

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan benda uji balok persegi, 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:

1. Hasil pengujian lentur sampel I (Batang polos)

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Lentur Sampel I (Batang polos)

No	SAMPEL IA			SAMPEL IB			SAMPEL IC		
	P (kg)	w (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	p (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm
1	100	54,3	0	100	51,8	0	100	53,0	5
2	200		1	200		1	200		10
3	300		3	300		3	300		17
4	400		10	400		9	400		25
5	500		23	500		15	500		31
6	600		30	600		24	600		46
7	700		39	700		30	700		52
8	800		50	800		38	800		55
9	900		72	900		49	900		60
10	1000		80	1000		51	1000		62
11	1100		97	1100		57	1100		68
12	1200		102	1200		60	1200		75

Lanjutan tabel 4.1

No	SAMPEL IA			SAMPEL IB			SAMPEL IC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm
13	1300	54,3	110	1300	51,8	70	1300	53,0	79
14	1400		115	1400		79	1400		85
15	1500		128	1500		85	1500		88
16	1600		139	1600		98	1600		94
17	1700		146	1700		104	1700		104
18	1800		155	1800		120	1800		118
19	1900		160	1900		129	1900		129
20	2000		175	2000		142	2000		135
21	2100		188	2100		159	2100		154
22	2200		197	2200		170	2200		169
23	2300		200	2300		184	2300		175
24	2400		210	2400		190	2400		183
25	2500		224	2500		219	2500		205
26	2600		250	2600		235	2600		234
27	2700		–	2700		240	2700		252
28	2800		–	2800		285	2800		–
29	2900		–	2900		–	2900		–
30	3000		*	3000		–	3000		–
31				3100		–	3100		*
32				3200		*			

Keterangan : δ = defleksi ($\times 10^{-2}$ mm)

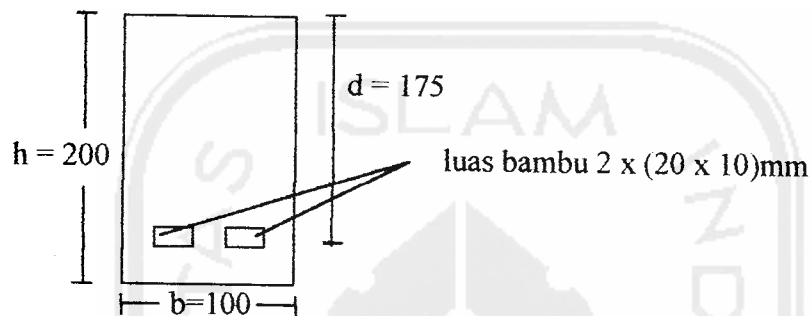
W = Berat sampel balok beton

* = benda uji patah

– = lendutan tidak terbaca

Dari hasil pengujian kuat desak beton di dapatkan $f'_c = 20,645$ MPa, kemudian dilakukan perhitungan kapasitas kemampuan beton untuk menahan geser dan kapasitas momen yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut :

1. Sampel IA (tanpa tonjolan)



$$P_{mak} = 3000 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} \cdot L$$

$$= 0,5 \cdot 3000 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 500 \text{ Kg.m} = 5,00 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi, \quad \phi = 0,80$$

$$= 5,00 / 0,80$$

$$= 6,2500 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$6,2500 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$6,2500 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 328,3 > h \text{ (tidak terpakai)}$$

$$a_2 = 21,6971 < h \text{ (terpakai)}$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 21,6971$$

$$= 38074,6135 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 38074,6135 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 95,1865 \text{ Mpa}$$

$$a = 21,6971$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 95,1865 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 95,1865 \cdot (175 - 21,6971/2)$$

$$= 6250,0008 \text{ KNmm}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 21,6971 \cdot 100 \cdot (175 - 21,6971/2)$$

$$= 6250,0030 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IA adalah 6250,0030 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ Kg} = 15,0 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

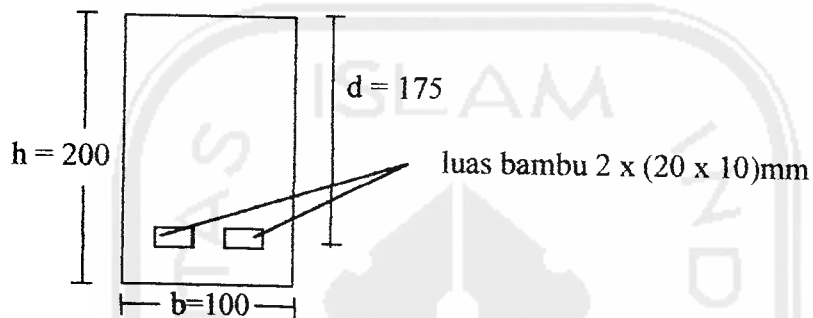
$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 15,0 = 9,75 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,00 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 6,250 = 5,00 \text{ KNm}$$

2. Sampel IB (tanpa tonjolan)



$$P_{\text{mak}} = 3200 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3200 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 533,3333 \text{ Kgm} = 5,3333 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi, \quad \phi = 0,80$$

$$= 5,3333 / 0,80$$

$$= 6,6667 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$6,6667 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$6,6667 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 326,7460 > h \text{ (tidak terpakai)}$$

$$a_2 = 23,2540 < h \text{ (terpakai)}$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 23,2540$$

$$= 40806,7006 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 40806,7006 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 102,0168 \text{ Mpa}$$

$$a = 23,2540$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 102,0168 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 102,0168 \cdot (175 - 23,2540/2)$$

$$= 6666,7163 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 23,2540 \cdot 100 \cdot (175 - 23,3450/2)$$

$$= 6664,8564 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IB adalah 6666,7163 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3200}{2} = 1600 \text{ Kg} = 16,0 \text{ KN}$$

Penampang kritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

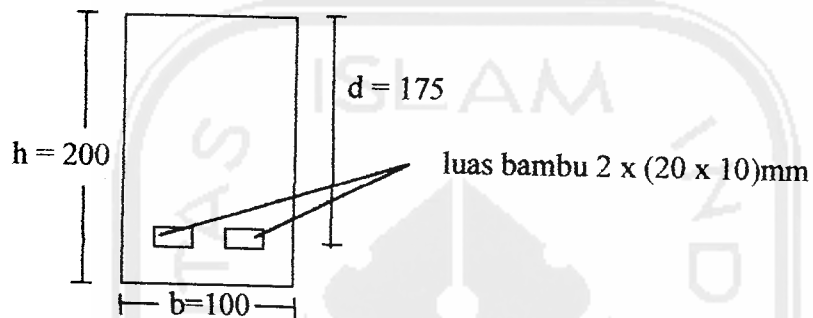
$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 16,0 = 10,4 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,3333 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 6,6648 = 5,3318 \text{ KNm}$$

3. Sampel IC (tanpa tonjolan)



$$P_{\text{mak}} = 3100 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3100 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 516,6667 \text{ Kgm} = 5,1666 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi, \quad \phi = 0,80$$

$$= 5,1666 / 0,80$$

$$= 6,4583 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$6,4583 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$6,4583 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 327,5264 > h \quad (\text{tidak terpakai})$$

$$a_2 = 22,4736 < h \quad (\text{terpakai})$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 22,4736$$

$$= 39437,2351 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 39437,2351 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 98,5931 \text{ Mpa}$$

$$a = 22,4736$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 98,5931 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 98,5931 \cdot (175 - 22,4736/2)$$

$$= 6458,3686 \text{ KNmm}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 22,4736 \cdot 100 \cdot (175 - 22,4736/2)$$

$$= 6458,3678 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IC adalah 6458,3686 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3100}{2} = 1550 \text{ Kg} = 15,50 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 15,50 = 10,075 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,1666 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 6,4583 = 5,1666 \text{ KNm}$$

Dari ketiga sampel I (ABC) dibuat grafik hubungan kenaikan beban dengan lendutan (gambar 4.1) dan sket pola retak dan patah dari hasil pengujian lentur (gambar 4.2, 4.3, 4.4)

2. Hasil pengujian lentur sampel II (memakai dua tonjolan)

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Lentur Sampel II (memakai dua tonjolan)

No	SAMPLER IIA			SAMPLER IIB			SAMPLER IIC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm
1	100	53,8	0	100	53,5	0	100	52,3	0
2	200		0	200		5	200		3
3	300		6	300		9	300		5
4	400		11	400		15	400		7
5	500		17	500		22	500		10
6	600		25	600		35	600		12
7	700		29	700		42	700		15
8	800		35	800		49	800		19
9	900		45	900		55	900		25
10	1000		56	1000		60	1000		32
11	1100		64	1100		64	1100		41
12	1200		72	1200		68	1200		55
13	1300		81	1300		73	1300		65
14	1400		90	1400		78	1400		72
15	1500		100	1500		85	1500		80
16	1600		114	1600		92	1600		90

Lanjutan tabel 4.2

No	SAMPEL IIA			SAMPEL IIB			SAMPEL IIC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2} mm
17	1700	53,8	127	1700	53,5	105	1700	53,2	115
18	1800		140	1800		120	1800		145
19	1900		154	1900		145	1900		158
20	2000		178	2000		174	2000		179
21	2100		193	2100		198	2100		192
22	2200		215	2200		213	2200		227
23	2300		253	2300		235	2300		256
24	2400		277	2400		252	2500		289
25	2500		290	2500		288	2500		313
26	2600		312	2600		307	2600		340
27	2700		325	2700		324	2700		357
28	2800		348	2800		355	2800		378
29	2900		361	2900		370	2900		390
30	3000		-	3000		395	3000		-
31	3100		-	3100		417	3100		-
32	3200		-	3200		-	3200		-
33	3300		-	3300		-	3300		-
34	3400		-	3400		-	3400		*
35	3500		*	3500		-			
36				3600		*			

