

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### IV.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan benda uji balok T, sesuai dengan prosedur yang berlaku. Diharapkan benda uji tersebut dapat mewakili sifat karakteristik beton yang diteliti dalam percobaan ini. Hasil dari penelitian adalah sebagai berikut ini.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian lentur sampel A (cor utuh, tanpa tulangan).

No.	SAMPEL A1			SAMPEL A2			SAMPEL A3		
	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$
01	200	24		200	24		200	25	
02	400	41		400	41		400	39	
03	600	53		600	54		600	48	
04	800	66		800	67		800	57	
05	1000	78		1000	79		1000	66	
06	1200	90		1200	91		1200	73	
07	1400	103		1400	102		1400	81	
08	1600	115		1600	115		1600	89	
09	1800	126		1780	125	*	1800	97	
10	1830	131	*				2020	108	*

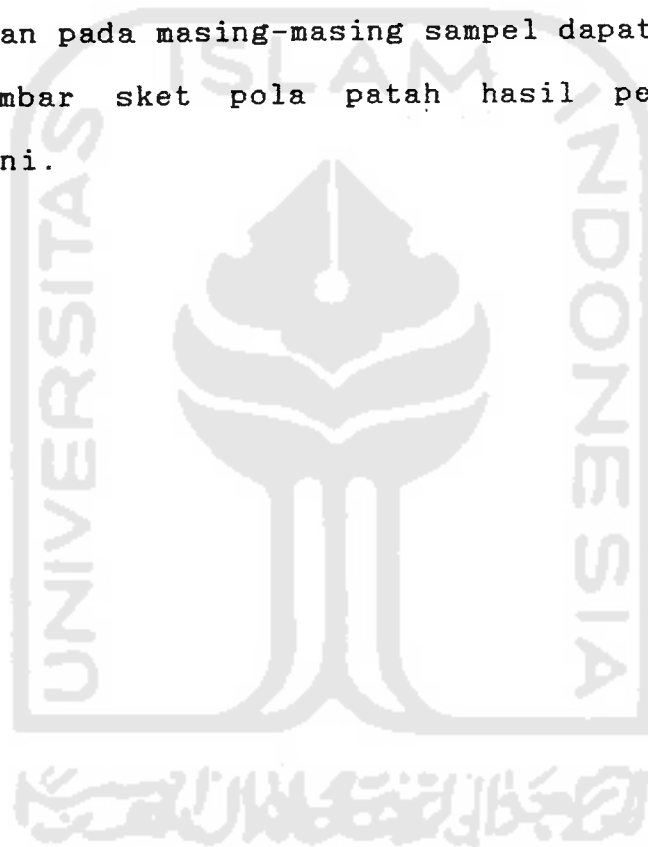
Keterangan : \* benda uji patah

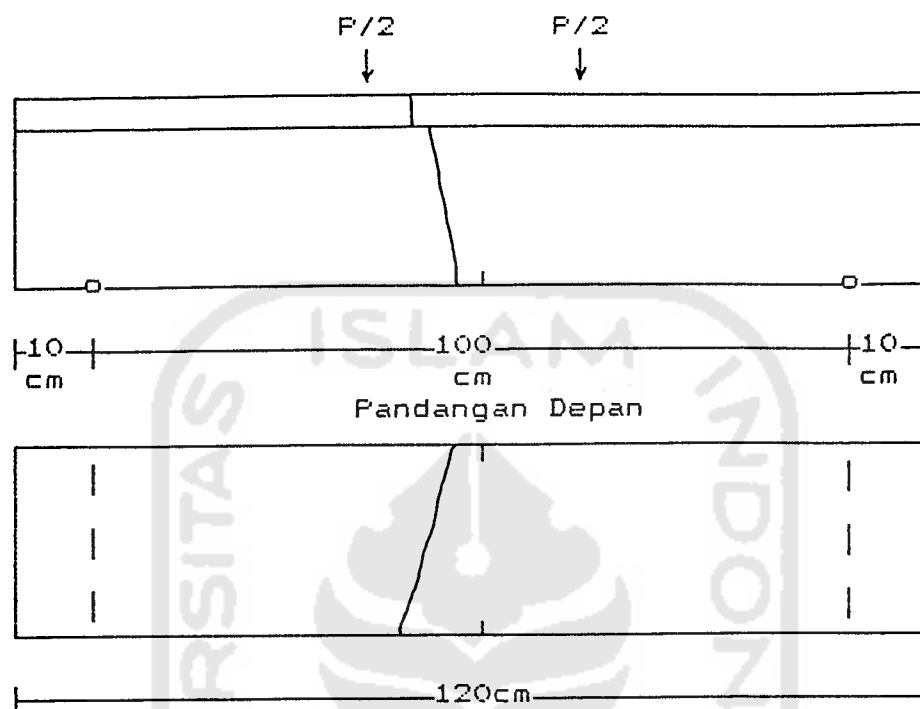
Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai

berikut ini.

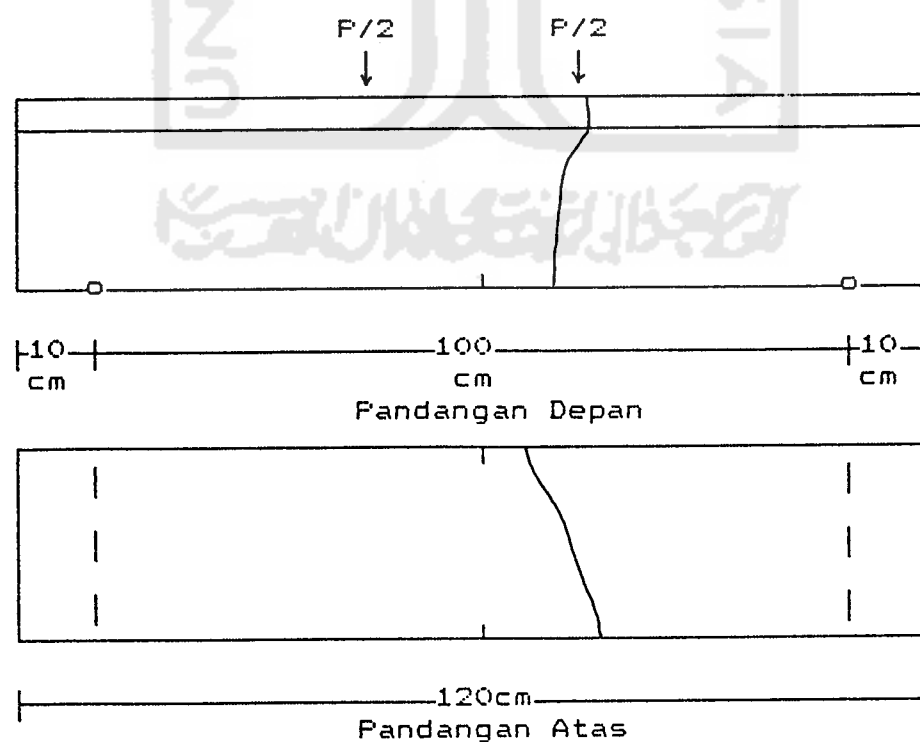
$$P \text{ max. rata-rata} = \frac{1830 + 1780 + 2020}{3} = 1876,67 \text{ kg}$$

Untuk lebih memperjelas kemampuan balok dalam mendukung beban pada masing-masing sampel dapat dilihat pada gambar-gambar sket pola patah hasil pengujian lentur berikut ini.

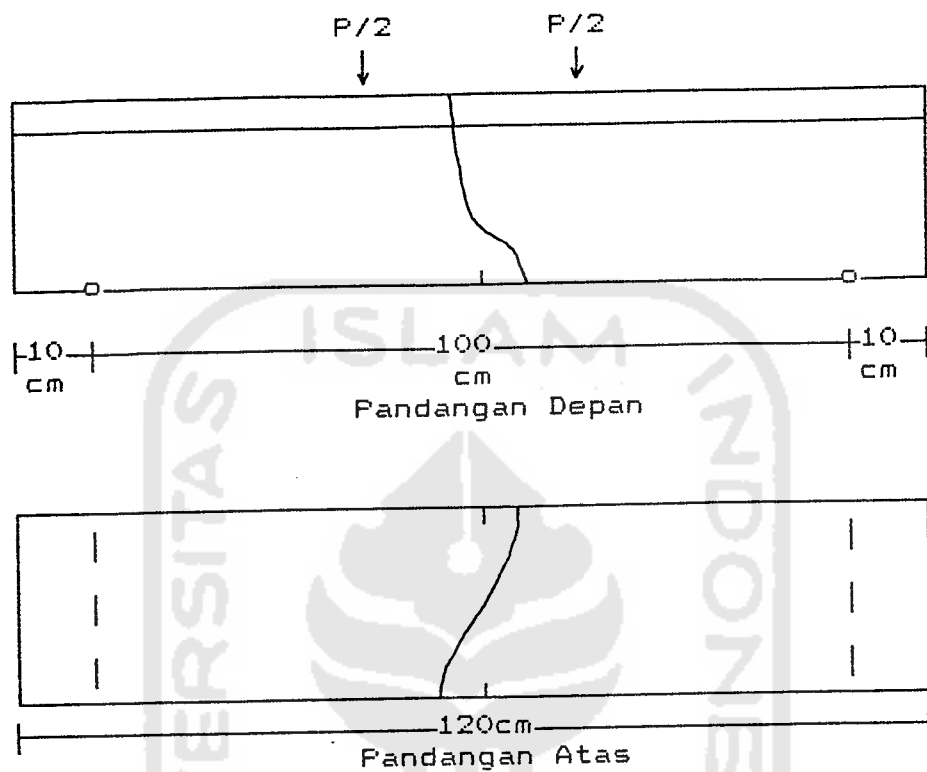




Gambar 4.1. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel A1



Gambar 4.2. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel A2

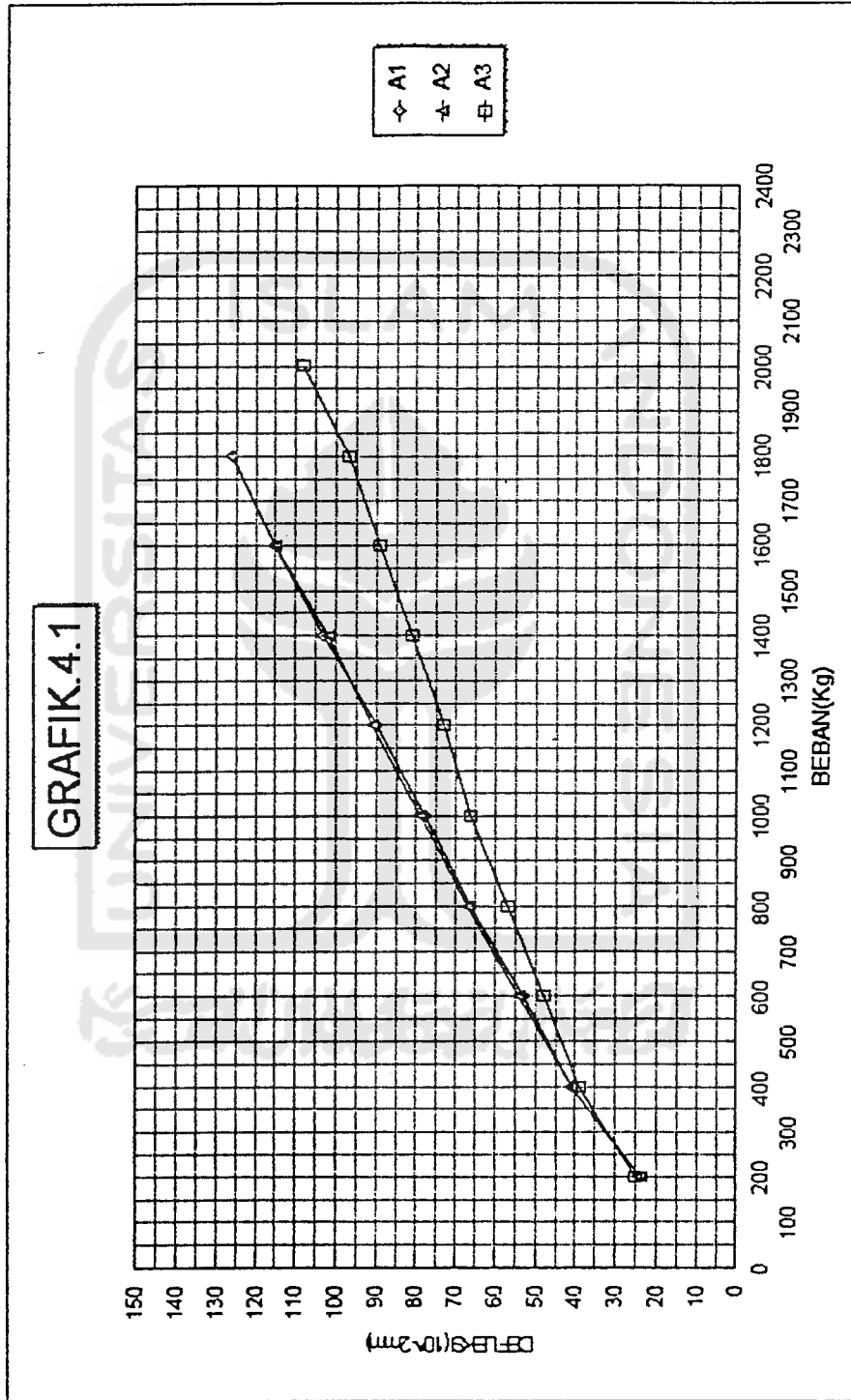


Gambar 4.3. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel A3

Dari ketiga sampel tipe A (cor utuh, tanpa tulangan), sebagaimana terlihat pada Tabel 4.1, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan sebagai berikut ini.

GRAFIK.4.1  
 BEBAN(Kg)  
 A1  
 A2  
 A3

200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
24	41	53	66	78	90	103	115	126	
24	41	54	67	79	91	102	115	97	108
25	39	48	57	66	73	81	89		



Tabel 4.2. Data hasil pengujian lentur sampel B (cor utuh, dengan tulangan sebelah 2  $\phi$  15 mm)

No.	SAMPEL B1			SAMPEL B2			SAMPEL B3		
	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$
01	500	75		500	32		500	40	
02	1000	105		1000	58		1000	58	
03	1500	136		1500	83		1500	89	
04	2000	158		2000	100		2000	111	
05	2500	178		2500	124		2500	138	
06	3000	205		3000	150		3000	159	
07	3500	231	1	3500	181		3500	187	
08	4000	267		3900	-	1	3850	206	1
09	4500	298		4000	215		4000	249	
10	4700	-	2	4400	-	2	4500	280	
11	5000	331		4500	245		4650	-	2
12	5500	372		4800	-	3	4900	-	3
13	5700	-	3	5000	279	4	5000	347	4
14	5800	-	4	5300	-	5	5150	-	5
15	5900	-	5	5500	318		5200	-	6
16	6000	411	6	5700	-	6	5400	-	7
17	6500	448		6000	355	7	5500	393	8
18	7000	477	7	6400	-	8	5900	-	9
18	7500	509	8	6500	391	9	6000	460	
20	7700	-	9	6850	-	10	6200	-	10
21	8000	548		7000	436		6500	548	11
22	8500	597	10	7100	-	11	6750	611	12*
23	9000	621	11	7400	-	12			
24	9350	-	12	7500	482				
25	9500	658	13	7800	-	13			
26	10000	689		8000	519	14			
27	10300	725	14	8250	-	15			
28	10500	729		8300	540	16*			
29	11000	759	15						
30	11400	-	16*						

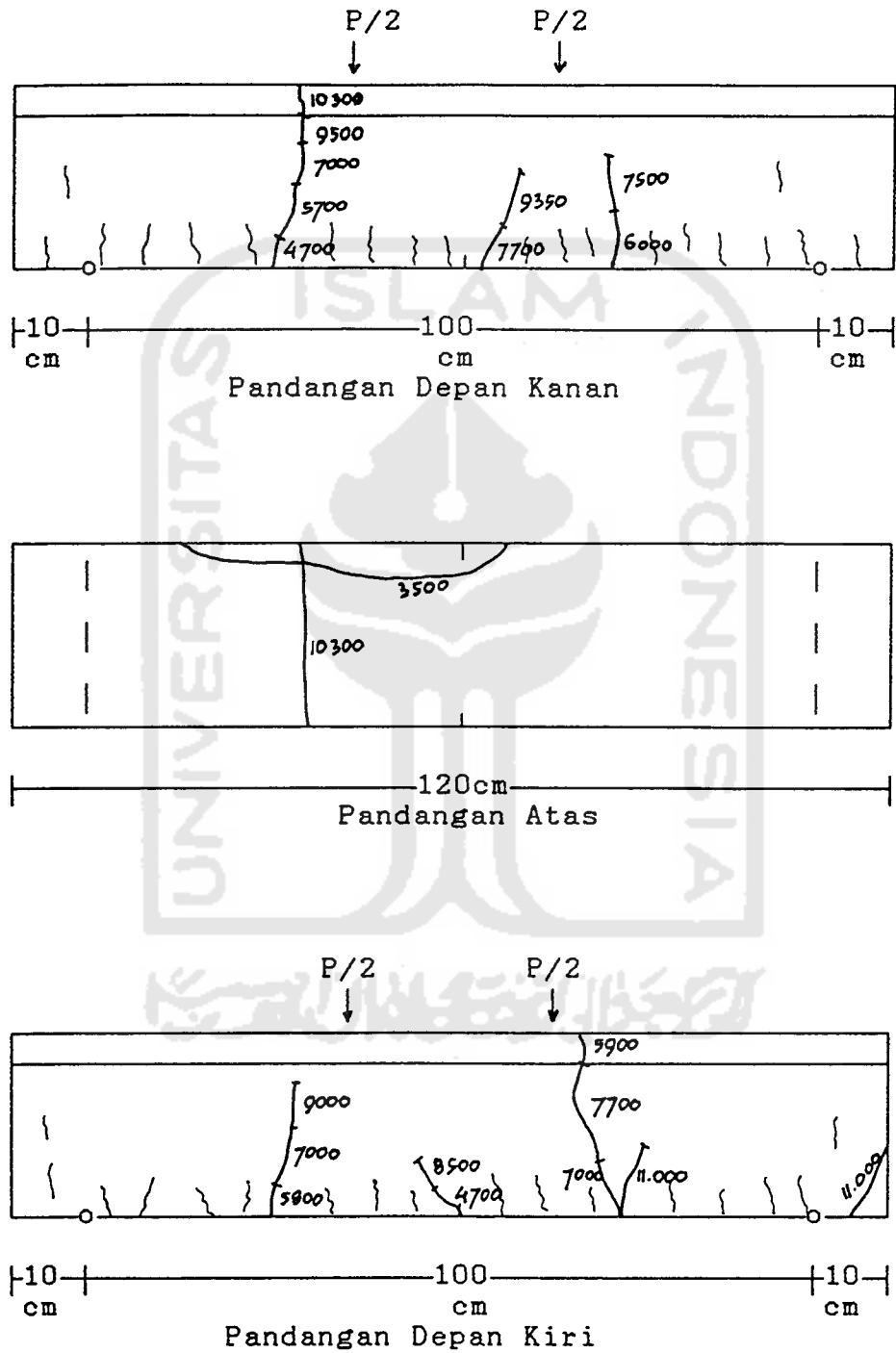
Keterangan : \* benda uji patah  
- lendutan tidak terbaca

Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut ini.

$$P \text{ max. rata-rata} = \frac{11400 + 8300 + 6750}{3} = 8816,67 \text{ kg}$$

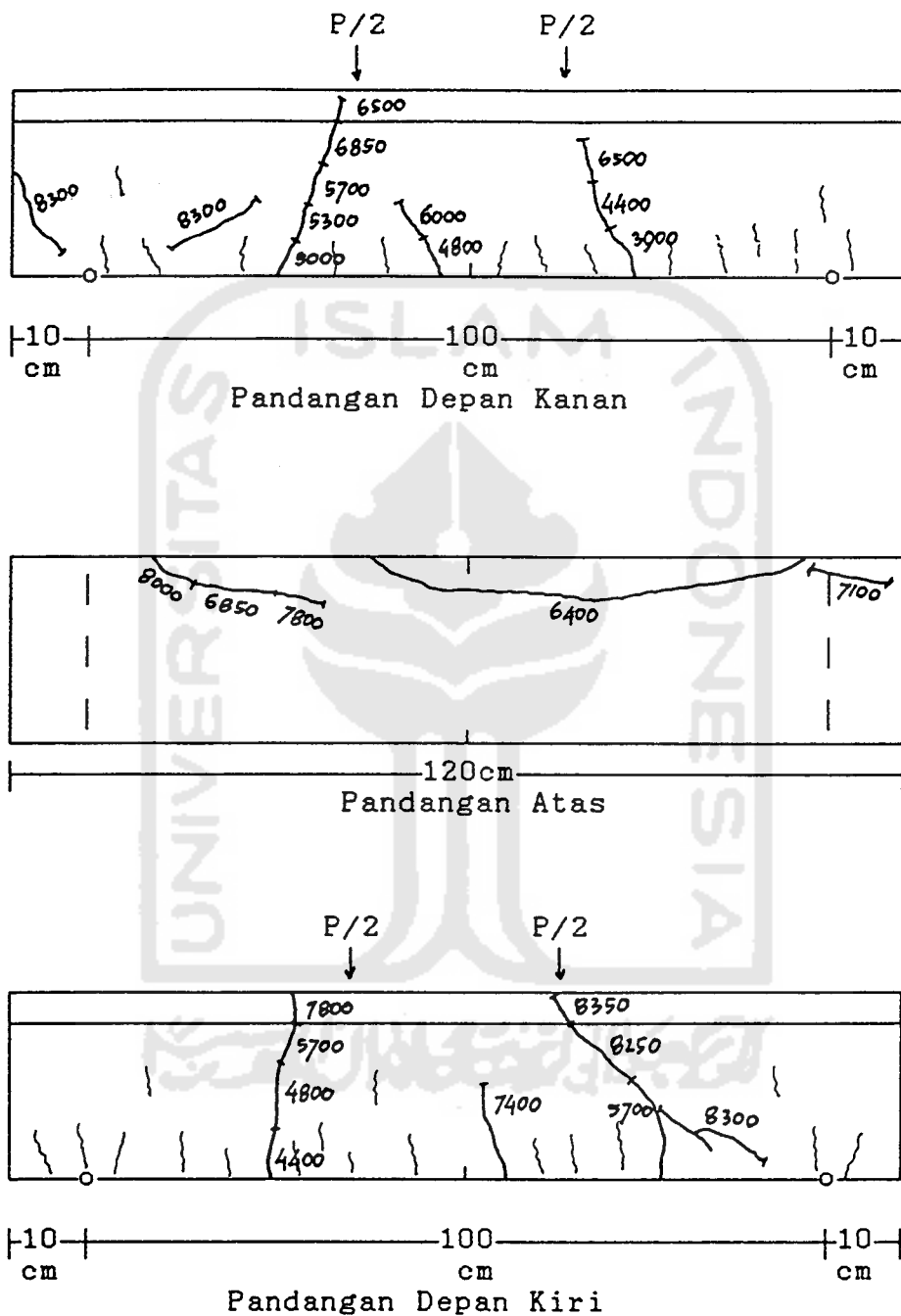
Untuk lebih memperjelas kemampuan balok dalam mendukung beban pada masing-masing sampel dapat dilihat pada gambar-gambar sket pola retak dan patah hasil pengujian lentur berikut ini.



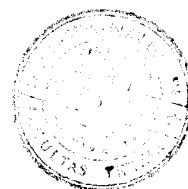


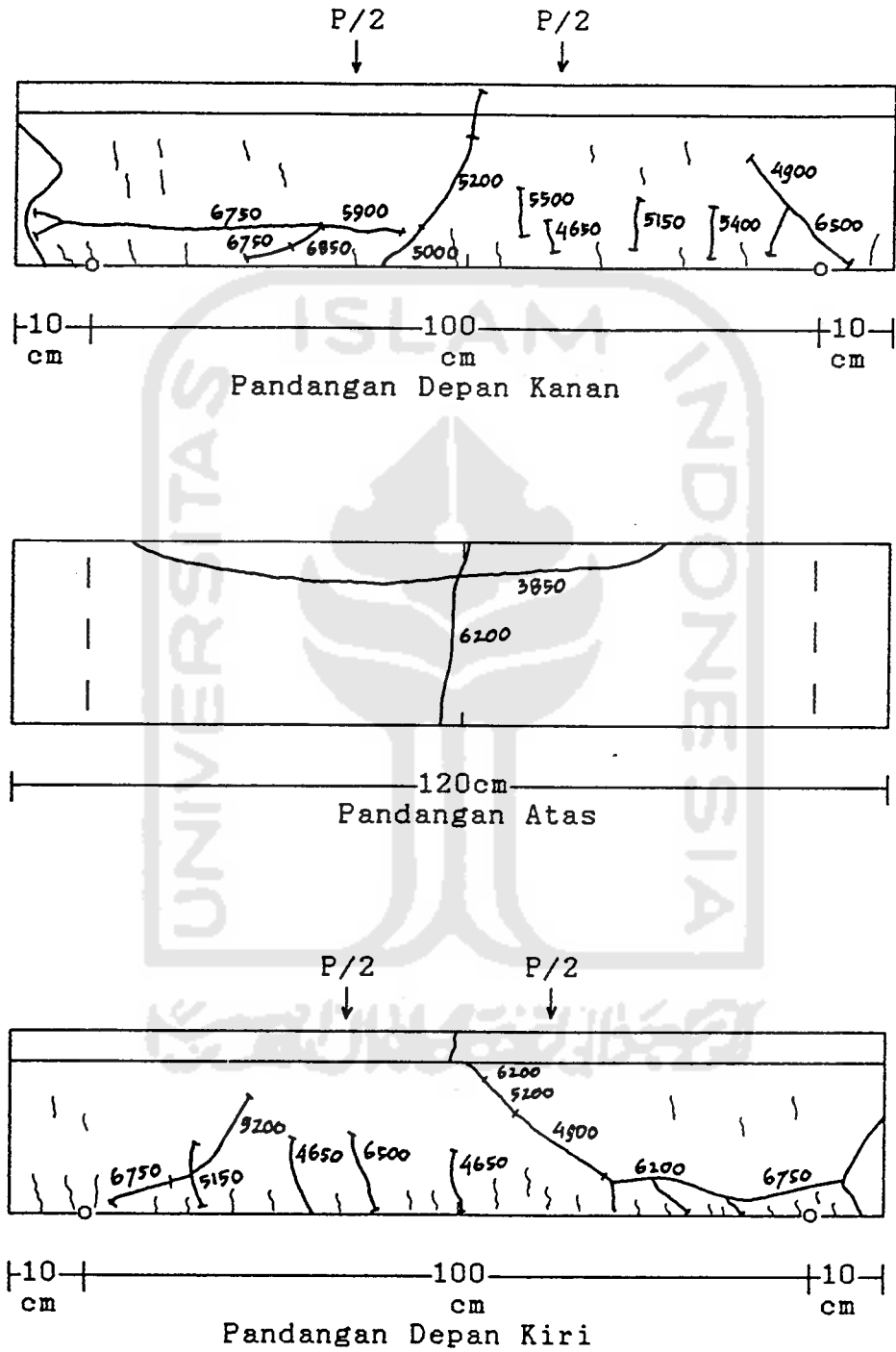
Gambar 4.4. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel B1





Gambar 4.5. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel B2





Gambar 4.6. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel B3

Dari ketiga sampel tipe B ( cor utuh, dengan tulangan sebelah 2  $\varnothing$  15 mm), sebagaimana terlihat pada Tabel 4.2, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan sebagai berikut ini.





Tabel 4.3. Data hasil pengujian lentur sampel C (cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , tanpa tulangan, sambungan tegak dibuat kasar, diberi air semen).

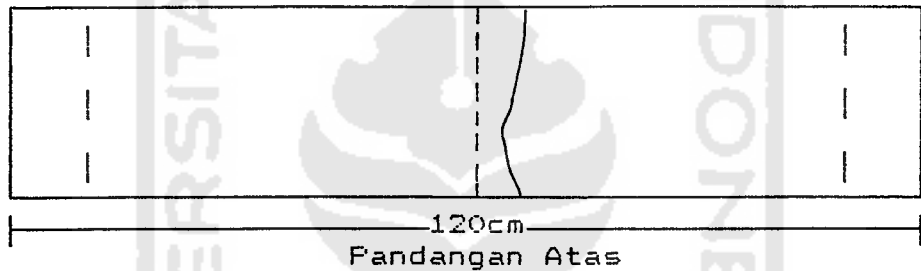
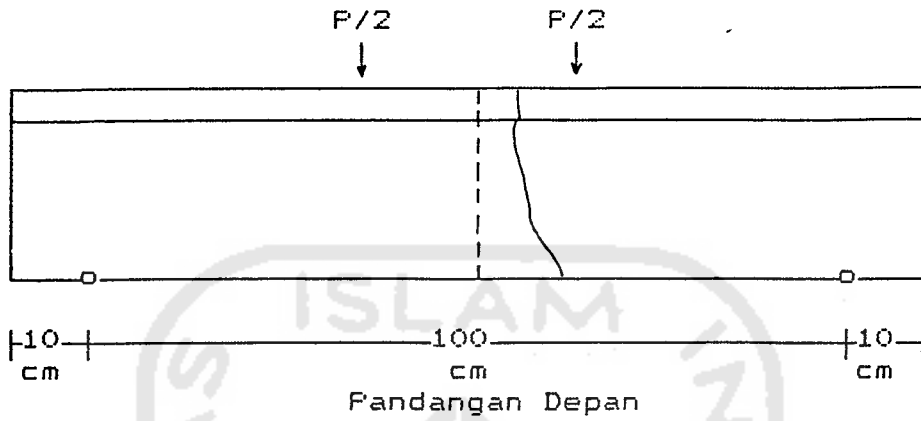
No.	SAMPEL C1			SAMPEL C2			SAMPEL C3		
	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$
01	200	8		200	15		200	33	
02	400	17		400	36		400	56	
03	600	24		600	52		600	73	
04	800	31		730	65	*	800	86	
05	1000	39					1000	101	
06	1200	48					1200	117	
07	1250	55	*				1300	140	*

Keterangan : \* benda uji patah

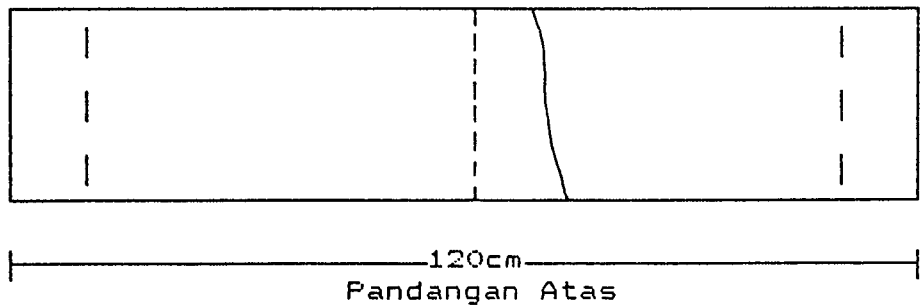
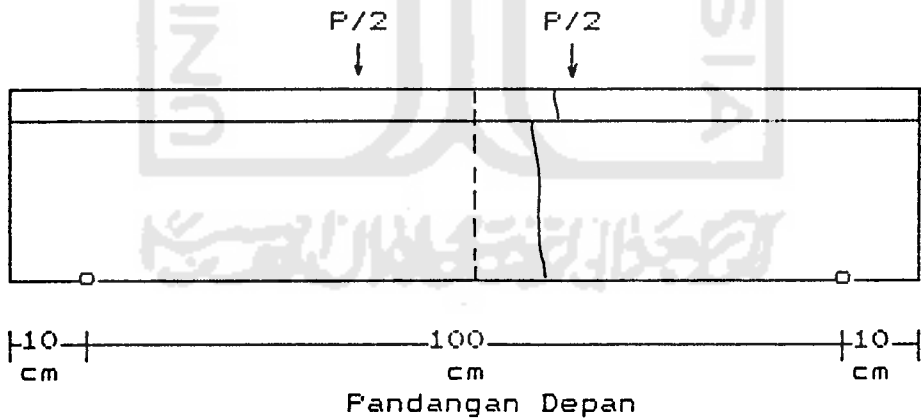
Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut ini.

$$P \text{ max. rata-rata} = \frac{1250 + 730 + 1300}{3} = 1093,33 \text{ kg}$$

Untuk lebih memperjelas kemampuan balok dalam mendukung beban pada masing-masing sampel dapat dilihat pada gambar-gambar sket pola patah hasil pengujian lentur berikut ini.



Gambar 4.7. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel C1

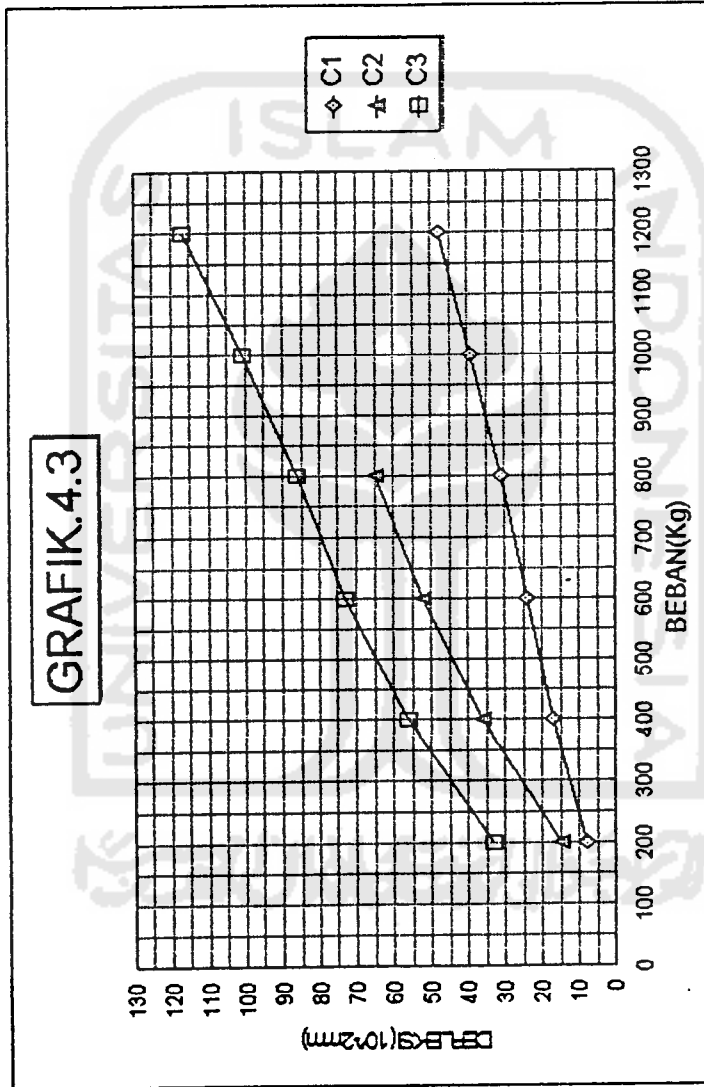


Gambar 4.8. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel C2



GRAFIK.4.3

BEBAN(Kg)	200	400	600	800	1000	1200
C1	8	17	24	31	39	48
C2	15	36	52	65	101	117
C3	33	56	73	86	101	117





Tabel 4.4. Data hasil pengujian lentur sampel D (cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , dengan tulangan sebelah 2  $\phi$  15 mm, sambungan tegak dibuat kasar, diberi air semen).

