

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pendahuluan yang berguna untuk mengetahui kapasitas tekan profil C bentukan dingin sebagai elemen yang dipakai dan pengujian benda uji yang sebenarnya untuk mengetahui kekuatan kolom bentukan dingin. Uji pendahuluan meliputi uji tarik baja dan uji tekan profil, sedangkan uji sampel meliputi uji tekan kolom tersusun. Hasil hasil pengujian akan digunakan untuk mengetahui perilaku kolom bentukan dingin yang menerima beban aksial tekan sentris.

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 (\bar{F}_y) dan tegangan ultimit (\bar{F}_u) yang berguna untuk mengetahui perilaku kolom bentukan dingin. Uji pedahuluan juga menguji kekuatan sambungan las.

Hasil uji pendahuluan adalah sebagai berikut,

Hasil uji tarik baja dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Uji Tarik Baja

	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Luas penampang	24 mm ²	24 mm ²	24 mm ²
Beban leleh (Py)	335 kg	362,5 kg	362,5 kg
Beban ultimit (Pu)	460 kg	480 kg	502 kg
Beban putus	155 kg	175 kg	190 kg

Untuk mengetahui beban ultimit dari las maka dilakukan uji kuat geser las dan hasilnya seperti Tabel 5.2

Tabel 5.2 Uji Kuat Geser Las

	I	II	III
Beban Ultimit (Pu)	2345 kg	3280 kg	2720 kg

Sedangkan untuk mengetahui beban kritis dari profil C dengan panjang setiap II, hasil dari pengujian dapat dilihat Tabel 5.3 untuk pengujian tekan profil tanpa plat dasar dan Tabel 5.4 untuk pengujian tekan profil dengan plat dasar.

Tabel 5.3 Uji Tekan Profil

Benda Uji	L (cm)	Per (kg)
K1	15	1650
K2	22.5	1550
K3	30	1400
K4	37.5	1450
K5	45	1400
K6	52.5	1100
K7	60	1400
K8	67.5	1500

Tabel 5.4 Uji Tekan Profil Tanpa Plat Dasar

Benda Uji	L (cm)	Per (kg)
K1	15	1500
K2	22.5	1600
K3	30	1400
K4	37.5	1550
K5	45	1400
K6	52.5	1100
K7	60	1200
K8	67.5	1050

5.1.2 Hasil Pengujian Kolom Bentuk dingin

Hasil yang didapatkan dari pengujian berupa besarnya beban yang bekerja dan defleksi dari kolom. Dari pengujian juga didapatkan beban maksimum yang mampu ditahan oleh kolom yang selanjutnya disebut beban kritis (P_{cr}).

Pengukuran lendutan yang terjadi pada kolom dilakukan pada tiga titik yang masing masing titik berjarak $1/6L$ (50 cm). Dial pertama (Dial 1) diletakkan pada jarak $1/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban (ujung yang terdapat dongkrak), dial kedua (Dial 2) diletakkan pada jarak $2/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dial ketiga (Dial 3) diletakkan pada jarak $3/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dial keempat (Dial 4) diletakkan pada jarak $4/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dan dial kelima (Dial 5) diletakkan pada jarak $5/6L$ dari tepi yang tidak menerima beban (plat dasar dukungan). Di tambah tiga dial untuk mengetahui lendutan arah vertikal yaitu dial 1 (Dial A) diletakkan pada jarak $2/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dial 2 (Dial B) diletakkan pada jarak $3/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dan dial 3 (Dial C) diletakkan pada jarak $4/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban.

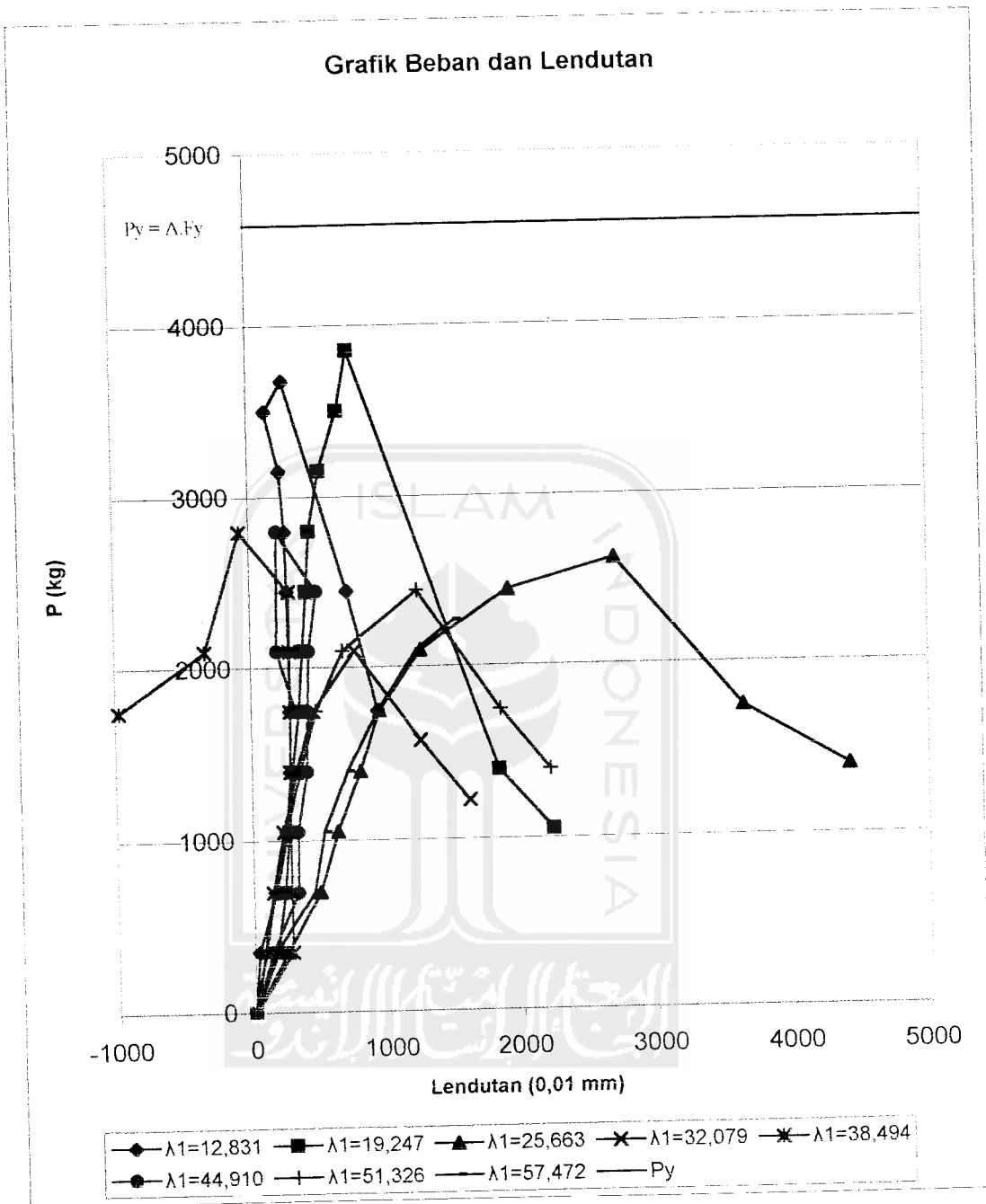
1. Hasil Pengujian Dial 1

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 1 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.5

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 1

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	33	350	170	350	245	350	75	350	281	350	131	350	81	350	158
700	169	700	231	700	492	700	144	700	281	700	332	700	154	700	447
1050	258	1050	270	1050	627	1050	228	1050	281	1050	334	1050	249	1050	527
1400	285	1400	300	1400	801	1400	326	1400	284	1400	404	1400	356	1400	704
1750	289	1750	351	1750	946	1750	454	1750	288	1750	415	1750	477	1750	937
2100	285	2100	384	2100	1265	2100	768	2100	290	2100	432	2100	679	2100	1233
2450	277	2450	416	2450	1924	1575	1255	2450	290	2450	492	2450	1243	2275	1522
2800	267	2800	444	2625	2710	1225	1624	2800	-70	2800	206	1750	1857	1750	
3150	236	3150	523	1750	3646			2100	-337	2100	197	1400	2220	1400	
3500	133	3500	663	1400	4421			1750	-976	1750	332			1225	
3675	264	3850	745												
2450	719	1400	1844												
1750	936	1050	2239												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.1