Keterangan : δ = defleksi (x 10^{-2} mm)

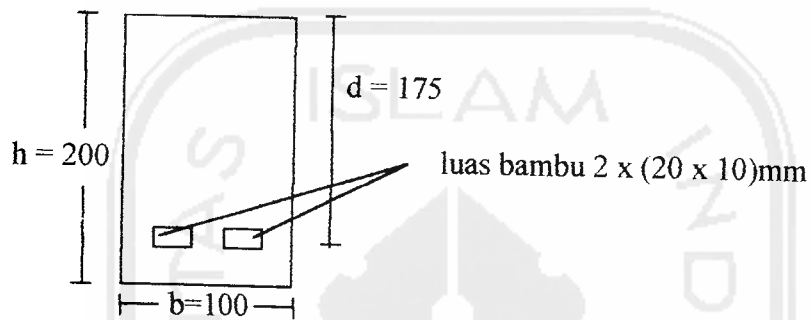
W = Berat sampel balok beton

* = Benda uji patah

- = Lendutan tidak terbaca

Dari hasil pengujian lentur ketiga sampel II (ABC) dan pengujian kuat desak beton di dapatkan $f'_c = 20,645$ MPa. Kemudian dilakukan perhitungan kapasitas kemampuan beton

1. Sampel II A (Pakai tonjolan pada pangkal dan ujung)



$$P_{mak} = 3500 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3500 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 583,3333 \text{ Kgm} = 5,8333 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi, \quad \phi = 0,80$$

$$= 5,8333 / 0,80$$

$$= 7,2916 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$7,2916 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$7,2916 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 324,3809 > h \text{ (tidak terpakai)}$$

$$a_2 = 25,6191 < h \text{ (terpakai)}$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 25,6191$$

$$= 44957,0372 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 44957,0372 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 112,3926 \text{ MPa}$$

$$a = 25,6191$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 112,3926 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 112,3926 \cdot (175 - 25,6191/2)$$

$$= 7291,6025 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 25,6191 \cdot 100 \cdot (175 - 25,6191/2)$$

$$= 7291,6021 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IIA adalah 7291,6025 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3500}{2} = 1750 \text{ Kg} = 17,50 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5$ cm dari muka perletakan balok
(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

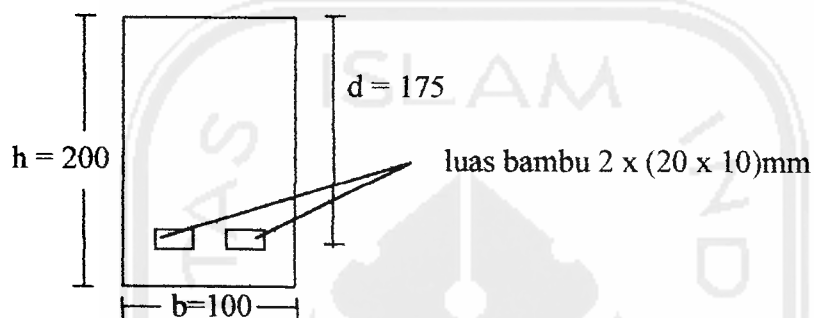
$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 17,50 = 11,375 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,8333 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 7,2916 = 5,8333 \text{ KNm}$$

2. Sampel II B (Pakai tonjolan pada pangkal dan ujung)



$$P_{\text{mak}} = 3600 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3600 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 600,0 \text{ Kgm} = 6,00 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi, \quad \phi = 0,80$$

$$= 6,0 / 0,80$$

$$= 7,5000 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$7,5000 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$7,5000 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 323,5838 > h \quad (\text{tidak terpakai})$$

$$a_2 = 26,4162 < h \quad (\text{terpakai})$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 26,4162$$

$$= 46355,8082 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 46355,8082 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 115,8895 \text{ MPa}$$

$$a = 26,4162$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_y \text{ bambu} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 115,8895 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 115,8895 \cdot (175 - 26,4162/2)$$

$$= 7499,9930 \text{ KNmm}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 26,4162 \cdot 100 \cdot (175 - 26,4162/2)$$

$$= 7499,9943 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IIB adalah 7499,9943 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3600}{2} = 1800 \text{ Kg} = 18,00 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

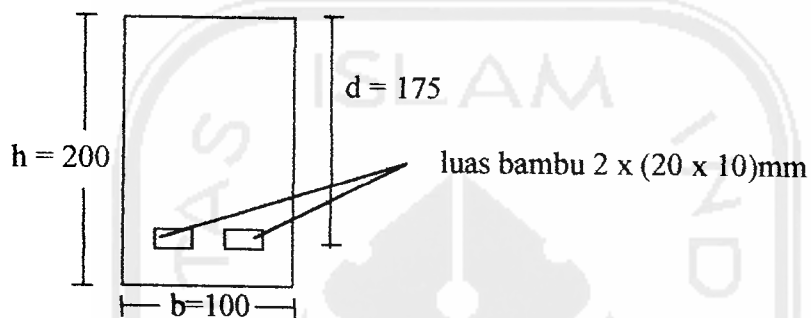
$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 18,00 = 11,70 \text{ KN}$$

Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$6,00 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 7,4999 = 5,9999 \text{ KNm}$$

3. Sampel II C (Pakai tonjolan pada pangkal dan ujung)



$$P_{\text{mak}} = 3400 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L$$

$$= 0,5 \cdot 3400 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 566,6667 \text{ Kgm} = 5,6666 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi, \quad \phi = 0,80$$

$$= 5,6666 / 0,80$$

$$= 7,0833 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$7,0833 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$7,0833 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 325,1734 > h \quad (\text{tidak terpakai})$$

$$a_2 = 24,8266 < h \quad (\text{terpakai})$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 24,8266$$

$$= 43566,3384 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 43566,3384 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 108,9158 \text{ MPa}$$

$$a = 24,8266$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 108,9158 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 108,9158 \cdot (175 - 24,8266/2)$$

$$= 7083,3042 \text{ KNmm}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 24,8266 \cdot 100 \cdot (175 - 24,8266/2)$$

$$= 7083,3072 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel IIC adalah 7083,3072 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3400}{2} = 1700 \text{ Kg} = 17,00 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok

(setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 17,00 = 11,05 \text{ KN}$$



Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

$$5,6666 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 7,0833 = 5,6666 \text{ KNm}$$

Dari ketiga sampel II (ABC) dibuat grafik hubungan kenaikan beban engan lendutan (gambar 4.5) dan sket pola retak dan patah dari hasil pengujian lentur (gambar 4.6, 4.7, 4.8)

3. Hasil pengujian lentur sampel III (memakai tiga tonjolan)

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Lentur Sampel III (Memakai tiga tonjolan)

No	SAMPEL IIIA			SAMPEL IIIB			SAMPEL IIIC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	w (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm
1	100	53,5	1	100	53,2	0	100	53,8	6
2	200		5	200		1	200		10
3	300		10	300		3	300		16
4	400		15	400		6	400		25
5	500		20	500		12	500		30
6	600		33	600		20	600		40
7	700		40	700		24	700		45
8	800		45	800		29	800		50
9	900		50	900		35	900		60
10	1000		56	1000		40	1000		95
11	1100		63	1100		45	1100		105
12	1200		74	1200		55	1200		110
13	1300		90	1300		69	1300		114
14	1400		128	1400		73	1400		122
15	1500		139	1500		88	1500		137
16	1600		150	1600		108	1600		143

Lanjutan tabel 4.3

No	SAMPEL IIIA			SAMPEL IIIB			SAMPEL IIIC		
	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	w (kg)	δ 10^{-2}mm	P (kg)	W (kg)	δ 10^{-2}mm
17	1700	53,5	163	1700	53,2	114	1700	53,8	167
18	1800		185	1800		129	1800		179
19	1900		205	1900		135	1900		193
20	2000		239	2000		153	2000		215
21	2100		242	2100		160	2100		232
22	2200		314	2200		223	2200		257
23	2300		325	2300		240	2300		295
24	2400		358	2400		253	2400		322
25	2500		355	2500		275	2500		358
26	2600		371	2600		282	2600		376
27	2700		385	2700		317	2700		407
28	2800		406	2800		343	2800		425
29	2900		425	2900		369	2900		458
30	3000		446	3000		397	3000		465
31	3100		455	3100		418	3100		482
32	3200		485	3200		—	3200		517
33	3300		—	3300		—	3300		—
34	3400		—	3400		—	3400		—
35	3500		—	3500		*	3500		—
36	3600		*	3600			3600		—
37	3700			3700			3700		*

Keterangan : δ = defleksi ($\times 10^{-2}$ mm)

* = benda uji patah

W = Berat sampel balok beton

— = lendutan tidak terbaca

Dari hasil pengujian lentur ketiga sampel III (ABC) dan pengujian kuat desak beton di dapatkan $f'_c = 20,645$ mpa, Kemudian dilakukan perhitungan kapasitas kemampuan beton untuk menahan geser dan kapasitas momen yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut :

