

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Penelitian

##### 5.1.1 Kuat tekan dan kuat tarik beton

Uji kuat tekan silinder dan uji belah silinder beton serat bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik beton serat pada model. Hasil uji dari model uji silinder disajikan pada Tabel 5.1

Tabel 5.1. Kuat tekan dan kuat tarik rata-rata silinder beton fiber umur 28 hari

NO	Kode Beton Serat	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan (%)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik (%)
1	BFI.	23,1577	100	3,0004	100
2	BFB	31,30666	135,189	3,5062	116,858
3	BFS1	33,3996	144,227	4,0372	134,555
4	BFS2	30,82197	133,096	3,2955	109,835
5	BFTC	31,0424	134,048	3,3862	112,858

Berdasarkan hasil uji maka terlihat bahwa untuk beton fiber spiral tipe 1 (BFS1) mempunyai kuat tekan dan kuat tarik paling tinggi diantara beton fiber tipe lainnya.

### 5.1.2 Kualitas baja tulangan

Untuk mengetahui kualitas baja tulangan yang terpasang pada model, dilakukan uji tarik baja tulangan, hasilnya disajikan dalam lampiran ,rangkuman hasil uji tarik baja tulangan ditunjukkan pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil uji tarik baja tulangan

Diameter (mm)	Kuat Leleh (MPa)	Kuat Tarik (MPa)
8	253,6778	366,1347
12	311,8686	448,447

### 5.1.3 Hubungan beban – lendutan

Pelaksanaan uji lentur dilakukan di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Pada balok beton fiber tersebut dikerjakan dengan pembebanan 2 titik secara bertahap dengan interval pembebanan 5 kN pada setiap tahap pembebanan, untuk mencatat lendutan yang terjadi dipasang dial gauge sebanyak 3 buah yang diletakkan di bawah model uji. Lendutan yang terjadi dicatat, hasilnya disajikan pada tabel 5.3. Untuk hasil selengkapnya disajikan dalam lampiran.

Selain itu tabel 5.4 menunjukkan beban tertinggi yang dicapai untuk model uji balok dengan variasi geometri serat yang diuji dalam penelitian ini.

**Tabel 5.3 Hasil pengujian balok beton fiber lurus (BFL)**

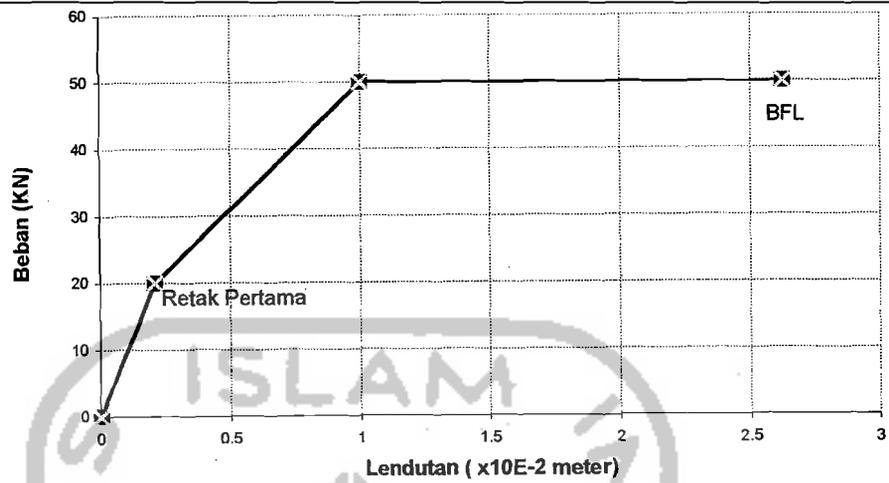
No.	P (KN)	Dial 1	Dial 2	Dial 3
1	0	0,0000	0,0000	0,0000
2	5	0,0300	0,0650	0,0290
3	10	0,0750	0,1200	0,0720
4	15	0,1050	0,1570	0,1100
5	20	0,1420	0,2100	0,1400
6	25	0,2400	0,3150	0,2210
7	30	0,3000	0,4010	0,2800
8	35	0,3850	0,5180	0,3650
9	40	0,4600	0,6000	0,4200
10	45	0,5110	0,6880	0,4900
11	50	0,7910	0,9990	0,7640
12	50	0,9990	1,2450	0,9300
13	50	1,2010	1,5580	1,1490
14	50	1,3400	1,6670	1,2800
15	50	1,4840	1,8640	1,4240
16	50	1,6120	2,0320	1,5540
17	50	1,7010	2,1530	1,6440
18	50	1,7820	2,2720	1,7280
19	50	1,8910	2,3840	1,8140
20	50	1,9880	2,4990	1,9000
21	50	2,0940	2,6240	1,9840