Gambar 5.1 Grafik Beban dan Lendutan Dial 1

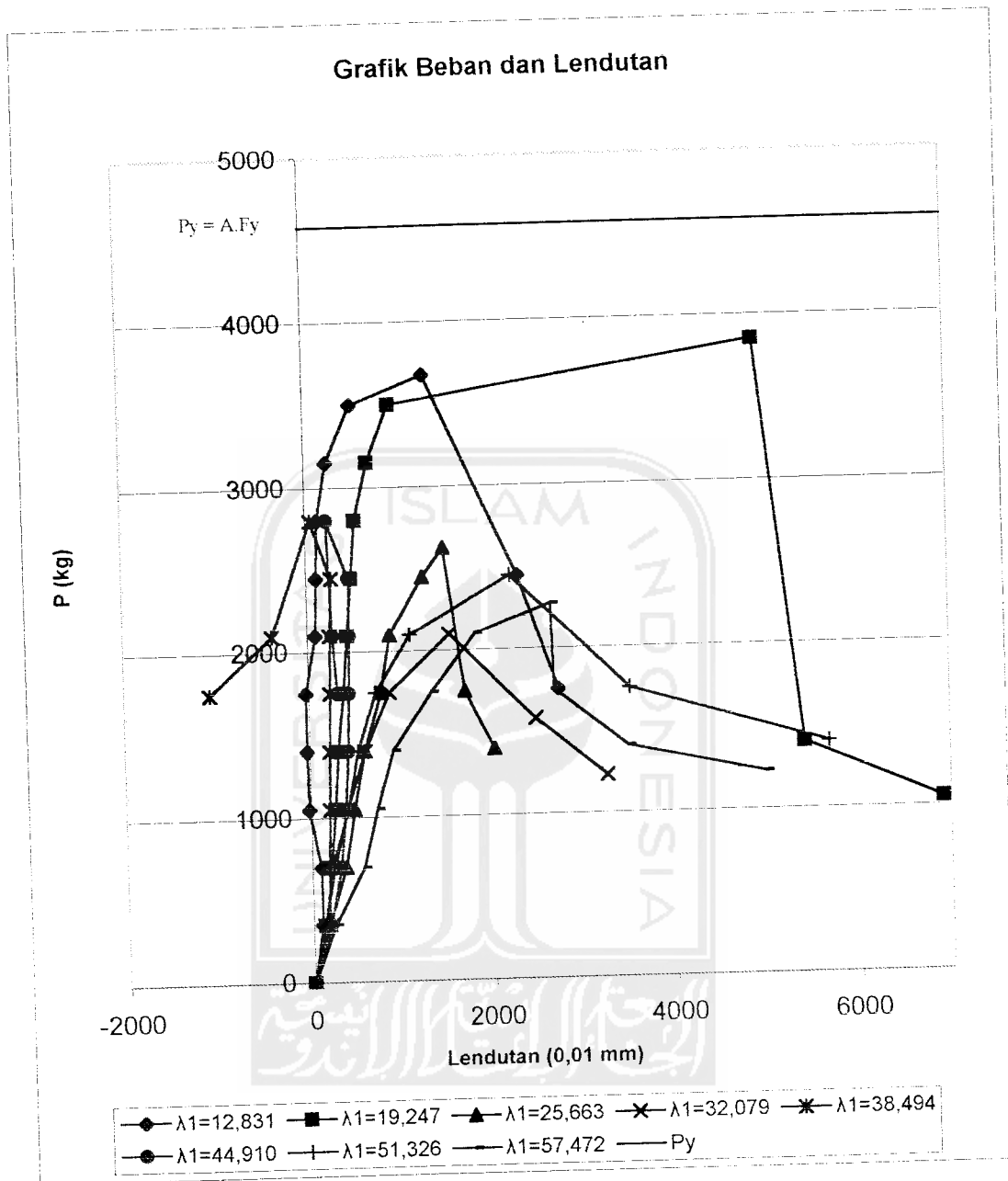
2. Hasil Pengujian Dial 2

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 2 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.6

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 2

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	95	350	144	350	172	350	124	350	175	350	188	350	129	350	235
700	97	700	205	700	366	700	240	700	183	700	309	700	215	700	563
1050	-23	1050	260	1050	469	1050	393	1050	202	1050	373	1050	400	1050	724
1400	-33	1400	303	1400	593	1400	600	1400	216	1400	414	1400	518	1400	912
1750	-34	1750	376	1750	787	1750	881	1750	232	1750	436	1750	728	1750	1346
2100	87	2100	427	2100	895	2100	1554	2100	241	2100	452	2100	1113	2100	1846
2450	105	2450	483	2450	1263	1575	2490	2450	268	2450	453	2450	2237	2275	2675
2800	126	2800	538	2625	1498	1225	3265	2800	52	2800	223	1750	3529	1750	2694
3150	236	3150	684	1750	1714			2100	-392	2100	265	1400	5679	1400	3505
3500	511	3500	931	1400	2031			1750	-1076	1750	309			1225	5000
3675	1315	3850	4931												
2450	2319	1400	5417												
1750	2742	1050	6915												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.2



Gambar 5.2 Grafik Beban dan Lendutan Dial 2



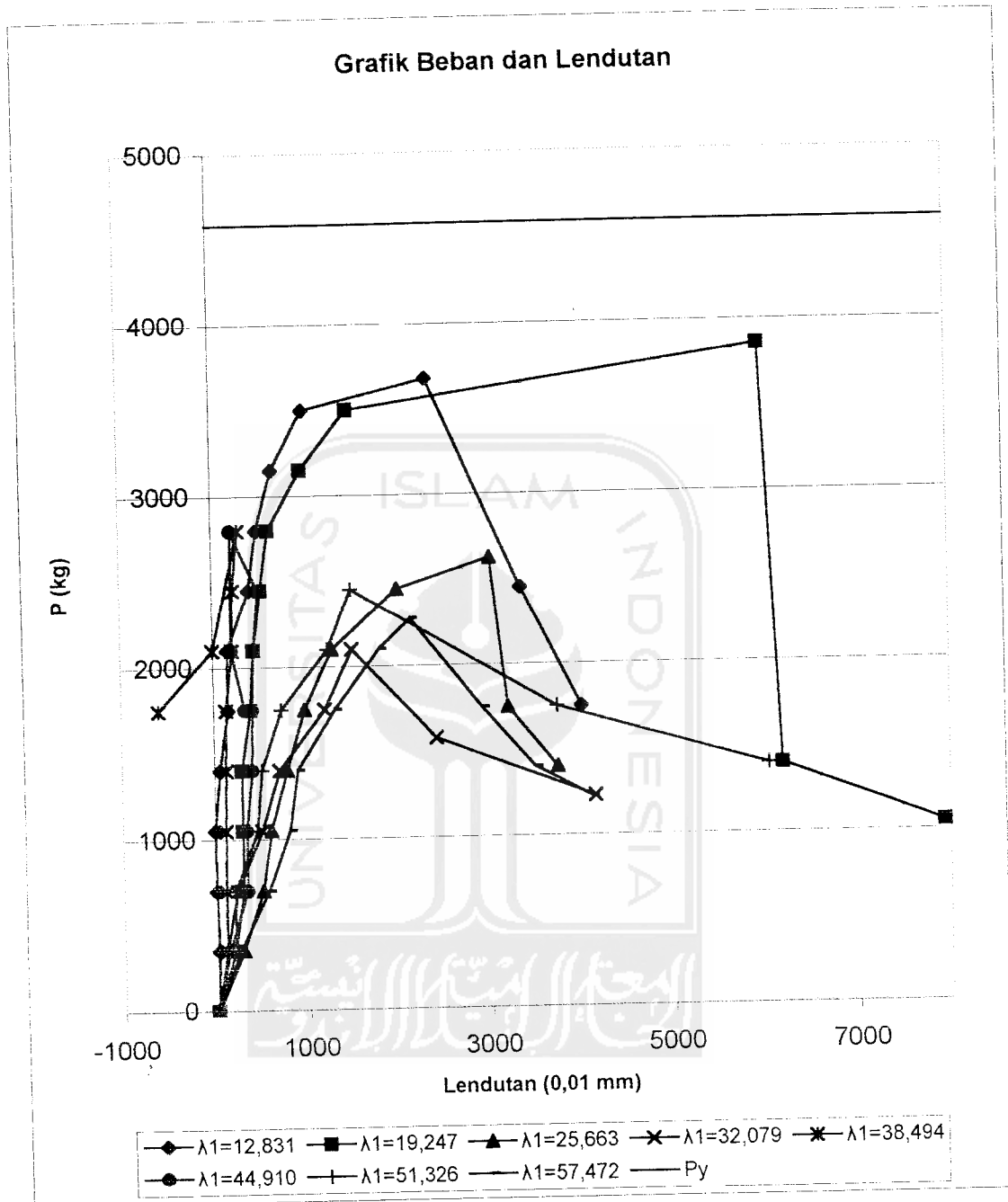
3. Hasil Pengujian Dial 3

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 3 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 3

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	20	350	193	350	281	350	105	350	105	350	131	350	195	350	246
700	-3	700	291	700	501	700	223	700	105	700	332	700	205	700	563
1050	-6	1050	293	1050	601	1050	503	1050	110	1050	334	1050	451	1050	805
1400	59	1400	294	1400	783	1400	702	1400	119	1400	404	1400	507	1400	900
1750	149	1750	391	1750	983	1750	1205	1750	129	1750	415	1750	726	1750	1315
2100	152	2100	434	2100	1285	2100	1505	2100	204	2100	432	2100	1239	2100	1805
2450	392	2450	519	2450	2006	1575	2417	2450	219	2450	492	2450	1501	2275	2145
2800	483	2800	609	2625	3027	1225	4155	2800	282	2800	206	1750	3744	1750	2931
3150	656	3150	971	1750	3211			2100	-5	2100	197	1400	6044	1400	3505
3500	997	3500	1478	1400	3744			1750	-595	1750	332			1225	4120
3675	2350	3850	5978												
2450	3366	1400	6189												
1750	4011	1050	7942												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.3