1. Sampel IIIA (tulangan memakai tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung)

$$P_{mak} = 3600 \text{ Kg}$$

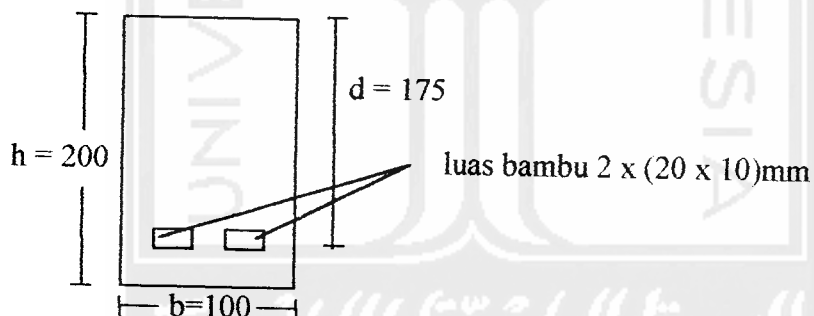
Htungannya sama dengan sampel II B

2. Sampel IIIB (tulangan memakai tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung)

$$P_{mak} = 3500 \text{ Kg}$$

Htungannya sama dengan sampel II A

3. Sampel IIIC (tulangan memakai tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung)



$$P_{mak} = 3700 \text{ Kg}$$

$$M_u = \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} \cdot L$$

$$= 0.5 \cdot 3700 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1$$

$$= 616,6667 \text{ Kgm} = 6,1666 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_u / \phi \quad , \phi = 0,80$$

$$= 6,1666 / 0,80$$

$$= 7,7083 \text{ KNm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$$

$$7,7083 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot a \cdot (175 - a/2)$$

$$7,7083 \cdot 10^6 = 307094,375 \cdot a - 877,4125 \cdot a^2 \quad (\text{rumus abc})$$

$$a_1 = 322,7827 > h \quad (\text{tidak terpakai})$$

$$a_2 = 27,2173 < h \quad (\text{terpakai})$$

$$T_s = C_c$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 100 \cdot 27,2173$$

$$= 47761,5985 \text{ N}$$

$$f_{\text{bambu}} = T_s / A_s = 47761,5985 / 2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$= 119,4040 \text{ MPa}$$

$$a = 27,2173$$

$$M_n = T_s \cdot (d - a/2) = A_s \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2)$$

$$= C \cdot (d - a/2) = (0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a) \cdot (d - a/2)$$

$$M_{n1} = 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 119,4040 \cdot (d - a/2)$$

$$= 2 \cdot (20 \cdot 10) \cdot 119,4040 \cdot (175 - 27,2173/2)$$

$$= 7708,3091 \text{ KNmm.}$$

$$M_{n2} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$= 0,85 \cdot 20,645 \cdot 27,2173 \cdot 100 \cdot (175 - 27,2173/2)$$

$$= 7708,3089 \text{ KNmm}$$

Jadi kuat lentur pada balok persegi pada sampel III C adalah 7708,3091 KNmm

Kekuatan geser nominal yang diberikan beton adalah

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{20,645} \cdot 100 \cdot 175 \cdot 10^3 = 13,2524 \text{ KN}$$

Gaya geser karena beban luar adalah:

$$V_u = \frac{P_u}{2} = \frac{3700}{2} = 1850 \text{ Kg} = 18,50 \text{ KN}$$

Penampang keritis pertama adalah pada jarak $d = 17,5 \text{ cm}$ dari muka perletakan balok (setengah bentang = 50 cm)

V_u pada d adalah:

$$\frac{50 - 17,5}{50} \cdot 18,50 = 12,025 \text{ KN}$$

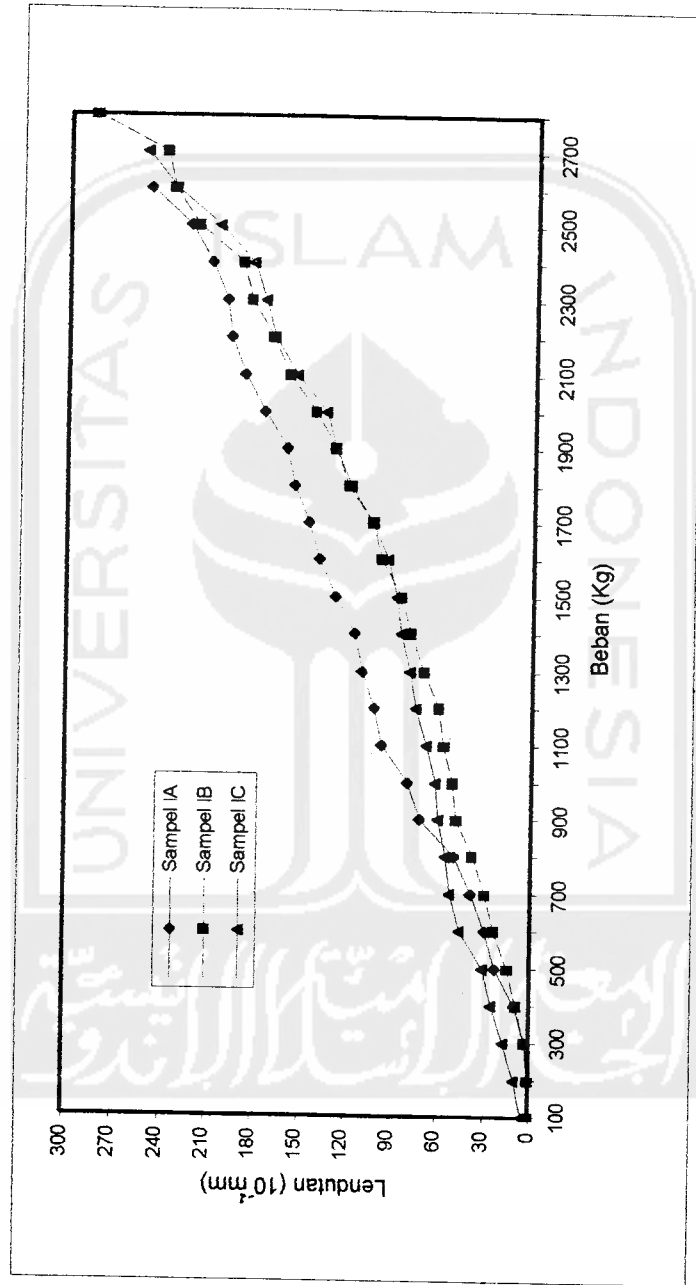
Kapasitas momen adalah:

$$M_u \geq \phi M_n$$

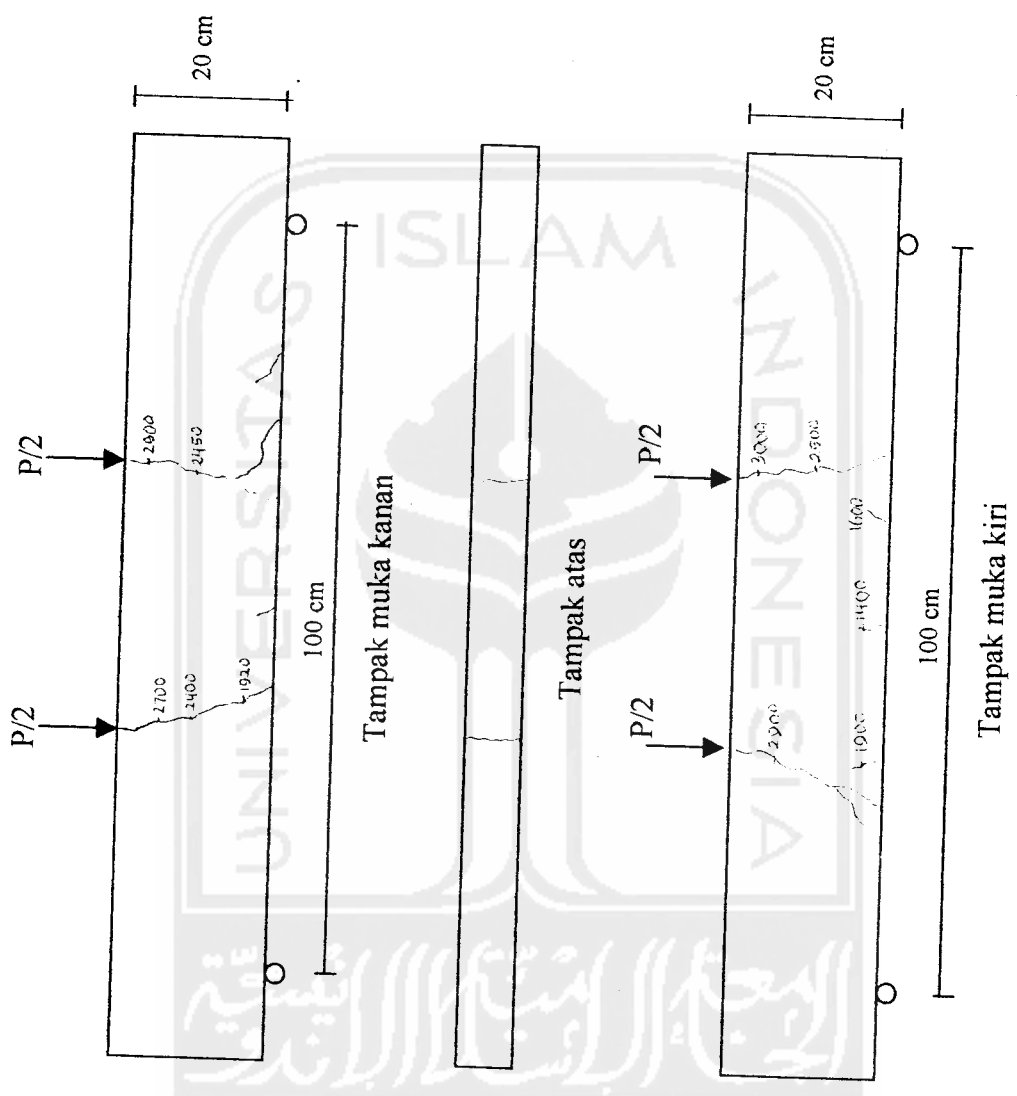
$$6,1666 \text{ KNm} \geq 0,8 \cdot 7,7083 = 6,1666 \text{ KNm}$$