No.	SAMPEL D1			SAMPEL D2			SAMPEL D3		
	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$
01	500	90		500	65		500	25	
02	1000	124		1000	91		1000	43	
03	1500	155		1500	125		1500	60	
04	2000	181		2000	148		2000	81	
05	2500	211		2500	175		2050	-	1
06	3000	241	1	3000	200		2500	108	
07	3500	268		3500	230		3000	134	
08	4000	302		4000	260		3500	162	
09	4500	337		4500	292		4000	195	
10	4650	362	2	4900	-	1	4300	-	2
11	5000	393		5000	339		4350	-	3
12	5500	433		5400	-	2	4500	239	
13	6000	479		5500	378		5000	265	4
14	6500	519		5750	-	3	5500	303	
15	7000	557		6000	415	4	5750	-	5
16	7500	595		6075	-	5	6000	350	
17	7750	643	4	6200	-	6	6500	378	
18	8000	680		6300	487	7	6650	-	6
18	8450	762	5*	6500	538		6850	-	7
20				6700	-	8*	7000	425	
21							7100	-	8
22							7300	-	9
23							7500	459	
24							8000	501	
25							8250	-	10
26							8500	543	
27							8800	-	11
28							9000	583	
29							9250	-	12
30							9300	59	13*

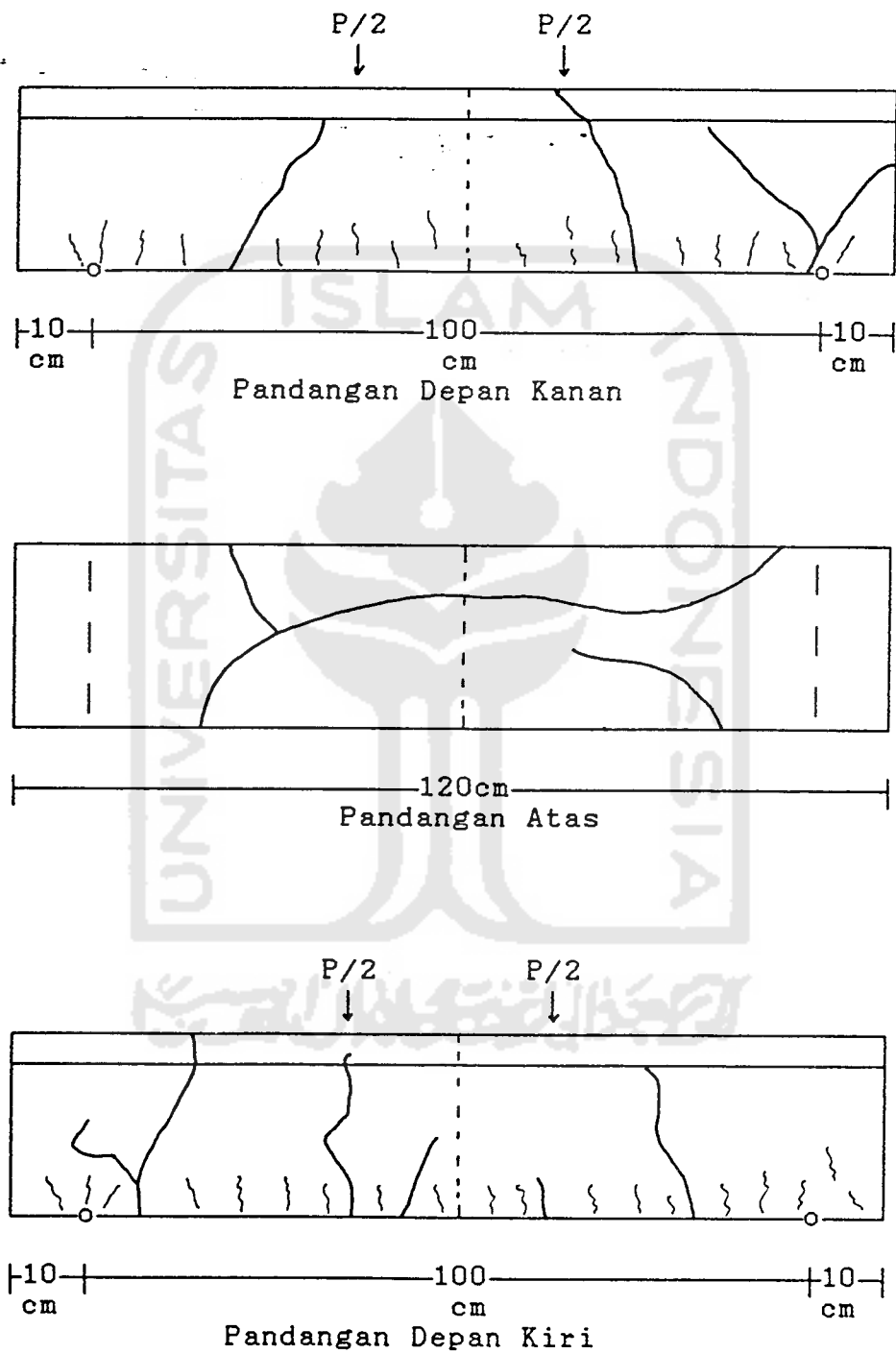
Keterangan : \* benda uji patah  
- lendutan tidak terbaca

Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut ini.

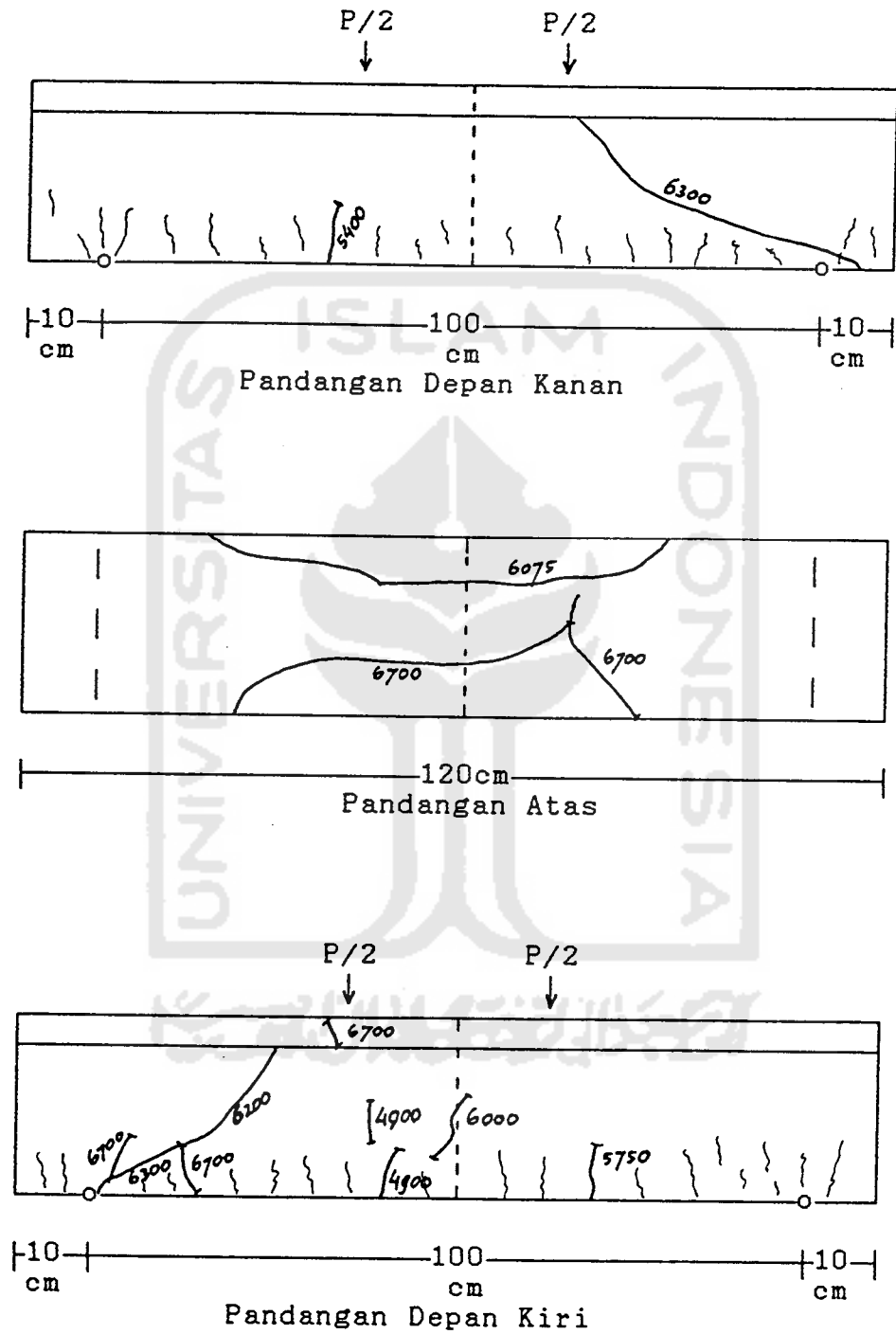
$$P \text{ max. rata-rata} = \frac{8450 + 6700 + 9300}{3} = 8150 \text{ kg}$$

Untuk lebih memperjelas kemampuan balok dalam mendukung beban pada masing-masing sampel dapat dilihat pada gambar-gambar sket pola retak dan patah hasil pengujian lentur berikut ini.

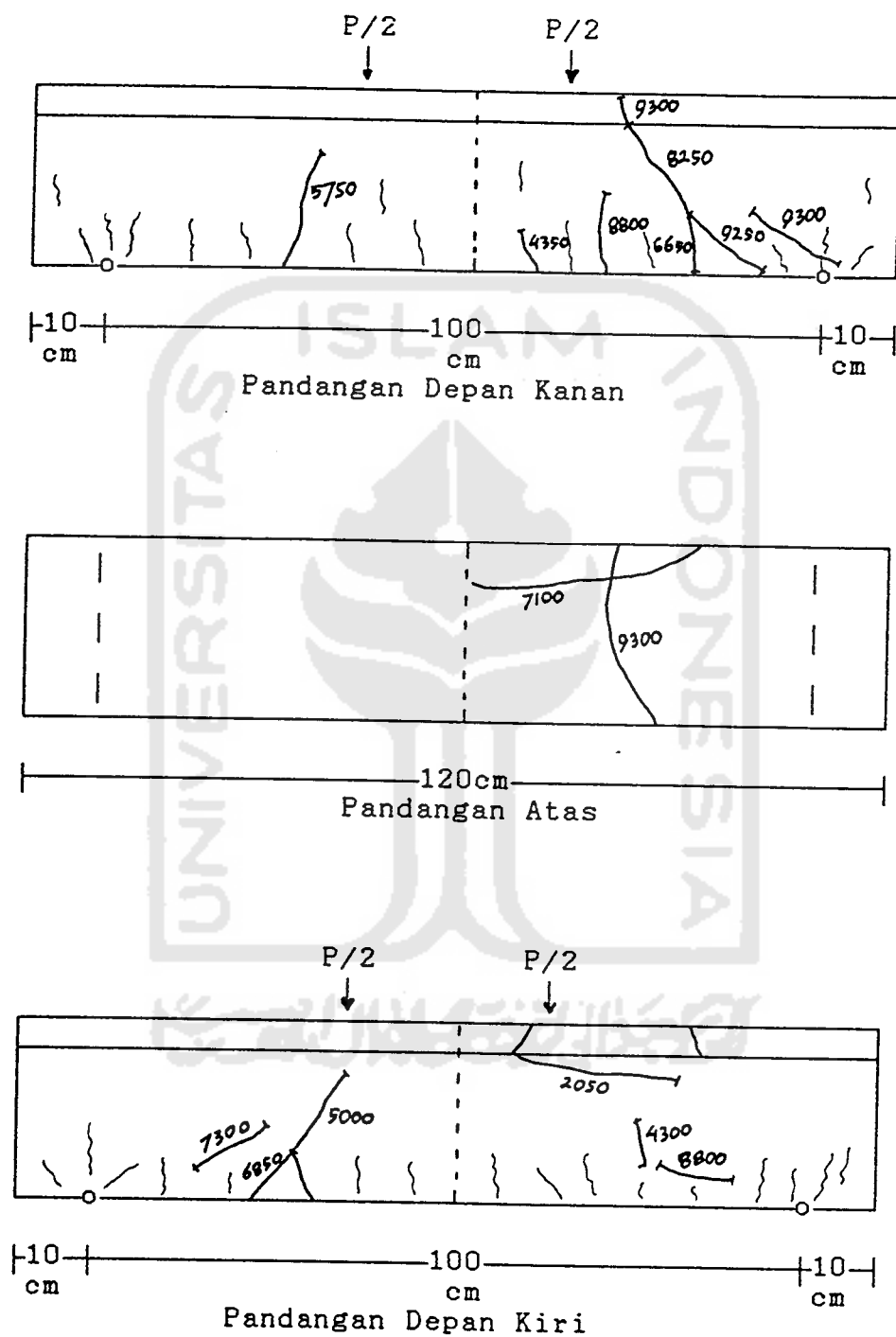




Gambar 4.10. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel D1



Gambar 4.11. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel D2



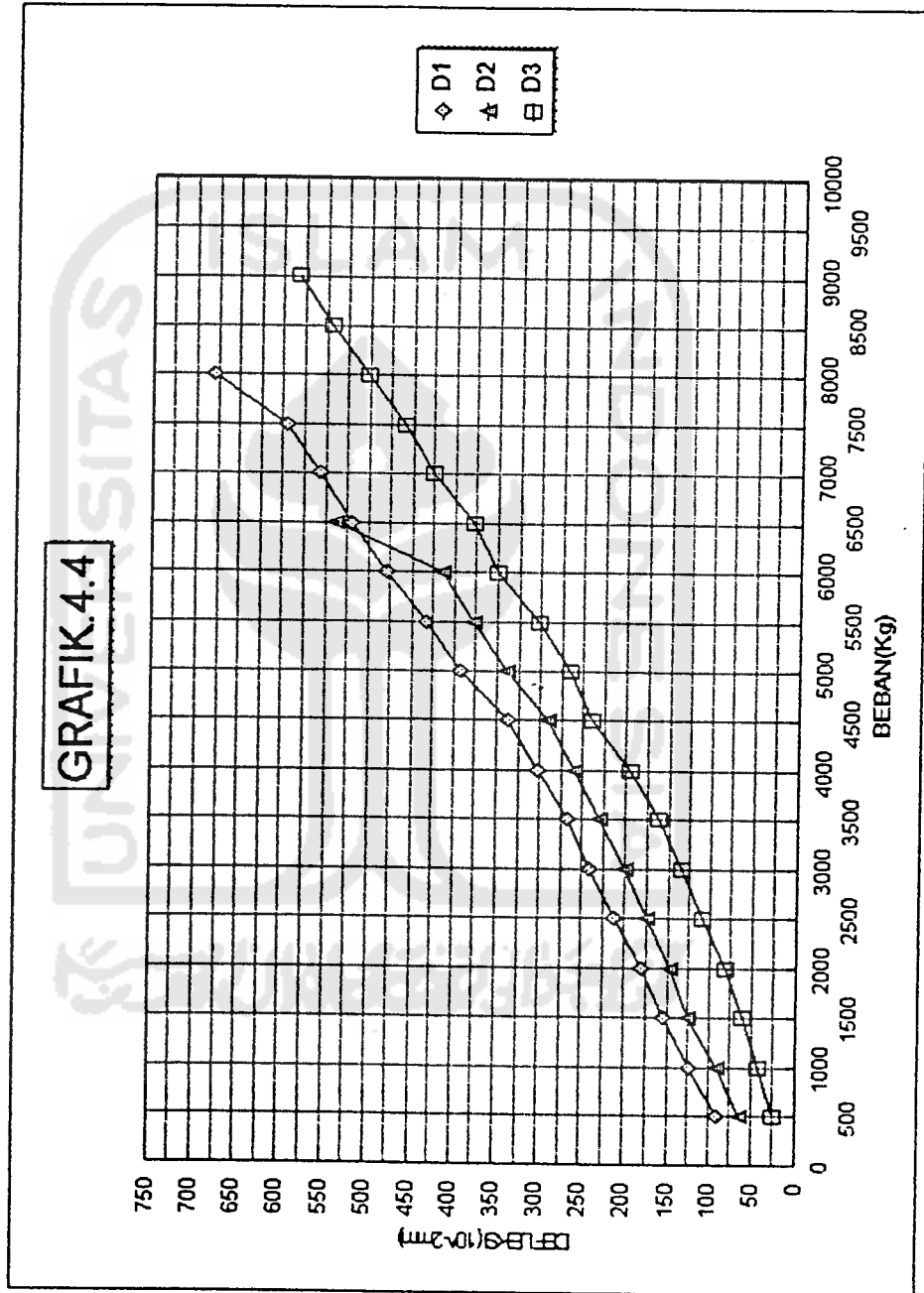
Gambar 4.12. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel D3

Dari ketiga sampel tipe D ( cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , dengan tulangan sebelah 2  $\emptyset$  15 mm, sambungan tegak dibuat kasar, diberi air semen), sebagaimana terlihat pada Tabel 4.4, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan sebagai berikut ini.



GRAFIK.4.4

BEBAN(Kg)	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000
D1	90	124	155	181	211	241	268	302	337	393	433	479	519	557	595	680		
D2	65	91	125	148	175	200	230	260	292	339	378	415	538					
D3	25	43	60	81	108	134	162	195	239	265	303	350	378	425	459	501	543	583



Tabel 4.5. Data hasil pengujian lentur sampel E (cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , tanpa tulangan, ditambah bahan "aditive", sambungan miring dibuat kasar dan diberi bahan "aditive").

No.	SAMPEL E1			SAMPEL E2			SAMPEL E3		
	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$
01	200	7		200	10		200	8	
02	400	15		400	21		400	9	
03	600	22		600	29		600	10	
04	800	28		800	39		800	14	
05	1000	36		1000	45		1000	20	
06	1200	47		1200	54		1200	25	
07	1400	56		1400	64		1400	31	
08	1600	65		1600	73		1600	38	
09	1800	76		1800	82		1800	44	
10	1975	84	*	1930	90	*	1900	45	*

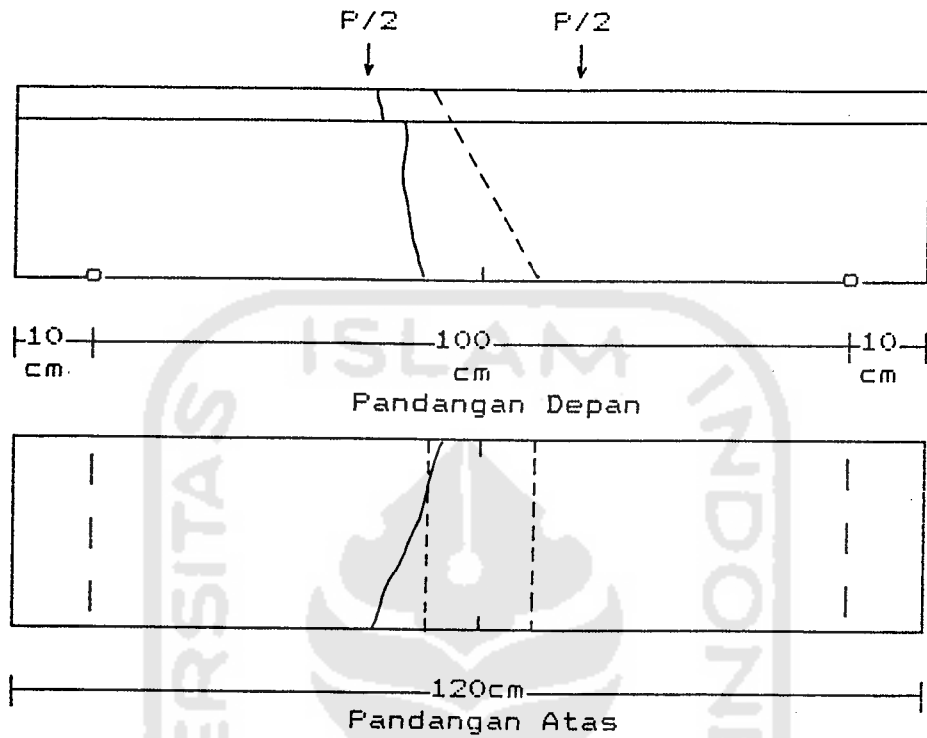
Keterangan : \* benda uji patah

Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut ini.

