	3	1200	50	19	40
1600	67	59	56	1600	13	8	6	1600	54	28	46
2000	71	65	58	2000	16	9	7	2000	56	37	51
2400	77	70	59	2400	18	9	7	2400	57	46	55
2800	84	76	61	2800	22	10	7	2800	59	57	58

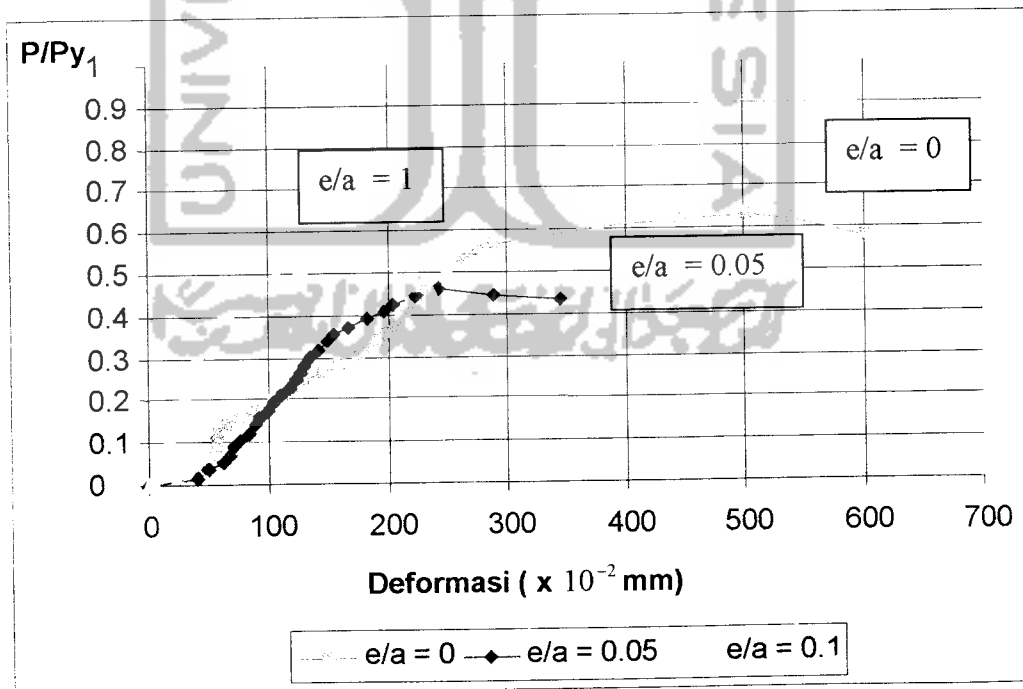
Lanjutan Tabel 5.3											
3200	89	80	64	3200	22	11	9	3200	65	68	63
3600	93	84	67	3600	26	12	10	3600	77	82	69
4000	99	88	71	4000	28	14	14	4000	87	84	73
4400	105	93	75	4400	29	16	16	4400	102	86	81
4800	110	100	80	4800	31	18	19	4800	111	90	89
5200	117	103	84	5200	33	21	20	5200	120	94	99
5600	122	105	88	5600	34	23	21	5600	129	99	108
6000	125	112	91	6000	35	25	22	6000	146	101	114
6400	129	116	98	6400	37	26	23	6400	160	107	121
6800	134	120	104	6800	40	28	24	6800	175	111	134
7200	142	127	112	7200	42	31	27	7200	184	120	144
7600	148	134	119	7600	45	33	30	7600	193	129	154
8000	154	151	130	8000	49	36	33	8000	199	137	157
8400	166	159	139	8400	54	40	35	8400	208	140	161
8800	183	173	152	8800	60	43	38	8800	211	145	164
9200	196	183	165	9200	65	46	41	9200	215	147	169
9600	204	190	183	9600	69	49	45	9600	220	151	171
10000	224	200	210	10000	77	53	50	10000	226	155	173
10400	243	215	225	10400	83	55	54	10400	234	157	176
10000	289	233	300	10800	92	60	67	10800	241	166	178
9800	345	287	325	11200	106	68	76	11200	249	178	181
				11600	125	75	87	11600	257	200	184
				12000	147	85	102	12000	265	210	201
				12300	178	125	152	12400	276	223	221
				10600	222	170	201	12800	288	230	243
				10200	237	185	234	13200	332	265	286
								13600	378	287	331
								14000	445	319	410
								14200	504	345	560
								14000	538	378	589
								13000	602	490	670

Tabel 5.4 Beban versus deformasi kolom pendek bangun prismatis

Beban(kg)	Sentris Prismatis		
	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0
400	2	3	4
800	5	6	7
1200	9	9	11
1600	11	24	17
2000	15	37	26
2400	25	41	40
2800	42	47	45
3200	55	56	56
3600	69	62	67
4000	94	72	86
4400	113	85	99
4800	128	98	111
5200	150	115	126
5600	161	123	135
6000	177	143	148
6400	196	155	161
6800	220	167	179
7200	237	192	190
7600	250	216	224
8000	260	222	229
8400	267	231	237
8800	274	242	248
9200	285	249	260
9600	302	259	269
10000	318	266	277
10400	339	277	287
10800	375	293	298
11200	411	312	326
11600	435	325	385
11800	463	378	433
10300	512	440	489
10000	532	495	512