**Tabel 5.4 Kekuatan maximum balok beton serat**

No	Jenis / Variasi Beton Serat	P max (kN)	P max (%)
1	BFL	50,0	100
2	BFB	52,5	105
3	BFS1	52,5	105
4	BFS2	50,0	100
5	BFTC	52,5	105

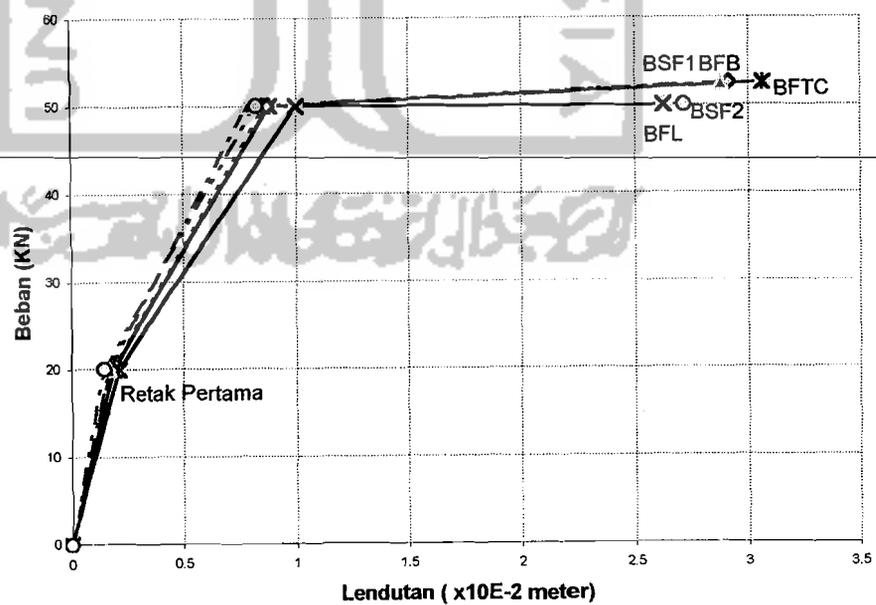
### 1. Kurva hubungan beban dengan lendutan

Dari hasil pengujian balok beton fiber lurus dapat di buat kurva beban – lendutan seperti terlihat pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1** Kurva beban – lendutan untuk beton fiber lurus

Dari lima jenis variasi geometri serat baja lokal yang sedang diteliti diperoleh kurva beban – lendutan seperti yang tergambar pada gambar 5.2



**Gambar 5.2** Kurva beban – lendutan dari 5 jenis variasi geometri serat baja lokal

Dari kurva hubungan beban – lendutan hasil pengujian yang

ditunjukkan pada Gambar 5.2 , mulai awal pembebanan sampai terjadi retak pertama, balok uji berperilaku elastik dan berbentuk linier. Setelah retak pertama, balok uji memasuki fase inelastik dimana terjadi peningkatan lendutan yang cukup besar. Ini ditunjukkan dari besarnya kemiringan grafik, kemiringan tersebut menggambarkan kekakuan balok uji. Kekakuan adalah gaya yang diperlukan untuk memperoleh satu unit lendutan, semakin kaku suatu elemen struktur maka semakin besar kemiringannya.

