

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Setelah semua pelaksanaan penelitian di laboratorium selesai, sebagai hasilnya didapatkan data mengenai dimensi benda uji, beban yang mampu ditahan, defleksi pada tiap interval pembebanan, dan akhirnya didapat tegangan leleh baja, tegangan desak beton, kapasitas geser dan tegangan geser untuk masing-masing benda uji.

5.1.1 Hasil uji kuat tarik baja

Pengambilan benda uji dilakukan dengan memotong baja tulangan sepanjang 60 cm, dari tiap baja tulangan yang dipakai.

Tabel 5.1 Kuat tarik baja

T u l a n g a n	Luas (mm ²)	Beban leleh (N)	Beban max (N)	Beban putus (N)	Tegangan leleh = P/A (MPa)	Tegangan max = P/A (MPa)	Tegangan putus = P/A (MPa)
D10	70,882	22666,667	33316,667	26133,333	320,251	470,030	368,688
D6	23,758	5433,333	8483,333	6433,333	228,67565	357,073	270,786

5.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Setiap pengadukan campuran beton diambil untuk 3 buah benda uji silinder dan 2 buah benda uji kubus. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat desak beton berumur 28 hari tersebut diperoleh tegangan desak beton seperti pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder

No	Kode	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	A (mm ²)	Pmaks (N)	Kuat Desak (N/mm ²)	Kuat Desak rata-rata (N/mm ²)
1	STS1	300	150	17671,459	705000	39,89484	41,28980
2	STS2	296,6	150,6	17813,113	760000	42,66519	
3	STS3	300	150	17671,459	730000	41,30955	
4	SS511	306	145	16512,996	875000	52,98857	49,10329
5	SS512	293	147	16971,669	805000	47,43199	
6	SS513	296	146	16741,547	785000	46,88933	
7	SS521	301	149	17436,625	955000	54,76977	51,71396
8	SS522	304	150,1	17695,029	960000	54,25253	
9	SS523	302	150	17671,459	815000	46,11957	
10	SS611	300,4	149,5	17553,845	705000	40,16214	40,64414
11	SS612	298,9	150	17671,459	720000	40,74367	
12	SS613	300	150	17671,459	725000	41,02661	
13	SS621	301	147	16971,669	816000	48,08013	51,75081
14	SS622	301,9	151,9	17931,590	105000	58,55588	
15	SS623	298	147	16971,669	825000	48,61042	

lanjutan Tabel 5.2

16	SS711	293	146	16741,547	965000	57,64103	55,179033
17	SS712	298	148	17203,361	1005000	58,41882	
18	SS713	299	146	16741,54725	830000	49,57725	
19	SS721	301	147	16971,66891	795000	46,84277	53,83749
20	SS722	300	150	17671,45868	1005000	59,41785	
21	SS723	298	146	16741,54725	925000	55,25176	
22	SS811	294,8	145,6	16649,93841	1015000	60,96119	58,155
23	SS812	296,5	144,4	16376,61985	1005000	61,36798	
24	SS813	298,2	149,5	17553,8453	915000	52,12533	
25	SS821	300,5	147	16971,66891	890000	52,44033	50,158386
26	SS822	303,5	151,5	18026,655	935000	51,86764	
27	SS823	302	149	17436,62463	805000	46,16719	
28	SS911	299,1	145,75	16684,26227	1015000	60,83577	58,769623
29	SS912	295,1	144,5	16399,31	925000	56,40481	
30	SS913	298,3	143,1	16083,07728	950000	59,06829	
31	SS921	302	147	16971,66891	970000	59,06829	53,437823
32	SS922	301,5	148	17203,36137	855000	49,69959	
33	SS923	302	146	16741,54725	895000	53,45981	

5.1.3 Hasil Uji Kuat Geser

5.1.3.1 Balok Geser

Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji balok. Hasil penelitian geser dari masing-masing sampel dikelompokkan dalam bentuk tabel yang

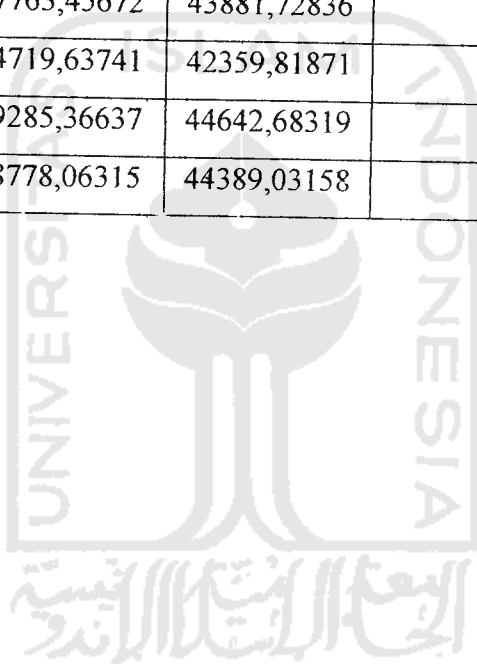
menunjukkan kuat geser dari masing-masing sampel (lihat Tabel 5.3). Grafik hubungan antara beban dan defleksi pada masing-masing variasi serat, dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2. Sedangkan pola retak yang terjadi pada setiap sampel dapat dilihat pada lampiran 8. Lendutan yang terjadi pada benda uji balok diukur dengan menggunakan *ekstenometer*. Data lendutan yang diperoleh dari pengujian ini dapat dilihat pada lampiran 7. Beban retak miring diperoleh dari retak miring pertama yang kemiringannya mendekati sudut 45° berdasarkan gambar pola retak tiap-tiap benda uji pada lampiran 8-1 sampai dengan 8-22. Data hasil beban retak miring pertama dapat dilihat pada tabel lampiran 8-23.