Gambar 5.5. Grafik hubungan P/P_y versus deformasi dengan $e/a = 0$

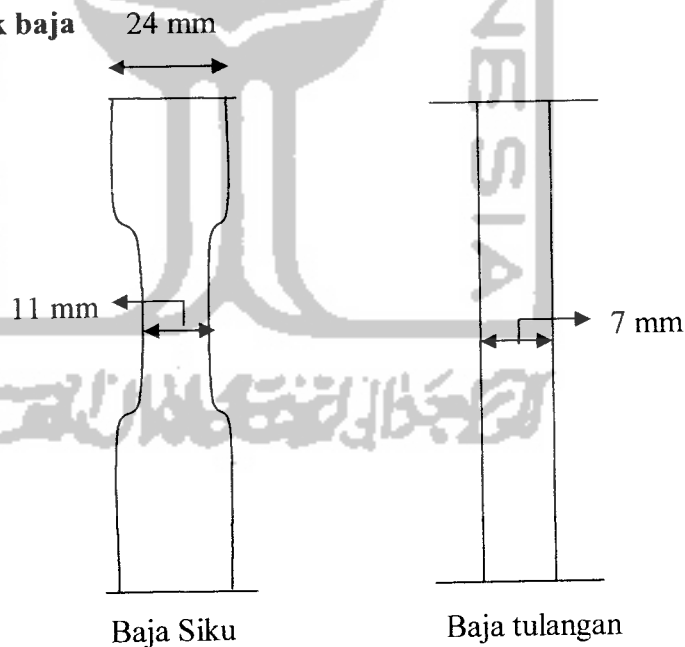


Gambar 5.6. Grafik hubungan P/P_y versus deformasi dengan variasi e/a

5.2 Pembahasan

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium pada uji tarik digunakan untuk mendapatkan beban leleh, dan beban maksimum atau beban ultimit. Tegangan leleh didapatkan dengan membagi beban leleh dengan luas penampang ($F_y = P_y/A$). Tegangan ultimit (F_u) didapatkan dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang ($P_u = P_u/A$). Kekuatan las didapatkan dengan membagi beban maksimum dengan panjang las, sehingga kekuatan las persatuan panjang (per millimeter) diketahui dengan cara tersebut, sedangkan pada uji tekan digunakan untuk mencari beban kritis (P_{cr}) maksimum yang terjadi akibat dari gaya tekan aksial.

5.2.1 Uji kuat tarik baja



Gambar 5.7 Benda uji kuat tarik bahan

Uji tarik yang dilakukan dengan menggunakan UMH digunakan untuk mengetahui kuat maksimum dari beban yang diberikan pada benda uji dan

pengujian kuat tarik dan tegangan maksimum baja pada benda uji Gambar (5.7) menunjukkan mutu baja yang digunakan untuk struktur.

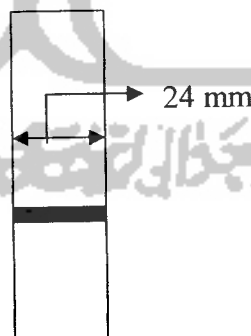
Dari hasil pengujian kuat tarik Tabel (5.1) didapat analisis untuk mencari tegangan leleh (F_y) dan tegangan ultimit (F_u) yang ditunjukkan pada Tabel 5.5 sebagai berikut

Tabel 5.5 Analisis hasil uji kuat tarik baja

Benda uji	A(mm ²)	P leleh (KN)	Pu maks (KN)	P putus (KN)	Teg leleh(Mpa)
sampel 1	23.1	9.15	11.4	6.5	396.1
sampel 2	38.465	16.45	13.9	20	427.7

Pada bahan profil tulangan polos yang terjadi lebih besar bila dibandingkan dengan profil siku dapat dilihat pada grafik milimeter (terlampir).

5.2.2 Uji kuat geser sambungan las



Gambar 5.8 Benda uji kuat tarik las

Uji las geser dilakukan guna mengetahui tegangan ultimit las yang digunakan pada sambungan benda uji, hasil uji geser ditunjukkan pada Tabel 5.6

$$P_{cr} = \frac{\mu \pi^2 E I}{l^2} \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 EI_0}{l^2} \frac{1}{Ech^2} \frac{d^3}{A_d} \left(1 + \frac{e \cdot C_x}{r^2}\right)} \quad (5.1)$$

Dengan nilai μ adalah

$$\mu = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{h_0}{h_m}\right)^2 \left[\frac{1}{\pi^2} + \frac{4}{(\log_e h_0 - \log_e h_m)^2} \right] \quad (5.2)$$

Tabel 5.7 Nilai k pada berbagai rasio (ho/hm)

ho/hm	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
μ	0,025	0,173	0,263	0,433	0,618	0,804	1

Kolom sampel 2 (ho/hm = 0,625), $\mu=0,6394$, menggunakan 4 profil siku 25x25x3mm,