Gambar 5.3 Grafik Beban dan Lendutan Dial 3

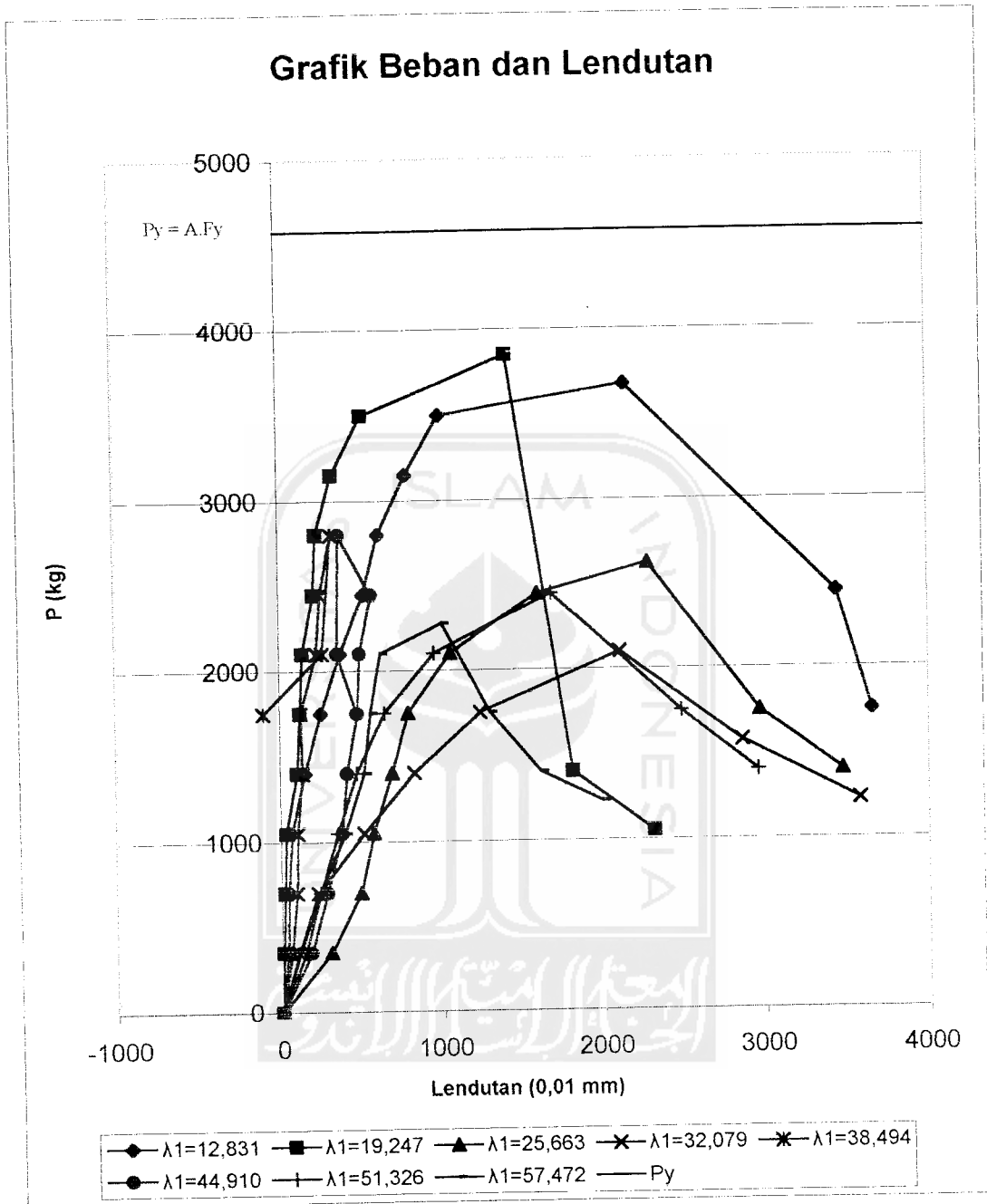
4. Hasil Pengujian Dial 4

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 4 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.8

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 4

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	35	350	10	350	304	350	106	350	61	350	182	350	148	350	111
700	44	700	21	700	491	700	227	700	97	700	284	700	242	700	235
1050	70	1050	34	1050	576	1050	516	1050	104	1050	379	1050	353	1050	397
1400	153	1400	106	1400	690	1400	827	1400	137	1400	413	1400	472	1400	518
1750	254	1750	126	1750	794	1750	1243	1750	129	1750	480	1750	646	1750	560
2100	375	2100	145	2100	1057	2100	2108	2100	229	2100	499	2100	957	2100	626
2450	522	2450	215	2450	1599	1575	2862	2450	256	2450	572	2450	1687	2275	1008
2800	618	2800	232	2625	2284	1225	3578	2800	327	2800	372	1750	2487	1750	1306
3150	791	3150	334	1750	2969			2100	265	2100	359	1400	2957	1400	1618
3500	1002	3500	522	1400	3472			1750	-102	1750	476			1225	1996
3675	2150	3850	1421												
2450	3442	1400	1812												
1750	3656	1050	2315												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.4



Gambar 5.4 Grafik Beban dan Lendutan Dial 4

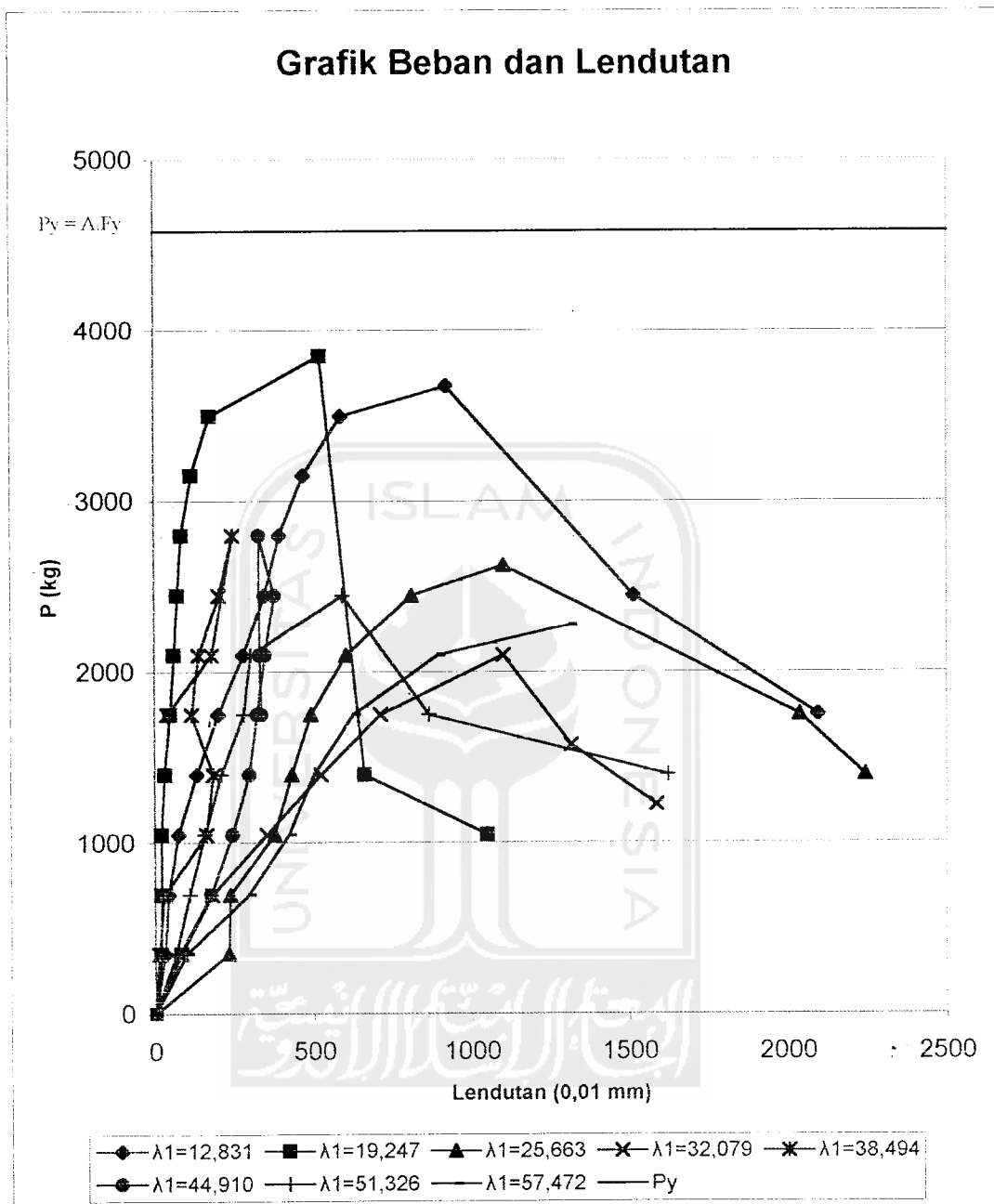
5. Hasil Pengujian Dial 5

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 5 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.9

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 5

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	32	350	19	350	230	350	82	350	13	350	76.5	350	65.5	350	98
700	42	700	21	700	234	700	179	700	30	700	176	700	108	700	292
1050	73	1050	21	1050	376	1050	350	1050	162	1050	243	1050	157	1050	421
1400	131	1400	32	1400	430	1400	522	1400	184	1400	295	1400	208	1400	501
1750	198	1750	49	1750	492	1750	711	1750	115	1750	321	1750	279	1750	625
2100	277	2100	61	2100	602	2100	1101	2100	138	2100	346	2100	300	2100	892
2450	344	2450	72.5	2450	808	1575	1315	2450	202	2450	375	2450	591	2275	1312
2800	391	2800	84.5	2625	1101	1225	1586	2800	244	2800	327	1750	864	1750	
3150	467	3150	116	1750	2035			2100	179	2100	329	1400	1622	1400	
3500	585	3500	173	1400	2240			1750	38.5	1750	335			1225	
3675	919	3850	519												
2450	1514	1400	661												
1750	2094	1050	1049												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.5