Dari ketiga sampel III (ABC) dibuat grafik hubungan kenaikan beban dengan lendutan (gambar 4.9) dan sket pola retak dan patah dari hasil pengujian lentur (gambar 4.10, 4.11, 4.12,)

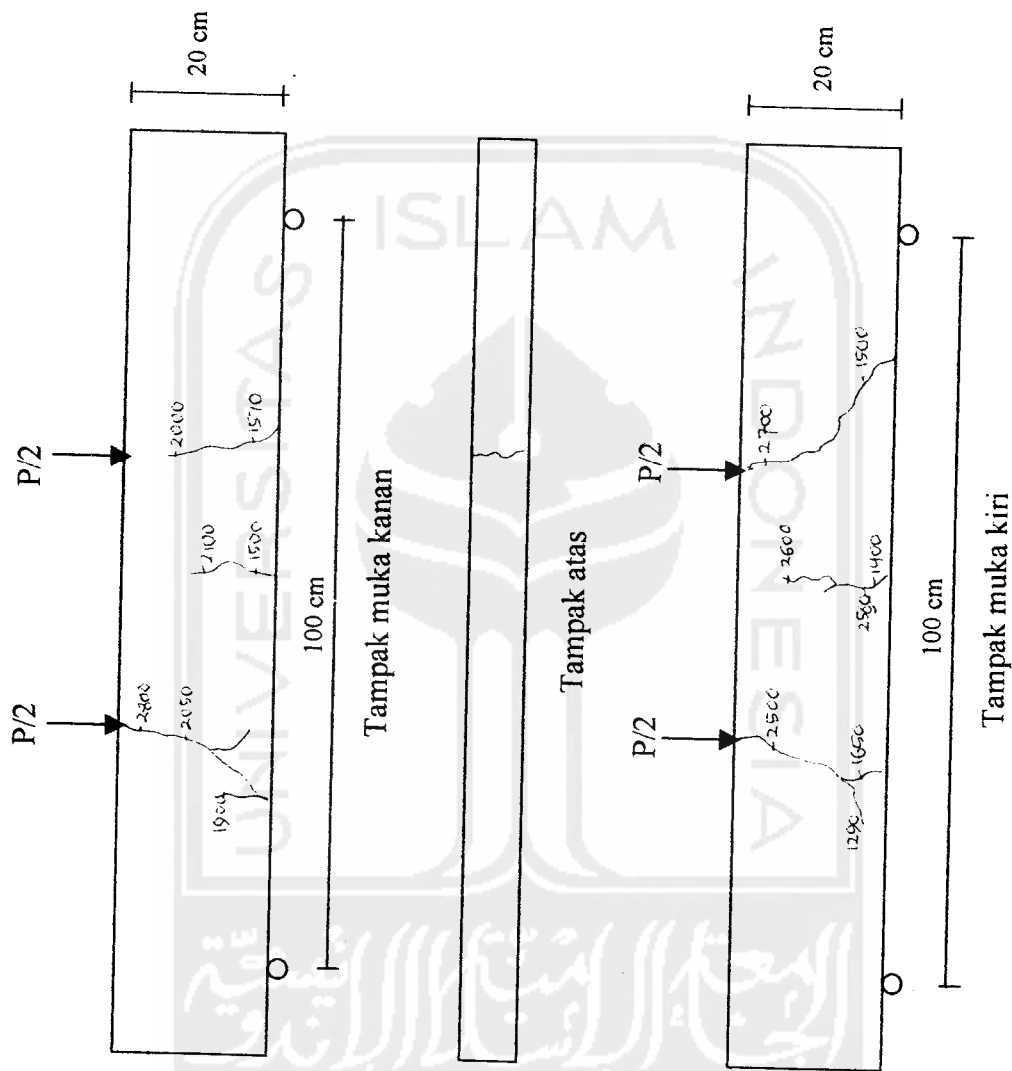
Dari sampel I,II dan III dibuat garafik hubungan sampel dengan kuat momen nominal (M_n) suatu penampang (gambar 4.13).



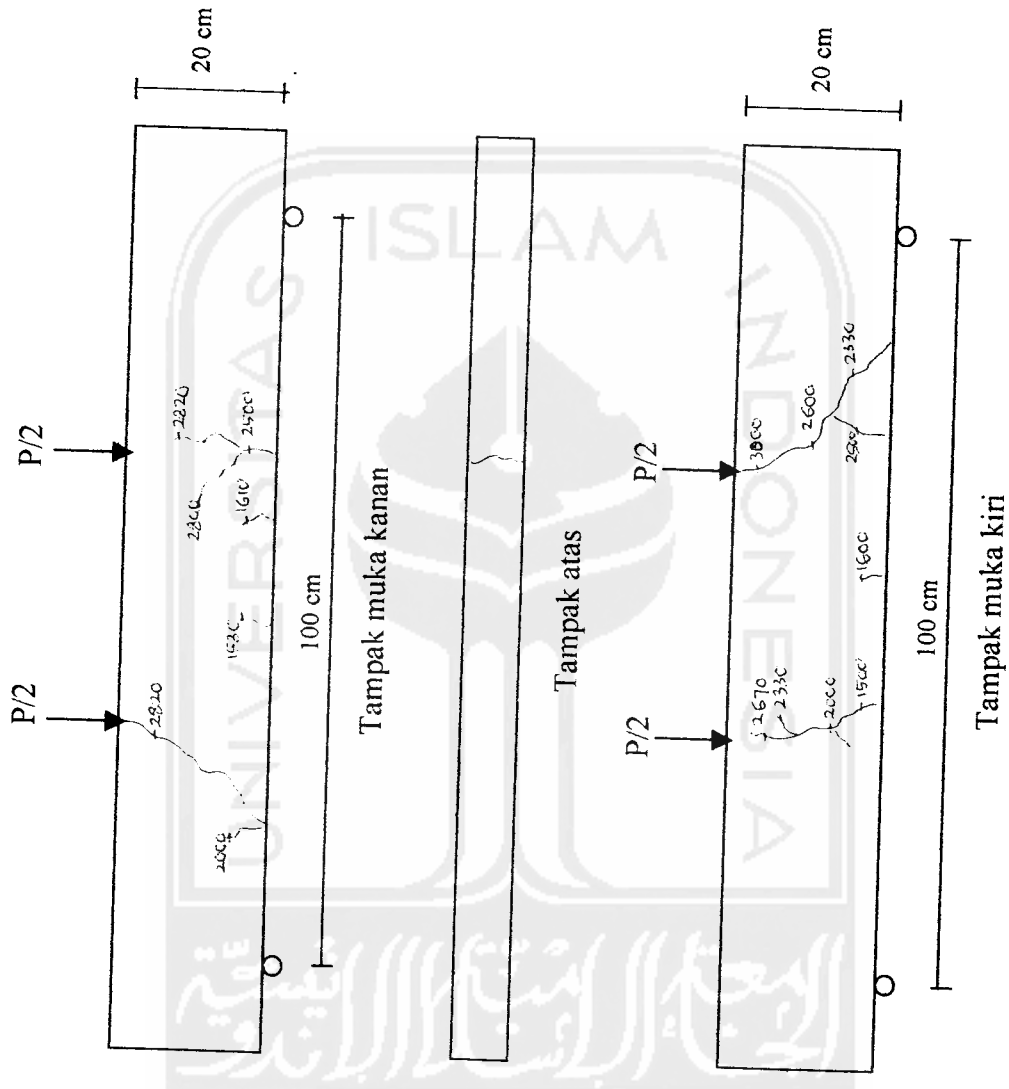
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Beban dengan Lendutan Sampel I