A gabungan= 385,56 mm², E = 200000 Mpa, L = 1800mm, c = 400 mm, Ix=Iy

gabungan = 9071684 mm⁴. Maka didapat dalam hasil perhitungan dalam Tabel 5.8

Tabel 5.8 Hasil perhitungan beban kritis dengan nilai E

Sampel	ho/hm	μ	\ddot{E} (Mpa)	e/a	KL/r	Ix(mm ⁴)	A(mm ²)	rx=ry(mm)	Pcr(KN)
1	0.62	0.639	2.E+05	0	153.4	9071684	385	153.4	3528
2	0.62	0.639	2.E+05	0.107	153.4	9071684	385	153.4	3515
3	0.62	0.639	2.E+05	0.214	153.4	9071684	385	153.4	3502
4	1	1	2.E+05	0	93,5	3371565	385	93.5	2052

Beban kritis (Pcr) secara teori dapat ditentukan berdasarkan kekuatan kolom menahan tekuk keseluruhan dengan menggunakan persamaan tekuk. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui beban kritis (Pcr) pada teori modulus tangen dasar Chen , 1952 adalah pada persamaan:

$$P_{cr} = \frac{\mu \pi^2 E_t I}{l^2} \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_t I_0}{l^2} \frac{1}{Ech^2} \frac{d^3}{A_d} \left(1 + \frac{e \cdot C_x}{r^2}\right)} \quad (5.3)$$

Dengan nilai μ adalah

$$\mu = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{h_0}{h_m}\right)^2 \left[\frac{1}{\pi^2} + \frac{4}{(\log_e h_0 - \log_e h_m)^2} \right] \quad (5.4)$$

Tabel 5.9 Nilai k pada berbagai rasio (ho/hm)

ho/hm	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
μ	0,025	0,173	0,263	0,433	0,618	0,804	1

Nilai Et yang digunakan adalah nilai perbandingan Et dan l/r pada tabel 5.10 dibawah ini

Tabel 5.10 Tabel tekuk plastis alumunium

Stress σ (ksi)	Tangen modulus		Modulus reduksi	
	Et (ksi)	l/r	Er (ksi)	l/r
10	10600	105	10600	105
20	10600	72.5	10600	72.5
30	10600	59	10600	59
40	10600	51	10600	51
45	3000	26	5100	33.5
50	1000	14	2300	21.3
55	500	9.5	1300	15.3
60	400	8.1	1100	13.5

Kolom sampel 2 (ho/hm = 0,625), =0,6394, menggunakan 4 profil siku 25x25x3mm,

A gabungan= 385,56 mm², E = (500/10600)*200000= 9433.96 Mpa, L = 1800mm,

c = 400 mm, Ix=Iy gabungan = 9071684 mm⁴. Maka didapat dalam hasil

perhitungan dalam Tabel 5.11

Tabel 5.11 Hasil perhitungan beban kritis dengan nilai Et

Sampel	ho/hm	μ	\bar{E} (Mpa)	KL/r	L(mm)	e/a	I_x (mm ⁴)	A(mm ²)	$r_x=r_y$ (mm)	Pcr(KN)
1	0.62	0.639	9.E+03	11.7	1800	0	9071684	385	153.4	166.416
2	0.62	0.639	9.E+03	11.7	1800	0.107	9071684	385	153.4	165.806
3	0.62	0.639	9.E+03	11.7	1800	0.214	9071684	385	153.4	166.416
4	1	1	9.E+03	19.3	1800	0	3371565	385	93,5	96.792

Beban kritis (Pcr) secara teori dapat ditentukan berdasarkan kekuatan kolom menahan tekuk keseluruhan dengan menggunakan persamaan tekuk. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui beban kritis (Pcr) pada teori modulus ganda *Chen*, 1952 adalah pada persamaan:

$$P_{cr} = \mu \frac{\pi^2 E_r I}{l^2} \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_r I_0}{l^2} \frac{1}{Ech^2} \frac{d^3}{Ad} \left(1 + \frac{e.y}{r^2} \right)} \quad (5.5)$$

Nilai E_r yang digunakan adalah nilai perbandingan E_r dan l/r pada tabel 3.10, dengan nilai μ adalah

$$\mu = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{h_0}{h_m} \right)^2 \left[\frac{1}{\pi^2} + \frac{4}{(\log_e h_0 - \log_e h_m)^2} \right] \quad (5.6)$$

Tabel 5.12 Nilai k pada berbagai rasio (ho/hm)

ho/hm	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1
μ	0,025	0,173	0,263	0,433	0,618	0,804	1

Kolom sampel 2 (ho/hm = 0,6231), $\mu=0,6394$, menggunakan 4 profil siku 25x25x3mm,

A gabungan= 385,56 mm², $E = (1100/10600) * 200000 = 20754.751$ Mpa, L = 1800mm, c = 400 mm, $I_x=I_y$ gabungan = 8976247 mm⁴. Maka didapat dalam hasil perhitungan dalam Tabel 5.13