Gambar 5.5 Grafik Beban dan Lendutan Dial 5

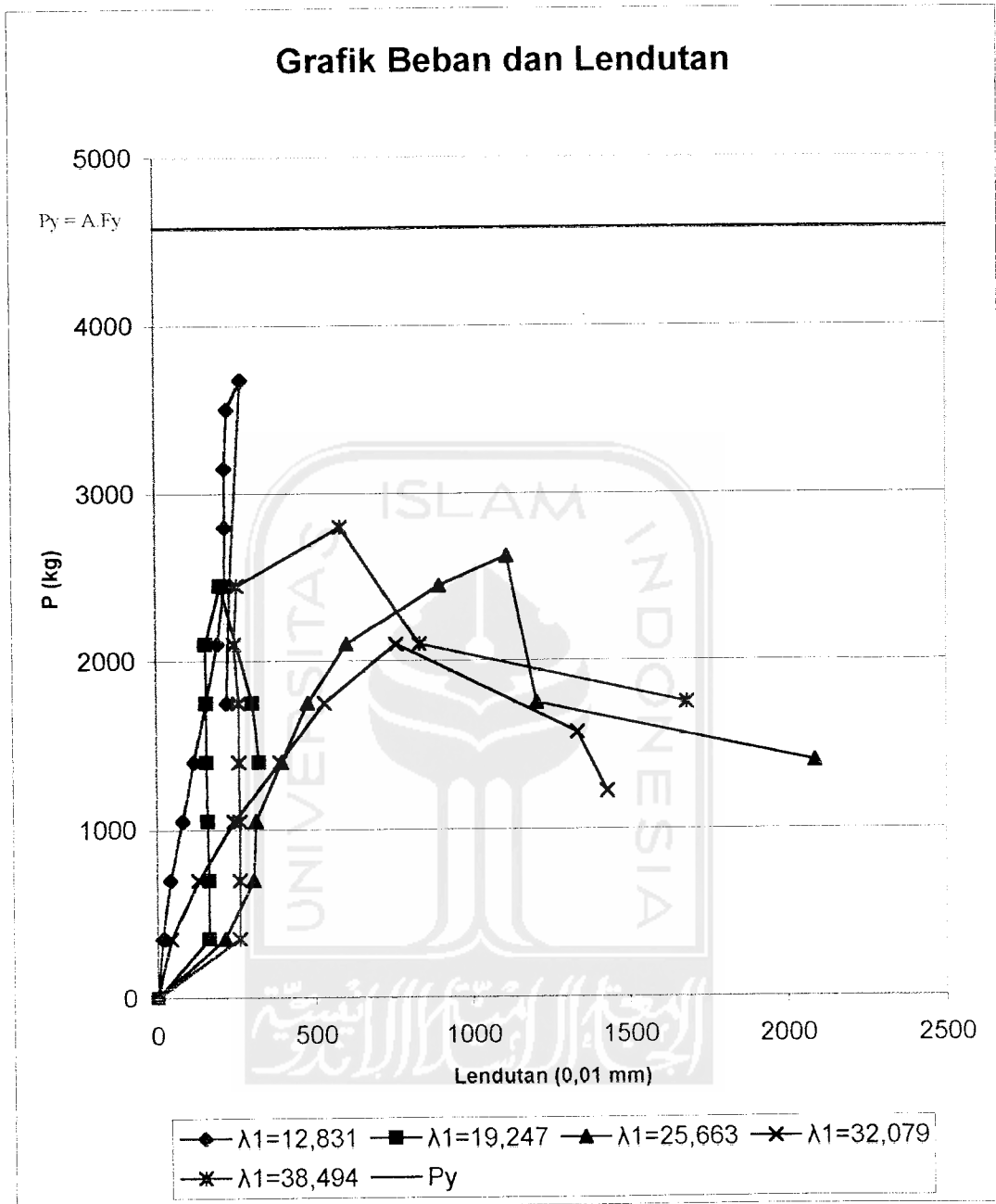
6. Hasil Pengujian Dial A

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial A disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.10

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial A

BEBAN & LENDUTAN									
K1		K2		K3		K4		K5	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$	
Beban	Dial A	Beban	Dial A	Beban	Dial A	Beban	Dial A	Beban	Dial A
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	17	350	163	350	213	350	43	350	258
700	42	700	163	700	301	700	131	700	259
1050	82	1050	160	1050	310	1050	242	1050	259
1400	118	1400	157	1400	393	1400	388	1400	258
1750	156	1750	156	1750	477	1750	530	1750	258
2100	192	2100	156	2100	600	2100	758	2100	244
2450	216	2450	202	2450	894	1575	1333	2450	254
2800	218	1750	301	2625	1110	1225	1428	2800	581
3150	218	1400	321	1750	1204			2100	831
3500	225			1400	2085			1750	1681
3675	268								
2450	232								
1750	220								

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.6



Gambar 5.6 Grafik Beban dan Lendutan Dial A

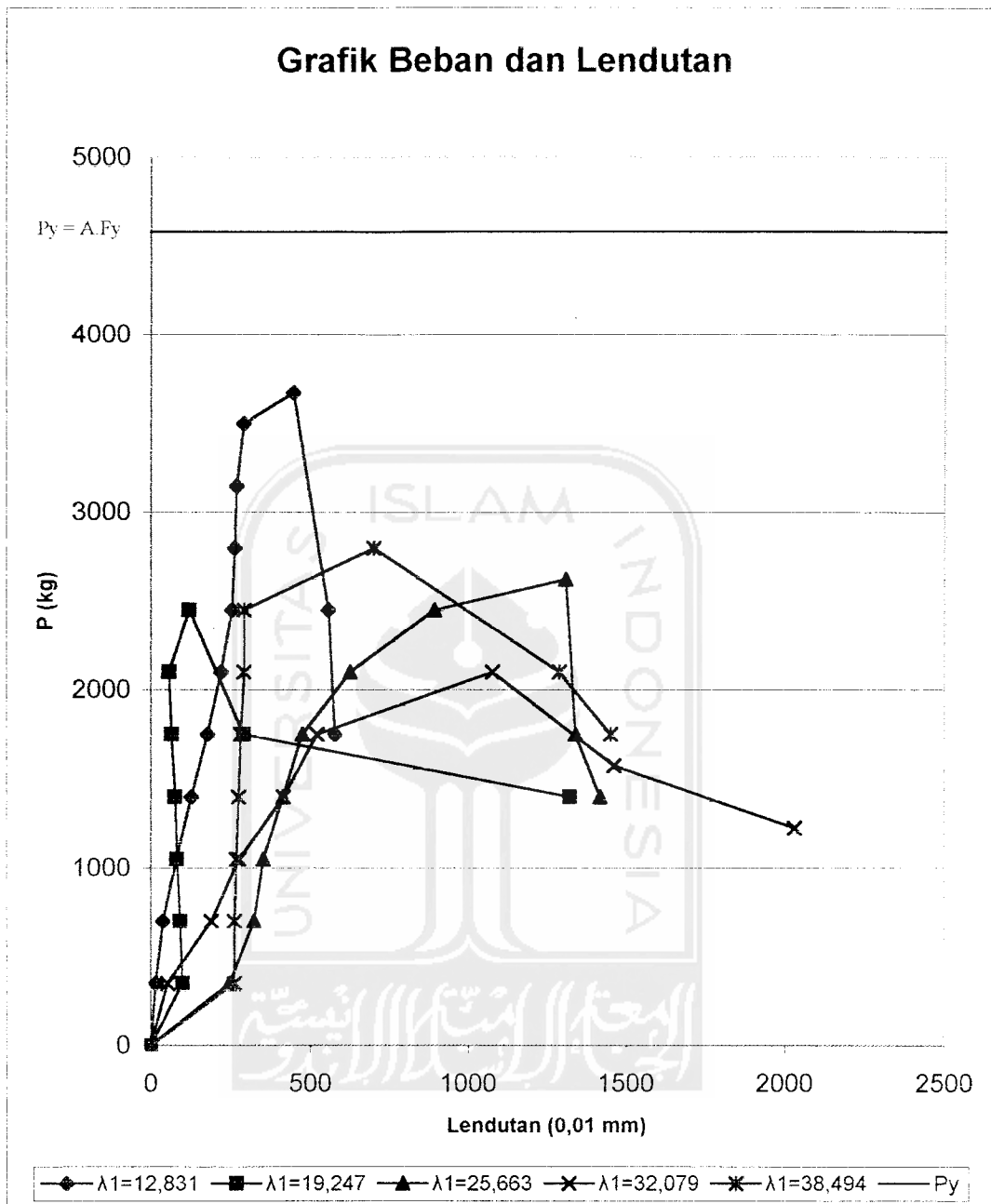
7. Hasil Pengujian Dial B

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial B disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.11

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial B

BEBAN & LENDUTAN									
K1		K2		K3		K4		K5	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$	
Beban	Dial B	Beban	Dial B	Beban	Dial B	Beban	Dial B	Beban	Dial B
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	15	350	99	350	244	350	51	350	259
700	37	700	90	700	321	700	188	700	260
1050	79	1050	81	1050	351	1050	274	1050	267
1400	125	1400	75	1400	412	1400	414	1400	272
1750	175	1750	64	1750	473	1750	520	1750	279
2100	218	2100	56	2100	626	2100	1076	2100	289
2450	252	2450	119	2450	891	1575	1460	2450	290
2800	259	1750	287	2625	1307	1225	2030	2800	700
3150	266	1400	1321	1750	1338			2100	1286
3500	287			1400	1417			1750	1450
3675	445								
2450	556								
1750	577								