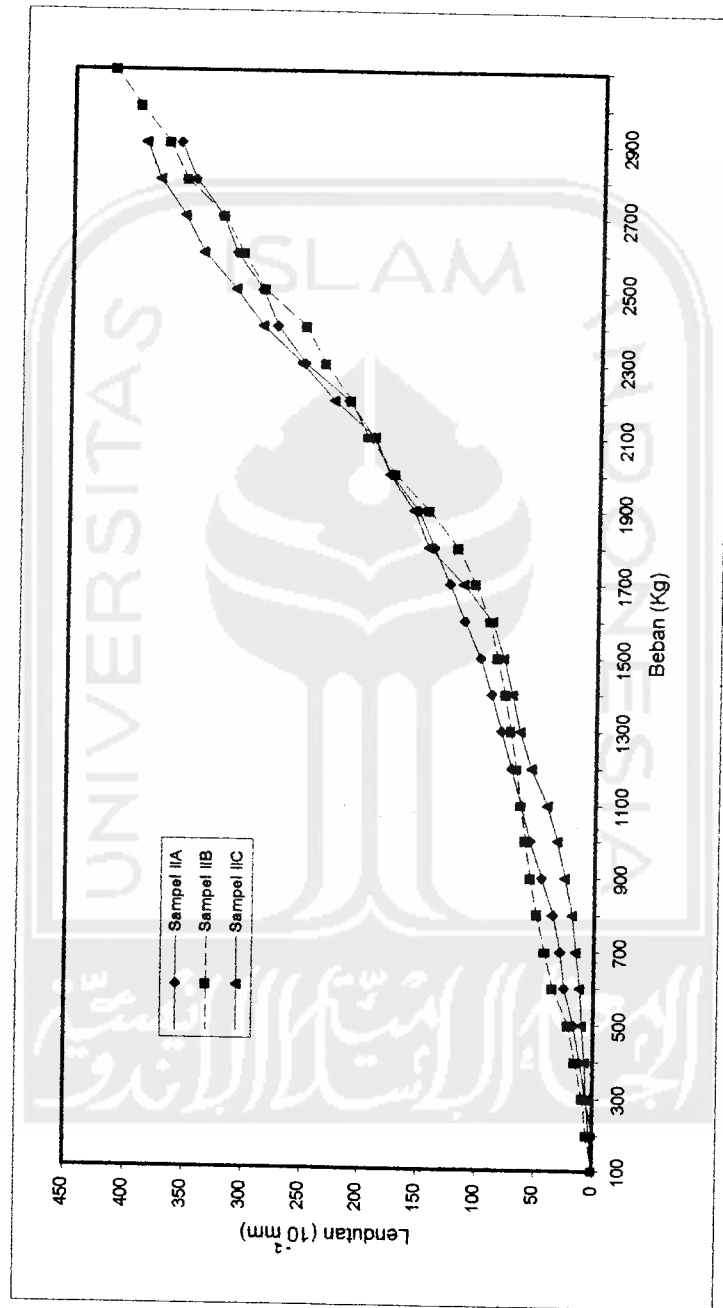
Gambar 4.2 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel 'IA' Pada Kondisi Akhir



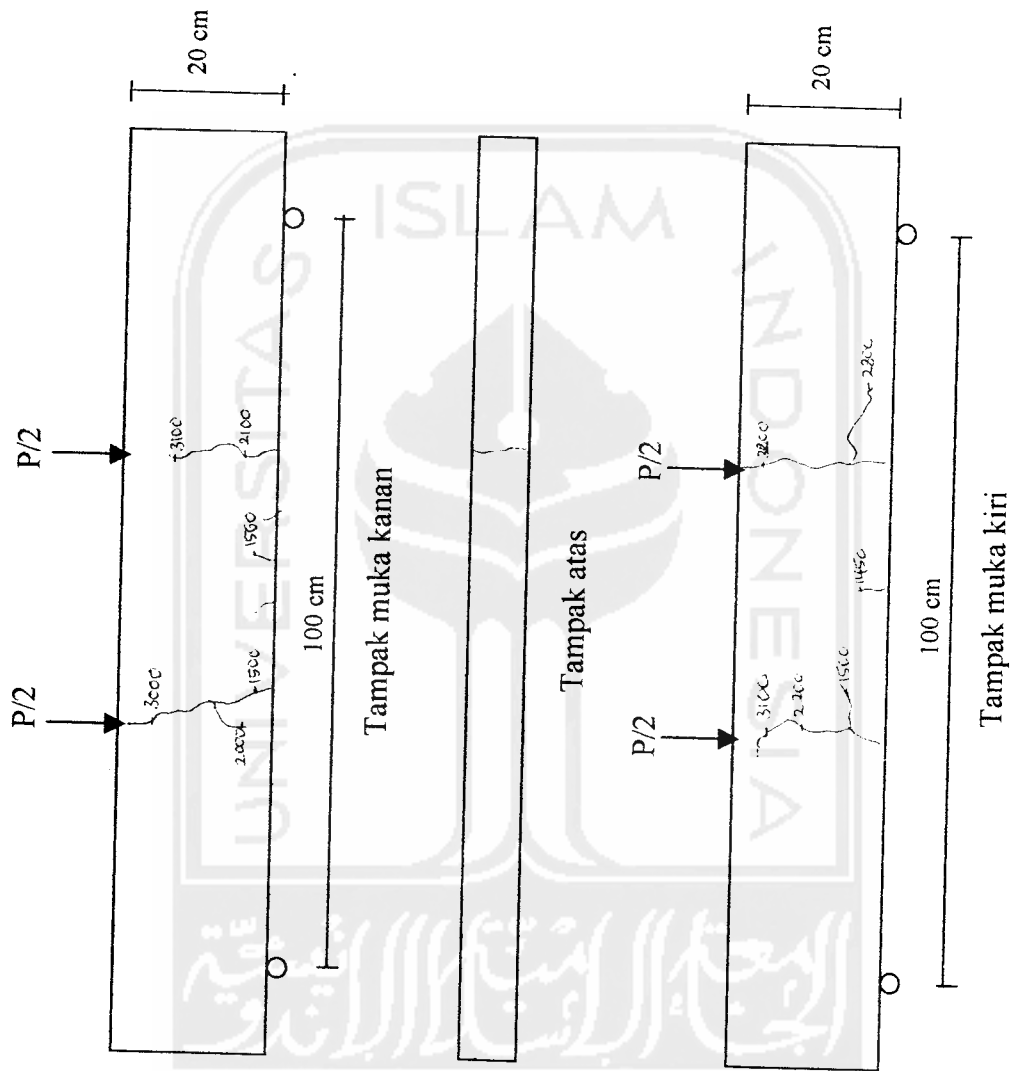
Gambar 4.3 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IB" Pada Kondisi Akhir



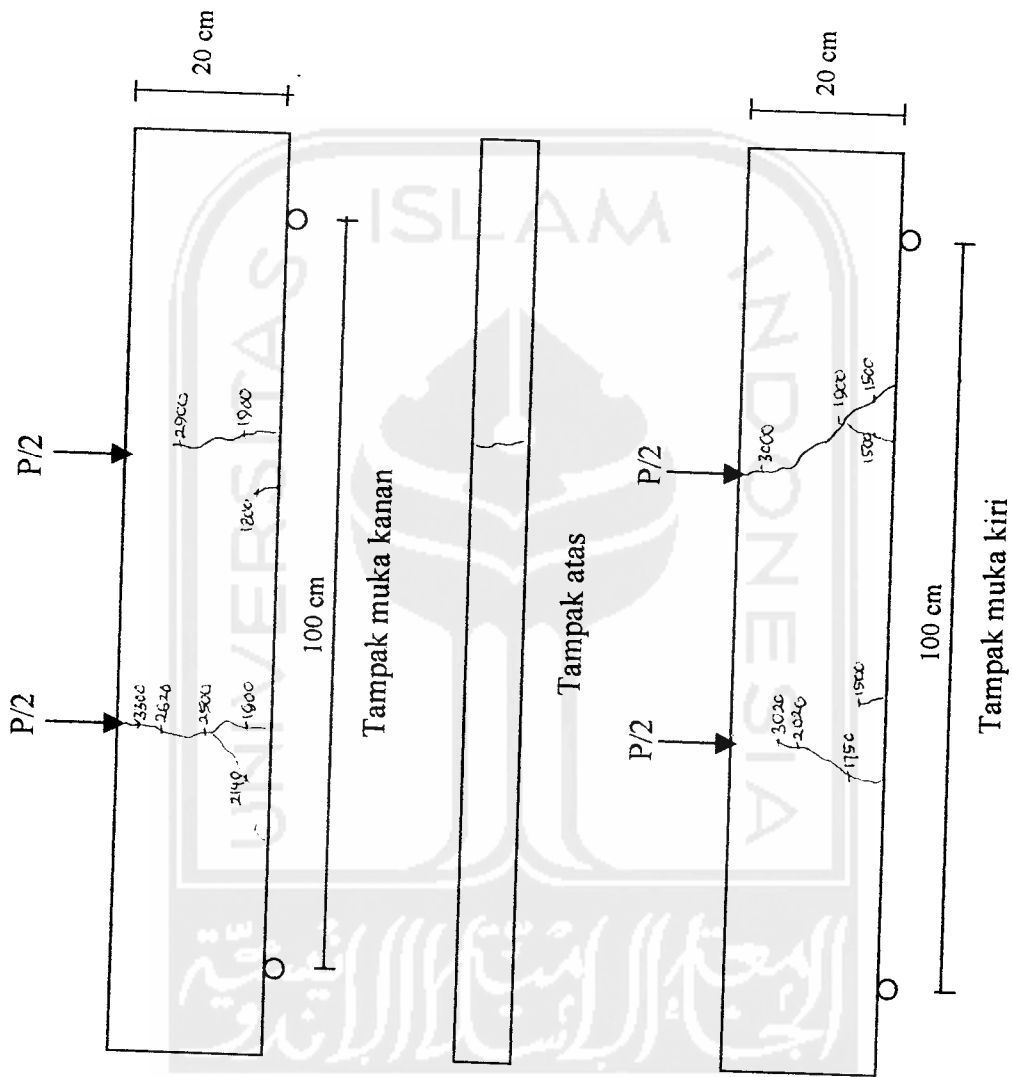
Gambar 4.4 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IC" Pada Kondisi Akhir