Tabel 5.13 Hasil perhitungan beban kritis dengan nilai Er

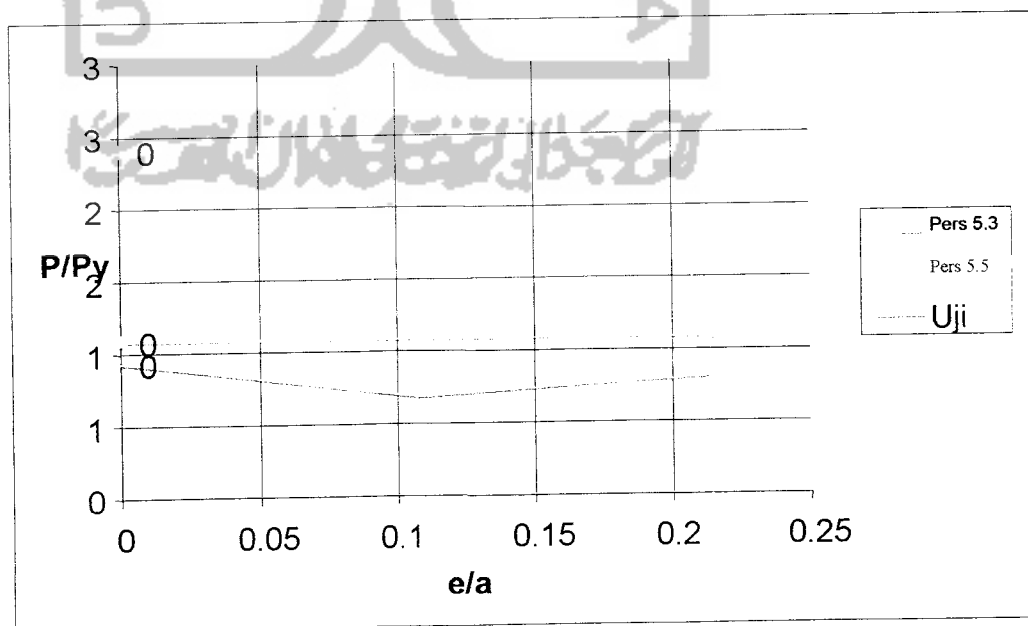
Sampel	ho/hm	μ	\bar{E} (Mpa)	KL/r	e/a	cx	I_x (mm ⁴)	$r_x=r_y$ (mm)	Pcr(KN)
1	0.62	0.639	2.08E+04	11.7	0	4.33	9071684	153.4	366.11
2	0.62	0.639	2.08E+04	11.7	0.107	4.33	9071684	153.4	364.77
3	0.62	0.639	2.08E+04	11.7	0.214	4.33	9071684	153.4	363.44
4	1	1	2.08E+04	19.3	0	4.33	3371565	93,5	212.94

Hasil perbandingan beban kritis teori dan beban kritis pengujian dapat dilihat pada tabel 5.14

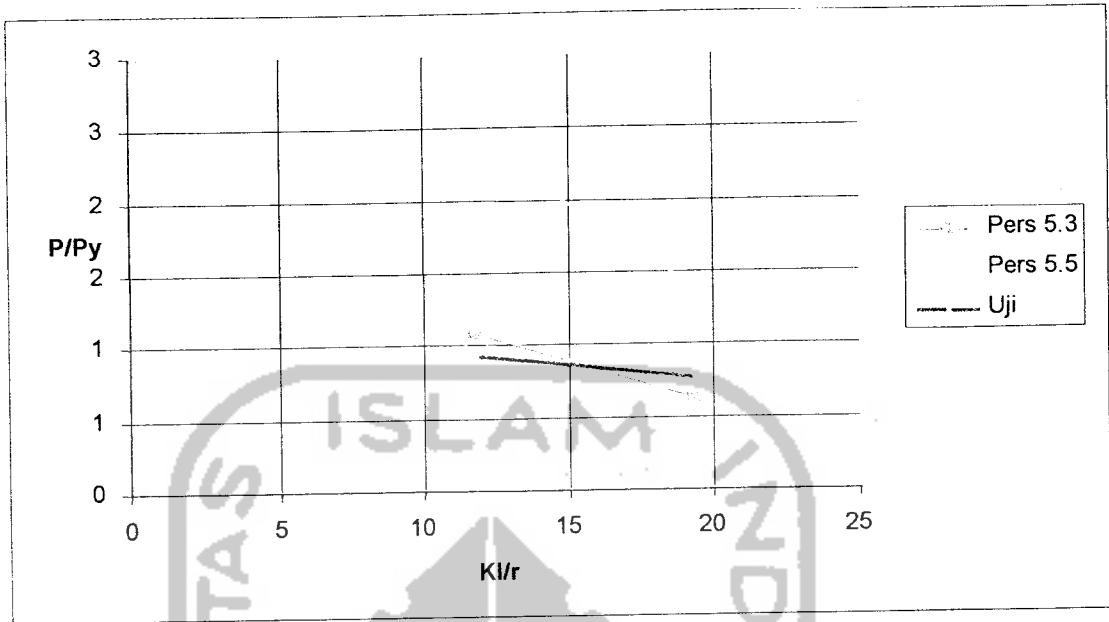
Tabel 5.14 Tabel perbandingan beban kritis E, Et dan Er teori dengan hasil pengujian

no	Pcr teori Et	Pcr teori Er	Pcr uji	Py	P/Py Et	P/Py Er	P/Py uji
1	166.416	366.11	142	152720	1.089678	2.397295	0.93
2	165.806	364.77	104	152720	1.085682	2.388505	0.68
3	166.416	363.44	123	152720	1.089678	2.379779	0.81
4	96.792	212.94	118	152720	0.633783	1.394326	0.77