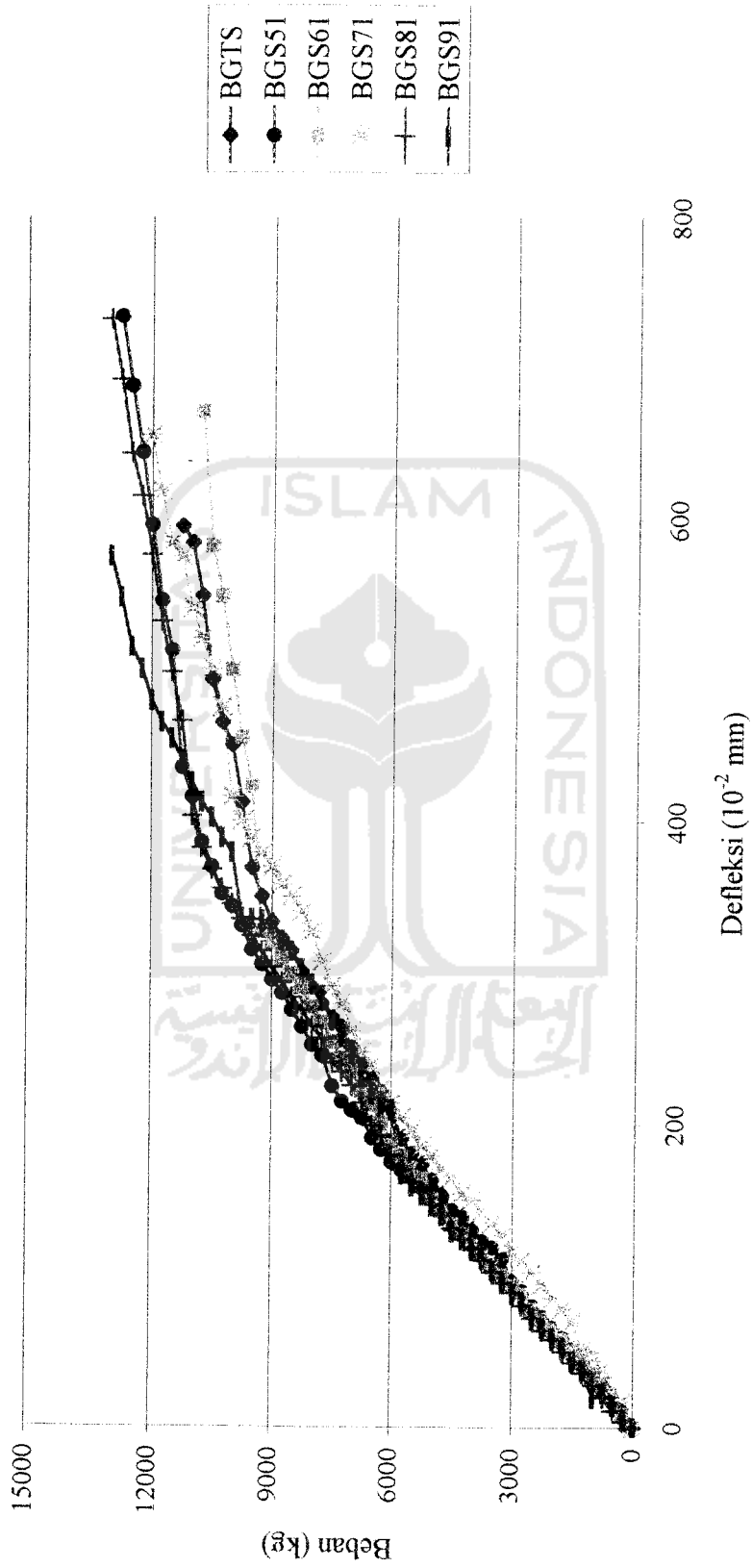
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Geser Berdasarkan Beban Retak Miring Pertama (P) pada Balok