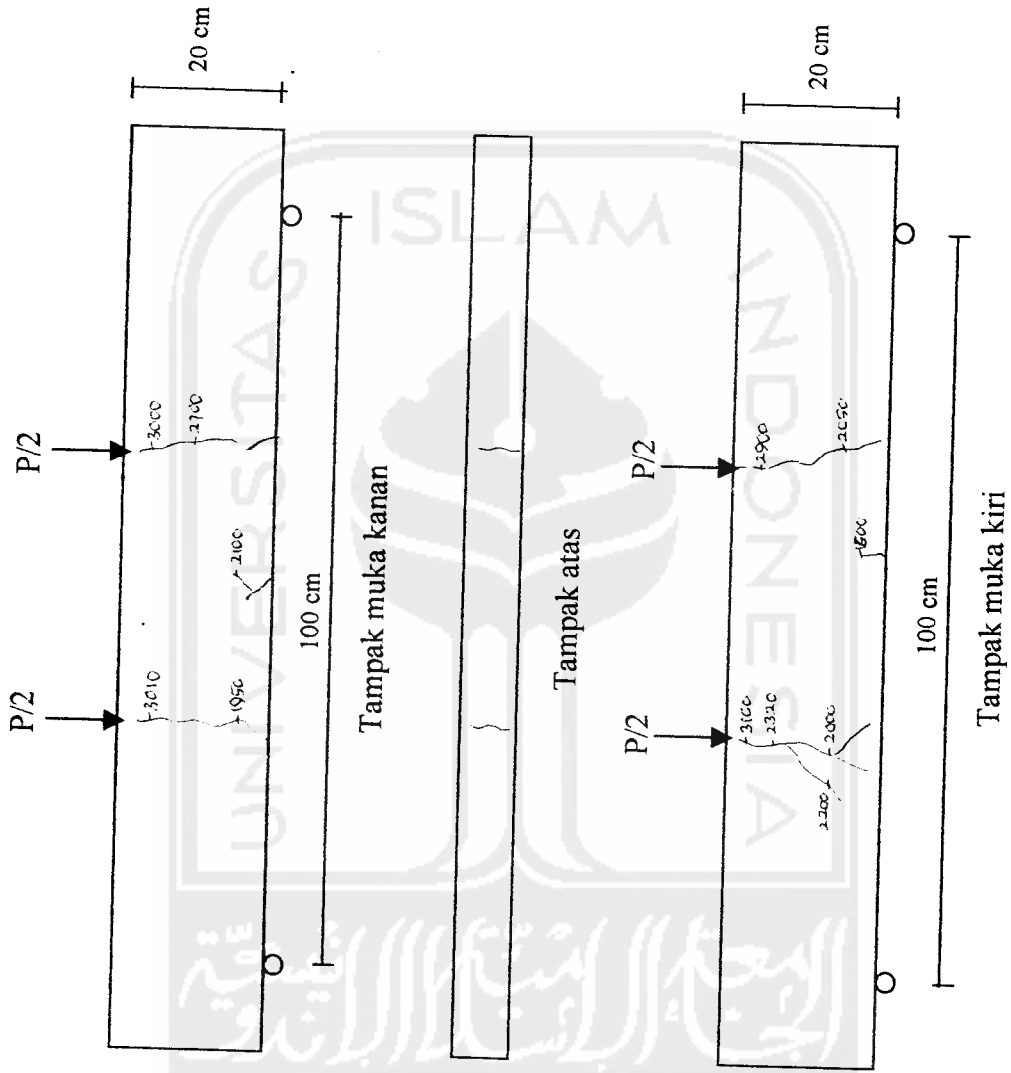
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Beban dengan Lendutan Sampel II



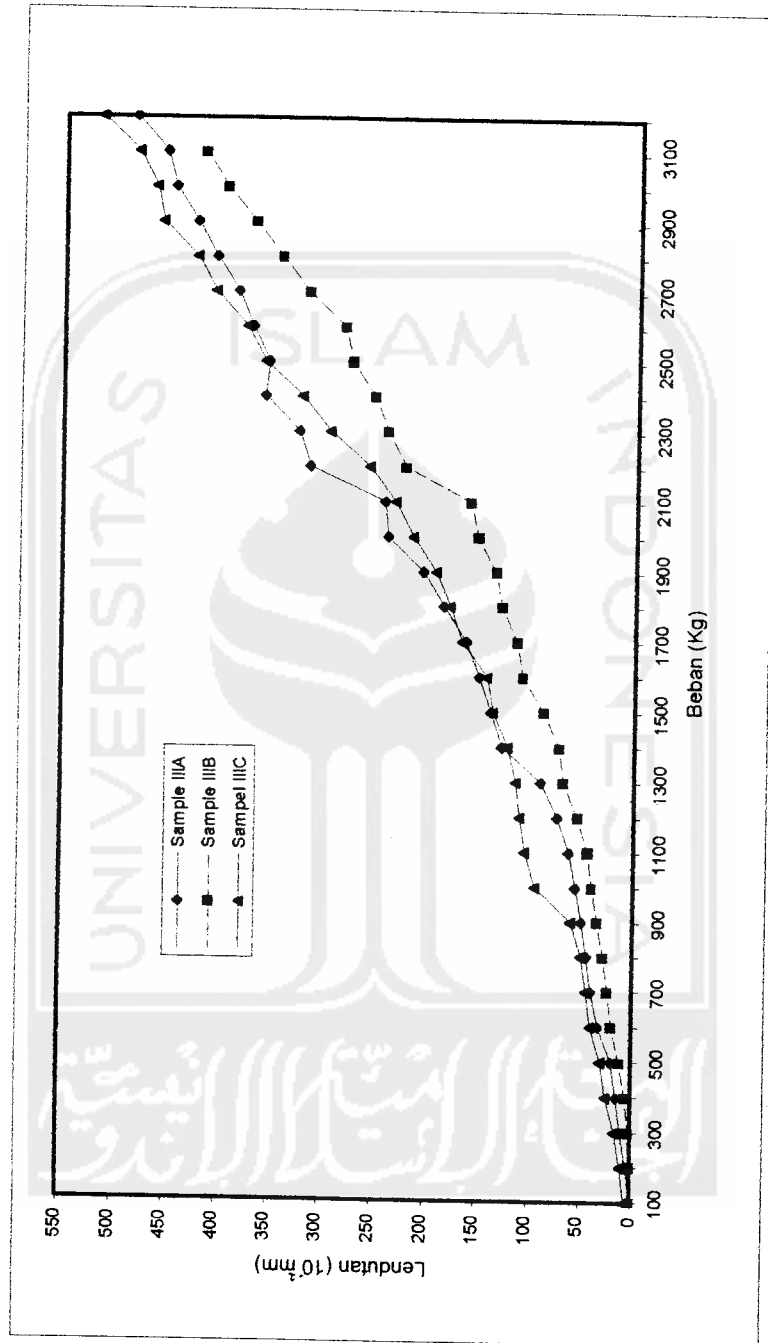
Gambar 4.6 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIA" Pada Kondisi Akhir



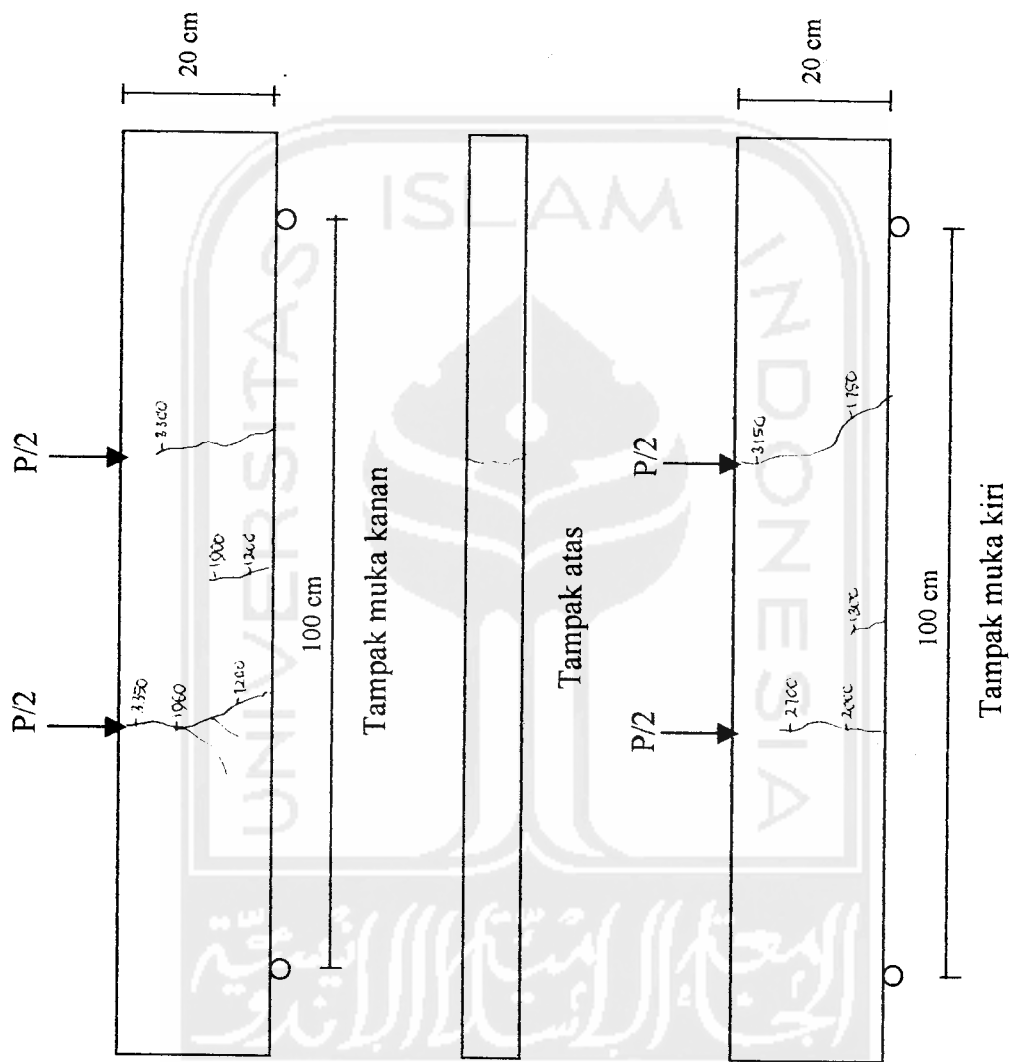
Gambar 4.7 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIB" Pada Kondisi Akhir