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.7



Gambar 5.7 Grafik Beban dan Lendutan Dial B

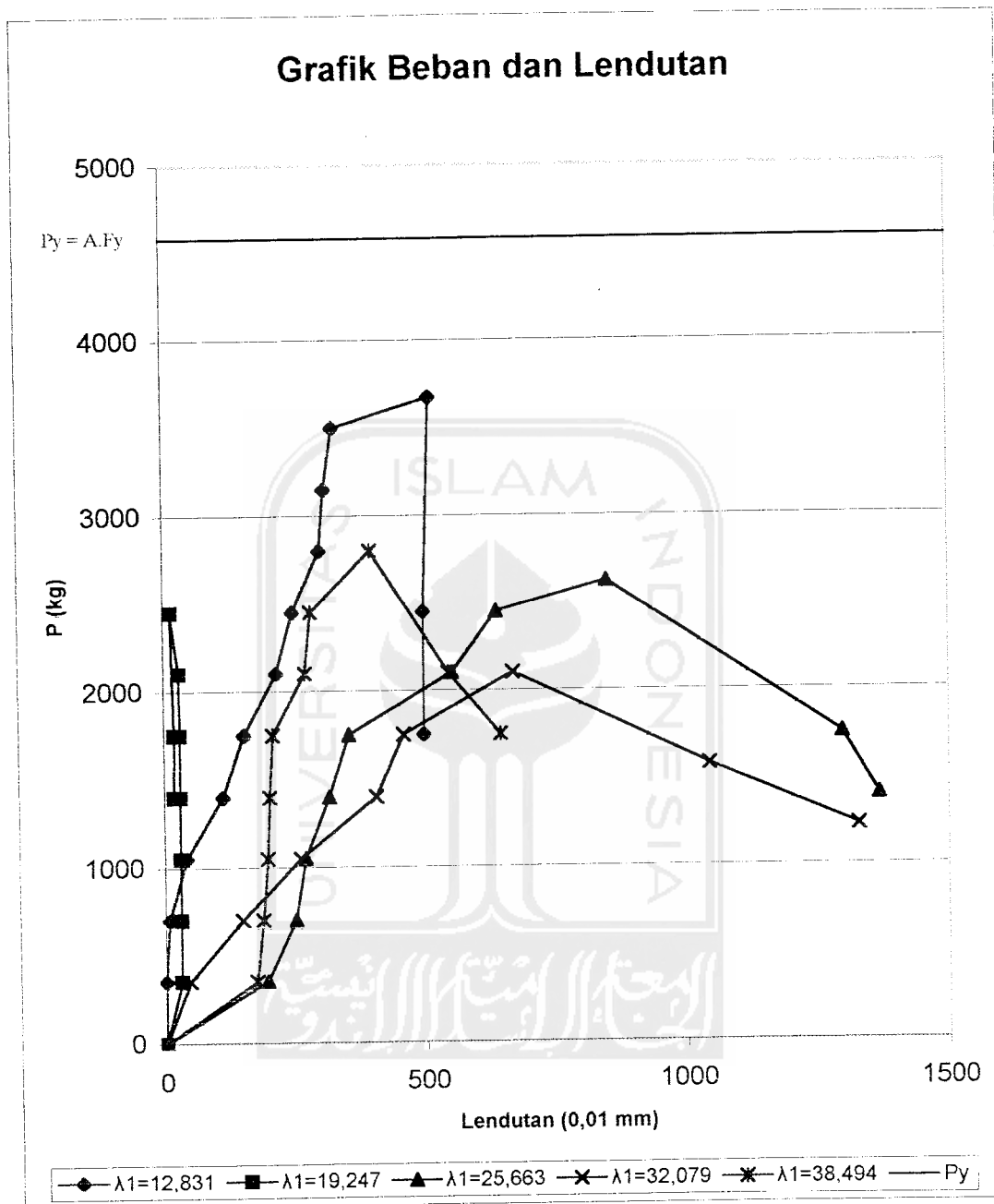
8. Hasil Pengujian Dial C

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial C disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.12

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial C

BEBAN & LENDUTAN									
<i>K1</i>		<i>K2</i>		<i>K3</i>		<i>K4</i>		<i>K5</i>	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$	
Beban	Dial C	Beban	Dial C	Beban	Dial C	Beban	Dial C	Beban	Dial C
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	* kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	0	350	29	350	191	350	45	350	172
700	8	700	29	700	247	700	145	700	184
1050	41	1050	29	1050	267	1050	257	1050	193
1400	109	1400	29	1400	313	1400	404	1400	198
1750	150	1750	29	1750	352	1750	457	1750	205
2100	212	2100	28	2100	552	2100	669	2100	268
2450	244	2450	13	2450	637	1575	1046	2450	279
2800	297	1750	18.5	2625	849	1225	1330	2800	395
3150	306	1400	18	1750	1300			2100	545
3500	323			1400	1369			1750	645
3675	510								
2450	497								
1750	497								

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.8



Gambar 5.8 Grafik Beban dan Lendutan Dial C

5.2 Pembahasan

5.2.1 Pembahasan Uji Pendahuluan

Data yang diperoleh dari uji pendahuluan berguna untuk mendapatkan properti dari baja yang digunakan dalam pengujian. Tegangan leleh (F_y) 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 ($F_u = P_u/A$). Kekuatan las didapatkan dengan membagi beban maksimum dengan panjang las, sehingga kekuatan las per satuan panjang (per sentimeter) diketahui dengan cara tersebut.

Hasil uji pendahuluan adalah sebagai berikut,

Tabel 5.13 Hasil Uji tarik

	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	Rata-rata
Tegangan leleh (F_y), Mpa	136,931	148,172	148,172	144,425
Tegangan ultimit (F_u), Mpa	188,025	196,200	205,192	196,472
Tegangan Putus, Mpa	63,356	71,531	77,662	70,850

Rerata hasil kedua benda uji tarik adalah yang digunakan sebagai mutu bahan benda uji yang digunakan.

Hasil pengujian tarik baja diatas menunjukkan mutu baja yang digunakan dalam penelitian. Mutu baja yang digunakan dalam penelitian tidak memenuhi syarat untuk masuk sebagai baja struktur spesifikasi ASTM. Berdasarkan spesifikasi ASTM mutu baja terendah adalah A570 yang memiliki tegangan leleh (F_y) 170Mpa.

Tabel 5.14 Hasil Uji Kuat Geser Las

	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	Rata-rata
Tegangan las (F_u), Mpa	1084,604	1517,058	1258,048	1286,570

Rerata hasil kedua benda uji kuat geser las adalah yang digunakan sebagai mutu bahan benda uji yang digunakan.

5.2.2 Pembahasan Kolom Bentukan dingin

5.2.2.1 Beban Kritis (P_{cr})

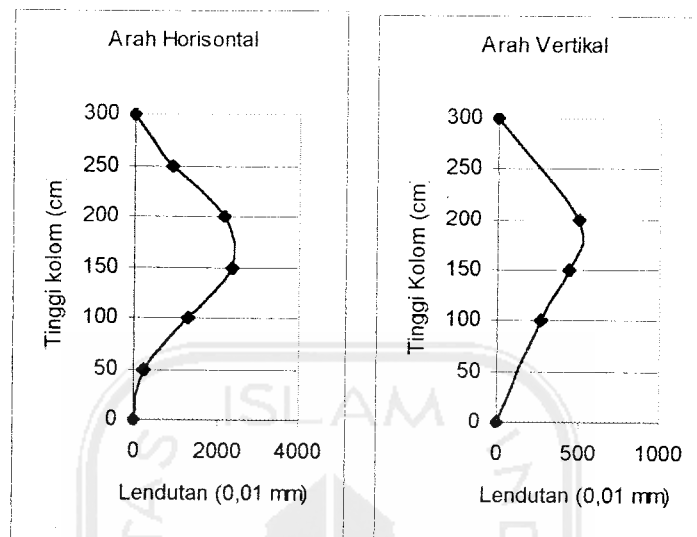
Beban kritis (P_{cr}) yang terjadi pada masing-masing kolom dan bentuk deformasi kolom pada saat terjadi beban kritis (P_{cr}) ditentukan berdasarkan hasil pengujian (Tabel 5.1 sampai dengan Tabel 5.9). Beban kritis (P_{cr}) yang terjadi pada masing-masing kolom ditampilkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.15 Beban kritis (P_{cr}) kolom

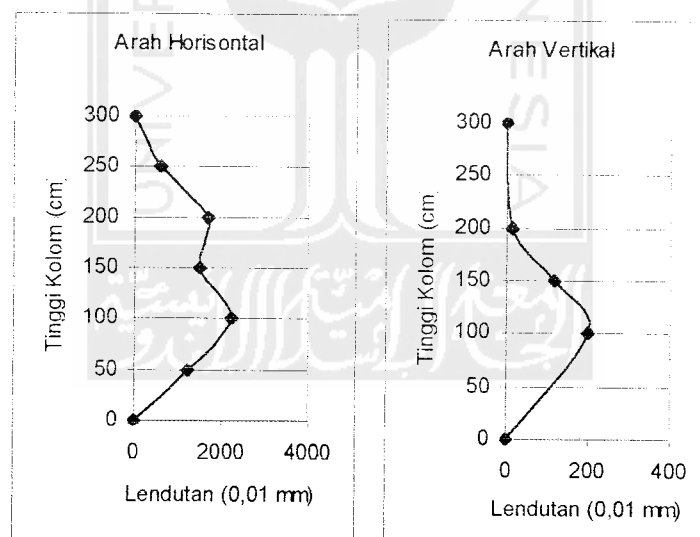
No	Sampel	L1(Cm)	Pcr (Kg)
1	K1	15	3675
2	K2	22.5	2450
3	K3	30	2625
4	K4	37.5	2100
5	K5	45	2800
6	K6	52.5	2800
7	K7	60	3850
8	K8	67.5	2275

Pada saat terjadi beban kritis (P_{cr}) bentuk deformasi kolom dapat ditentukan dengan cara memilih defleksi yang terbaca pada masing-masing dial pada saat terjadi beban kritis kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat dilihat bentuk

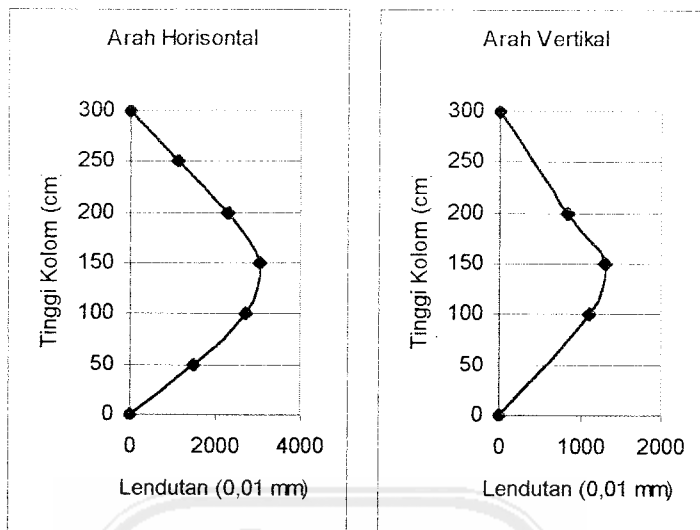
deformasi kolom. Bentuk deformasi kolom dapat dilihat pada Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.16.



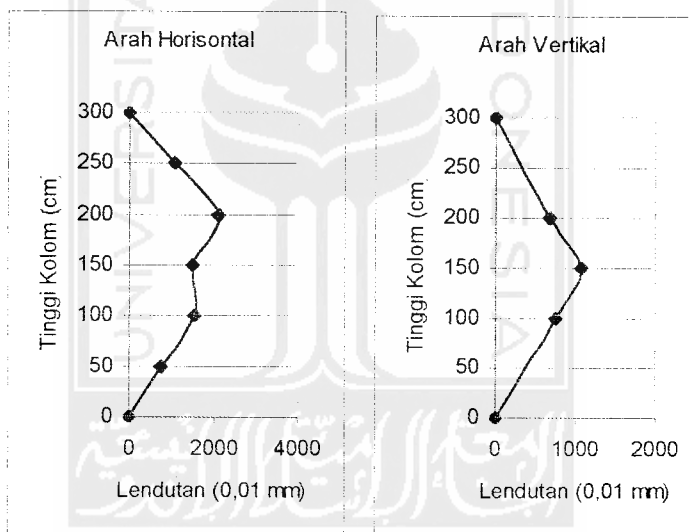
Gambar 5.9 Deformasi kolom K1 pada saat kritis.