No	Kode	P (N)	V=P/2 (N)	Tegangan Geser ($v=V/b.d$) (MPa)
1	BGTS11	64934,8119	32647,40595	0,98835
2	BGTS12	62398,2958	31199,14790	0,94975
3	BGS511	73051,6633	36525,83165	1,11190
4	BGS512	70515,1473	35257,57365	1,10733
5	BGS521	75080,8762	37540,43810	1,11428
6	BGS522	84212,3342	42106,10671	1,28177
7	BGS611	74066,26983	37033,04457	1,11237
8	BGS612	77110,08914	38555,04457	1,11737
9	BGS621	86748,85028	43374,42514	1,32038
10	BGS622	84719,63741	42359,81871	1,28950
11	BGS711	78124,69557	39062,34779	1,18912
12	BGS712	78631,99879	39315,99940	1,19684

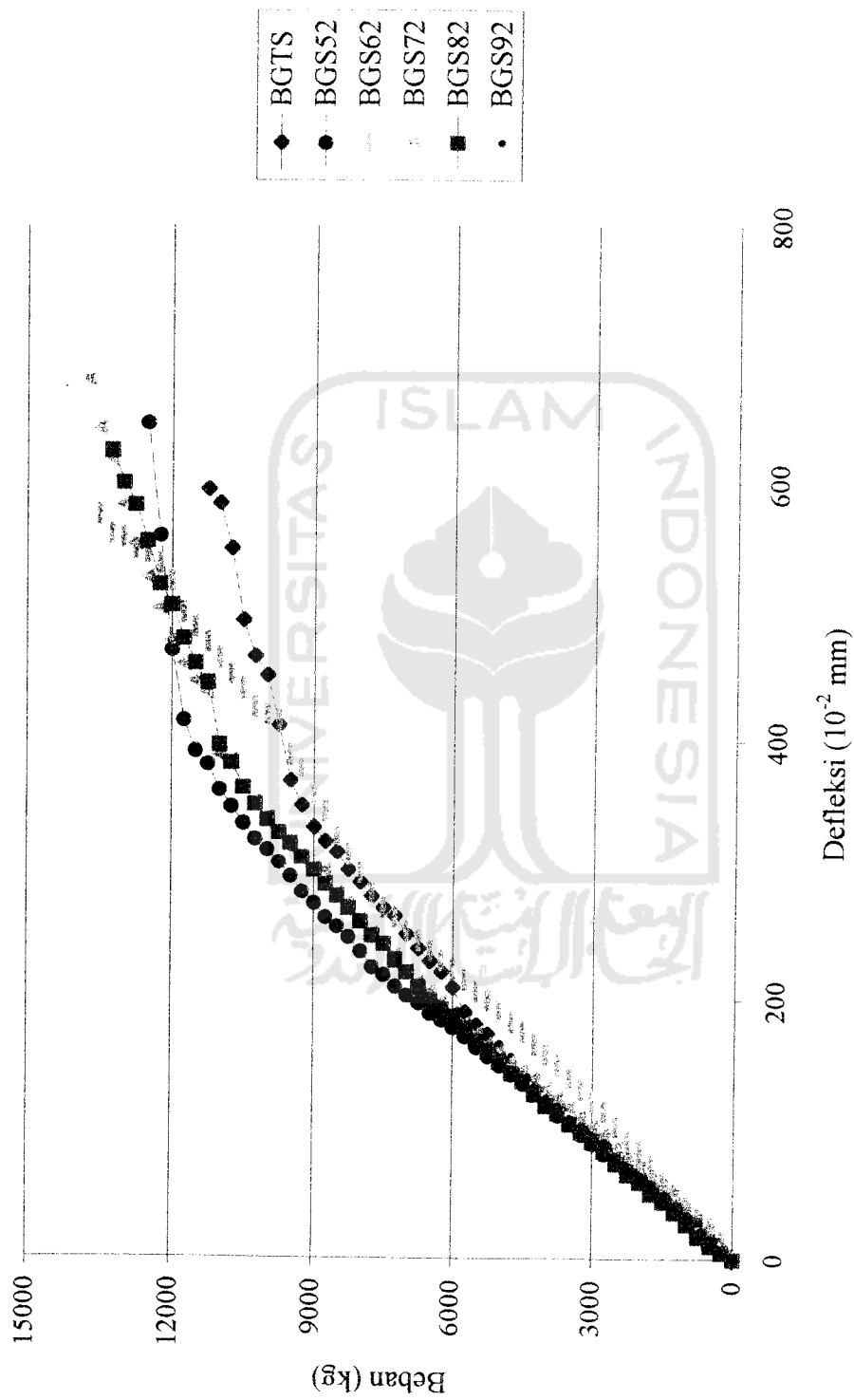
lanjutan Tabel 5.3

13	BGS721	89285,36667	44642,68334	1,35899
14	BGS722	88778,06315	44389,03158	1,35127
15	BGS8 11	84719,63741	42359,81871	1,28949
16	BGS812	82690,42453	41345,21227	1,25861
17	BGS821	95373,00498	47686,50249	1,45164
18	BGS822	91314,57924	45657,28962	1,38987
19	BGS911	87763,45672	43881,72836	1,33582
20	BGS912	84719,63741	42359,81871	1,28949
21	BGS921	89285,36637	44642,68319	1,35899
22	BGS922	88778,06315	44389,03158	1,351265