## 2. Analisa data hubungan beban dengan lendutan

Dari pengamatan grafik hubungan beban dengan lendutan dapat disimpulkan pada Tabel 5.5

Tabel 5.5. Analisa data hubungan beban dengan lendutan

Nama Balok	P1 (kN)	P2 (kN)	Lendutan 1 ( $\times 10^{-2}$ m)	Lendutan 2 ( $\times 10^{-2}$ m)	Kekakuan 1 ( $\times 10^2$ kN/m)	Kekakuan 2 ( $\times 10^2$ kN/m)	Kekakuan (%)	
							1	2
BFL	10	35	0,12	0,518	83,33	67,57	100	100
BFB	10	35	0,090	0,422	111,11	82,94	133,33	122,75
BFS1	10	35	0,074	0,402	135,14	87,07	162,01	128,86
BFS2	10	35	0,061	0,406	163,93	86,21	196,73	127,59
BFTC	10	35	0,095	0,468	105,26	74,79	126,32	110,69

Dari data (Tabel 5.5) dapat diamati dan diteliti pengaruh variasi geometri serat baja lokal terhadap kuat lentur balok dalam menahan beban, serta perilaku lendutan yang terjadi pada benda uji.

### 5.1.4 Hubungan momen dengan kelengkungan

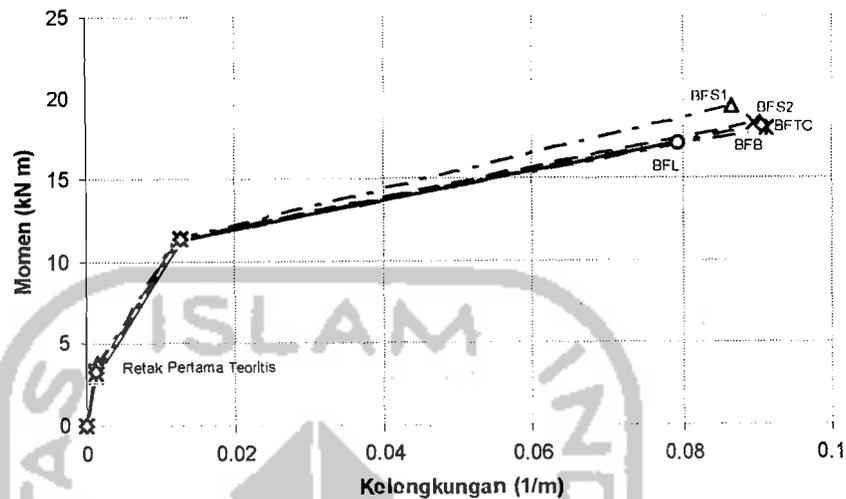
#### 1. Momen - kelengkungan teoritis

Mengacu pada tulisan Park and Pauley, nilai momen dan kelengkungan dapat dicari. Perhitungan momen kelengkungan disajikan pada lampiran, sedang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan kurva tri-linearnya pada Gambar 5.3

**Tabel 5.6** Hasil perhitungan momen kelengkungan teoritis

Nama Balok	$M_{cr}$ (kN m)	$\Phi_{cr}$ (1/m)	$M_y$ (kN m)	$\Phi_y$ (1/m)	$M_u$ (kN m)	$\Phi_u$ (1/m)
BFL	2,966	0,001366	11,287	0,01282	17,090	0,07933
BFB	3,360	0,001367	11,349	0,01250	18,323	0,08952
BFS1	3,847	0,001522	11,362	0,01244	19,379	0,08654
BFS2	3,164	0,001295	11,345	0,01252	17,980	0,09129
BFTC	3,26	0,001326	11,349	0,01250	18,146	0,09059

Dari data perhitungan momen kelengkungan teoritis dapat digambarkan kurva trilinear. Kurva tersebut akan dibandingkan dengan kurva hasil pengamatan yang diperoleh dari hasil pengujian model uji balok beton serat dengan variasi geometri serat baja lokal.



Gambar 5.3 Kurva momen kelengkungan teoritis

## 2. Momen - kelengkungan hasil penelitian

Dari uji lentur didapat data primer berupa beban dan lendutan, dari data tersebut dapat diketahui besar momen, kelengkungan dan faktor kekakuan. Hubungan momen, kelengkungan dan faktor kekakuan menurut Themoshenko seperti tertulis di persamaan 3.40.