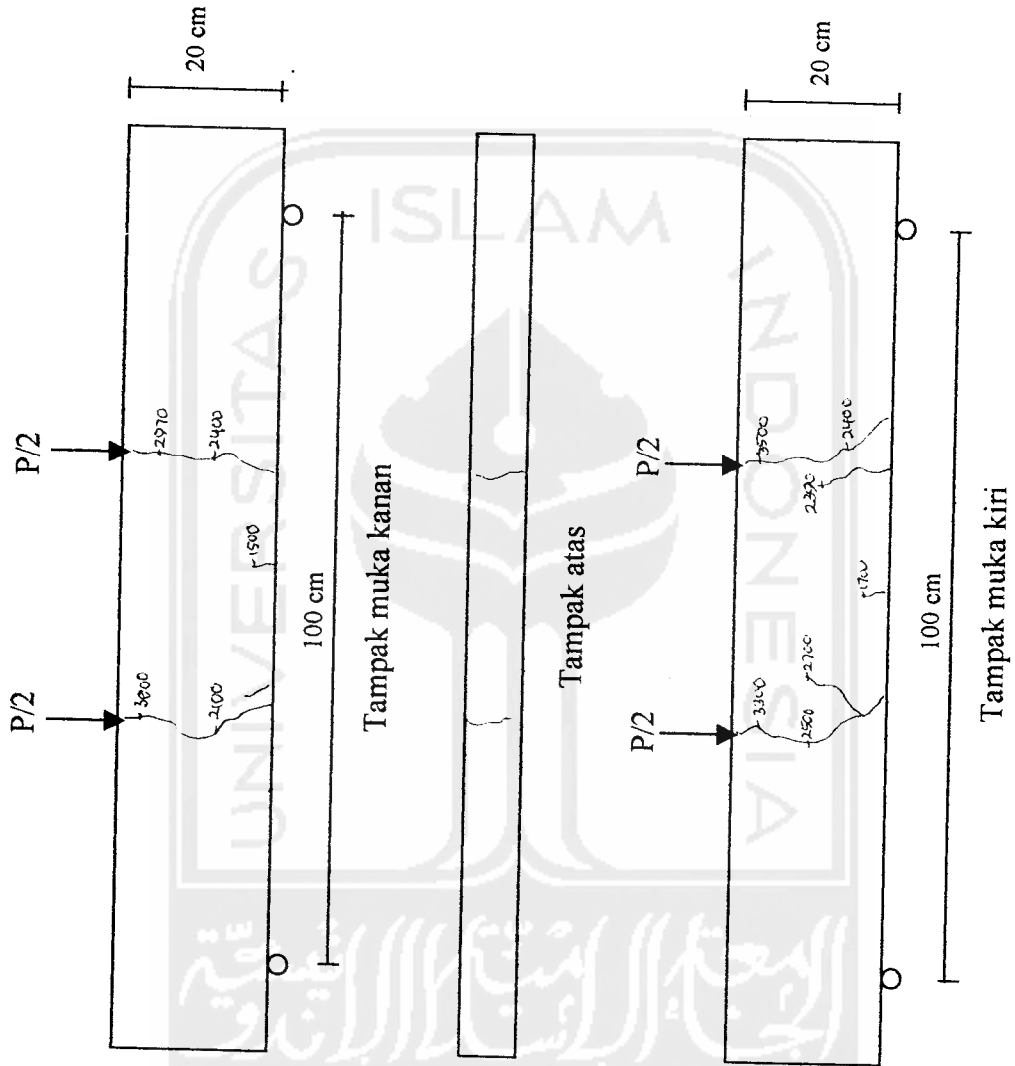
Gambar 4.8 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIC" Pada Kondisi Akhir



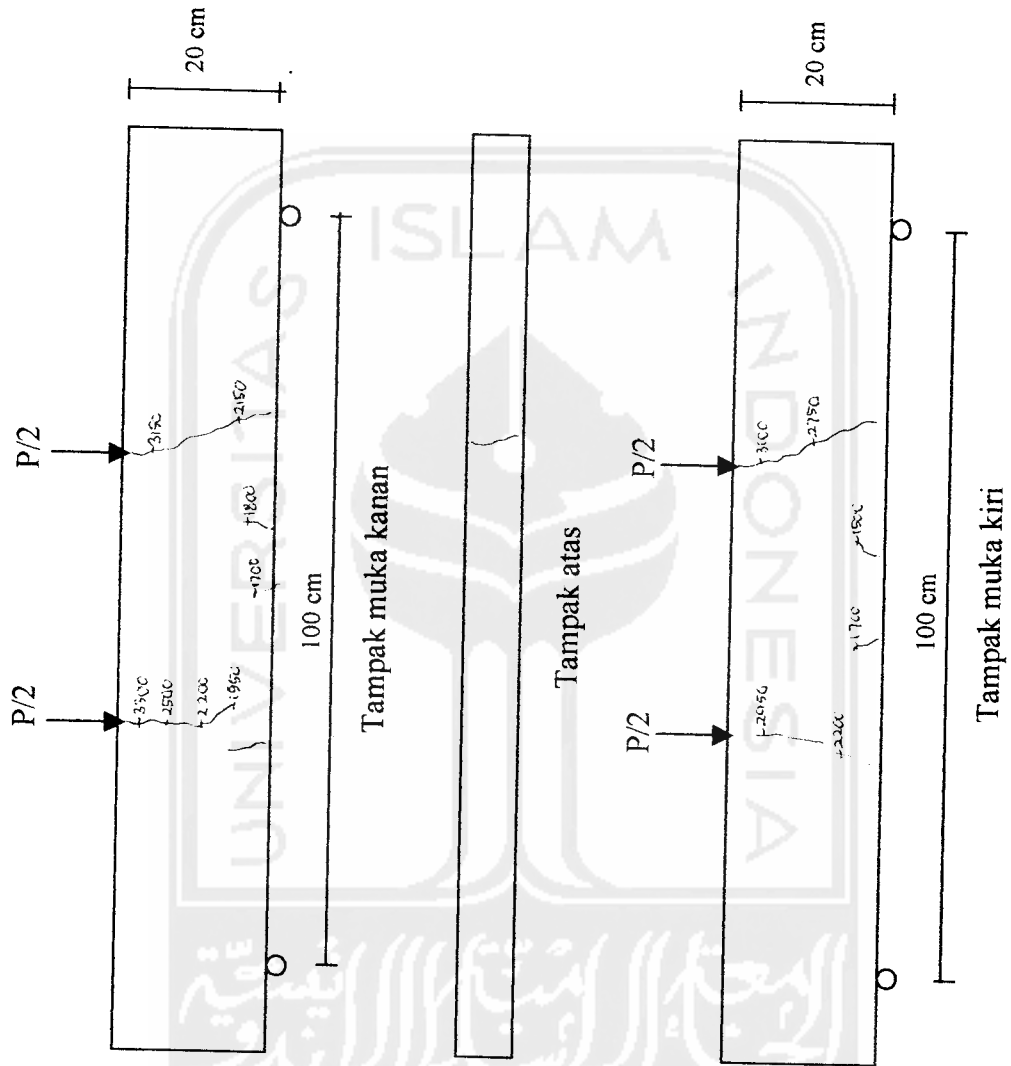
Gambar 4.9. Grafik Hubungan Beban dengan Lendutan Sampel III



Gambar 4.10 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIIA" Pada Kondisi Akhir