Data dari Tabel 5.13 dan 5.14 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan beban kritis (P_{cr}) teoritis dengan beban kritis (P_{cr}) hasil pengujian, seperti pada Gambar 5.9 dan 5.10



Gambar 5.9 Grafik non dimensional P/Py versus e/a bervariasi



Gambar 5.10 Grafik non dimensional P/Py versus Kl/r dengan $e/a = 0$

Hasil pengujian yang dilakukan dilaboratorium benda uji mengalami banyak pengaruh diantaranya proses pembuatan benda uji dan proses pengujian yang dilakukan, sehingga hasil yang didapat pada proses pengujian tidak dapat diambil secara maksimum. Rumus 5.3 tidak bisa digunakan dalam perhitungan karena kelangsingan benda uji lebih kecil dari kelangsingan batas yaitu $\frac{Kl}{r} < \lambda_c$

Maka persamaan yang digunakan adalah persamaan kolom pendek 5.7 sedangkan persamaan Euler hanya digunakan untuk kolom langsing dengan

$$\frac{Kl}{r} > \lambda_c$$

$$F_{cr} = F_y \left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2\lambda_c^2} \right] \quad (5.7)$$

Dengan perhitungan sampel 1 dengan $h_o = 400$ mm dan $H_m = 320$ mm dan panjang $L = 1800$ mm, $A_{gabungan} = 568$ mm², $E = 200000$ Mpa, $I_{gabungan} = 13207805$ mm⁴

$$\text{Dari sampel } \frac{kL}{r} = \frac{1800\text{mm}}{153,4\text{mm}} = 11,7$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = 99,78$$

Dengan tegangan leleh baja 396.1 Mpa maka

$$F_{cr} = 396,1 \left[1 - \frac{(11,7)^2}{2,99,78^2} \right] = 393,36 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan sampel dapat dilihat pada Tabel 5.13:

Benda Uji	E Mpa	KL/r	e/a	Ix (mm ⁴)	A gab(mm ²)	rx=ry(mm)	λc	Fcr (N/mm ²)	Pcr teori(N)
1	2E+05	11.7	0	9071684	385	153.4	99.78	393.36	151664.4
2	2E+05	11.7	0.107	9071684	385	153.4	99.78	254.20	98007.48
3	2E+05	11.7	0.214	9071684	385	153.4	99.78	235.73	90887.83
4	2E+05	19.3	0	3371565	385	93,5	99.78	272.55	105084.9

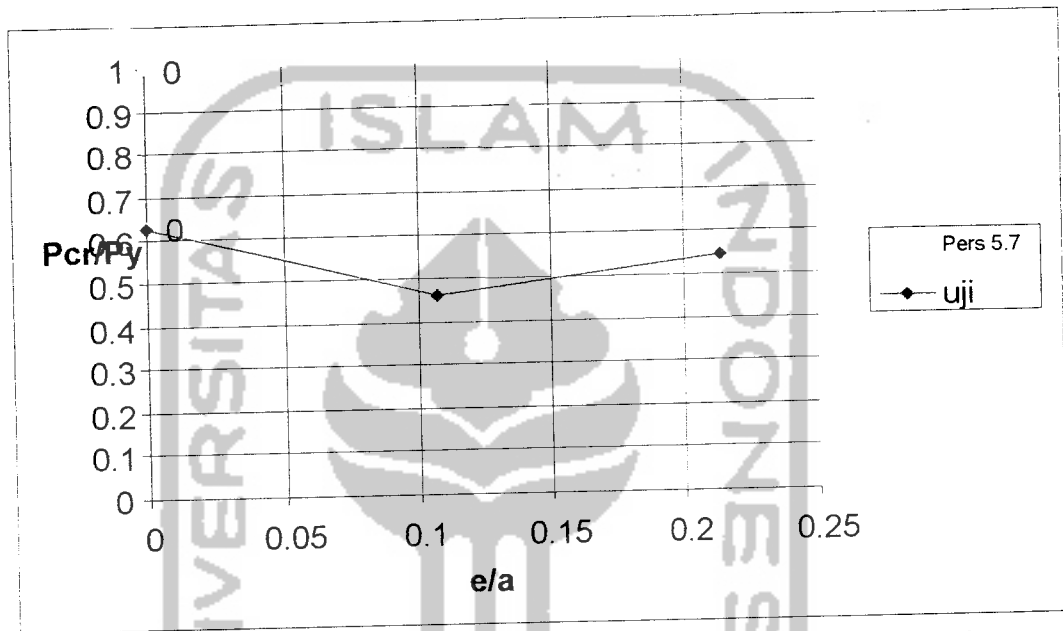
Tabel 5.15 Tabel perhitungan beban kritis persamaan 5.7