Gambar 5.1 Grafik Hubungan Defleksi dan Beban pada Balok dengan Variasi Prosentase Serat 0,75 %



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Defleksi dan Beban pada Balok dengan Variasi Prosentase Serat 1,5 %

5.1.3.2 Model Geser

Hasil penelitian model geser dari masing-masing sampel dikelompokkan dalam bentuk tabel seperti berikut ini. Beban retak pertama diperoleh berdasarkan tabel pada lampiran 9. Pengujian model geser yang dilakukan merupakan pengujian untuk mendapatkan geser langsung yang terjadi pada benda uji. Data yang didapatkan dari hasil pengamatan kemudian dibandingkan dengan kapasitas geser ijin. Dari perbandingan ini dapat dilihat suatu peningkatan dari hasil pengujian jika dibandingkan dengan kapasitas geser ijin.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Model Geser

No	Kode	P (N)	V=P/2 Pengamatan (N)	Vc $= 1/6 \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$ (N)	Vc $= 1/3 \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$ (N)	Tegangan Geser $= \frac{V}{b \cdot d}$ (MPa)
1	MGTS11	62398,3	31199,15	10709,61953	21418,8306	3,1199
2	MGTS21	60876,4	30432,00	10709,61953	21418,8306	3,0430
3	MGS511	72037,1	36018,55	11678,2213	23357,8442	3,6010
4	MGS512	63412,9	31706,45	11678,2213	23357,8442	3,170
5	MGS521	102475,25	51237,625	11985,40779	23970,5832	5,123
6	MGS522	116679,7	58339,85	11985,40779	23970,5832	5,834
7	MGS611	86748,9	43374,45	10625,4417	21250,88233	4,337
8	MGS612	81168,5	40584,25	10625,4417	21250,88233	4,058
9	MGS621	119216,3	59608,15	11989,57881	23979,15762	5,961
10	MGS622	126825,8	63412,9	11989,57881	23979,15762	6,341
11	MGS711	118201,7	59100,85	12380,4281	24760,8562	5,910
12	MGS712	121752,8	60876,4	12380,4281	24760,8562	6,088
13	MGS721	126318,5	63159,25	12228,95017	24457,90034	6,316
14	MGS722	126825,8	63412,9	12228,95017	24457,90034	6,341
15	MGS8 11	128855,02	64427,5	12709,90427	25419,80855	6,440

lanjutan Tabel 5.4

16	MGS812	120230,86	60115,43	12709,90427	25419,80855	6,011
17	MGS821	136464,56	68232,28	11803,71881	23607,43762	6,823
18	MGS822	129869,62	64934,81	11803,71881	23607,43762	6,493
19	MGS911	126825,80	63412,90	12776,364	2555,4727	6,341
20	MGS912	134435,35	67216,77	12776,364	2555,4727	6,722
21	MGS921	139001,08	69500,54	12183,43593	24366,87186	6,951
22	MGS922	129463,78	64731,89	12183,43593	24366,87186	6,473

5.2 Pembahasan

Pembahasan didasarkan pada hasil yang diperoleh dari percobaan. Data dari hasil ini dapat diamati diteliti pengaruh panjang dan prosentase serat terhadap kapasitas balok dalam menahan geser serta perilaku geser yang terjadi pada benda uji.

5.2.1 Kuat Tarik Baja

Tegangan leleh baja dengan D10 yang diperoleh dari hasil pengujian sebesar 320,251 MPa melebihi kuat leleh yang direncanakan (300 MPa). Sedangkan untuk D6 diperoleh tegangan leleh baja sebesar 228,67565 MPa. Penentuan tulangan telah diperhitungkan agar balok dapat mengalami keruntuhan geser.

5.2.2 Kuat Desak Beton

Kekuatan desak beton rencana tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat serta kualitas rawatannya. Kekuatan desak ditentukan dengan uji silinder

ukuran 15 x 30 cm yang dirawat dengan cara merendam didalam bak air dan pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari. Kuat desak beton yang disyaratkan pada umur 28 hari adalah 25 MPa, dari hasil uji desak beton didapat kuat desak melebihi kuat desak rencana.

Hasil pengujian desak silinder beton normal dan beton serat pada umur 28 hari, menunjukkan bahwa kuat desak beton serat (dengan $v_f = 0.75\%$) bertambah sekitar 29,74 % bila dibandingkan dengan kuat desak beton normal. Sedangkan pada beton serat dengan panjang 9 cm (dengan $v_f = 1,5\%$) terjadi penurunan, jika dibandingkan dengan beton normal kenaikannya hanya sebesar 23 %. Hal ini disebabkan semakin panjang serat dan semakin banyak volume serat yang dicampurkan dalam adukan, sangat mempengaruhi *workability* sehingga mempengaruhi kekuatan betonnya.