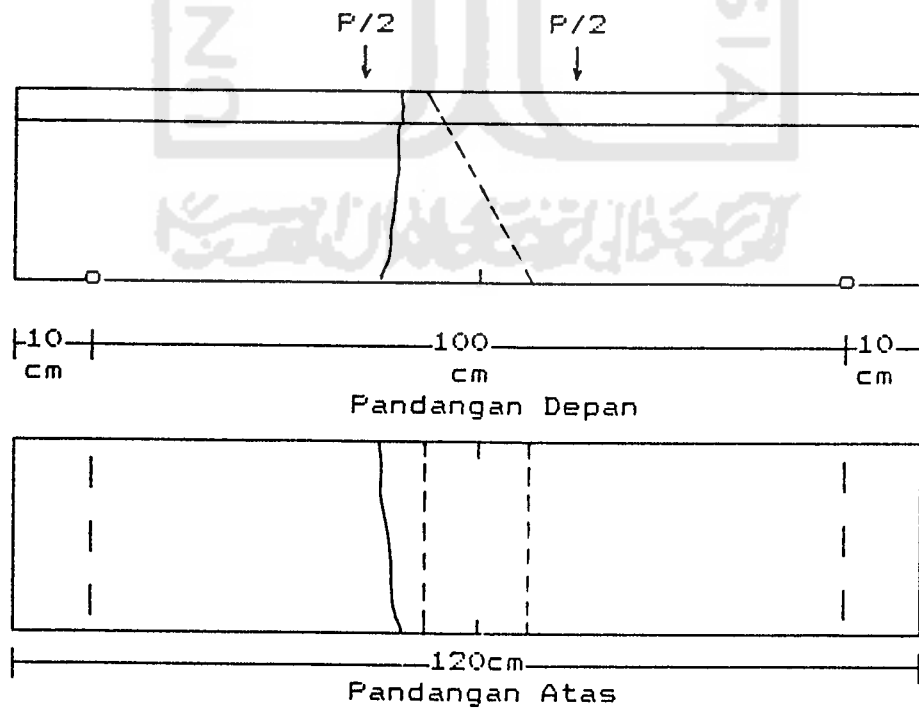
$$P \text{ max. rata-rata} = \frac{1975 + 1930 + 1900}{3} = 1935 \text{ kg}$$

Untuk lebih memperjelas kemampuan balok dalam mendukung beban pada masing-masing sampel dapat dilihat pada gambar-gambar sket pola patah hasil pengujian lentur berikut ini.

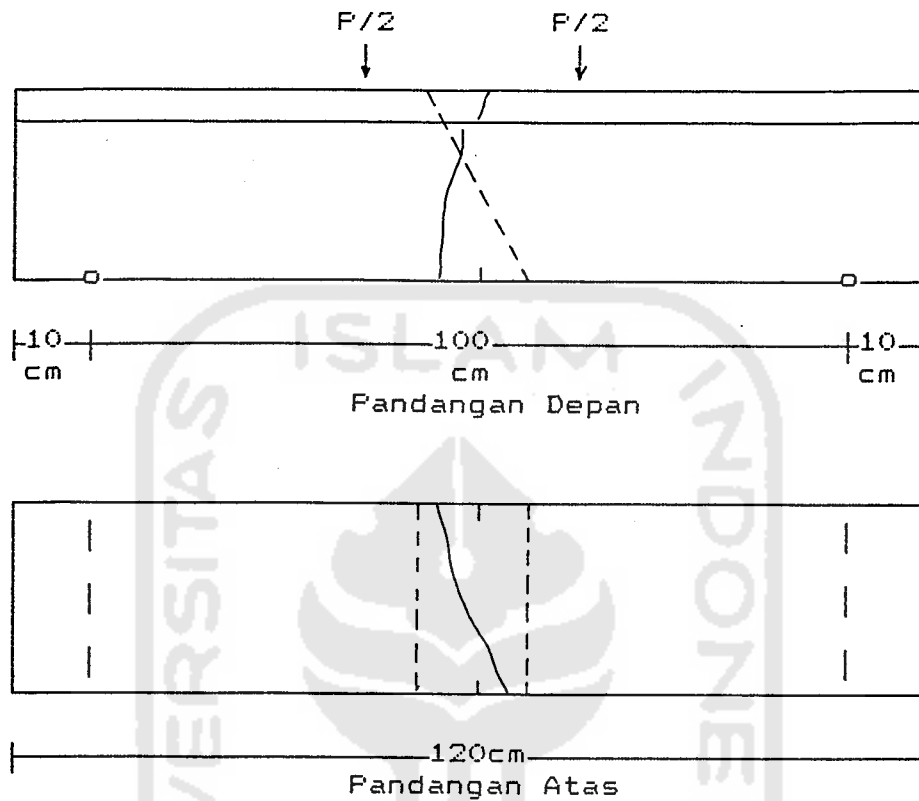




Gambar 4.13. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel E1



Gambar 4.14. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel E2

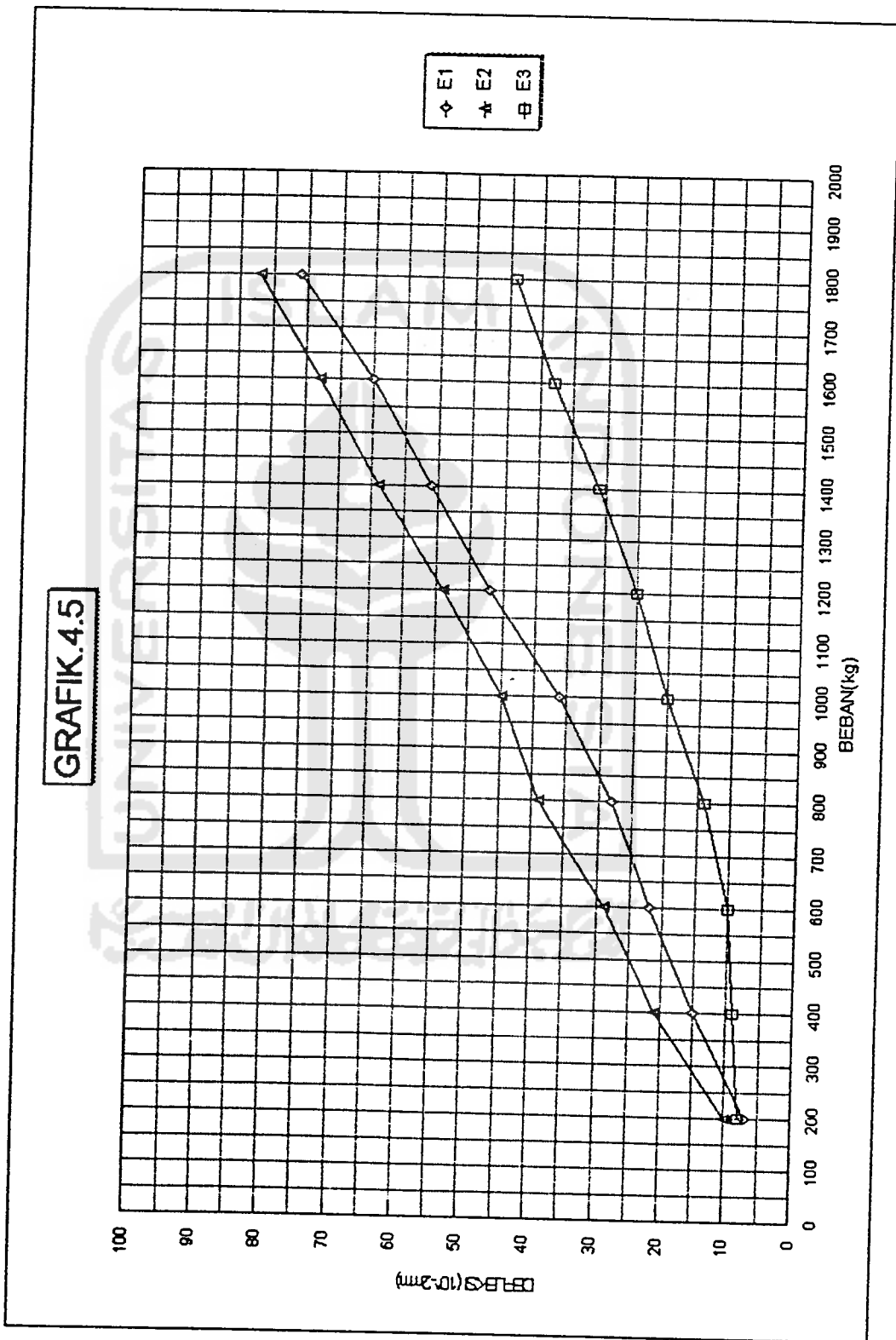


Gambar 4.15. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel E3

Dari ketiga sampel tipe E ( cor sambungan  $\frac{1}{2}L$  , tanpa tulangan, ditambah bahan "aditive", sambungan dibuat kasar dan diberi bahan "aditive"), sebagaimana terlihat pada Tabel 4.5, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan sebagai berikut ini.

GRAFIK.4.5

BEBAN(Kg)	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
E1	7	15	22	28	36	47	56	65	76	
E2	10	21	29	39	45	54	64	73	82	
E3	8	9	10	14	20	25	31	38	44	



Tabel 4.6. Data hasil pengujian lentur sampel F (cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , dengan tulangan sebelah 2  $\phi$  15 mm, ditambah bahan "aditive", sambungan miring dibuat kasar dan diberi "aditive").

No.	SAMPEL F1			SAMPEL F2			SAMPEL F3		
	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta r$
01	500	47		500	58		500	26	
02	1000	78		1000	85		1000	39	
03	1500	109		1500	115		1500	57	
04	2000	139		2000	146		2000	72	
05	2500	169		2500	172		2500	89	
06	3000	200		3000	201		3000	110	
07	3500	238		3500	229		3500	131	
08	4000	268		4000	260		4000	152	
09	4400	-	1	4500	289		4200	-	1
10	4500	312	2	4900	-	1	4500	175	2
11	5000	341		5000	323		4700	-	3
12	5400	-	3	5300	-	2	5000	200	4
13	5500	377	4	5500	360		5000	210	5
14	5800	-	5	5800	-	3	5100	360	6*
15	6000	433	6	6000	398				
16	6500	472		6200	-	4			
17	6700	-	7	6500	433	5			
18	6900	-	8	6700	459	6			
18	7000	527	9	6800	-	7			
20	7200	567	10	6825	490	8*			
21	7200	567	10*						

Keterangan : \* benda uji patah  
- lendutan tidak terbaca

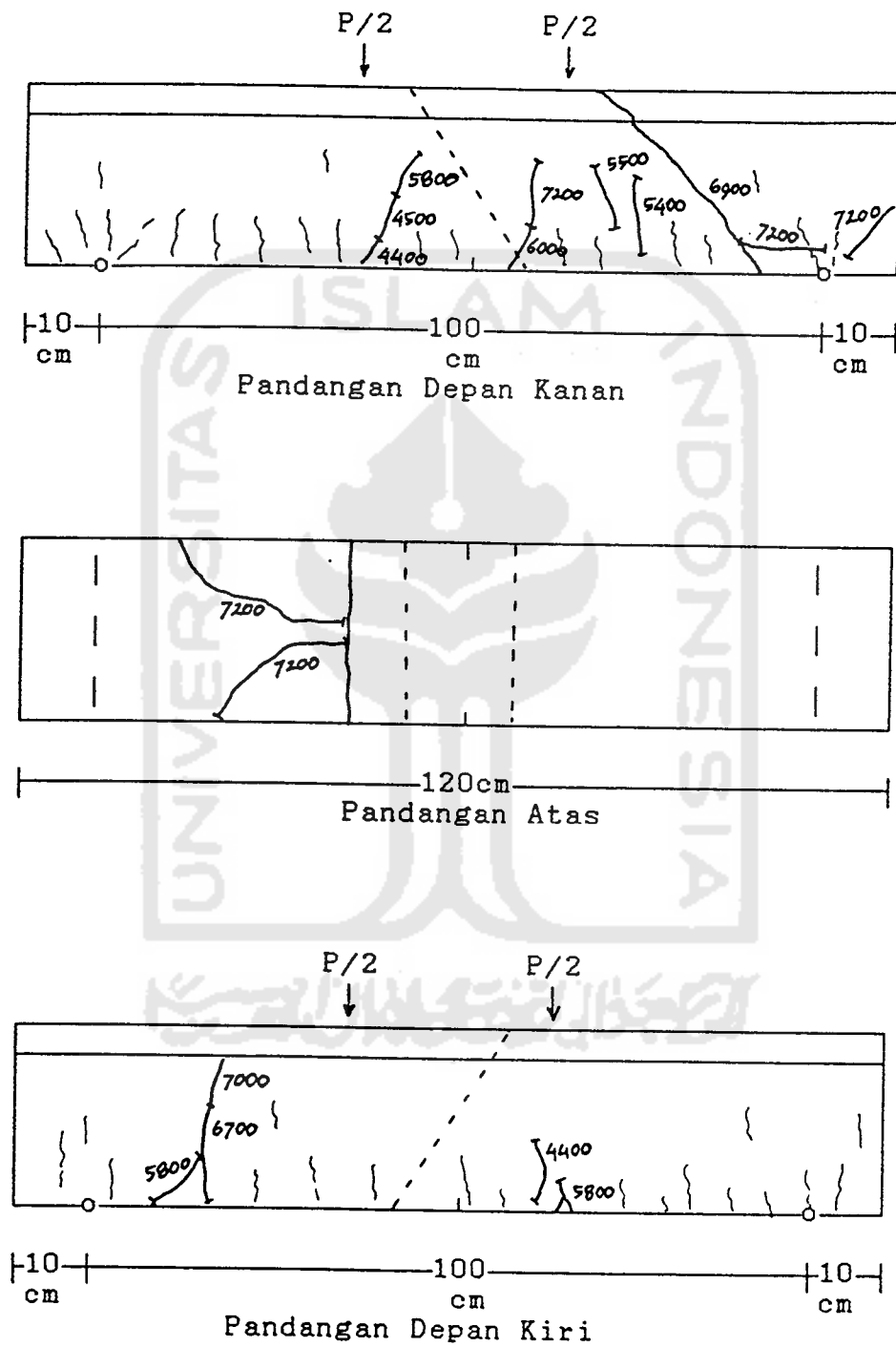
Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut ini.

$$P \text{ max. rata-rata} = \frac{7200 + 6825 + 5100}{3} = 6375 \text{ kg}$$

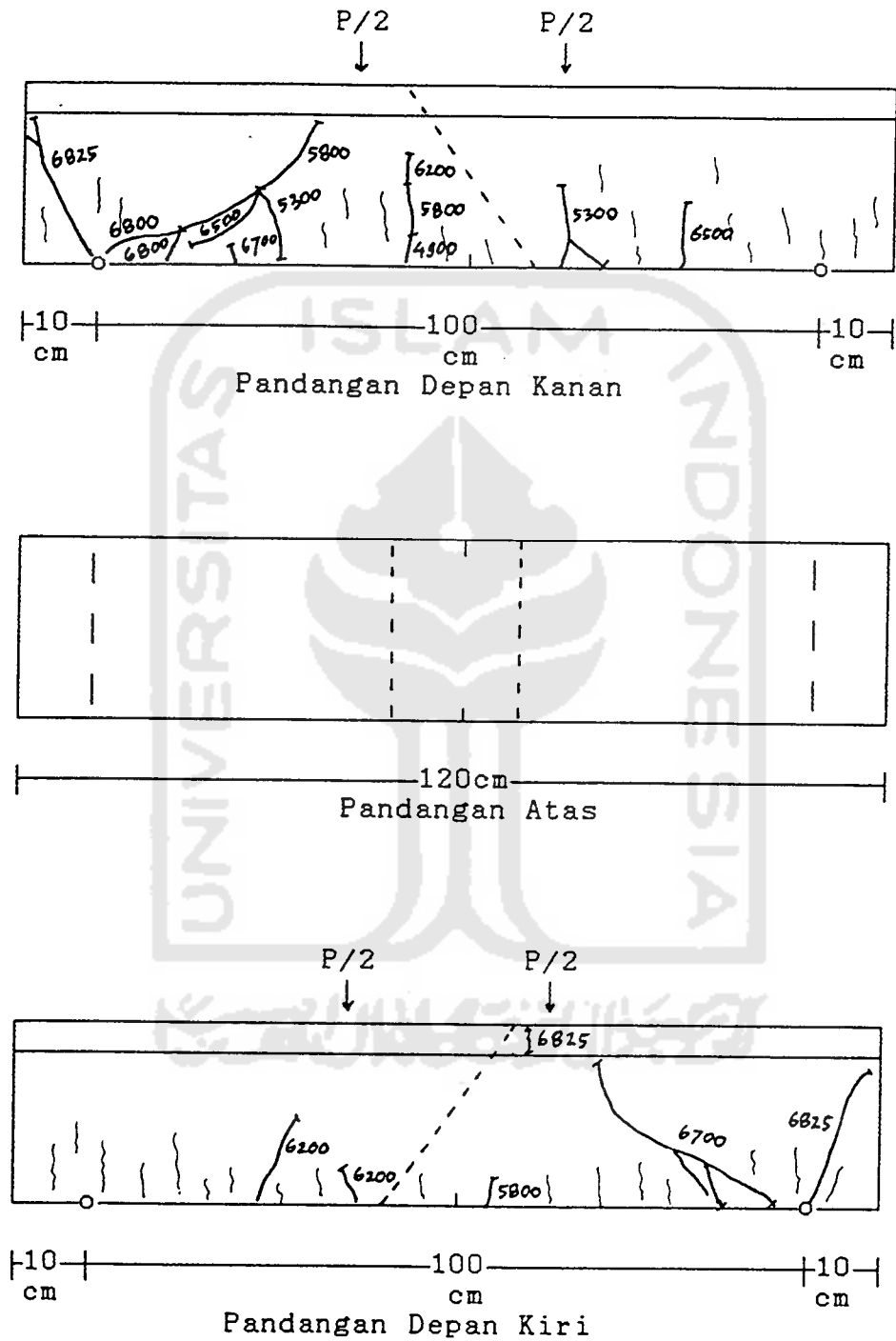
Untuk lebih memperjelas kemampuan balok dalam mendu-

kung beban pada masing-masing sampel dapat dilihat pada gambar-gambar sket pola retak dan patah hasil pengujian lentur berikut ini.