Hasil perbandingan beban kritis teori dan beban kritis pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.16

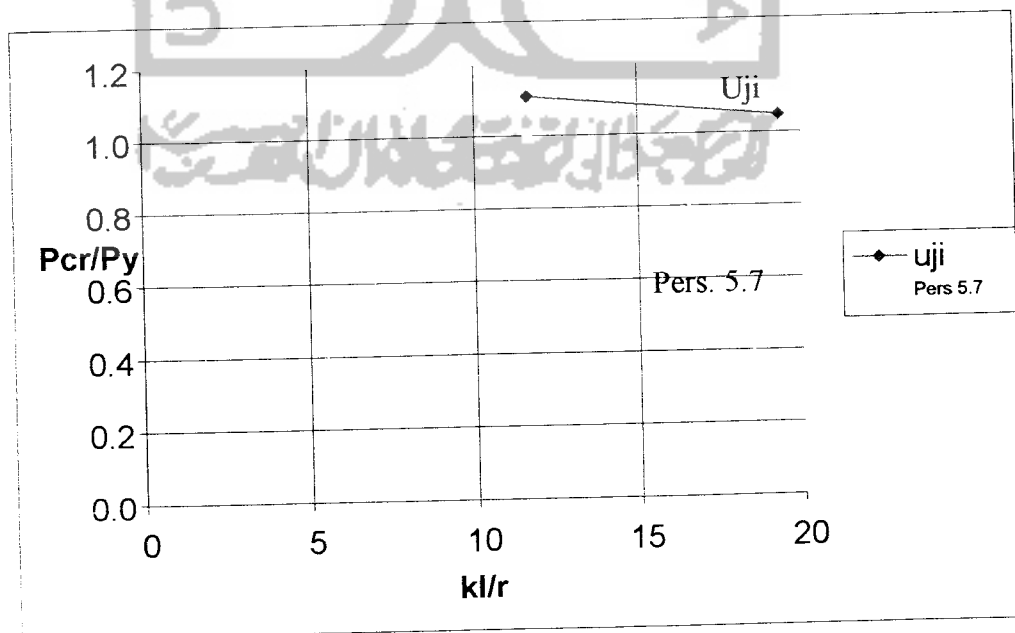
Tabel 5.16 Perbandingan beban kritis persamaan 5.7 terhadap beban leleh

Benda uji	KI/r	rx=ry	λc	Pcr		P/PY	
				uji	teori	uji	teori
1	11.7	153.4	99.78	142000	151664.4	0.93	0.993
2	11.7	153.4	99.78	104000	98007.48	0.68	0.642
3	11.7	153.4	99.78	123000	90887.83	0.81	0.595
4	19.3	93,5	99.78	118000	105084.9	0.77	0.688

Data dari Tabel 5.14 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan beban kritis (P_{cr}) teoritis dengan beban kritis (P_{cr}) hasil pengujian seperti pada Gambar 5.9 dan 5.10



Gambar 5.11. Grafik non dimensional P_{cr}/P_y versus e/a bervariasi



Gambar 5.12 Grafik non dimensional P_{cr}/P_y versus Kl/r dengan $e/a=0$

Dari grafik 5.11 terlihat bahwa hasil pengujian mengalami kenaikan nilai e sebanding dengan kenaikan nilai P_{cr} . Ini dapat disebabkan karena adanya kesalahan dalam pelaksanaan pengujian. Sehingga diperlukan benda uji yang lebih banyak.

5.4 Perhitungan modulus tangen dan modulus tereduksi

Beban kritis untuk tekuk elastis hanya berlaku untuk kolom yang relatif panjang, sedangkan pada kolom menengah kita membutuhkan teori tekuk inelastis untuk mendapatkan modulus tangent dan modulus tereduksi di dapatkan dari persamaan 5.8

$$F = \frac{\pi^2 E_t}{(kL/r)^2} \quad (5.8)$$

Maka

$$E_t = \frac{F_{cr} (kL/r)^2}{\pi^2} \quad (5.9)$$

Untuk mendapatkan nilai modulus tangen nilai F_{cr} diasumsikan sama dengan F_y , maka persamaan menjadi:

$$E_t = \frac{F_y (KL/r)^2}{\pi^2} \quad (5.10)$$

Pada pengujian kuat tekan kolom, tegangan lekeh benda uji (F_y) = 396.1 Mpa, maka nilai E_t adalah

$$E_t = \frac{396.1(11,7)^2}{\pi^2}$$

$$= 5493,85 \text{ Mpa}$$

Sedangkan nilai E_r adalah

$$E_r = \frac{2E.E_t}{E + E_t} \quad (5.11)$$

$$= \frac{2 * 2 * 10^5 * 5493,85}{2.10^5 + 5493,85}$$

$$E_r = 10693,94 \text{ Mpa}$$

Dari hasil perhitungan tampak bahwa modulus tereduksi lebih besar dari modulus tangen, hal ini disebabkan karena modulus tereduksi merupakan pembaharuan dari modulus tangen yang menganggap bahwa terjadinya pembalikan regangan pada saat batang berubah bentuk dari posisi lurus menjadi posisi lengkung. Hal ini selaras dengan perubahan yang dilakukan oleh Engesser terhadap perhitungan modulus tangen.