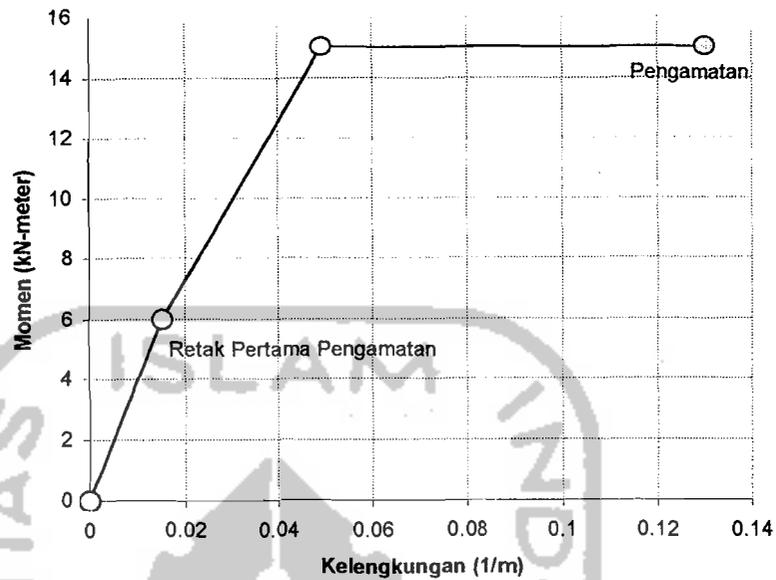
Peningkatan kelengkungan terjadi bila momen bertambah besar atau faktor kekakuan mengecil, kejadian ini digunakan untuk menentukan kuat lentur balok. Kelengkungan balok diturunkan dari data perpindahan dengan pendekatan *central difference*, dari data pembacaan dial dapat dicari momen dan kelengkungan seperti yang terlihat pada tabel 5.7 untuk hasil selengkapnya ada di lampiran.

Tabel 5.7 Hasil perhitungan momen – kelengkungan BFL

No.	P (KN)	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Momen (kN-m)	Kelengkungan (1/m)
1	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	5	0,0300	0,0650	0,0290	1,5000	0,0079
3	10	0,0750	0,1200	0,0720	3,0000	0,0103
4	15	0,1050	0,1570	0,1100	4,5000	0,0110
5	20	0,1420	0,2100	0,1400	6,0000	0,0153
6	25	0,2400	0,3150	0,2210	7,5000	0,0188
7	30	0,3000	0,4010	0,2800	9,0000	0,0247
8	35	0,3850	0,5180	0,3650	10,5000	0,0318
9	40	0,4600	0,6000	0,4200	12,0000	0,0356
10	45	0,5110	0,6880	0,4900	13,5000	0,0417
11	50	0,7910	0,9990	0,7640	15,0000	0,0492
12	50	0,9990	1,2450	0,9300	15,0000	0,0623
13	50	1,2010	1,5580	1,1490	15,0000	0,0851
14	50	1,3400	1,6670	1,2800	15,0000	0,0793
15	50	1,4840	1,8640	1,4240	15,0000	0,0911
16	50	1,6120	2,0320	1,5540	15,0000	0,0998
17	50	1,7010	2,1530	1,6440	15,0000	0,1068
18	50	1,7820	2,2720	1,7280	15,0000	0,1149
19	50	1,8910	2,3840	1,8140	15,0000	0,1181
20	50	1,9880	2,4990	1,9000	15,0000	0,1233
21	50	2,0940	2,6240	1,9840	15,0000	0,1300

Dari Tabel 5.7 dapat digambar kurva momen – kelengkungan seperti yang terlihat dalam Gambar 5.4 dan untuk kurva selengkapnya disajikan dalam lampiran.