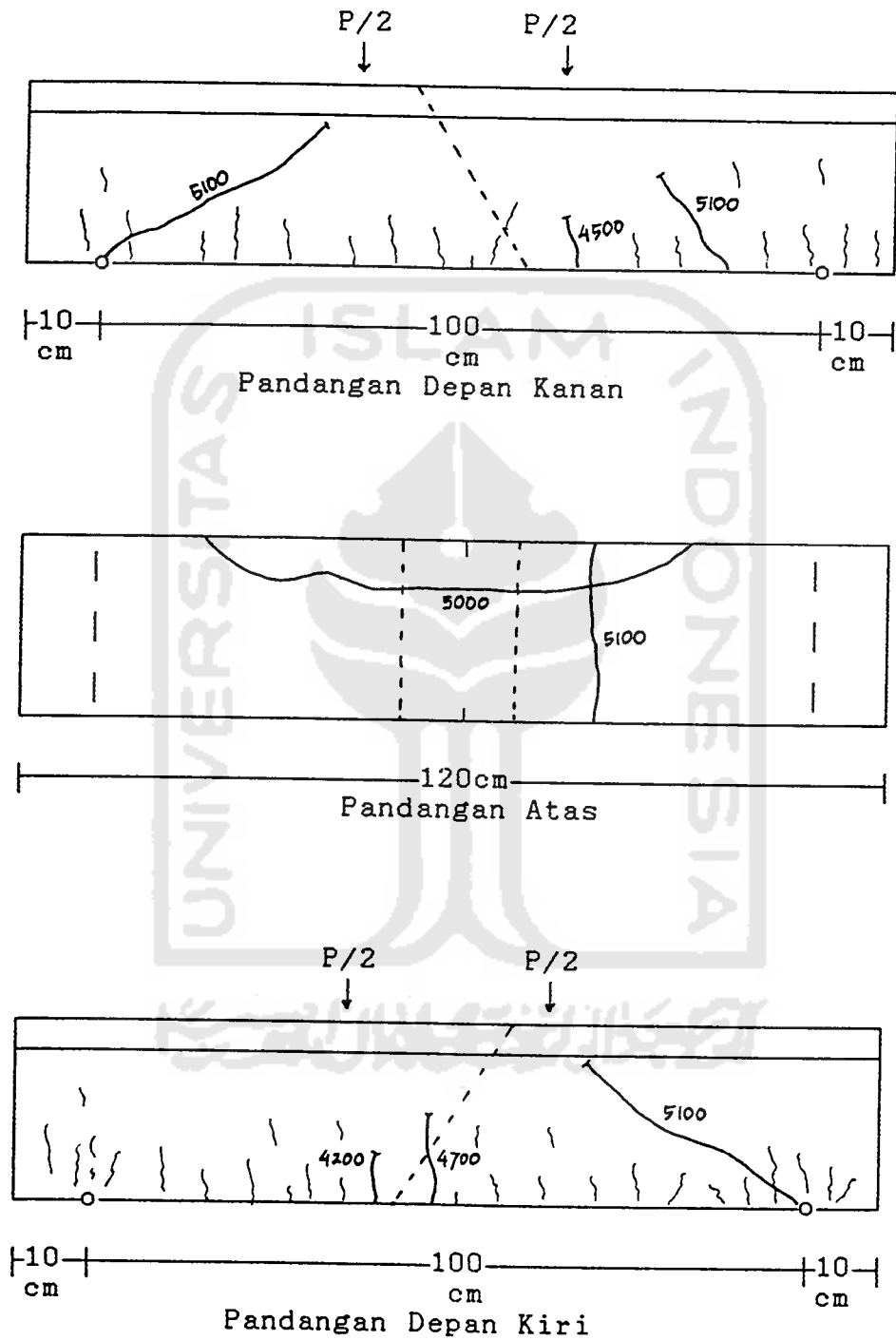




Gambar 4.16. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel F1



Gambar 4.17. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel F2



Gambar 4.18. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel F3

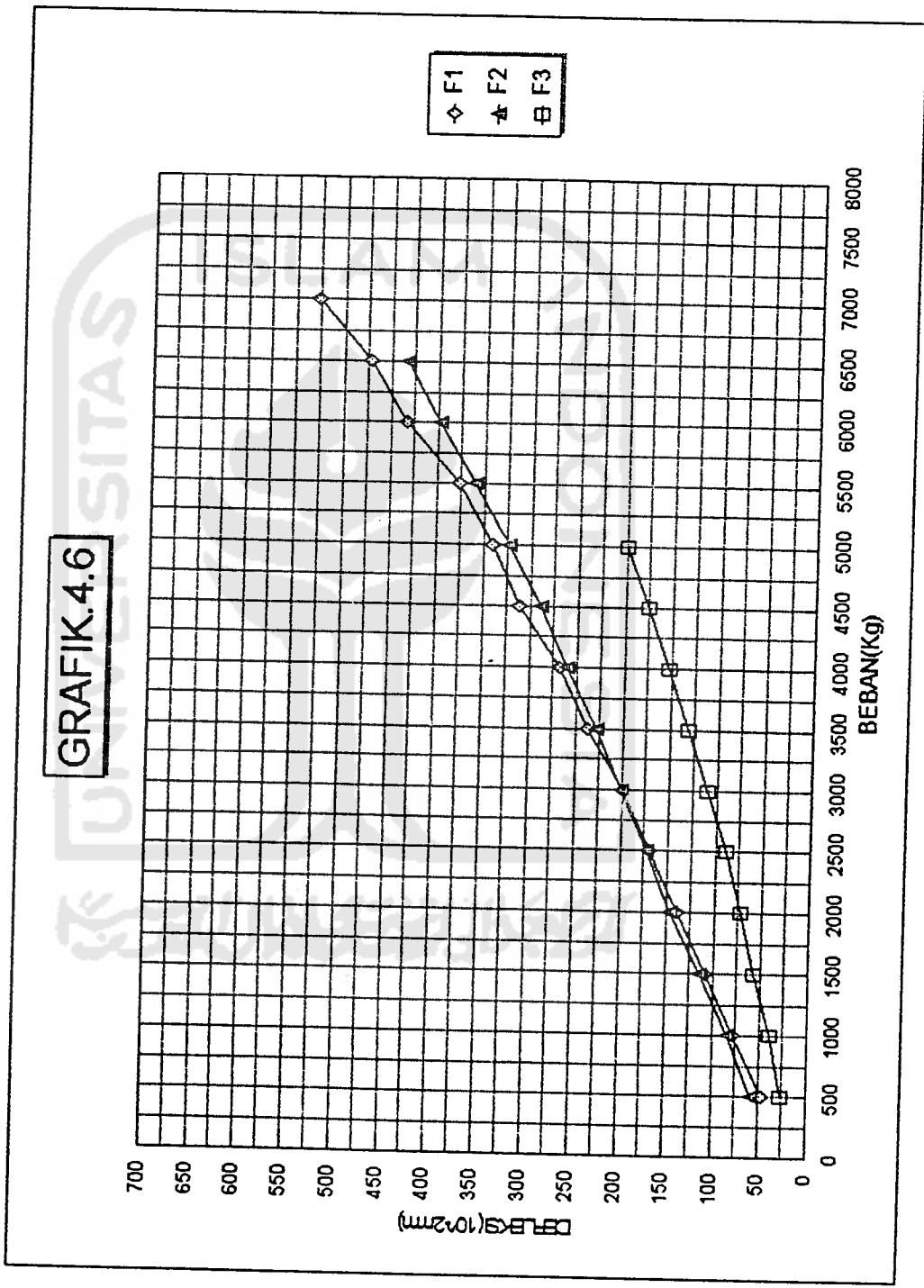


Dari ketiga sampel tipe F ( cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , dengan tulangan sebelah 2  $\emptyset$  15 mm, ditambah bahan "aditive", sambungan dibuat kasar dan diberi bahan "aditive"), sebagaimana terlihat pada Tabel 4.6, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan sebagai berikut ini.



GRAFIK 4.6

BEBAN(Kg)	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000
F1	47	78	109	139	169	200	238	268	312	341	377	433	472	527
F2	58	85	115	146	172	201	229	260	289	323	360	398	433	
F3	26	39	57	72	89	110	131	152	175	200				



Tabel 4.7. Data hasil pengujian lentur sampel G (cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , tanpa tulangan, ditambah bahan "aditive", sambungan miring dibuat kasar dan diberi serabut kawat-ikat serta bahan "aditive").

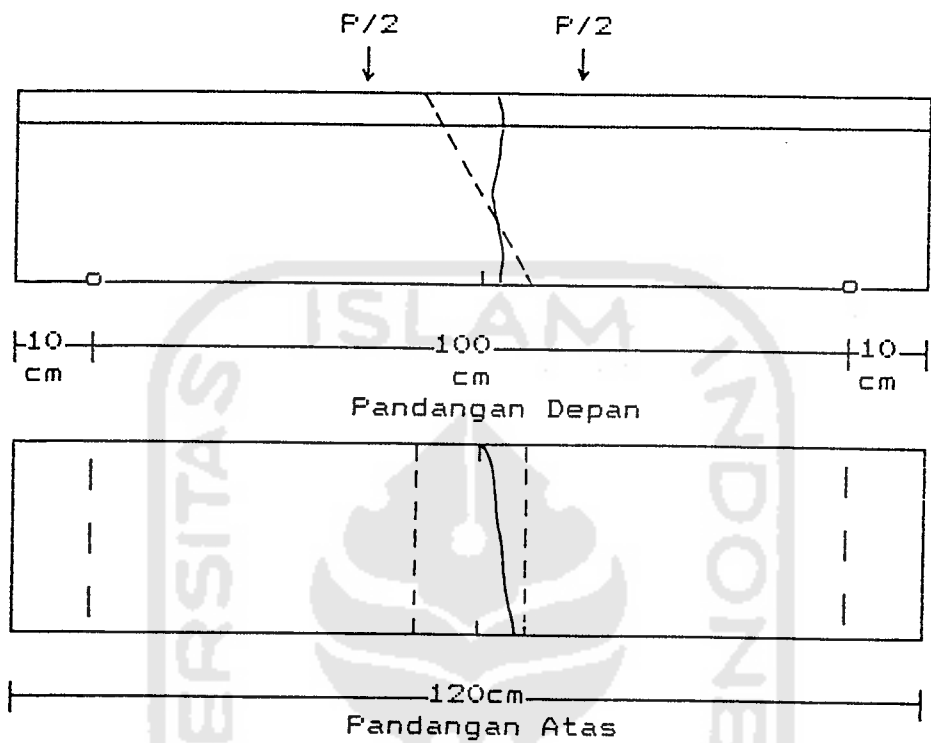
No.	SAMPEL G1			SAMPEL G2			SAMPEL G3		
	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$
01	200	4		200	10		200	26	
02	400	11		400	18		400	46	
03	600	9		600	26		600	63	
04	800	12		800	36		800	82	
05	1000	17		1000	48		1000	100	
06	1200	21		1200	61		1200	112	
07	1400	26		1400	73		1400	127	
08	1600	31		1600	85		1600	138	
09	1800	37		1800	100		1800	150	
10	2000	43		2000	108		2000	-	
11	2105	46	*	2200	118		2140	-	*
12				2320	126	*			

Keterangan : \* benda uji patah  
- lendutan tidak terbaca

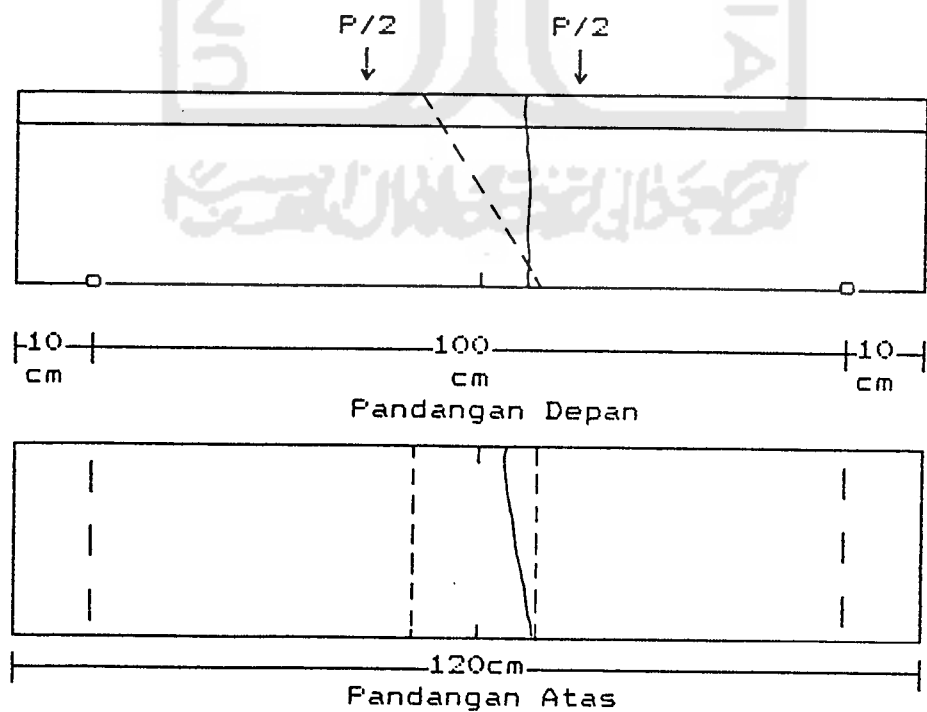
Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut ini.

$$P \text{ max. rata-rata} = \frac{2105 + 2320 + 2140}{3} = 2188,33 \text{ kg}$$

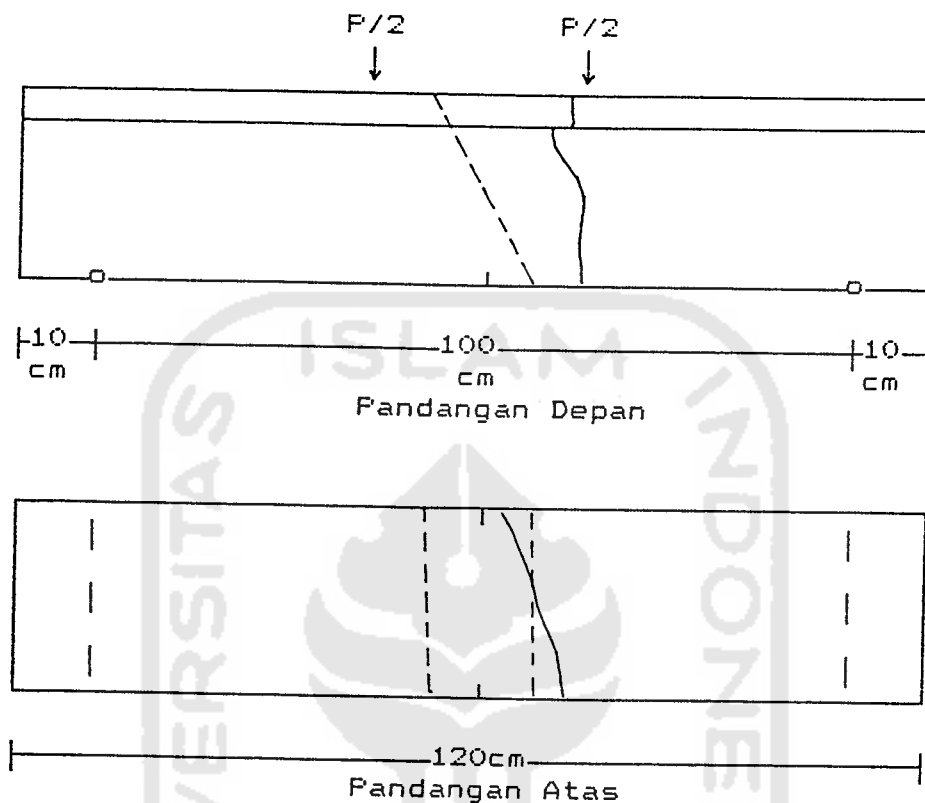
Untuk lebih memperjelas kemampuan balok dalam mendukung beban pada masing-masing sampel dapat dilihat pada gambar-gambar sket pola patah hasil pengujian lentur berikut ini.



Gambar 4.19. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel G1



Gambar 4.20. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel G2

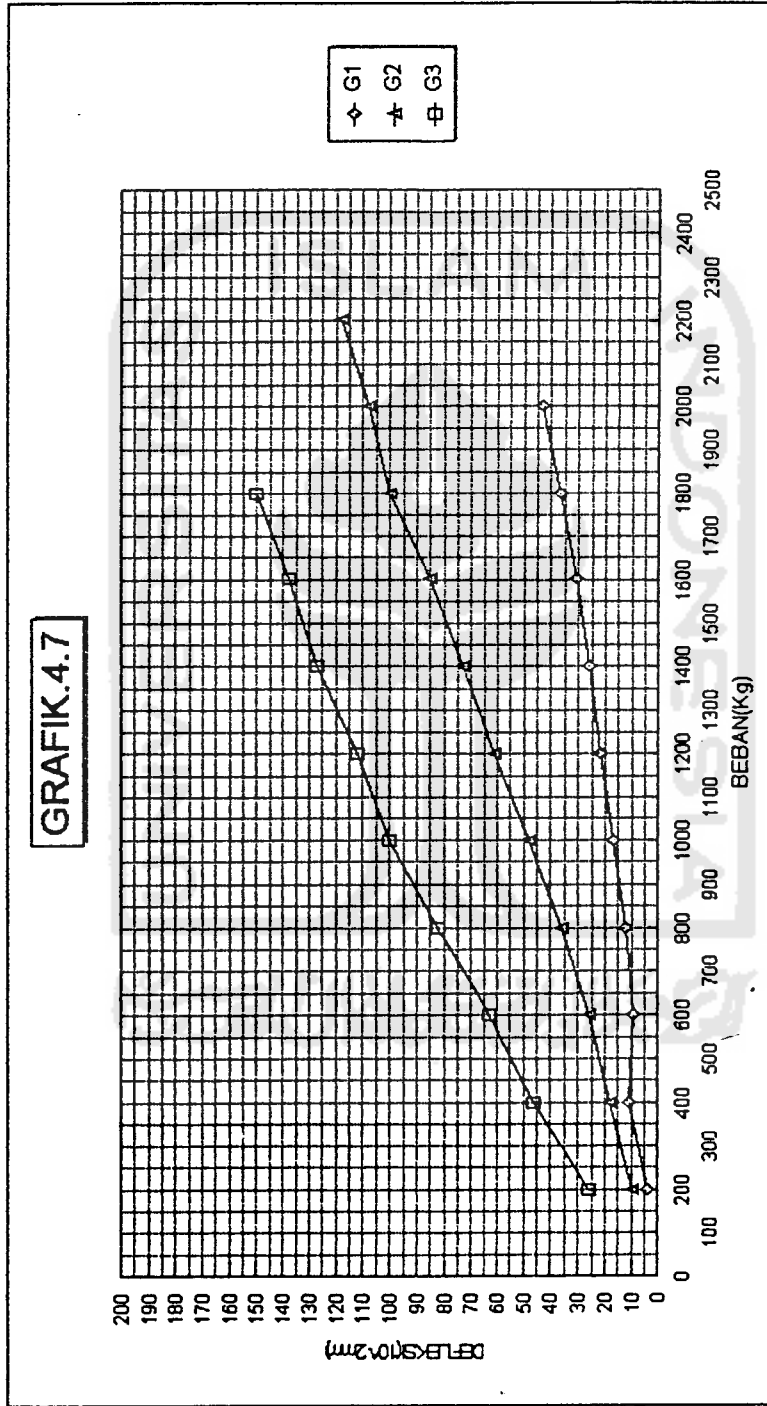


Gambar 4.21. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel G3

Dari ketiga sampel tipe G ( cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , tanpa tulangan, ditambah bahan "aditive", sambungan dibuat kasar dan diberi serabut kawat-ikat serta bahan "aditive"), sebagaimana terlihat pada Tabel 4.7, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan sebagai berikut ini.