5.2.3 Perilaku Geser Balok

Perilaku geser balok secara umum memiliki perilaku geser yang hampir sama. Hal ini dapat dilihat dari pola retak yang terjadi pada balok uji. Pola retak yang terjadi menunjukkan pola retak yang disebabkan oleh gaya geser, yaitu retak diagonal yang berawal dari tumpuan yang merambat secara simultan terhadap pembebanan menuju daerah tertekan balok. Hal tersebut sesuai dengan rencana penelitian, bahwa balok akan gagal dalam geser.

Pada balok beton tanpa serat, retakan pertama timbul pada beban 6300 kg berupa retak rambut, beban yang terjadi lebih besar dari beban yang direncanakan (4078,4 kg). Pada penambahan beban lebih lanjut terjadi retak diagonal yang

merupakan lanjutan dari retak pertama. Adapaun beban visual yang teramati pada saat terjadinya retak diagonal yaitu pada beban 6400 kg. Retak-retak yang terjadi pada balok berupa retak diagonal yang dimulai dari tumpuan dan sepanjang bentang geser menuju ke titik penopang beban. Arah retak diagonal membuat sudut lebih dari 45 derajat sedangkan pola retak menyerupai lengkung (busur) yang dimulai dari tumpuan menuju ke arah titik pembebanan balok (Lampiran 8-2). Lendutan terjadi secara signifikan sehingga membentuk grafik yang linear dan balok masih mampu menahan geser lebih besar (Gambar 5.1). Dikarenakan keterbatasan alat uji, maka beban maksimum dihentikan pada beban 13075 kg.

Pada variasi panjang serat 5 cm prosentase 0,75 %, balok uji mengalami retakan pertama pada beban 6650 kg yaitu berupa retak rambut vertikal di tumpuan yang pada penambahan beban lebih lanjut retakan tersebut dirambatkan secara simultan dengan arah diagonal menuju titik pembebanan. Beban yang terjadi lebih besar dari beban rencana (4078,4 kg). Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 7200 kg. Pada penambahan beban lebih lanjut timbul retak-retak diagonal lainnya yang terjadi pada daerah bentang geser dan dirambatkan secara simultan menuju ke titik pembebanan (lihat Lampiran 8-4). Secara umum, arah retak diagonal yang terjadi membentuk sudut 45° dan ada yang lebih besar dari 45° . Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11500 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini dikarenakan beton sudah mulai runtuh, tetapi beton masih dapat mempertahankan beban yang cukup besar. Berbeda dengan beton normal yang akan segera runtuh apabila beban sudah mencapai maksimal dan terjadi retak. Hal

ini menunjukkan bahwa beton serat bersifat liat. Sedangkan kuat geser yang terjadi pada beton serat 5 cm dengan prosentase serat sebesar 0,75 % dibandingkan dengan beton tanpa serat mengalami kenaikan sebesar 11 %. Beban maksimum dihentikan pada beban 14400 kg, sehingga balok tidak mengalami keruntuhan total.

Pada variasi panjang serat 5 cm dengan prosentase 1,5 %, balok uji mengalami retakan pertama pada beban 6500 kg, retak berupa retak rambut yang disebabkan oleh lentur. Beban yang terjadi melebihi dari beban yang direncanakan. Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 8300 kg. Pada penambahan beban lebih lanjut timbul retak-retak diagonal lainnya yang terjadi pada daerah bentang geser dan dirambatkan secara simultan menuju ke titik pembebanan (lihat Lampiran 8-6). Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi yang disebabkan karena beton sudah mulai runtuh tetapi beban masih dapat ditahan dengan bantuan tulangan dan serat yang terdapat pada beton. Terjadi kenaikan kekuatan geser sebesar 22,89 % jika dibandingkan dengan beton normal. Hal ini terjadi karena penambahan serat yang semakin banyak pada adukan membantu beton menahan beban yang lebih besar. Beban yang sudah tidak mampu ditahan oleh beton masih dapat dipertahankan dengan adanya serat-serat pada beton sehingga keruntuhan terjadi secara perlahan-lahan. Beban maksimum tercapai pada beban 14100 kg.