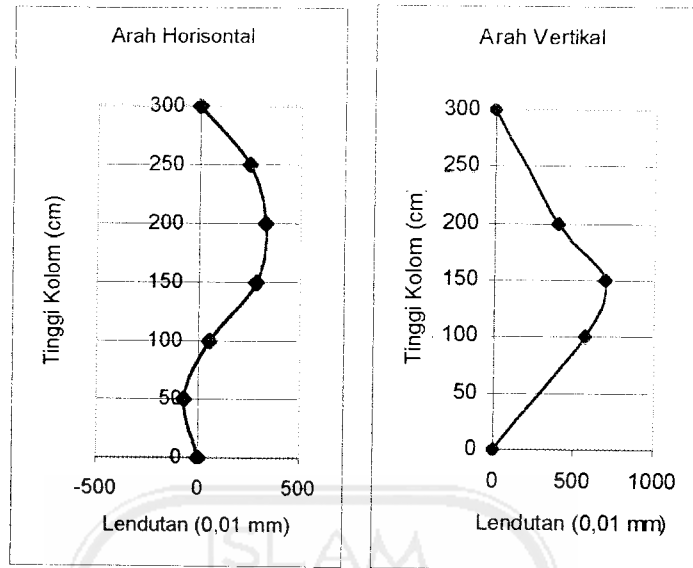
Gambar 5.10 Deformasi kolom K2 pada saat kritis.



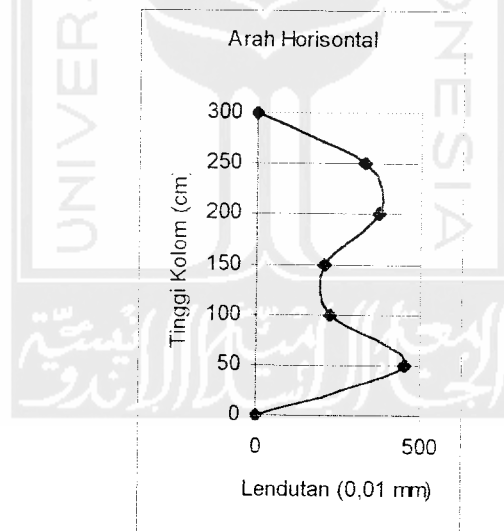
Gambar 5.11 Deformasi kolom K3 pada saat kritis.



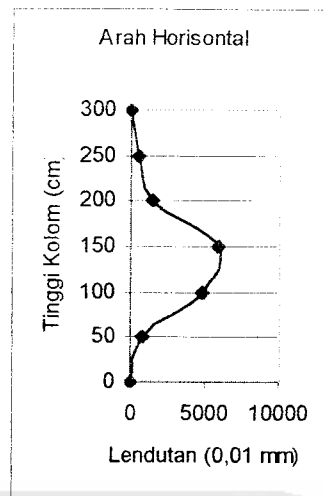
Gambar 5.12 Deformasi kolom K4 pada saat kritis.



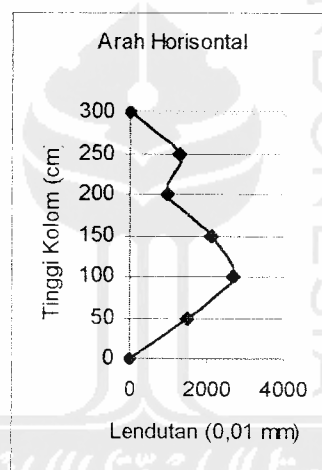
Gambar 5.13 Deformasi kolom K5 pada saat kritis.



Gambar 5.14 Deformasi kolom K6 pada saat kritis.



Gambar 5.15 Deformasi kolom K7 pada saat kritis.



Gambar 5.16 Deformasi kolom K8 pada saat kritis.

Berdasarkan grafik deformasi pada Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa tidak ada bentuk deformasi kolom yang tetap untuk semua benda uji. Kolom K2, K4, K5, K6, K7 dan K8 bentuk deformasi merupakan kelengkungan ganda, sedangkan kolom K1, dan K3 bentuk deformasi merupakan kelengkungan tunggal. Ketidaksamaan bentuk deformasi terjadi karena kondisi tumpuan tidak bisa seperti asumsi sendi-sendi. Berdasarkan Gambar 5.9 dapat dilihat ada pengekanan pada salah satu tumpuan sehingga tumpuan memiliki sifat jepit.

Berdasarkan hal tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa asumsi kondisi tumpuan yang merupakan tumpuan sendi-sendi tidak memenuhi syarat yang disebabkan oleh keterbatasan alat yang digunakan dalam pengujian. Ketidaksamaan bentuk deformasi tersebut menyebabkan faktor panjang efektif K pada setiap benda uji kolom tidak sama. Karena tidak sama faktor panjang efektif K maka untuk pembahasan selanjutnya kelangsingan hanya ditunjukkan dengan rasio L/r .

5.2.2.2 Tegangan Kritis (F_{cr})

Tegangan yang terjadi pada masing-masing kolom dapat diketahui dengan membagi beban yang terjadi dengan luas penampang kolom ($F = P / A$). Salah satu contoh perhitungan tegangan kritis adalah sebagai berikut,

Kolom K1

$$F_{cr} = \frac{P}{A}$$

dimana $P_{cr} = 3675$ kg, Luas tampang $A = 3,116 \text{ cm}^2$, maka,

$$F_{cr} = \frac{3675 \times 9,81}{3,116 \times 10^{-4}}$$

$$F_{cr} = 115698812,6 \text{ Pa}$$

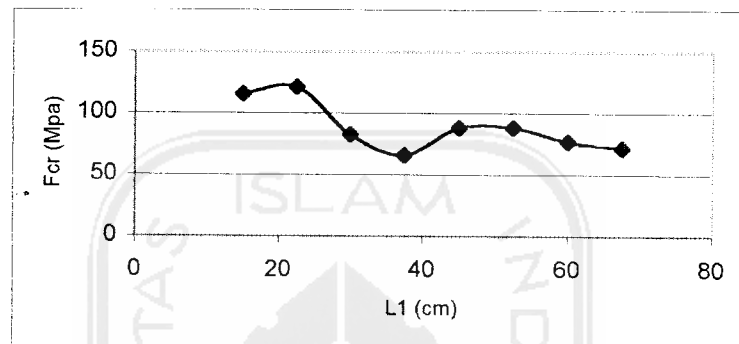
$$F_{cr} = 115,6988 \text{ Mpa}$$

Untuk kolom lainnya disajikan dalam bentuk tabel, seperti berikut,

Tabel 5.16 Tegangan kritis (F_{cr}) kolom

No	BENDA UJI	Pcr (kg)	Fcr (Mpa)
1	K1	3675	115,6988
2	K2	3850	121,2083
3	K3	2625	82,6420
4	K4	2100	66,1136
5	K5	2800	88,1515
6	K6	2800	88,1515
7	K7	2450	77,1324
8	K8	2275	71,6231

Tabel 5.16 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan panjang elemen batang (l_1) dengan tegangan kritis (F_{cr}) seperti pada Gambar 5.12.



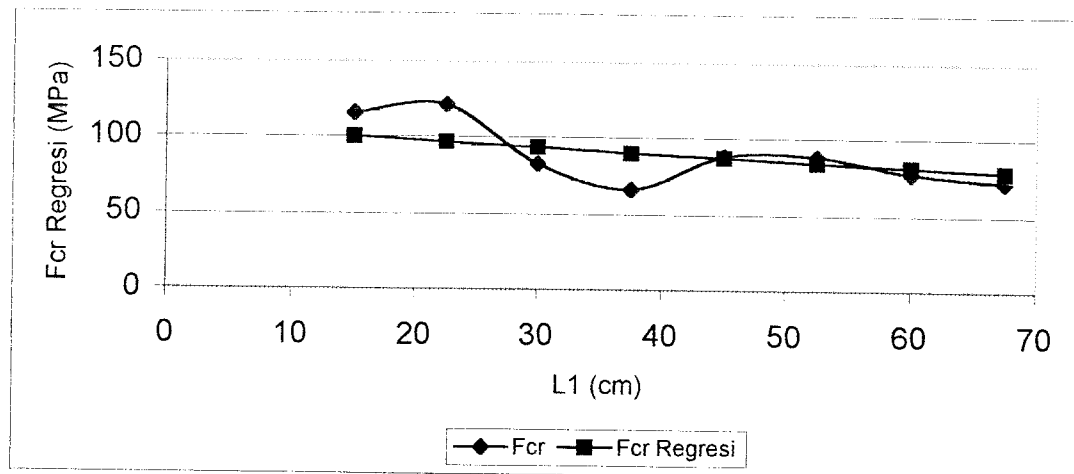
Gambar 5.17 Grafik F_{cr} fungsi L_1

Grafik pada Gambar 5.17 masih kasar sehingga perlu diperhalus dengan regresi. Regresi dapat digunakan untuk memperkirakan beban kritis (P_{cr}) untuk setiap angka kelangsingan. Regresi yang digunakan adalah regresi eksponensial, hasil regresi dapat dilihat Tabel 5.17

Tabel 5.17 Tabel regresi

Benda uji	l_1 (cm)	P_{cr} (kg)	P_{cr} Regresi (Mpa)	F_{cr} (kg)	F_{cr} Regresi (Mpa)
K1	15	3675	3181.129	115.699	100.150
K2	22.5	3850	3071.542	121.208	96.700
K3	30	2625	2965.730	82.642	93.369
K4	37.5	2100	2857.078	66.114	89.948
K5	45	2800	2764.932	88.152	87.047
K6	52.5	2800	2669.683	88.152	84.049
K7	60	2450	2577.715	77.133	81.153
K8	67.5	2275	2488.915	71.623	78.358