GRAFIK.4.7  
BEBAN(Kg)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
G1	4	11	9	12	17	21.5	26	31	37	43	
G2	10	18	26	36	48	61	73	85	100	108	118
G3	26	46	63	82	100	112	127	138	150		



Tabel 4.8. Data hasil pengujian lentur sampel H (cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , dengan tulangan sebelah 2  $\emptyset$  15 mm, ditambah bahan "aditive", sambungan miring dibuat kasar dan diberi serabut kawat-ikat serta bahan "aditive").

No.	SAMPEL H1			SAMPEL H2			SAMPEL H3		
	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$	Beban (P) kg	$\delta$ mm $10^{-2}$	$\delta_r$
01	500	54		500	25		500	71	
02	1000	83		1000	50		1000	100	
03	1500	111		1500	73		1500	130	
04	2000	137		2000	103		2000	160	
05	2500	167		2500	123		2500	187	
06	3000	198		3000	151		3000	219	
07	3500	221		3500	184		3500	251	
08	3750	-	1	4000	220		4000	281	
09	4000	260		4500	253		4150	-	1
10	4250	-	2	4625	271	1	4500	321	
11	4500	289	3	4900	-	2	5000	355	2
12	5000	320		5000	305		5400	-	3
13	5200	-	4	5250	-	3	5500	392	
14	5300	-	5	5500	340		5900	-	4
15	5500	351		6000	383		6000	429	
16	5750	-	6	6100	-	4	6200	-	5
17	5850	-	7	6200	-	5	6500	468	6
18	6000	399		6500	420	6	6600	-	7
18	6400	-	8	6520	-	7	6650	-	8
20	6500	433	9	6850	-	8*	6800	-	9
21	6950	-	10				6900	-	10
22	7000	478					7000	526	11
23	7350	-	11				7500	569	
24	7400	-	12				8000	625	
25	7500	517					8350	-	12*
26	7700	-	13						
27	8000	576	14						
28	8350	653	15*						

Keterangan : \* benda uji patah  
- lendutan tidak terbaca

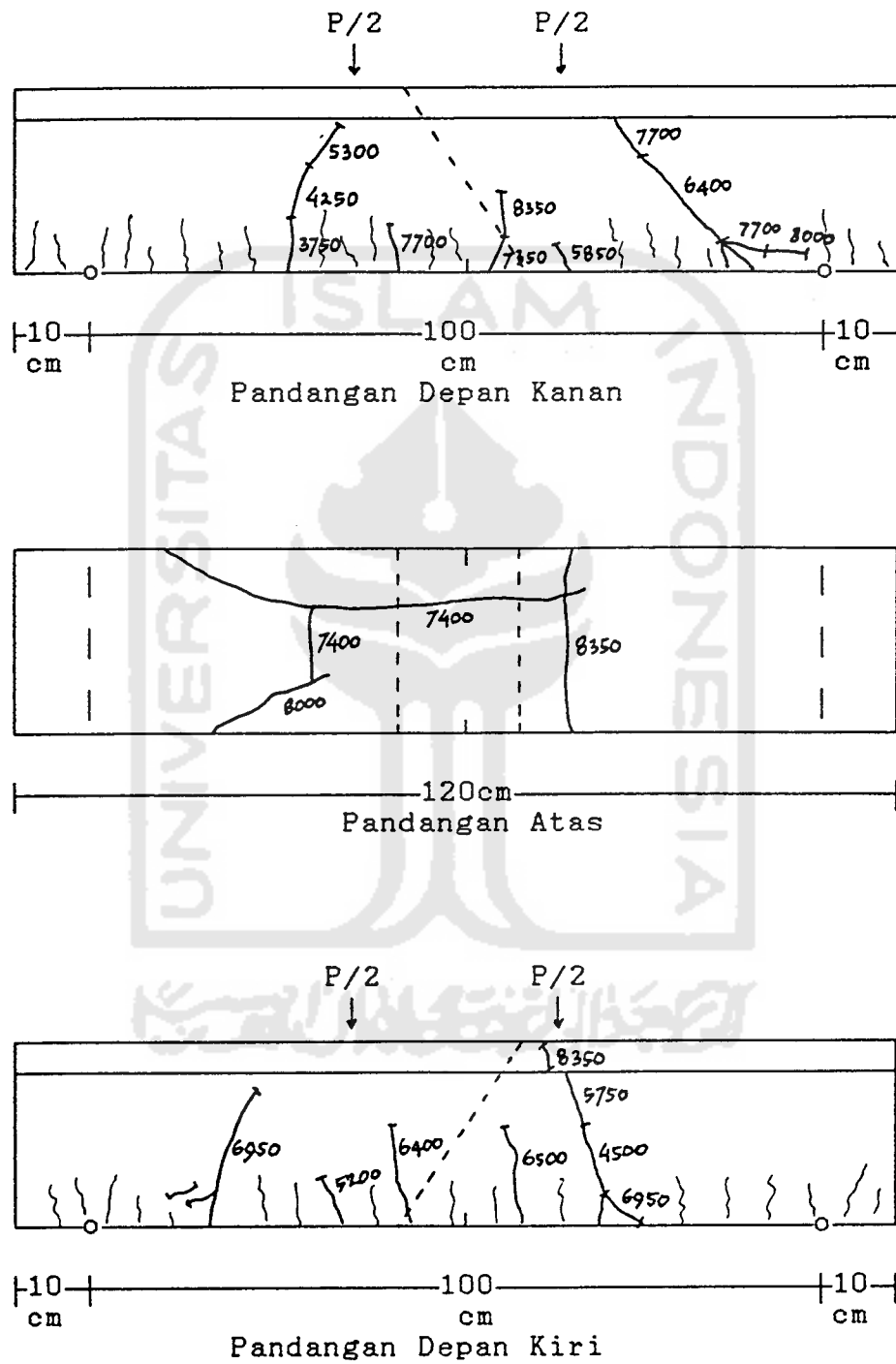
Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut ini.

$$P \text{ max. rata-rata} = \frac{8350 + 6850 + 8350}{3} = 7850 \text{ kg}$$

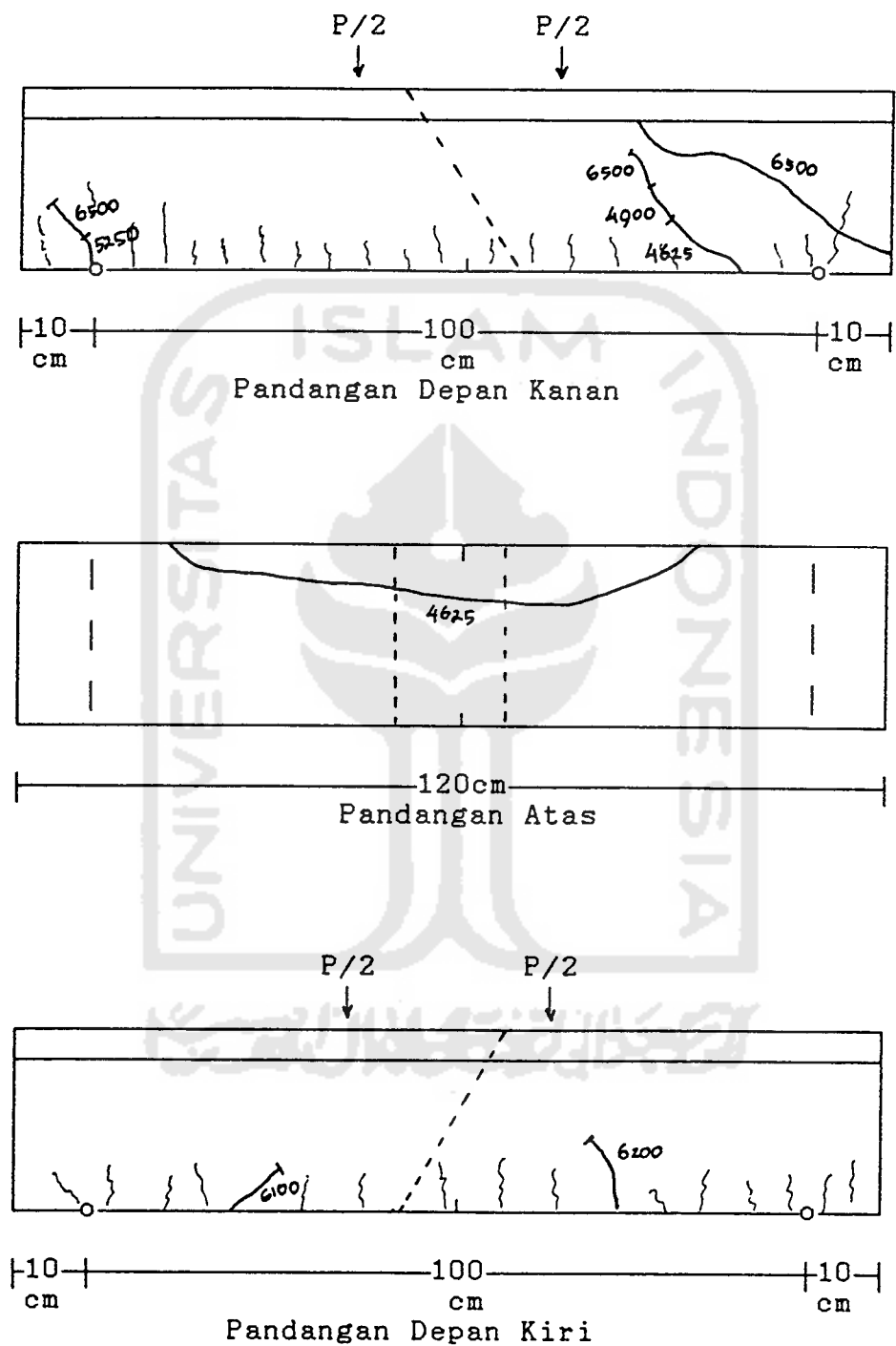
Untuk lebih memperjelas kemampuan balok dalam mendukung beban pada masing-masing sampel dapat dilihat pada gambar-gambar sket pola retak dan patah hasil pengujian lentur berikut ini.



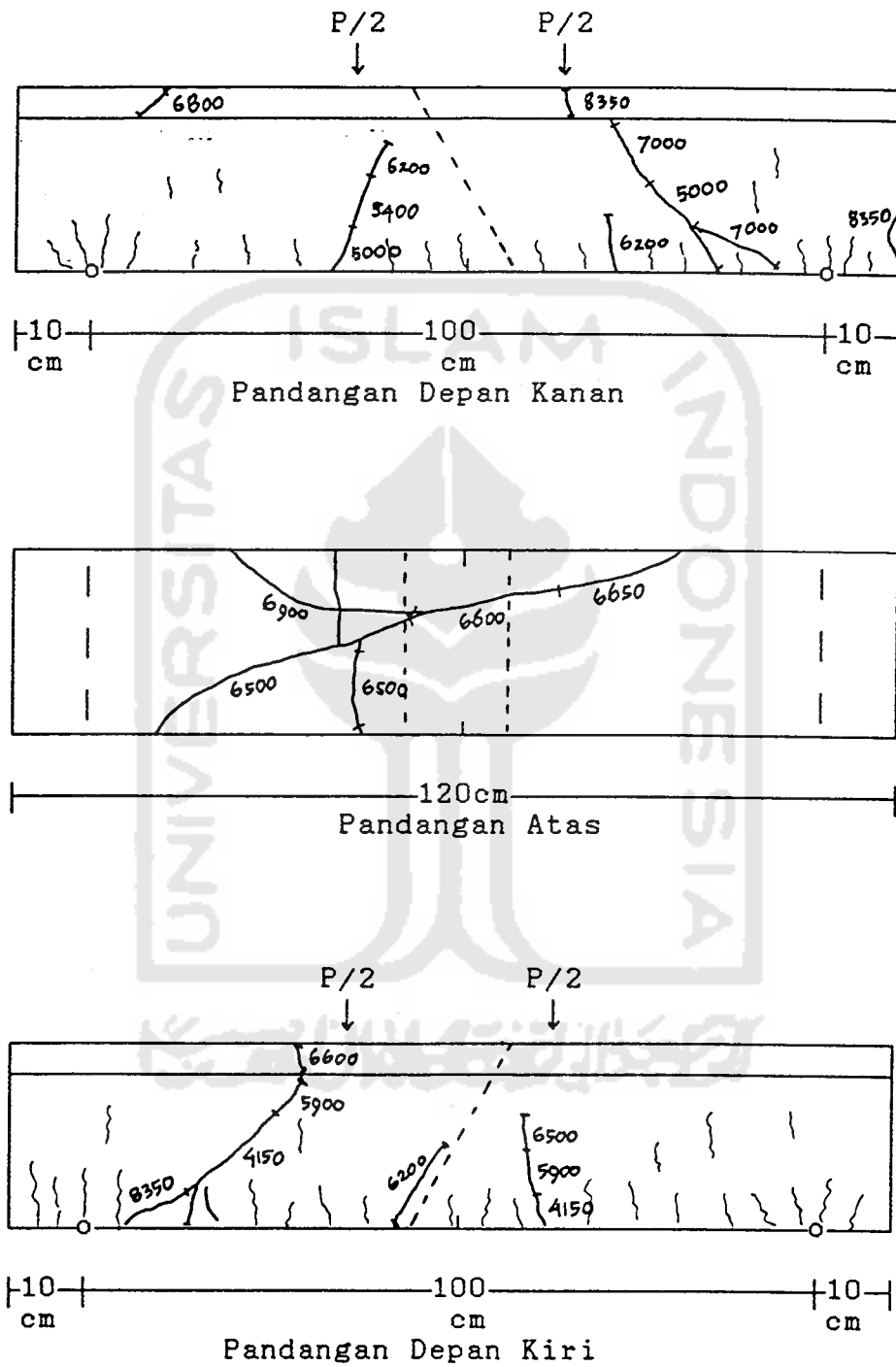




Gambar 4.22. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel H1



Gambar 4.23. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel H2



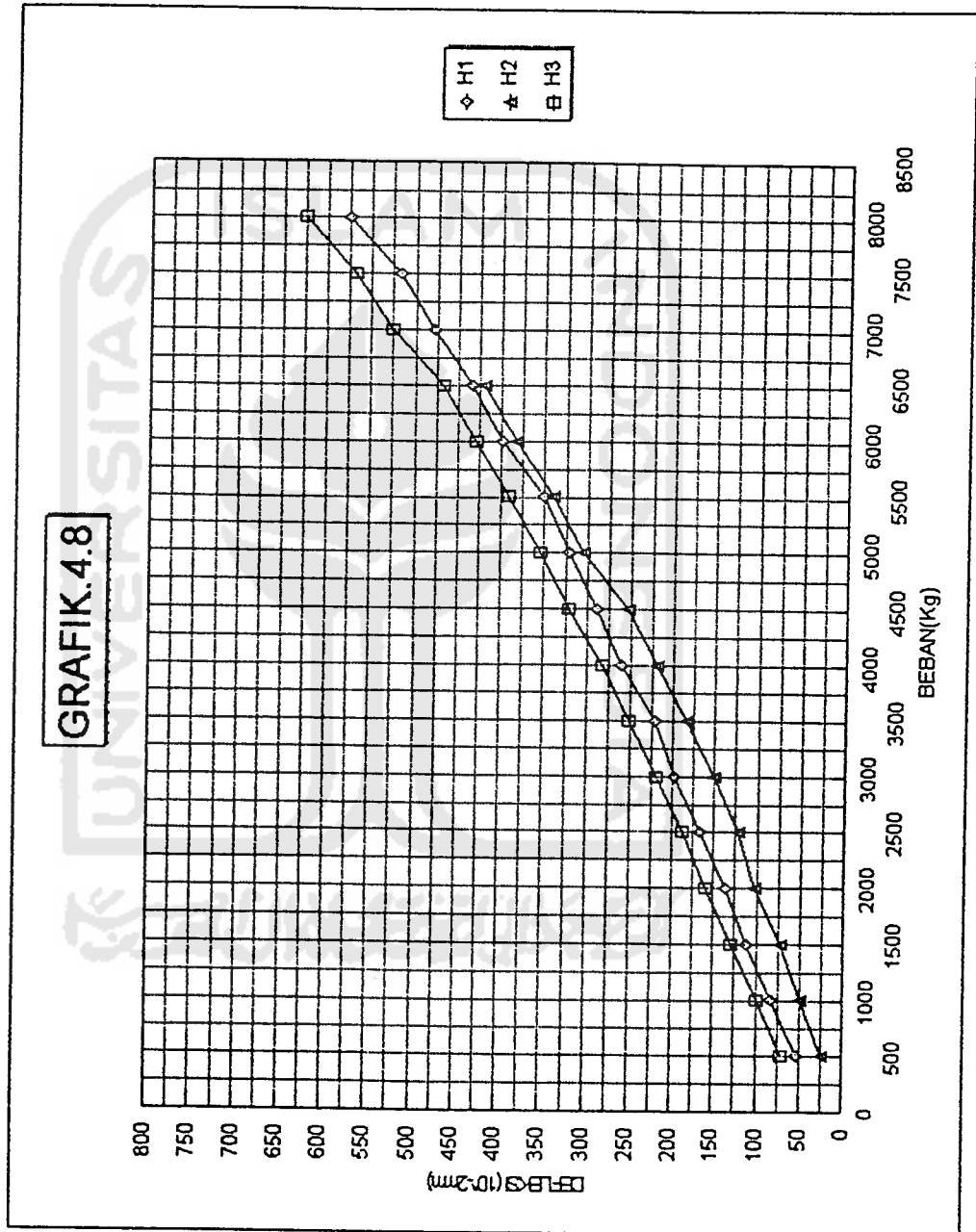
Gambar 4.24. Sket Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel H3

Dari ketiga sampel tipe H ( cor sambungan  $\frac{1}{2}L$ , dengan tulangan sebelah 2  $\emptyset$  15 mm, ditambah bahan "aditive", sambungan dibuat kasar dan diberi serabut kawat-ikat serta bahan "aditive"), sebagaimana terlihat pada Tabel 4.8, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan sebagai berikut ini.



GRAFIK.4.8

BEBAN(Kg)	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000
H1	54	83	111	137	167	198	221	260	289	320	351	399	433	478	517	576
H2	25	50	73	103	123	151	184	220	253	305	340	383	420			
H3	71	100	130	160	187	219	251	281	321	355	392	429	468	526	589	625



Di dalam penelitian ini setiap kali mengadakan campuran beton selalu dibuat satu benda uji kubus untuk mengetahui kuat desak beton yang dipakai.