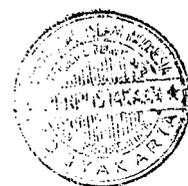


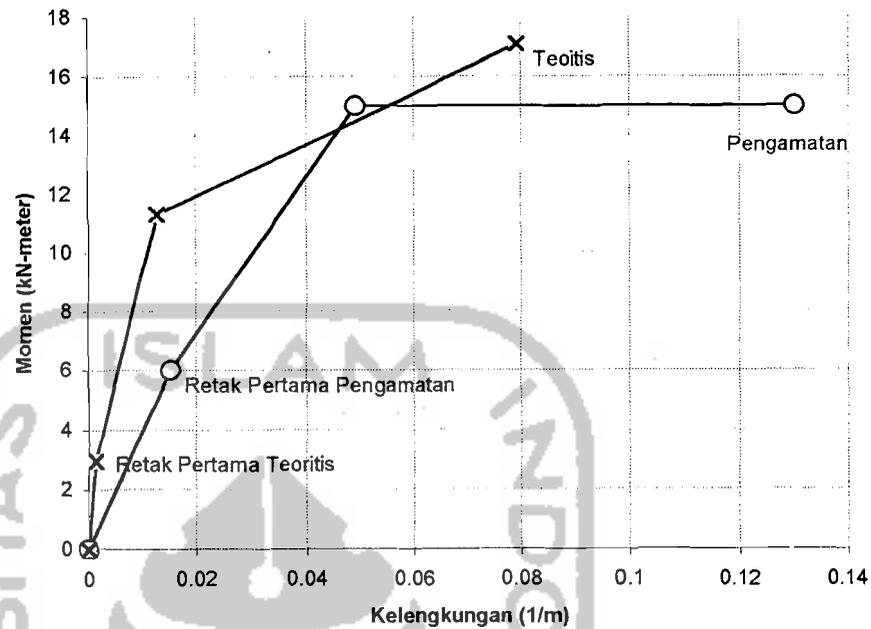
**Gambar 5.4** Kurva momen – kelengkungan untuk BFL

Untuk kurva selengkapnya dari kelima variasi geometri serat baja lokal yang diteliti dalam penelitian ini disajikan dalam lampiran.

### 3. Perbandingan antara momen kelengkungan teoritis dengan pengamatan

Dari hasil perhitungan momen dan kelengkungan secara teoritis seperti yang tersaji dalam lampiran dan perhitungan momen kelengkungan dari data beban dan lendutan dari pengamatan di laboratorium dapat digambar kurva seperti terlihat dalam Gambar 5.5 .

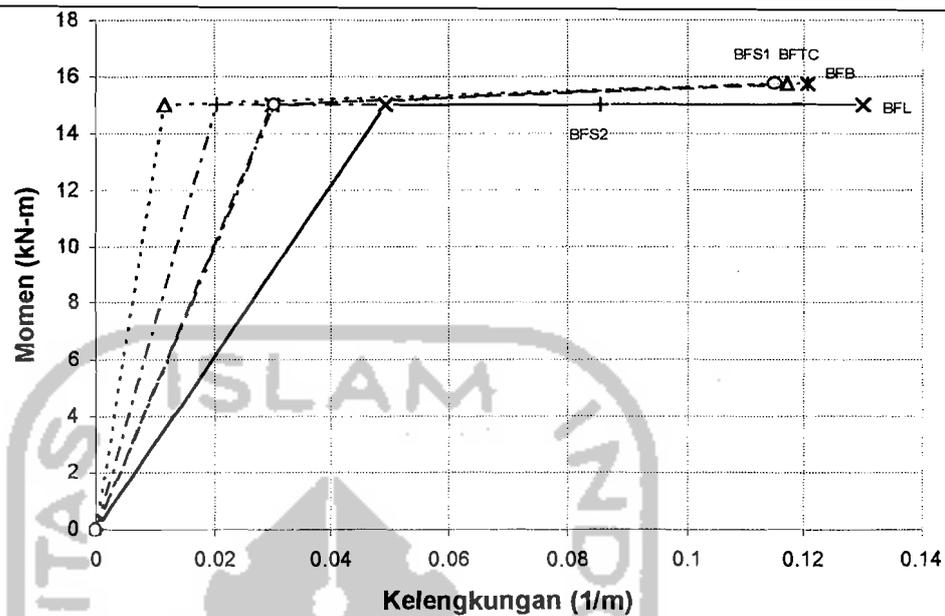




Gambar 5.5 Kurva perbandingan momen-kelengkungan secara teoritis dan kenyataan untuk jenis BFL