(*Salmon dan Johnson, 1990*)

Maka untuk pengujian dengan modulus tangen dan modulus tereduksi dapat dilihat pada tabel 5.17, tabel 5.18

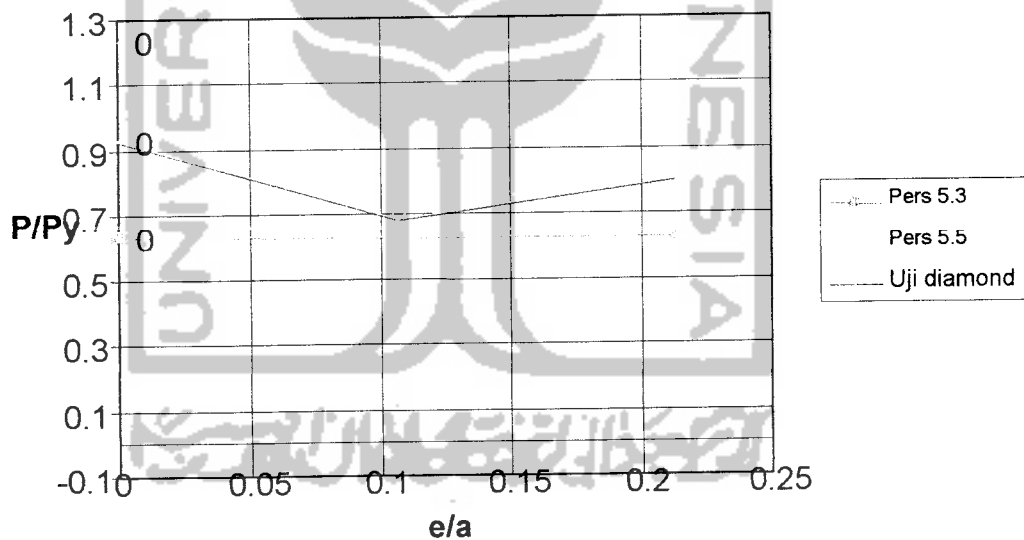
Tabel 5.17 Tabel perbandingan beban kritis persamaan 5.10 terhadap beban leleh dengan modulus tangen

no	ho/hm	μ	E Mpa	e/a (mm)	Ix (mm ⁴)	A gab (mm ²)	rx=ry (mm)	Per (KN)	Kl/r	Py (N)	P/PY
1	0.62	0.64	5493	0	9071684	385	153.4	96.91	11.7	152720	0.6346
2	0.62	0.64	5493	0.107	9071684	385	153.4	96.56	11.7	152720	0.6322
3	0.62	0.64	5493	0.214	9071684	385	153.4	96.20	11.7	152720	0.6299
4	1	1	5493	0	3371565	385	93,5	56.37	19.3	152720	0.3691

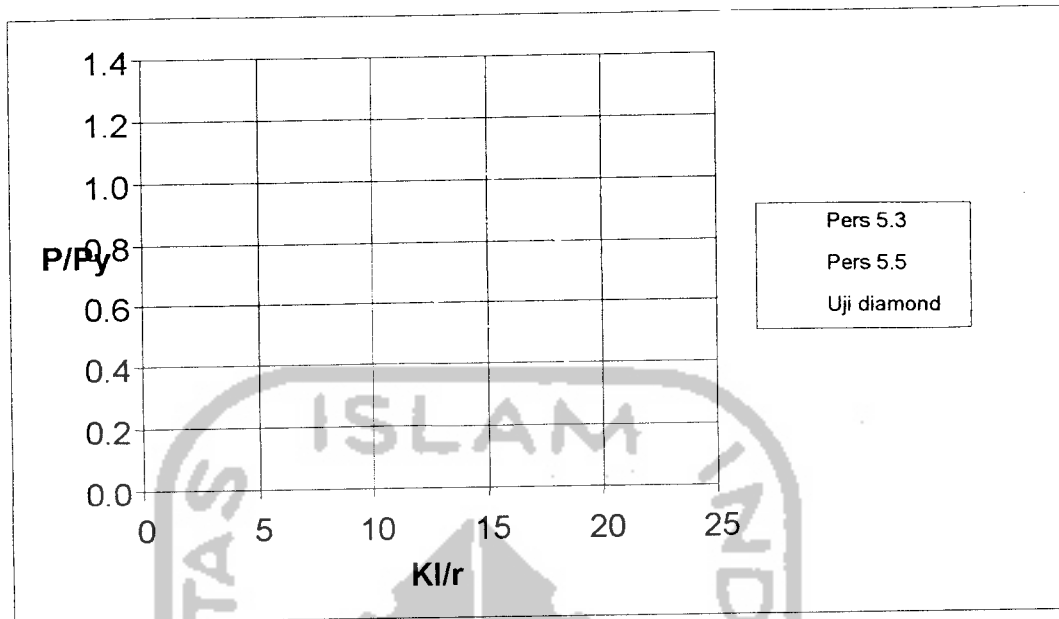
Tabel 5.18 Perbandingan beban kritis persamaan 5.11 terhadap beban leleh dengan modulus tereduksi