Dari pengujian kuat desak beton umur 28 hari, diperoleh tegangan desak beton seperti pada tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9. Hasil pengujian kuat desak beton umur 28 hari

No.Sampel	Nilai Slump cm	P KN	$\sigma_k$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_s$ kg/cm <sup>2</sup>
1	9,5	650	294,48	244,42
2	11	695	314,87	261,34
3	10	600	271,83	225,62
4	10	630	285,42	236,89
5	10,5	550	249,18	206,82
6	12	605	274,10	227,50
7	11	705	319,40	265,10
8	12	625	283,16	235,02
9	10	525	237,85	197,42
10	9	575	260,50	216,22
11	14	730	330,73	274,50
12	14	720	326,20	270,74
13	15	640	289,95	240,66
14	9	620	280,89	233,14
15	12	650	294,48	244,42
16	12,5	560	253,71	210,58
17	11	810	366,97	304,58
18	13,5	680	308,07	255,70
19	11	735	332,99	276,38

Keterangan :

$\sigma_k$  = tegangan desak kubus

$$\sigma_k = \frac{P \cdot 101,936}{15 \cdot 15}$$

$\sigma_s$  = tegangan desak silinder

$$\sigma_s = 0,83 \cdot \sigma_k$$

Adanya variasi nilai slump dalam pembuatan beton

berakibat kuat desak beton bervariasi juga. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton yang dibuat dengan perbandingan volume ternyata menghasilkan mutu beton yang cukup tinggi dan di atas mutu beton yang direncanakan.

Dari hasil pengujian lentur pada masing-masing sampel diperoleh beban rata-ratanya dan tegangan lentur seperti pada Tabel 4.10 dan 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.10. Tegangan lentur beton tanpa tulangan

KODE SAMPEL	Pr (kg)	M = 17,5.P (kg.cm)	Ya (cm)	Yb (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\sigma_{lta} = M.Ya/I$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{lta}$ ijin (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{ltb} = M.Yb/I$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{ltb}$ ijin (kg/cm <sup>2</sup> )
A	1876,67	32841,725	10,19	14,8	18946,32	17,6634	51,60	25,6718	75,00
C	1093,33	19133,275	10,19	14,8	18946,32	10,2906	51,60	14,9562	75,00
E	1935	33862,5	10,19	14,8	18946,32	18,2125	51,60	26,4697	75,00
G	2188,33	38295,775	10,19	14,8	18946,32	20,5968	51,60	29,9351	75,00

Keterangan:

- Pr = beban rata-rata yang di dapat dari pengujian,  
M = momen yang bekerja pada balok di antara beban P/2 pada tengah bentangan (lihat II.8),  
Ya = jarak serat terluar terhadap garis netral di daerah tekan (lihat lampiran 1),  
Yb = jarak serat terluar terhadap garis netral di daerah tarik (lihat lampiran 1),  
I = tegangan inersia penampang balok terhadap garis netral (lihat lampiran 1),  
 $\sigma_{lta}$  = tegangan lentur di daerah tekan,  
 $\sigma_{ltb}$  = tegangan lentur di daerah tarik.



Tabel 4.11. Tenggangan lentur beton dengan tulangan

KODE SAMPEL	Pr (kg)	M = 17,5.P (kg.cm)	Ya (cm)	Yb (cm)	n	I (cm <sup>4</sup> )	$\sigma_{1ta} = M.Ya/I$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{1ta}$ ijin (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{1tb} = M.Yb.n/I$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{1tb}$ ijin (kg/cm <sup>2</sup> )
B	8816,67	154291,73	9,39	12,11	15	14263,68	101,5726	123,998	1964,93	2398,99
D	8150	142625	9,39	12,11	15	14263,68	93,8922	123,998	1816,35	2398,99
F	6375	111562,5	9,39	12,11	15	14263,68	73,4433	123,998	1420,76	2398,99
H	7850	137375	9,39	12,11	15	14263,68	90,4361	123,998	1749,49	2398,99

Keterangan:

- Pr = beban rata-rata yang di dapat dari pengujian,  
M = momen yang bekerja pada balok di antara beban P/2 pada tengah bentangan (lihat II.8),  
Ya = jarak serat terluar terhadap garis netral di daerah tekan (lihat lampiran 2),  
Yb = jarak serat terluar terhadap garis netral di daerah tarik (lihat lampiran 2),  
I = tegangan inersia penampang balok terhadap garis netral (lihat lampiran 2),  
 $\sigma_{1ta}$  = tegangan lentur di daerah tekan,  
 $\sigma_{1tb}$  = tegangan lentur di daerah tarik,  
n  $\approx$  15.

Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan tegangan tiap sampel. Namun demikian tegangan-tegangan ini tidak melebihi tegangan ijin yang direncanakan.

#### IV.2. Pembahasan

Pada dasarnya sifat beton yang getas ("brittle") akan berkurang dengan adanya tulangan. Sifat beton yang kurang menguntungkan tersebut berkurang dan sifat kelenturan



beton akan meningkat.

Dari hasil pengujian ini, ternyata benda uji tanpa tulangan langsung mengalami patah pada beban maksimum, sedang benda uji dengan tulangan akan mengalami retak-retak terlebih dahulu sebelum akhirnya patah pada beban maksimum.

Retak-retak yang terjadi pada benda uji bertulangan akan ditahan oleh tulangan tersebut. Retak yang ditahan oleh tulangan pada beton yaitu kemampuan lekatan antara tulangan dengan pasta semen serta kekuatan dari tulangan itu sendiri.

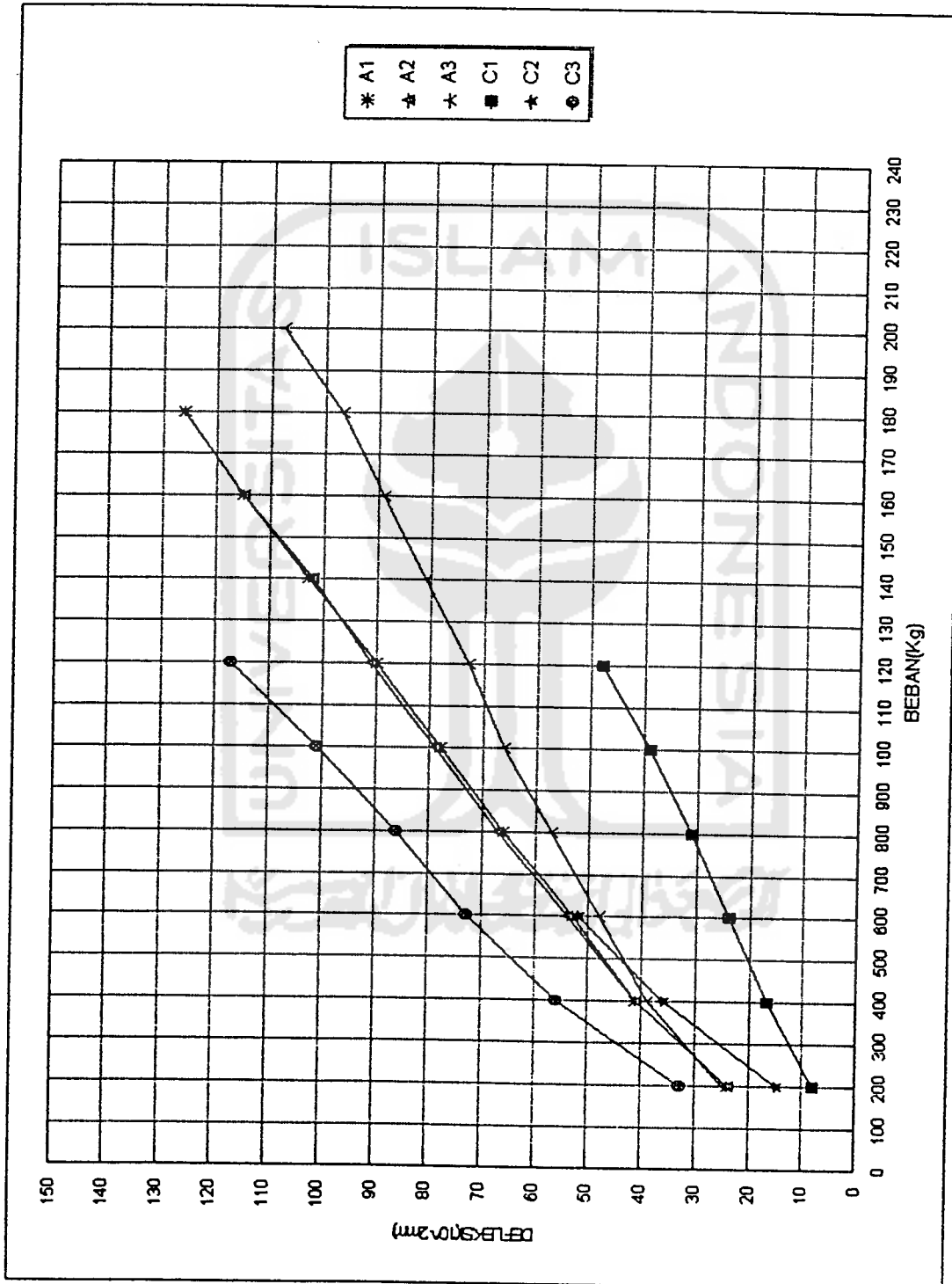
Nilai slump yang ditetapkan dalam penelitian ini, yaitu antara 9 - 15 cm pada masing-masing benda uji, dengan maksud agar mutu beton sesuai dengan rencana. Sebagaimana diketahui, dalam pelaksanaan di lapangan untuk membuat campuran beton dilaksanakan berkali-kali karena kemampuan mengaduk oleh mesin pengaduk terbatas, kecuali kalau ada mesin pengaduk yang besar. Pembuatan beton dengan campuran yang berulang-ulang akan membuat mutu beton yang berbeda-beda, sehingga didapatkan hasil uji yang berlainan juga.

Karena pengujian dilakukan pada umur 28 hari, penambahan bahan "aditive" yang berfungsi mempercepat pengerasan dan memperkuat sambungan beton kurang berguna atau bermanfaat langsung terhadap mutu beton dan benda uji.

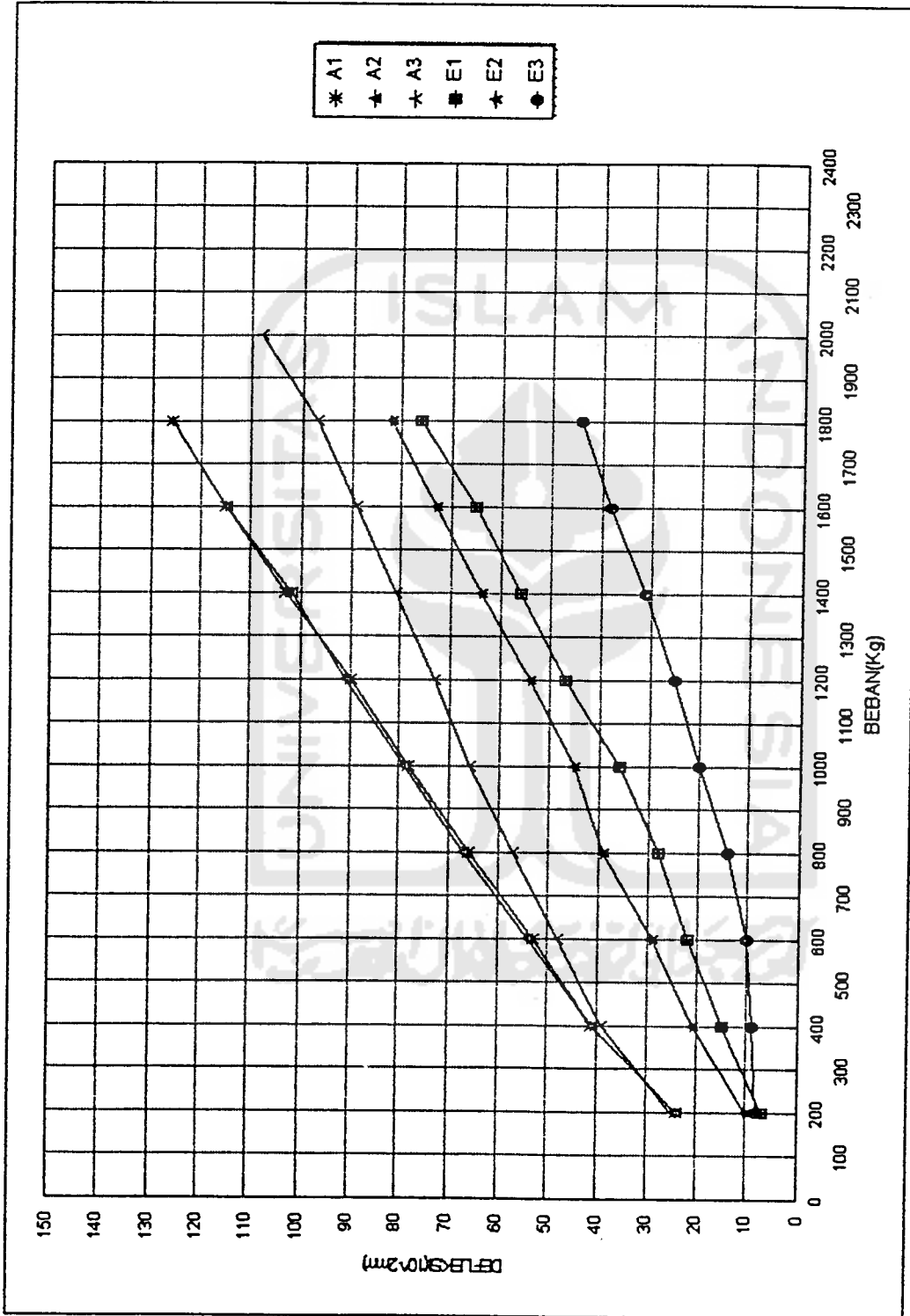
Mengacu pada data tabel dan pola retak yang terjadi,

dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan dengan membandingkan sampel A untuk benda uji tanpa tulangan dan sampel B untuk benda uji memakai tulangan seperti terlihat pada grafik berikut ini.