Setelah dirgresi maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.18



Gambar 5.18 Grafik Fcr regresi

Sedangkan tegangan untuk uji tekan profil baik dengan plat dasar maupun tidak memakai plat dasar disajikan dalam bentuk Tabel 5.18 dan Tabel 5.19

Tabel 5.18 Tegangan kritis (Fcr) profil C dengan plat dasar

Benda Uji	L (cm)	Pcr (kg)	Fcr (Mpa)
K1	15	1650	10.591
K2	22.5	1550	9.949
K3	30	1400	8.986
K4	37.5	1450	9.307
K5	45	1400	8.986
K6	52.5	1100	7.060
K7	60	1400	8.986
K8	67.5	1500	9.628

Tabel 5.19 Tegangan kritis (Fcr) profil C tanpa plat dasar

Benda Uji	L (cm)	Pcr (kg)	Fcr (Mpa)
K1	15	1500	9.628
K2	22.5	1600	10.270
K3	30	1400	8.986
K4	37.5	1550	9.949
K5	45	1400	8.986
K6	52.5	1100	7.060
K7	60	1200	7.702
K8	67.5	1050	6.739

$$M = Pcr \cdot \Delta = 2625 \cdot 3.027 = 7945,875 \text{ kgcm}$$

Kelengkungan:

$$\Phi = \frac{Y_{i+1} - (2Y_i) + Y_{i-1}}{(\Delta_x)^2}$$

$$\Phi = \frac{1,498 - (2 \cdot 3,027) + 2,284}{(50)^2}$$

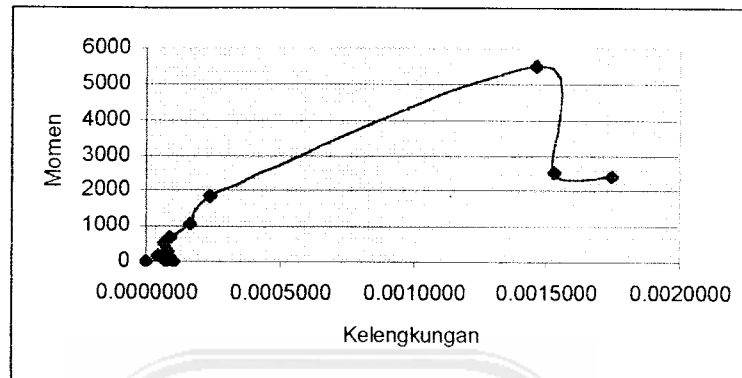
$$\Phi = 0,00090880 \text{ 1/cm}$$

Hasil selekapnya dapat dilihat Tabel 5.20

Tabel 5.20 Momen Kelengkungan K1

Beban	Lendutan			P.Δ kg.cm	Φ
	Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}		
0	0	0	0.0	0.000	0.00000000
350	95	20	35.0	7.000	0.00003600
700	97	-3	44.0	-2.100	0.00005880
1050	-23	-6	70.0	-6.300	0.00002360
1400	-33	59	153.0	82.600	0.00000080
1750	-34	149	254.0	260.750	0.00003120
2100	87	152	375.0	319.200	0.00006320
2450	105	392	521.5	960.400	0.00006300
2800	126	483	618.0	1352.400	0.00008880
3150	236	656	791.0	2066.400	0.00011400
3500	511	997	1002.0	3489.500	0.00019240
3675	1315	2350	2150.0	8636.250	0.00049400
2450	2319	3366	3442.0	8246.700	0.00038840
1750	2742	4011	3656.0	7019.250	0.00064960

Dari Tabel 5.20 dapat di buat grafik hubungan Momen dengan kelengkungan seperti pada Gambar 5.21



Gambar 5.21 Grafik Momen -Kelengkungan

5.2.2.4 Perhitungan Koefisien Tekuk Plat

Besar nilai koefisien tekuk plat dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.15, dan telah diketahui besar tegangan kritis (F_{cr}) dan rasio b/t . Hitungan koefisien tekuk plat hanya dilakukan pada benda uji yang pendek karena F_{cr} tidak dipengaruhi kelangsingan (L/r). Jadi, pada penelitian ini hitungan koefisien tekuk plat hanya pada K1 dengan $l_1 = 15$ cm.

Koefisien tekuk plat dapat ditemukan dengan Persamaan 3.15 berdasarkan tegangan kritis profil K1. Profil K1 memiliki $F_{cr} = 103,8928$ MPa, lebar $b = 60$ mm dan tebal $t = 1,2$ mm sehingga rasio $b/t = 50$, maka,

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

$$k = \frac{12 \cdot 103,8928 \cdot (1-\mu^2) \cdot (50)^2}{\pi^2 E}$$

$$k = 1,44$$

Nilai $k = 1,44$ dimasukkan ke dalam persamaan tegangan kritis plat (Persamaan 3.28). Persamaan 3.28 menjadi,

$$F_{cr} = 1,44 \cdot \frac{\pi^2 E}{12(1-0,3^2)(b/t)^2} \quad 5.3$$

$$F_{cr} = 1,3015 \frac{E}{(b/t)^2} \quad 5.4$$

$$(b/t)^2 = 1,3015 \frac{E}{F_{cr}} \quad 5.5$$

Penelitian ini didapatkan nilai F_{cr} sama dengan nilai F_y , Perasamaan 5.5 menjadi

$$(b/t)^2 = 1,3015 \frac{E}{F_y} \quad 5.6$$

nilai (b/t) dapat diketahui dengan Persamaan 5.7

$$b/t = \sqrt{1,3015 \frac{E}{F_y}} \quad 5.7$$

atau

$$b/t = 1,1408 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad 5.7$$

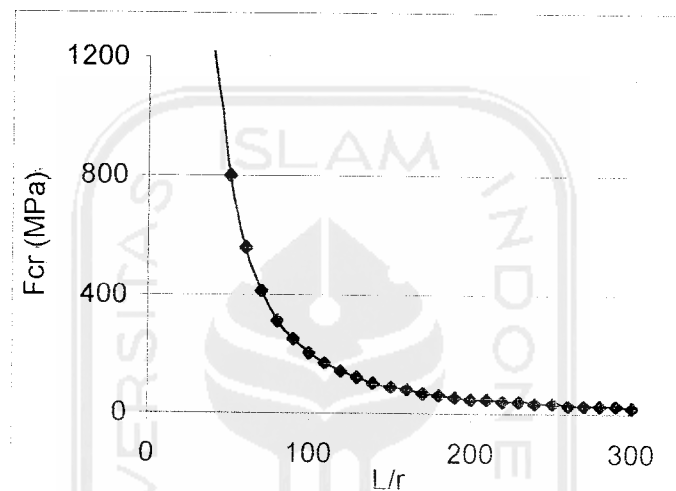
5.2.2.4 Hitungan Tegangan Kritis (F_{cr}) Teoritis

5.2.2.4.1 Hitungan Tegangan Kritis (F_{cr}) Euler

Tegangan kritis (F_{cr}) secara teori dapat ditentukan berdasarkan kekuatan kolom menahan tekuk keseluruhan dengan menggunakan persamaan tekuk Euler. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui tegangan kritis (F_{cr}) tekuk keseluruhan adalah Persamaan 3.11. Persamaan 3.11 Besar F_{cr} tergantung

kelangsingan L/r sehingga F_{cr} besarnya selalu berubah sebanding dengan pertambahan angka kelangsingan (L/r).

Tegangan kritis *Euler* berdasarkan Persamaan 3.11 ditampilkan dalam Gambar 5.21



Gambar 5.21 Grafik Tegangan kritis *Euler*

5.2.2.4.2. Hitungan Tegangan Berdasar AISC

AISC mengemukakan hitungan tegangan ijin yang mempertimbangkan tekuk lokal. Pengaruh tekuk setempat yang terjadi sebelum kekuatan kolom keseluruhan tercapai diperhitungkan dengan mengalikan tegangan maksimum yang dapat dicapai dengan faktor bentuk Q . Faktor bentuk Q dipengaruhi oleh bentuk penampang, dimana

$$Q = Q_a \cdot Q_s$$

Faktor bentuk untuk elemen penampang yang tidak diperkuat adalah Q_s . Faktor bentuk Q_s diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t}\right) > \left(\frac{76}{\sqrt{F_y}}\right)$$

Besar Q_s menurut AISC adalah,

$$Q_s = 1,340 - 0,00447\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{F_y}$$

Apabila semua elemen penampang diperkuat maka nilai $Q_s = 1,0$. Penelitian ini profil yang menggunakan profil *Light Lipped Channel* ganda yang disatukan secara *front to front* hingga membentuk penampang kotak. Semua elemen plat pembentuknya merupakan elemen yang diperkuat sehingga memiliki nilai $Q_s = 1,0$.

Faktor bentuk untuk elemen penampang yang diperkuat adalah Q_a . Faktor bentuk Q_a diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t}\right) > \left(\frac{238}{\sqrt{F_y}}\right)$$

Penelitian ini penampang yang digunakan tegangan leleh $F_y = 20,946$ Ksi memiliki rasio b/t terbesar adalah 50 (lebar profil 60mm dan tebal 1,2mm),

$$\left(\frac{60}{1,2}\right) > \left(\frac{238}{\sqrt{20,946}}\right)$$

$$b/t = 50 < 52,003$$

Berdasarkan hitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tekuk setempat tidak mengurangi efisiensi penampang, sehingga $Q_a = 1$.