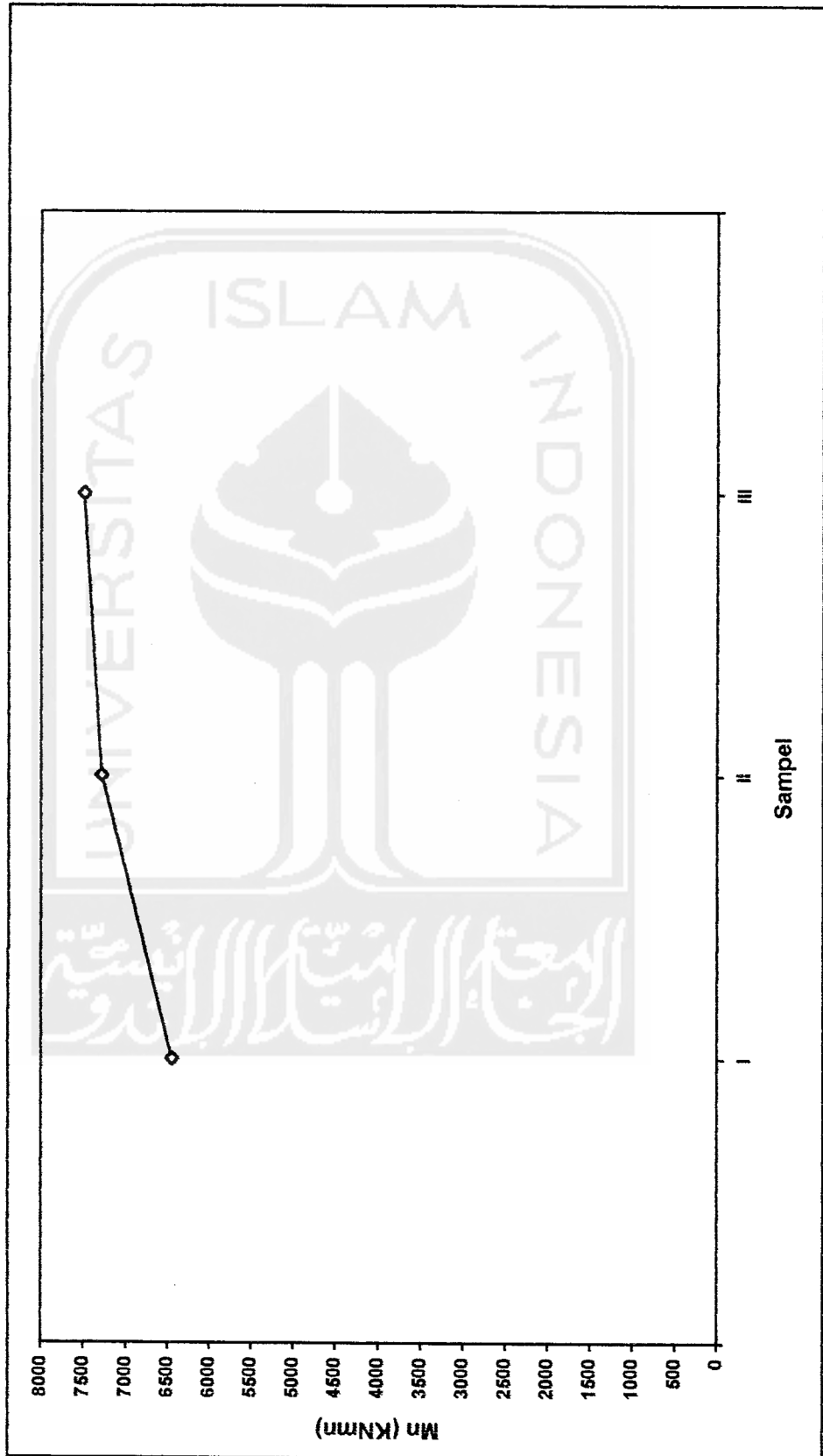


Gambar 4.1.1 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIB" Pada Kondisi Akhir



Gambar 4.12 Sket Pola Retak Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel "IIC" Pada Kondisi Akhir

Grafik 4.13 Hubungan Sampel dengan Mn



4. Hasil pengujian kuat desak beton umur 28 hari

Didalam penelitian ini setiap kali mengadakan campuran beton selalu dibuat benda uji silinder untuk mengetahui kuat desak beton yang dipakai. Hasil pengujian desak beton adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil pengujian kuat desak beton umur 28 hari

No. Sampel	Slump	P max (kg)
1	9	36800
2	8,5	36300
3	9	36500
4	10	35900
5	10	36100
6	9	36000
7	9,5	37000
8	8,5	36900
9	9	37000

Dari hasil pengujian desak beton, selanjutnya dilakukan perhitungan kekuatan tekan benda uji silinder sebagai berikut ini.

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^{n=10} f_b = 2041,029 / 9 = 226,781 \text{ kg/m}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_c)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{2018,3100}{8}} = 15,8836 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c = f_{cr} - 1,28 \cdot S$$

$$= 226,781 - 1,28 \cdot 15,8836$$

$$= 206,45 \text{ kg/cm}^2 = 20,645 \text{ MPa}$$

$$f_c \geq f_c \text{ rencana } 17,5 \text{ MPa}$$

Keterangan:

f'_b = Kekuatan tekan beton yang diperoleh dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

f'_{cr} = Kekuatan tekan beton rata-rata (kg/cm^2)

f'_c = Kekuatan tekan benda uji silinder (kg/cm^2)

S = Daviasi standart (kg/cm^2)

N = Jumlah benda uji

4.2 Pembahasan

Pada dasarnya sifat beton yang getas (*brittle*) tidak mampu menahan tarik, sehingga pemasangan tulangan pada bagian tarik diharapkan mampu mengatasi kelemahan beton tersebut.

Dari hasil pengujian ini, benda uji (balok) dengan tulangan bambu akan mengalami retak-retak terlebih dahulu sebelum akhirnya mengalami keruntuhan pada beban maksimum.

Dengan adanya peningkatan beban yang diberikan pada benda uji (balok) dimana kapasitas batas kekuatan beton terlampaui maka seluruh bagian tarik akan ditahan oleh bambu tulangan dan kemampuan lekatan antara bambu tulangan dengan beton.

Nilai slump yang ditetapkan dalam penelitian ini, yaitu antara 7,5 – 15 cm pada masing-masing benda uji, dengan maksud agar mutu beton sesuai dengan rencana. Sebagai mana diketahui, dalam pelaksanaan dilapangan untuk membuat campuran beton dilaksanakan berkali-kali karena kemampuan mengaduk dari mesin pengaduk (molen) terbatas, kecuali apabila ada mesin pengaduk yang lebih besar. Pembuatan

beton yang dilakukan berulang-ulang akan membuat mutu beton yang berbeda-beda, sehingga didapatkan hasil uji yang berbeda juga.

Mengacu pada data tabel dan pola retak yang terjadi, dapat dibuat grafik perbandingan kenaikan beban dan lendutan serta grafik perbandingan variasi benda uji dan kapasitas momen maksimum (M_n) dengan membandingkan sampel "I" (untuk benda uji dengan tulangan tanpa tonjolan), sampel "II" (untuk benda uji dengan tulangan diberi tonjolan pada pangkal dan ujung), dan sampel "III" (untuk benda uji dengan tulangan diberi tonjolan pada pangkal, tengah dan ujung). Seperti terlihat pada gambar

Dengan melihat grafik, ternyata balok sampel "III" mempunyai kekuatan yang lebih besar dalam menahan beban dibandingkan sampel "I" dan "II" begitu pula sampel "II" lebih mampu menahan beban dibandingkan sampel "I". Ini menunjukkan bahwa banyaknya tonjolan yang diberikan pada tulangan bambu mampu memperkuat lekatan antara bambu tulangan dengan beton.

Bila dilihat dari grafik, kenaikan beban dengan lendutan pada masing-masing sampel, maka terlihat bahwa lendutan maksimum yang terjadi pada sampel "III" lebih besar dari sampel "II" dan "I". Lendutan maksimum yang terjadi pada sampel "II" lebih besar dari sampel "I". Ini menunjukkan bahwa besarnya kemampuan lekatan antara bambu tulangan dengan beton berpengaruh terhadap kelenturan balok.

4.2.1 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.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ternyata kuat desak beton bervariasi tetapi tidak dibawah mutu beton yang direncanakan.

4.2.2 Kuat Lentur Beton dengan Tulangan Bambu

Kuat lentur beton diketahui dengan melakukan pengujian benda uji yang diletakkan pada dua sendi rol dan diberikan dua buah gaya pada sisi atas benda uji tersebut.

Dari hasil pengujian lentur, ternyata letak patah untuk benda uji sampel "I", sampel "II" dan sampel "III" sesuai dengan yang diharapkan. Kuat lentur maksimum tercapai pada benda uji sampel "III".

Pada pengujian terlihat, bahwa beton bertulangan bambu yang telah mengalami retak pertama, masih mempunyai kemampuan meningkatkan kuat lentur. Karena retakan yang terjadi akibat tarik tersebut ditahan oleh tulangan bambu pada beton tersebut. Akibatnya pada batas kemampuan yang maksimum, untuk semua sampel, beton tersebut akan mengalami keruntuhan secara total, karena bambu tidak mempunyai regangan leleh.

Retak miring akibat geser dibadan 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 kedalam 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 diujung salah satu retak terdalam, terjadinya tegangan geser cukup besar yang kemudian mengakibatkan terjadinya retak miring. Pada balok beton betulang, tulangan bambu akan bertugas sepenuhnya menahan gaya tarik yang timbul akibat lentur. Apabila beban yang bekerja terus meningkat, tegangan tarik dan geser juga akan meningkat seiring dengan beban.

4.2.3 Perilaku Lentur Penampang dengan Penulangan Bambu

Dari hasil penelitian seperti ditunjukkan pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 dari sejumlah benda uji sampel "I", "II" dan "III" memperlihatkan adanya perbedaan kemampuan dalam menahan beban. Kemudian pada pola retak dan patah yang terjadi memperlihatkan suatu ragam keruntuhan.

Dari hasil penelitian kuat tekan beton didapatkan f'_c sebesar 20,645 MPa selanjutnya dihitung kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan geser sebagai berikut ini

$$V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad 4.1$$

Perhitungan geser terhadap beban dari hasil pengujian ternyata penampang sampel "I", "II" dan "III" gaya geser yang terjadi cukup kecil sehingga retak yang terjadi masih menunjukkan retak lentur dan retak ini cenderung merambat diluar sepertiga bentang tengah.