#### 4. Analisa data hubungan momen dengan kelengkungan

Hubungan momen dan kelengkungan menunjukkan kekakuan. Dalam hal ini didapat dari  $M/\Phi$ , faktor kekakuan pada balok beton serat secara umum mempunyai perilaku yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada pola Grafik  $M/\Phi$  yang diperoleh data percobaan di laboratorium. Dari kurva seperti yang terlihat dalam Gambar 5.6 maka dapat dibuat analisa data. Tabel 5.8 merupakan analisa momen kelengkungan dari tiap variasi geometri serat baja lokal.



Gambar 5.6 Kurva hubungan Momen Kelengkungan dari 5 variasi geometri serat

Tabel 5.8 Analisa data momen kelengkungan

Nama Balok	Momen (kN m)	Kelengkungan (1/meter)	E I (kN m <sup>2</sup> )	Momen (%)	E I (%)
BFL	15	0,0492	304,878	100	100,00
BFB	15	0,0300	500,000	100	164,00
BFS1	15	0,0117	847,457	100	277,97
BFS2	15	0,0204	735,294	100	241,18
BFTC	15	0,0304	493,421	100	161,84

## 5.2 Pembahasan

### 5.2.1 Kuat lentur balok ditinjau dari hubungan beban dengan lendutan

Dari penelitian didapatkan hubungan beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ), dalam hal ini nilai kekakuan. Nilai kekakuan didapat dari  $P/\Delta$ ,

---

mengalami kenaikan sebesar 33,33% dan fase kedua mengalami kenaikan sebesar 22,75% dibandingkan balok Beton Fiber Lurus (BFL).

Pada balok Beton Fiber Spiral tipe 1 (BFS 1) pada saat balok belum mengalami retak pertama mempunyai nilai kekakuan sebesar  $135,14 \times 10^2$  kN/m sedang nilai kekakuan setelah balok mengalami retak pertama yaitu  $87,07 \times 10^2$  kN/m. Nilai kekakuan untuk fase pertama mengalami kenaikan sebesar 62,01% dan fase kedua mengalami kenaikan sebesar 28,86% dibandingkan balok Beton Fiber Lurus (BFL).

Pada balok Beton Fiber Spiral tipe 2 (BFS 2) pada saat balok belum mengalami retak pertama mempunyai nilai kekakuan sebesar  $163,93 \times 10^2$  kN/m sedang nilai kekakuan setelah balok mengalami retak pertama yaitu  $86,21 \times 10^2$  kN/m. Nilai kekakuan untuk fase pertama mengalami kenaikan sebesar 96,73% dan fase kedua mengalami kenaikan sebesar 27,59% dibandingkan BFL.

Pada balok Beton Fiber Twin Cone (BFTC) pada saat balok belum mengalami retak pertama mempunyai nilai kekakuan sebesar  $105,26 \times 10^2$  kN/m sedang nilai kekakuan setelah balok mengalami retak pertama yaitu  $74,79 \times 10^2$  kN/m. Nilai kekakuan untuk fase pertama mengalami kenaikan sebesar 26,32% dan fase kedua mengalami kenaikan sebesar 10,69% dibandingkan balok Beton Fiber Lurus (BFL).

---

kekakuan pada balok beton fiber secara umum mempunyai perilaku kekakuan yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada pola grafik beban-lendutan yang diperoleh dari data percobaan di laboratorium. Pola grafik beban-lendutan tersebut sesuai dengan teori dan yang diharapkan.

Dari analisa data beban dengan lendutan (Tabel 5.5) dapat diperoleh perbandingan kurva lendutan balok beton serat dengan variasi geometri serat. Sebagai pembanding atau standar kekakuan balok beton serat dipakai untuk jenis Beton Fiber Lurus (BFL) dengan menganggap besar kekakuannya yaitu 100%. Dari hasil perhitungan tersebut dapat diperoleh angka kenaikan atau penurunan nilai kekakuan dari balok beton serat.