Pada variasi panjang 6 cm dengan prosentase 0,75 %, retak pertama terjadi pada beban 5100 kg berupa retak rambut yang disebabkan oleh lentur didaerah

tengah bentang. Kapasitas beban yang terjadi pada balok melebihi kapasitas beban yang direncanakan. Beban yang mengakibatkan retak diagonal sebesar 7600 kg yang berawal dari tumpuan menuju ke daerah tertekan balok, terjadi dengan sudut lebih kecil dari 45° (lihat Lampiran 8-8). Pada penambahan beban lebih lanjut balok masih mampu menahan beban lebih besar setelah terjadinya retak diagonal yang pertama. Karena keterbatasan alat, maka beban maksimal yang diijinkan laboratorium hanya sampai beban 12550 kg, sehingga balok tidak sampai mengalami keruntuhan total akibat pembebanan. Akan tetapi dari pola retak yang terjadi menunjukkan bahwa balok akan gagal dalam geser apabila beban terus dinaikkan. Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11250 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi dikarenakan beton sudah mulai runtuh. Pada penelitian variasi ini terjadi peningkatan kekuatan geser sebesar 11,54 % jika dibandingkan dengan beton normal. Kekuatan beton dalam menahan beban semakin besar dengan bertambahnya panjang serta prosentase serat yang dicampurkan dalam adukan sehingga beton lebih bersifat liat. Pengaruh penambahan panjang dapat kita lihat dari kenaikan yang terjadi pada beton serat dengan panjang 5 cm dan prosentase 0,75 % jika dibandingkan dengan beton serat 6 cm dengan prosentase serat 0,75 %. Karena dengan bertambah panjang serat maka serat akan lebih dapat mengisi ruang antar serat yang terdapat pada beton.

Pada variasi panjang 6 cm, prosentase 1,5 %, retakan pertama timbul pada beban 7750 kg berupa retak diagonal yang berawal dari tumpuan menuju ke daerah tertekan balok. Beban pada balok melebihi beban rencana. Retak diagonal yang terjadi membuat sudut lebih besar dari 45° dan hampir mendekati vertikal

(lihat Lampiran 8-9). Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak miring atau diagonal yaitu pada beban 8550 kg. Pada penambahan lebih lanjut timbul retak-retak diagonal lainnya yang terjadi pada daerah bentang geser dan dirambatkan secara simultan menuju ke titik pembebanan. Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini disebabkan karena beton sudah mulai runtuh. Terjadi kenaikan kekuatan geser sebesar 25,14 % bila dibandingkan dengan beton normal. Hal ini disebabkan karena beton mendapat tambahan kekuatan dengan semakin besarnya volume prosentase serat dan panjang serat. Dengan bertambahnya volume prosentase serat, maka serat lebih menyebar dan merata pada campuran adukan beton, sehingga dengan penambahan serat tersebut mengakibatkan beban yang sudah tidak mampu ditahan oleh beton masih dapat ditahan oleh adanya serat. Penambahan volume serat serta panjang serat mempengaruhi pula pada munculnya retakan-retakan yang terlalu dini yang dapat dilihat pada retak awal yang terjadi pada beton serat dengan panjang 6 cm dan volume serat 0,75 % dengan retak awal yang terjadi pada beton tanpa serat. Pada data tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat dapat mempengaruhi retakan-retakan yang terjadi pada awal pembebanan. Beban maksimal yang tercapai adalah 15850 kg.

Pada variasi panjang 7 cm dengan prosentase 0,75 %, retak pertama terjadi pada pembebanan 6100 kg, yaitu berupa retak rambut vertikal di tumpuan yang pada penambahan beban lebih lanjut retakan tersebut merambat secara simultan dengan arah diagonal menuju ketitik pembebanan. Beban yang terjadi melebihi

beban yang telah direncanakan. Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 7750 kg. Pada penambahan beban lebih lanjut timbul retak-retak diagonal lainnya yang terjadi pada daerah bentang geser dan dirambatkan secara simultan menuju ke titik pembebanan (lihat Lampiran 8-12). Arah sudut diagonal pada umumnya membentuk sudut lebih besar dari 45° . Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Pada penelitian ini terjadi kenaikan kekuatan geser sebesar 17,42 % dari kekuatan geser beton normal. Kenaikan terjadi disebabkan karena semakin panjang serat serta konsentrasi serat dapat menambah kekuatan pada beton dalam menahan beban. Karena dengan penambahan serat pada adukan, beton semakin bersifat liat. Apabila pada pengujian kekuatan beton sudah tidak mampu menahan beban maka beban akan ditahan oleh serat yang ada pada beton, sehingga beton tidak runtuh secara tiba-tiba seperti pada beton normal tetapi beton akan retak serta runtuh secara perlahan. Beban maksimum yang diijinkan sebesar 13350 kg belum membuat balok mengalami keruntuhan.