no	ho/hm	μ	E Mpa	e/a (mm)	$I_x (mm^4)$	A gab(mm ²)	rx=ry(mm)	P _{cr} (KN)	KI/r	P _y (N)	P/P _Y
1	0.62	0.64	10693	0	9071684	385	153.4	188.64	11.7	152720	1.2352149
2	0.62	0.64	10693	0.107	9071684	385	153.4	187.95	11.7	152720	1.2306869
3	0.62	0.64	10693	0.214	9071684	385	153.4	187.26	11.7	152720	1.2261909
4	1	1	10693	0	3371565	385	93,5	109.72	19.3	152720	0.718432

Data dari Tabel 5.15 dan 5.16 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan beban kritis (P_{cr}) teoritis dengan beban kritis (P_{cr}) hasil pengujian seperti pada Gambar 5.13 dan 5.14



Gambar 5.13. Grafik non dimensional P/P_y versus e/a bervariasi



Gambar 5.14. Grafik non dimensional P/P_y versus Kl/r dengan $e/a = 0$

5.5 Kegagalan kolom

Menurut persamaan *Euler* yang dikemukakan oleh *Salmon and Jonshon* untuk menetapkan persyaratan desain, kriteria kinerja harus ditentukan. Berdasarkan hasil penelitian, maka kegagalan yang terjadi adalah tekuk lokal pada elemen plat, seperti terlihat pada gambar LII.9 – LII.14. Tekuk lokal pada komponen kolom secara logis dapat dicegah sebelum kolom mencapai kekuatan penuh berdasarkan rasio kerampingan keseluruhannya KL/r :

Kolom pada pengujian kuat tekan kolom tersusun nonprismatis dengan perangkai diamond memiliki $P_{cr} = 142 \text{ KN}$, dengan luas penampang $A = 96,39 \text{ mm}^2$. Dengan nilai $b = 24 \text{ mm}$ dan tebal $t = 2.1 \text{ mm}$ dan memiliki rasio $b/t = 11.4$

Dikarenakan kolom terbuat dari 4 profil siku, maka tegangan pada saat kritis sebesar :

$$F_{cr} = \frac{P}{4A} = \frac{142000}{4.96,39} = 368,3 \text{ MPa}$$

Dengan rasio $b/t = 11.4$, maka :

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)(b/t)^2} \quad (5.12)$$

maka :

$$k = \frac{12F_{cr}(1 - \mu^2)(b/t)^2}{\pi^2 E}$$

$$k = \frac{12 \cdot 368,3(1 - 0,64^2)(11,4)^2}{\pi^2 \cdot 200000}$$

$$k = 0,171$$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa $k = 0,0171 < k = 0,425$ (Tabel 3.4). Hal ini dapat disebabkan karena profil yang digunakan kurang besar, yang menyebabkan beban kritis dan rasio nilai (b/t) yang dihasilkan juga tidak mencukupi untuk mencapai nilai k ideal sebesar 0,425.

Dari hasil pengujian di dapat F_{cr} hasil adalah 368,3 Mpa $<$ dari tegangan leleh (F_y) hasil uji = 396.1 Mpa (Lampiran 2, perhitungan tegangan leleh) , maka ditarik kesimpulan bahwa kolom mengalami kegagalan tekuk.

Dari persamaan (3.4)

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL / r)^2} \quad (5.13)$$

Dengan memperoleh nilai $k=1$ (asumsi sendi-sendi), maka perhitungan tegangan kritis untuk satu elemen plat dengan batasan antar batang perangkai (c) = 400 mm

dan $r_{min} = 4,03 \text{ mm}$ (Lampiran 1, perhitungan r_{min}) maka perhitungan tegangan kritis adalah

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5}{(400 / 4,03)^2} = 200,36 \text{ Mpa}$$

dari hasil perhitungan $F_{cr} = 200,36 \text{ Mpa} < F_y = 396,1 \text{ MPa}$

sehingga kolom mengalami kegagalan tekuk lokal pada elemen plat.

Dari nilai F_{cr} elemen plat dan F_{cr} batasan (b/t) profil maka didapat nilai nilai F_{cr} elemen plat lebih kecil, sehingga nilai ini dijadikan dasar terjadinya tekuk elemen plat pada kolom. Pola kegagalan kolom hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.19

Tabel 5.19 Pola kegagalan kolom

Benda uji	E(Mpa)	Pcr(N)	A(mm ²)	F _{cr} b/t(MPa)	F _{cr} plat(MPa)	F _y (MPa)	Pola kegagalan
e/a = 0	200000	142000	385.56	368.30	200.36	396.1	Tekuk lokal elemen plat
e/a = 0,107	200000	104000	385.56	269.74	200.36	396.1	Tekuk lokal elemen plat
e/a = 0,214	200000	123000	385.56	319.02	200.36	396.1	Tekuk lokal elemen plat
e/a = 0 (prismatis)	200000	118000	385.56	306.05	200.36	427.7	Tekuk lokal elemen plat