Besar tegangan kritis menurut AISC dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan tegangan kritis kolom seperti pada persamaan dibawah ini.

$$F_{cr} = QF_y \left[1 - \frac{QF_y}{4\pi^2 E} \left(\frac{KL}{r} \right)^2 \right]$$

Apabila

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{QF_y}}$$

maka

$$F_{cr} = QF_y \left[1 - \frac{KL/r^2}{2C_c^2} \right]$$

Apabila KL/r lebih dari C_c maka tegangan kritis yang terjadi adalah,

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

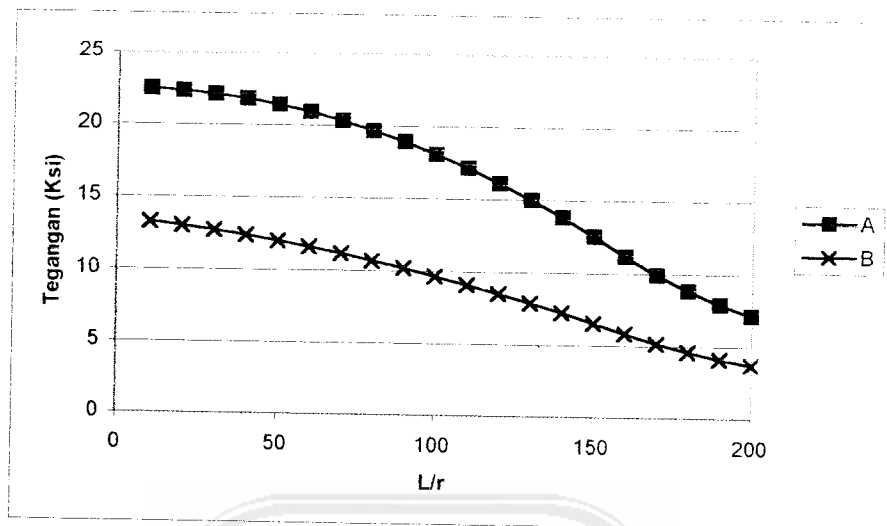
Tegangan ijin F_a menurut AISC dapat ditentukan dengan mereduksi tegangan kritis dengan faktor keamanan FS .

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right)^3$$

Apabila KL/r lebih dari C_c , AISC menetapkan faktor keamanan FS sebesar 23/12 ($FS = 23/12$ atau 1,92). Tegangan ijin menurut AISC adalah

$$F_a = F_{cr} / FS$$

Hitungan selanjutnya dapat dilakukan untuk semua nilai L/r . Besar tegangan kritis F_{cr} dan tegangan ijin F_a ditampilkan dalam bentuk grafik.



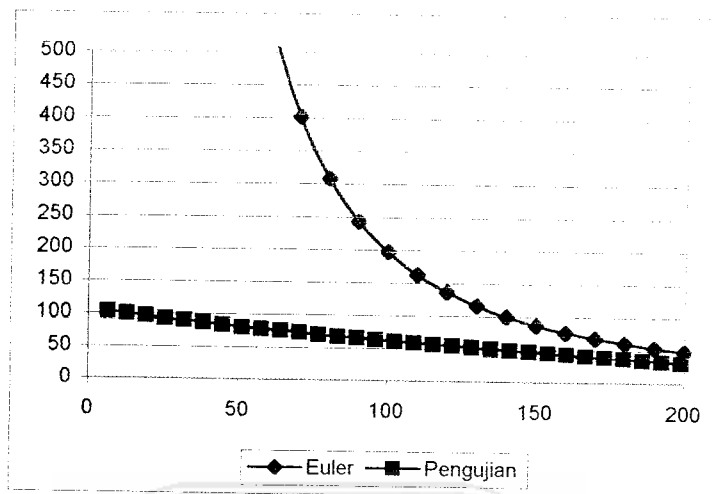
Gambar 5.22 Grafik Tegangan berdasarkan AISC

Grafik A pada Gambar 5.16 adalah tegangan kritis f_{cr} berdasarkan AISC yang tidak menyertakan faktor reduksi tegangan (faktor keamanan F_S). Grafik B pada Gambar 3.16 adalah tegangan ijin f_a berdasarkan AISC yang telah direduksi oleh faktor keamanan F_S sehingga nilainya lebih kecil dari Grafik A.

5.2.2.5. Perbandingan Tegangan Teoritis dengan Hasil Pengujian

5.2.2.5.1 Perbandingan Tegangan Kritis *Euler* dengan Hasil Pengujian

Tegangan yang mampu ditahan oleh kolom bentukan dingin adalah seperti hasil dari pengujian, sedangkan tegangan berdasarkan *Euler* didapatkan berdasarkan hitungan. Perbandingan tegangan Euler dan tegangan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.17.



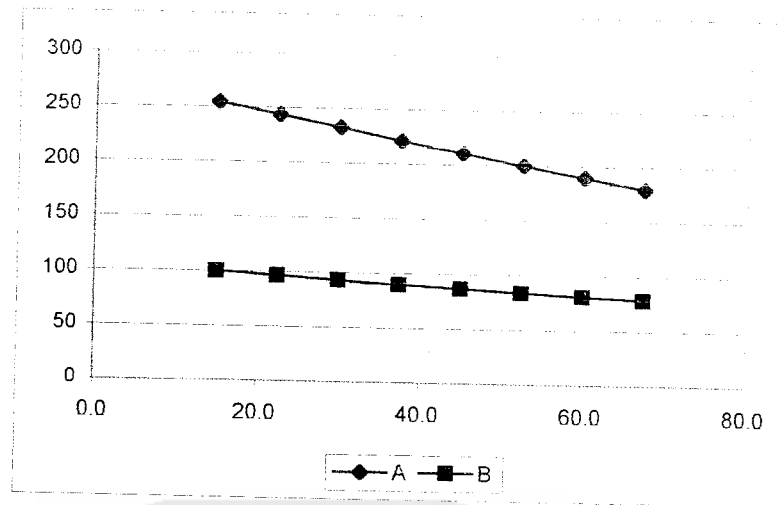
Gambar 5.23 Perbandingan tegangan kritis Euler dengan hasil pengujian

Persamaan Euler menghasilkan tegangan yang sangat besar. Seperti pada Gambar 5.17, tegangan Euler lebih besar dari tegangan yang sebenarnya mampu ditahan oleh kolom bentukan dingin. Hal ini terjadi karena dalam persamaan Euler tidak memperhitungkan tegangan leleh (f_y), besar tegangan Euler hanya dipengaruhi oleh angka kelangsingan (L/r) dan modulus elastisitas baja (E).

Kolom dengan angka kelangsingan L/r kecil memiliki tegangan kritis Euler sangat besar bahkan mendekati tak terhingga sedangkan pada pengujian kolom tersebut memiliki tegangan kritis yang besarnya hampir sama dengan tegangan leleh (f_y) bahan penyusun kolom tersebut. Hal ini membuktikan bahwa kemungkinan besar tegangan kritis kolom mendekati besar tegangan kritis Euler sangat kecil.

5.2.2.5.2 Perbandingan Tegangan Menurut Bleich dengan Hasil Pengujian

Perbandingan tegangan hasil pengujian dengan tegangan menurut Bleich disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.18

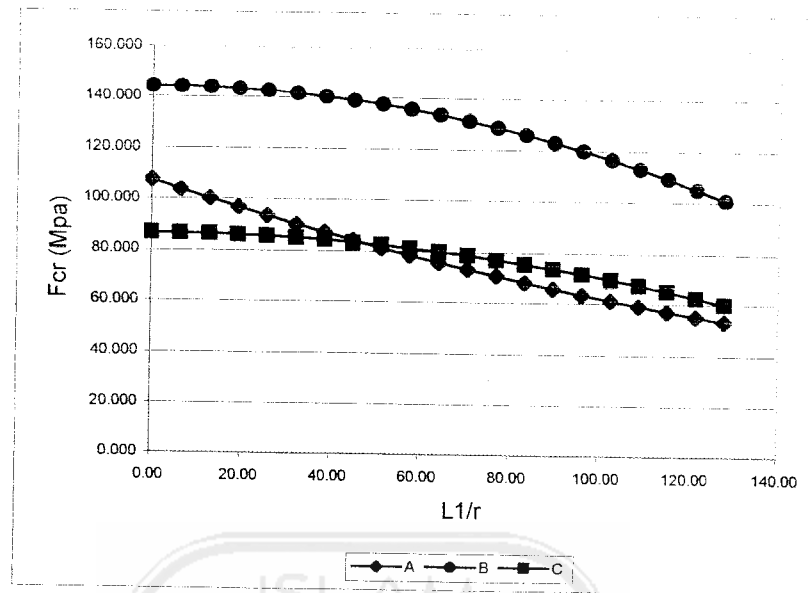


Gambar 5.24 Grafik perbandingan tegangan Bleich dengan hasil pengujian

Dengan A adalah grafik tegangan Bleich sedangkan B adalah grafik tegangan (F_{cr}) hasil pengujian seperti Gambar 5.18 dapat dilihat bahwa ternyata tegangan (F_{cr}) dari hasil pengujian lebih kecil dibandingkan tegangan menurut bleich untuk kolom tersusun dengan variasi II (panjang elemen yang dibatasi oleh ujung-ujung batang penghubung). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi tekuk lokal pada sampel dikarenakan tegangan kritis hasil pengujian kurang dari tegangan kritis Bleich.

5.2.2.5.2 Perbandingan Tegangan AISC dengan Hasil Pengujian

Perbandingan tegangan ijin AISC dengan hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.18



Gambar 5.25 Perbandingan tegangan ijin AISC dengan hasil pengujian

Grafik B pada Gambar 5.18 menunjukkan tegangan kritis F_{cr} berdasarkan AISC dan grafik C adalah grafik tegangan ijin F_a berdasarkan AISC, sedangkan Grafik A adalah tegangan yang berdasarkan hasil pengujian. Gambar 5.18 menunjukkan bahwa tegangan sebenarnya (berdasarkan hasil pengujian) yang dapat ditahan oleh kolom bentukan dingin (grafik A) lebih rendah dari tegangan kritis F_{cr} AISC (grafik B). Gambar 5.18 menunjukkan bahwa tegangan sebenarnya (berdasarkan hasil pengujian) yang dapat ditahan oleh kolom bentukan dingin (grafik A) lebih besar dari tegangan ijin F_a AISC (grafik C), hal ini menunjukkan bahwa angka keamanan yang digunakan masih memadai untuk digunakan.