Pada variasi panjang 7 cm dengan prosentase 1,5 %, retak pertama terjadi pada saat beban mencapai 7000 kg melebihi beban yang direncanakan. Retak yang terjadi berupa retak rambut vertikal di daerah tengah bentang. Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 8800 kg. Rambatan - rambatan diagonal lainnya terjadi pada daerah geser dan diteruskan ke titik pembebanan. Sudut miring yang terjadi secara umum membentuk sudut 45° dan lebih besar dari 45° (lihat Lampiran 8-13). Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini

disebabkan karena beton sudah mulai runtuh. Terjadi kenaikan kekuatan sebesar 27,27 % dari kekuatan yang ada pada beton normal. Bahkan kekuatan geser ini lebih besar dari kekuatan geser dari beton serat yang memiliki panjang dan prosentase serat yang lebih kecil. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya panjang serat dan prosentase serat dapat lebih merata pada semua bagian beton sehingga memberi kekuatan yang lebih pada beton dan beton akan bersifat liat. Dengan keliatan pada beton tersebut maka beton masih dapat menahan beban walaupun beton telah mencapai beban maksimum. Berbeda dengan beton normal yang dapat runtuh secara tiba-tiba karena beton normal bersifat getas. Pada beban maksimum yang diijinkan di laboratorium terjadi pada pembebanan sebesar 14450 kg. Akan tetapi dari pola retak yang terjadi, balok akan gagal dalam geser sesuai dengan rencana penelitian.

Pada variasi panjang 8 cm dengan prosentase serat sebesar 0,75 %, retak pertama terjadi pada tengah bentang berupa retak rambut pada saat beban mencapai 7400 kg dan dirambatkan vertikal menuju daerah pembebanan. Beban yang terjadi melebihi dari beban yang direncanakan. Retak diagonal timbul dengan bertambahnya intensitas beban dengan membuat sudut 45° (lihat Lampiran 8-15). Beban yang teramati pada saat terjadi beban diagonal tersebut adalah sebesar 8350 kg yang berawal dari tumpuan dan kemudian dilanjutkan ke titik pembebanan. Retak - retak yang terjadi diikuti oleh retak-retak geser lainnya sampai beban maksimum yang diijinkan mencapai 14750 kg. Melihat dari pola retak yang terjadi balok akan mengalami gagal geser sesuai dengan yang direncanakan. Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg,

kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini disebabkan karena beton sudah mulai runtuh. Dari data yang teramati didapatkan kenaikan kekuatan geser yang terjadi pada beton serat ini sebesar 23,35 % jika dibandingkan dengan beton normal dan lebih besar dibandingkan dengan variasi panjang yang lebih kecil dengan prosentase serat yang sama. Seperti yang telah dibahas pada variasi panjang sebelumnya, serat memberikan andil yang cukup besar dalam meningkatkan kekuatan pada beton. Dengan panjang serat 8 cm memungkinkan serat tersebar secara merata dan memberikan kekuatan yang lebih merata pula. Pada saat beton mengeras serat membantu beton dan tulangan yang ada yang ada pada balok beton untuk memikul beban yang diberikan pada beton tersebut dengan adanya lekatan-lekatan antara serat dengan beton. Selain itu serat juga menjadikan beton menjadi lebih liat jika dibandingkan dengan beton tanpa serat. Hal inilah yang mempengaruhi penambahan kekuatan pada beton.

Pada variasi panjang 8 cm dengan prosentase serat 1,5 %, retak pertama yang terjadi mencapai beban sebesar 6850 kg berupa retak rambut, retak tersebut terjadi di tengah bentang. Beban pada balok tersebut melebihi dari beban rencana. Pada penambahan beban lebih lanjut terjadi retakan diagonal yang berawal pada daerah tumpuan pada beban sebesar 9400 kg. Secara simultan retakan tersebut diteruskan ke titik pembebanan dengan membentuk sudut 45° dan ada yang lebih kecil dari 45° (lihat Lampiran 8-17). Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11750 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi yang menandakan beton sudah mulai runtuh. Pada variasi ini terjadi kenaikan kekuatan yang cukup besar yaitu 31,9 % jika dibandingkan dengan beton tanpa serat. Seperti yang pernah

disampaikan pada penelitian sebelumnya bahwa aspect ratio (perbandingan panjang serat dengan diameter serat) yang optimum akan memberikan pengaruh penambahan kekuatan tegangan pada balok sehingga penambahan serat pada adukan memberikan andil yang cukup besar dalam upaya perbaikan kekuatan pada beton. Dengan bertambahnya panjang serat sebesar 8 cm dan prosentase sebesar 1,5 % masih memberikan sumbangan kekuatan yang cukup besar pada beton. Hal ini disebabkan dengan panjang 8 cm dan prosentase 1,5 % membuat serat dapat tersebar secara merata dan lekatan antara serat dengan beton masih dapat memberikan kekuatan yang merata. Beban maksimum yang diijinkan pada pengujian balok ini adalah pada saat beban mencapai 14800 kg.