Pada balok Beton Fiber Lurus pada saat balok belum mengalami retak pertama mempunyai nilai kekakuan sebesar  $83,33 \times 10^2$  kN/m sedangkan nilai kekakuan setelah balok mengalami retak pertama yaitu  $67,57 \times 10^2$  kN/m. Nilai kekakuan pada masing-masing fase tersebut (fase sebelum retak pertama untuk selanjutnya disebut fase 1 dan fase sesudah retak pertama untuk selanjutnya disebut fase 2) dianggap sebesar 100%.

Pada balok Beton Fiber Berkait (BFB) pada saat balok belum mengalami retak pertama mempunyai nilai kekakuan sebesar  $111,11 \times 10^2$  kN/m sedang nilai kekakuan setelah balok mengalami retak pertama yaitu  $82,94 \times 10^2$  kN/m. Nilai kekakuan untuk fase pertama

### 5.2.2 Kuat lentur balok ditinjau dari hubungan momen dan

#### kelengkungan

Hubungan momen dan kelengkungan menunjukkan faktor kekakuan. Seperti yang terdapat dari Tabel 5.8 maka dapat dilakukan analisa data momen dengan kelengkungan sehingga dapat diperoleh perbandingan grafik momen-kelengkungan balok beton serat dengan variasi geometri serat.

Sebagai pembanding atau standar kekakuan balok beton serat dipakai untuk jenis Beton Fiber Lurus (BFL) dengan menganggap besar faktor kekakuan kekakuannya yaitu 100% dan besarnya momen beban maximum pertama sebesar 100%. Dari hasil perhitungan tersebut dapat diperoleh angka kenaikan atau penurunan nilai faktor kekakuan atau besarnya momen dari balok beton serat.

Pada balok Beton Fiber Lurus (BFL) mempunyai nilai faktor kekakuan sebesar 304,878 kN m<sup>2</sup> pada saat balok menerima beban maksimum pertama dengan nilai momen sebesar 15 kN m. Nilai momen ini bertahan sampai akhir pengujian.

Pada balok Beton Fiber Berkait (BFB) mempunyai nilai faktor kekakuan sebesar 500 kN m<sup>2</sup> pada saat balok menerima beban maksimum pertama dengan nilai momen sebesar 15 kN m. Balok BFB tersebut mengalami peningkatan nilai kekakuan sebesar 64% dari beton BFL dan nilai momen tidak mengalami peningkatan, tetapi nilai

---

momen bisa mengalami peningkatan sebesar 0,75 kN m pada nilai

---

kelengkungannya sebesar 0,0444 /m.

Pada balok Beton Fiber Spiral 1 (BFS1) mempunyai nilai faktor kekakuan sebesar 847,457 kN m<sup>2</sup> pada saat balok menerima beban maksimum pertama dengan nilai momen sebesar 15 kN m. Balok BFS1 tersebut mengalami peningkatan nilai kekakuan sebesar 177,97% dari beton BFL dan nilai momen tidak mengalami peningkatan, tetapi nilai momen bisa mengalami peningkatan sebesar 0,75 kN m pada nilai kelengkungannya sebesar 0,0172 /m.

Pada balok Beton Fiber Spiral 2 (BFS2) mempunyai nilai faktor kekakuan sebesar 735,294 kN m<sup>2</sup> pada saat balok menerima beban maksimum pertama dengan nilai momen sebesar 15 kN m. Balok BFS2 tersebut mengalami peningkatan nilai kekakuan sebesar 141,18% dari beton BFL dan nilai momen tidak mengalami peningkatan.

Pada balok Beton Fiber Twin Cone (BFTC) mempunyai nilai faktor kekakuan sebesar 493,421 kN m<sup>2</sup> pada saat balok menerima beban maksimum pertama dengan nilai momen sebesar 15 kN m. Balok BFB tersebut mengalami peningkatan nilai kekakuan sebesar 61,84% dari beton BFL dan nilai momen tidak mengalami peningkatan, tetapi nilai momen bisa mengalami peningkatan sebesar 0,75 kN m pada nilai kelengkungannya sebesar 0,0431 /m.