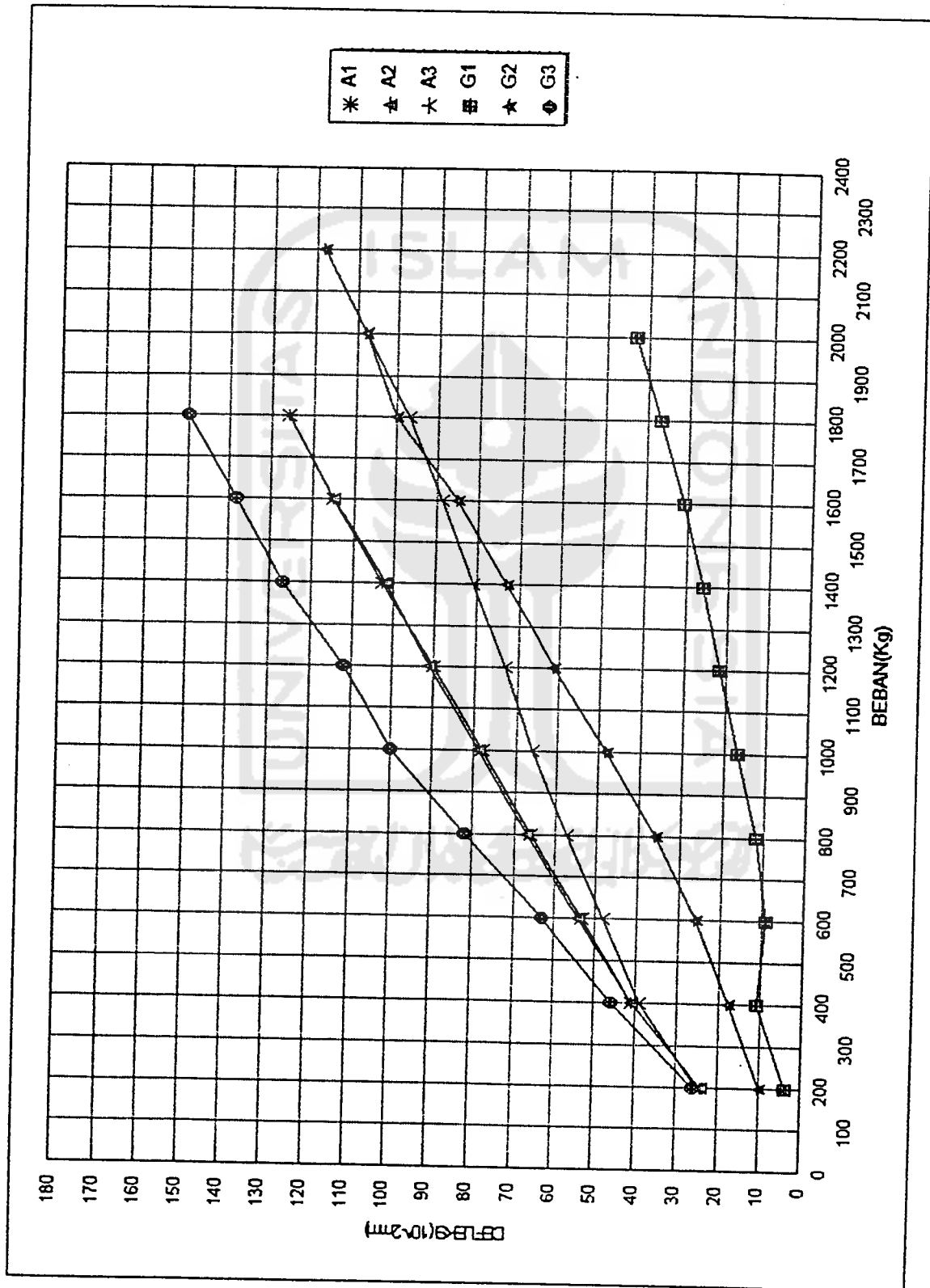




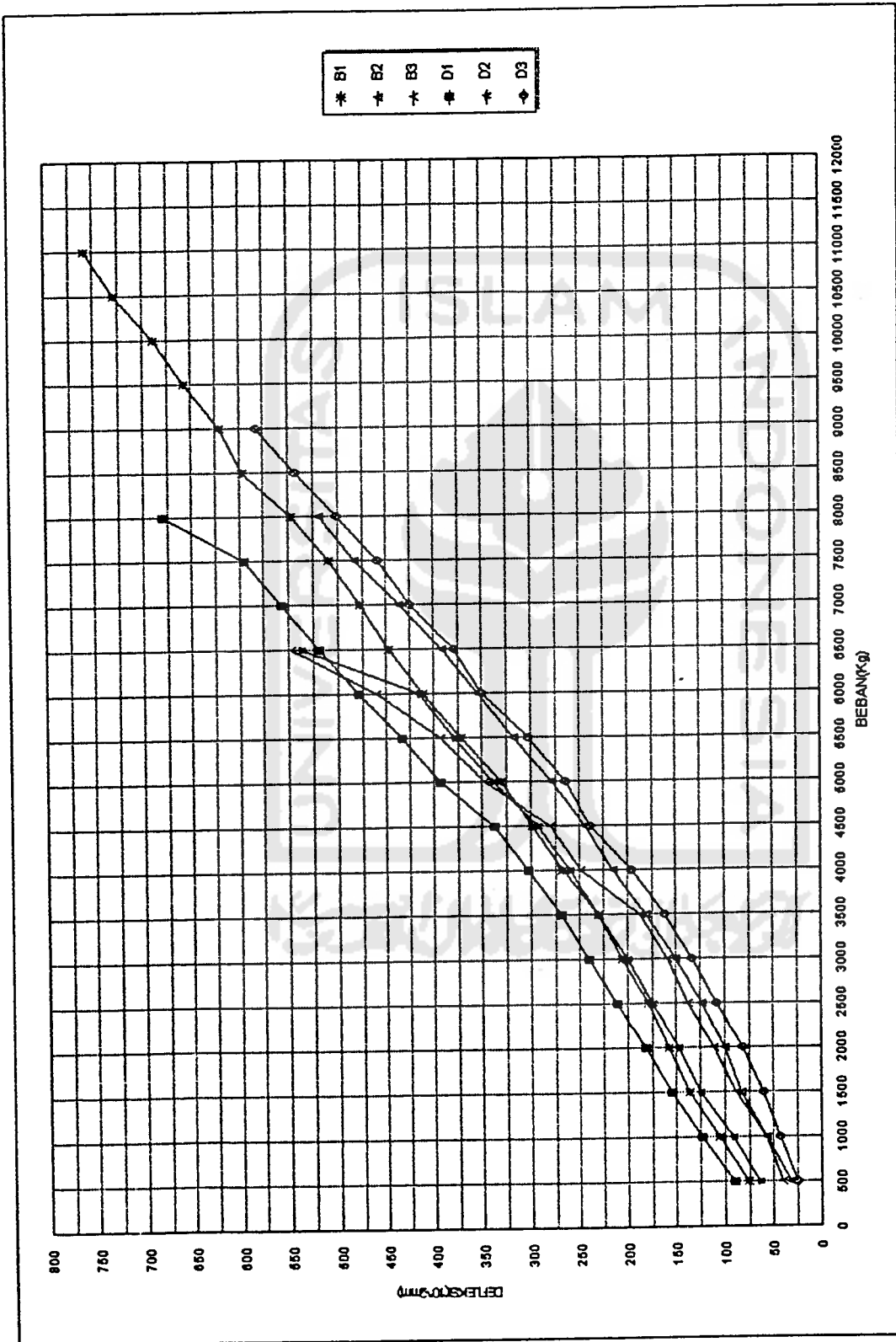
Grafik.4.9. Gabungan grafik sampel A(Cor utuh tanpa tulangan dengan sampel C(Cor 1/2L tanpa tulangan dibuat tegak)



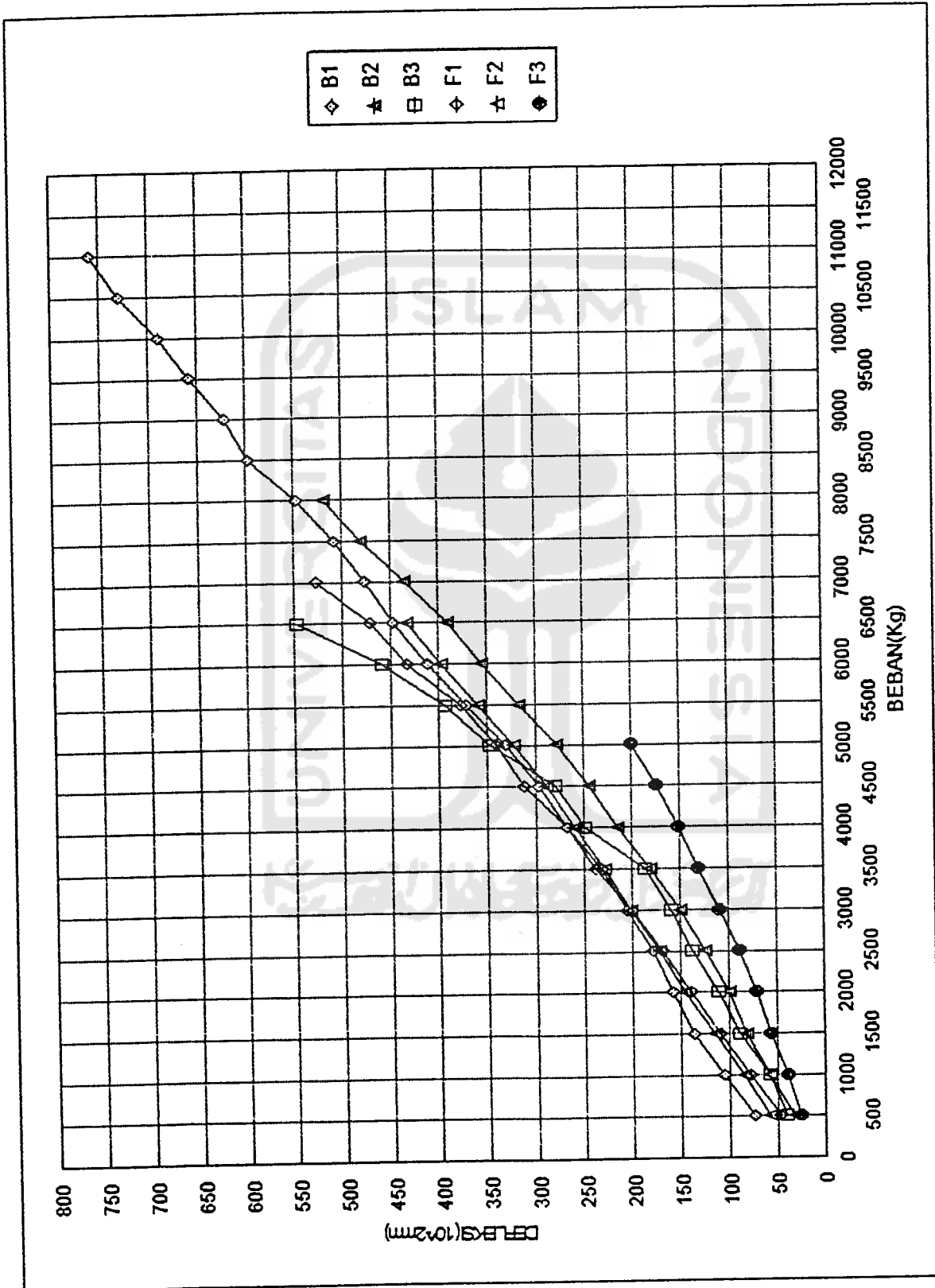
Grafik.4.10. Gabungan grafik sampel A(Cor utuh tanpa tulangan) dengan sampel E(Cor 1/2L dibuat agak miring tanpa tulangan)



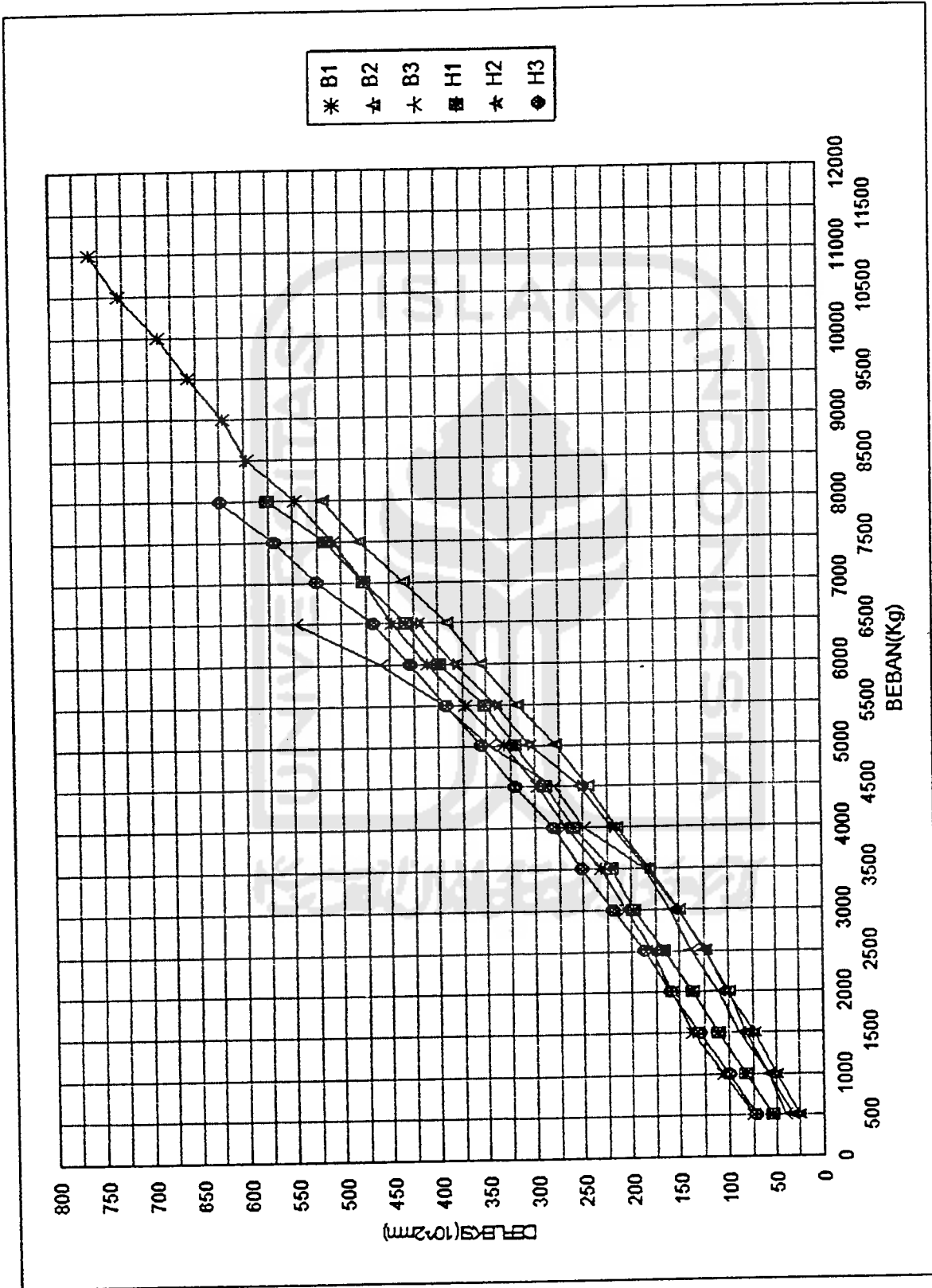
Grafik.4.11. Gabungan grafik sampel A(Cor utuh tanpa tulangan) dengan sampel G(Cor 1/2L tanpa tulangan diberi serabut dari kawatdan ditambah bahan aditive)



Grafik.4.12. Gabungan grafik sampel B(Cor utuh dengan tulangan) dengan sampel D(Cor 1/2L dengan tulangan dan sambungan dibuat tegak)



Grafik.4.13. Gabungan grafik sampel B(Cor utuh dengan tulangan) dengan sampel F(Cor 1/2L dengan tulangan diberi bahan additive dan sambungan dibuat agak miring)



Grafik.4.14. Gabungan grafik sampel B(Cor utuh dengan tulangan) dengan sampel F(Cor 1/2L dengan tulangan diberi bahan additive, serabut dari kawat dan sambungan dibuat agak ming)



Dengan melihat grafik diatas, ternyata pengecoran secara utuh yaitu sampel B mempunyai kekuatan yang paling besar dalam menahan beban. Sedang ditinjau dari segi monolitasnya, sampel tanpa tulangan khususnya pada sambungan, pola patah yang terjadi akibat pembebanan ada di daerah tengah bentangan. Untuk sampel menggunakan tulangan khususnya pada sambungan, pola retak dan patah yang terjadi ada di luar daerah tengah bentangan. Ini berarti telah sesuai dengan perencanaan yang diharapkan sebelum penelitian ini dilakukan.

Dengan demikian pemberhentian pengecoran pada  $\frac{1}{2}$  bentangan ditinjau dari segi kekuatan dan keamanannya dalam penelitian ini, dapat dipergunakan pada pelaksanaan di lapangan tanpa harus mengacu pada jarak  $\frac{1}{4}$  bentangan.

#### IV.2.1. Kuat Desak Beton

Kuat desak beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan masing-masing bahan susun dan lekatan pasta semen pada agregat. Kuat desak beton secara umum cukup besar, dan sifat inilah yang paling menonjol pada beton.

Pada pelaksanaan pengujian kuat desak beton terlihat, bahwa beton hancur dengan beban maksimum, yaitu benda uji akan pecah dan pecahan beton akan saling terlepas (lihat Tabel 4.9).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ternyata kuat desak beton bervariasi, tetapi tidak di bawah mutu beton yang direncanakan. Ini berarti bahwa meskipun per-

bandingan campuran dipakai perbandingan volume dengan menggunakan takaran (ember), sebagaimana layaknya di lapangan, ternyata menghasilkan kuat tekan atau desak beton sebesar 19,97 MPa (lihat lampiran 12).

#### IV.2.2. Kuat Lentur Beton Dengan dan Tanpa Tulangan

Kuat lentur beton diketahui dengan melakukan pengujian benda uji yang diletakan pada dua rol perletakan dan dikenakan dua buah gaya pada sisi atas (daerah flens) benda uji tersebut.

Dari hasil pengujian lentur, ternyata letak patah untuk benda uji tanpa tulangan serta letak retak dan patah untuk benda uji dengan tulangan terjadi sesuai dengan yang diharapkan. Kuat lentur maksimum pada benda uji yang menggunakan tulangan tercapai pada sampel B, sedang kuat lentur maksimum pada benda uji tanpa tulangan tercapai pada sampel G. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.10. dan 4.11.

Pada pengujian terlihat, bahwa beton bertulangan yang telah mengalami retak pertama, masih mempunyai kemampuan meningkatkan kuat lentur. Karena retakan yang terjadi ditahan oleh tulangan pada beton tersebut. Akibatnya pada batas kemampuan lentur yang maksimum, beton tersebut tidak akan mengalami keruntuhan secara total. Sedang pada beton tanpa tulangan, pada pengujian lentur begitu terjadi retakan pertama langsung terjadi keruntuhan atau patah.

Retak miring akibat geser di badan balok beton

bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur disekitarnya, atau dapat juga sebagai kelanjutan proses retak lentur yang telah mendahuluinya.

Proses terjadinya retak lentur umumnya cenderung merambat dimulai dari tepi bawah balok menjalar masuk ke dalam badan balok diantara dua pembebanan yang terjadi dengan arah hampir vertikal. Proses tersebut terus berlanjut tanpa mengakibatkan berkurangnya tegangan sampai tercapainya suatu kombinasi kritis tegangan lentur dan geser di ujung salah satu letak terdalam, terjadi tegangan geser cukup besar yang kemudian mengakibatkan terjadinya retak miring. Pada balok beton bertulangan, tulangan baja akan bertugas sepenuhnya menahan gaya tarik yang timbul akibat lenturan. Apabila beban yang bekerja terus meningkat, tegangan tarik dan geser juga akan meningkat seiring dengan beban.

Untuk balok beton tanpa tulangan, retak karena tegangan tarik lentur akan terjadi terlebih dahulu sebelum timbul retak karena tarik diagonal. Dengan demikian terjadinya retak tarik lenturan pada balok tanpa tulangan merupakan peringatan awal kerusakan geser.

#### **IV.2.3. Monolitas Sambungan**

Dengan adanya variasi sampel yang telah di uji, ternyata, kesatuan sambungan  $\frac{1}{2}$  bentangan pada beton tidak mengalami patah di tempat sambungan tersebut. Kecuali pada beton tanpa tulangan, memang diharapkan patah di tempat

sambungan tersebut atau di antara dua beban yang menekan di atasnya (lihat Gambar 4.1 sampai dengan 4.24).

Hal ini menandakan, bahwa penelitian yang dilakukan sesuai rencana. Hasil dari penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa monolitas cor sambungan  $\frac{1}{2}$  bentangan tetap saling mengikat antara sambungan satu dengan lainnya, serta tidak mengalami retak atau patah di tempat sambungan tersebut. Pemberhentian cor sambungan yang selama ini diletakkan pada  $\frac{1}{4}$  bentangan, ternyata dapat dilakukan juga pada  $\frac{1}{2}$  bentangan.

#### IV.2.4. Pola Retak Beton Akibat Geser lentur

Pola retak yang dialami benda uji selain pola retak di atas adalah pola retak rambut. Pola retak ini biasanya diabaikan dalam pengamatan karena retakan yang terjadi sangat kecil dan berjumlah banyak serta tidak membahayakan konstruksi. Retak rambut ini menjalarnya sangat pendek dan tidak saling menyambung seperti pola retak di atas (periksa gambar-gambar sket hasil pengujian lentur pada benda uji dengan tulangan).

Disamping retak-retak tersebut, juga terjadi retak yang diakibatkan oleh tulangan. Retak ini terjadi pada daerah tumpuan yang berakibat pecahnya selimut beton karena adanya pergeseran tulangan pada saat menerima beban yang semakin besar. Dengan bertambahnya beban, tulangan akan menahannya. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya lendutan di tengah bentangan. Karena di tengah bentangan

terjadi lendutan, maka pada tumpuan terjadi pergeseran tulangan yang berpengaruh terhadap selimut beton terluar (dibagian ujung balok). Hal ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh terlepasnya ikatan antara baja tulangan polos dengan beton ("bonding effect"), sehingga baja tersebut tertarik ke dalam seiring dengan meningkatnya lendutan yang terjadi, akibatnya belum mencapai tegangan leleh.

Dari hasil pengujian kuat tekan karakteristik beton didapatkan  $f_c$  sebesar 19,972 MPa (periksa lampiran 12), untuk selanjutnya dihitung geser vertikal sebagai berikut ini.

$$V_c = (1/6 \cdot \sqrt{f_c}) \cdot b_w \cdot d$$

Sampel Tanpa Tulangan

$$V_c = (1/6 \cdot \sqrt{19,972}) \cdot 100 \cdot 1019 \cdot 10^{-3}$$

$$V_c = 75,90 \text{ KN} = 7739,60 \text{ kg}$$

Sampel Dengan Tulangan

$$V_c = (1/6 \cdot \sqrt{19,972}) \cdot 100 \cdot 939 \cdot 10^{-3}$$

$$V_c = 69,94 \text{ KN} = 7131,86 \text{ kg}$$