Pada variasi panjang 9 cm dengan prosentase serat 0,75 %, retak pertama terjadi pada saat beban menunjukkan 6050 kg melebihi beban yang direncanakan. Retakan timbul pada daerah tengah bentang berupa retak rambut vertikal yang disebabkan oleh lentur dan selanjutnya dengan adanya penambahan beban, retakan tersebut dilanjutkan menuju ke titik pembebanan. Beban visual yang teramati pada saat timbulnya retak diagonal yaitu pada beban 8650 kg. Sudut yang terbentuk pada retakan tersebut membentuk sudut 45° dan diteruskan ke arah pembebanan secara simultan dengan bertambahnya intensitas beban (lihat Lampiran 8-19). Karena keterbatasan alat maka beban maksimum yang diijinkan sebesar 13050 kg. Pada saat pembebanan maksimum benda uji balok belum mengalami keruntuhan. Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 12000 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Hal ini disebabkan karena beton sudah mulai runtuh. Pada variasi ini, kekuatan geser beton mencapai 26,01 %

lebih besar dibandingkan dengan beton tanpa serat. Selain itu kekuatan beton ini juga meningkat jika dibandingkan beton dengan variasi panjang lebih kecil tetapi prosentase yang sama yaitu 0,75 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan panjang serat 9 cm masih memberikan kekuatan geser yang lebih tinggi.

Pada variasi panjang 9 cm dengan prosentase serat 1,5 %, retakan pertama terjadi pada saat beban menunjukkan 8150 kg, berupa retakan rambut di daerah pembebanan. Retakan diagonal yang teramati terjadi pada beban 8750 kg dengan sudut lebih kecil dari 45° sedangkan dengan adanya penambahan beban terjadi retakan-retakan lainnya yang sudutnya ada yang lebih dari 45° . Retakan-retakan tersebut selanjutnya menuju ke titik pembebanan. Pada pengujian ini beban yang dapat dicapai yaitu sebesar 15850 kg (lihat Lampiran 8-22). Lendutan terjadi secara linear sampai beban mencapai 11500 kg, kemudian terjadi kenaikan defleksi. Data tersebut menunjukkan beton sudah mulai runtuh tetapi masih dapat menahan kekuatan yang lebih besar karena dengan adanya serat pada beton menjadikan beton bersifat lebih liat dan tidak runtuh secara tiba-tiba seperti yang terjadi pada beton tanpa serat. Dari data yang dapat dilihat pada penelitian ini menunjukkan kenaikan kekuatan geser pada beton serat sebesar 26,85 % lebih besar dibandingkan beton tanpa serat atau beton normal. Tetapi apabila dibandingkan dengan beton serat dengan variasi 8 cm dengan prosentase serat yang sama yaitu 1,5 % terjadi penurunan. Dalam penelitian ini dapat dilihat bahwa dengan panjang 9 cm dan prosentase yang lebih kecil dari 1,5 % kekuatan beton serat masih mengalami kenaikan kekuatan. Tetapi apabila prosentase serat lebih besar atau sama dengan 1,5 % terjadi penurunan kekuatan. Hal ini

disebabkan oleh adanya penurunan pada *workability*-nya. Dengan semakin panjang variasi serat dan semakin banyak prosentase serat yang dicampurkan pada adukan akan semakin mempersulit dalam pengadukan sehingga penyebaran serat tidak merata dan mempersempit ketersediaan ruang bagi serat. Seperti yang telah disampaikan pada penelitian-penelitian sebelumnya bahwa unsur-unsur yang mempengaruhi *workability* pada beton serat diantaranya adalah ukuran serat. Sehingga apabila tingkat *workability*-nya tidak baik, maka hal ini sangat mempengaruhi kualitas kekuatan pada beton tersebut.

5.2.4 Perilaku Geser Murni Pada Model Geser

Dari Lampiran 9 dapat dilihat bahwa retak awal yang terjadi melebihi beban rencana. Retak awal kuat geser murni balok jika dibandingkan dengan retak awal kuat geser balok pada umumnya terjadi peningkatan. Pada beton yang menggunakan serat mengalami peningkatan yang cukup besar baik itu pada retak awal ataupun pada pembebanan maksimal jika dibandingkan beton yang tidak menggunakan serat atau beton normal. Retakan awal yang terjadi pada pengujian geser murni tersebut lebih besar dari pengujian pada lentur. Hal ini disebabkan pada pengujian geser murni tidak atau mengalami lendutan yang sangat kecil sehingga beton lebih mampu untuk menahan retakan yang lebih lama, selain itu penambahan serat pada beton tersebut juga membantu beton menahan beban yang lebih besar.

5.2.5 Pola-pola Keruntuhan Geser

1. Pola-pola keruntuhan geser balok.

Data pengamatan pada pengujian balok terdiri dari dua bagian, yaitu pengamatan yang didapat secara visual meliputi rambatan retak, pola retak, pola runtuh balok, retak lentur awal, retak miring awal serta beban pada saat retak dan beban maksimum yang dapat didukung oleh balok. Pada awal pembebanan hingga beban yang diperkirakan terjadi retak/balok bebas dari retak. Retak pertama merupakan retak lentur yang terjadi pada sisi serat tarik daerah momen terbesar yaitu di tengah bentang balok, dimana daerah ini diperkirakan terjadi lendutan maksimum. Untuk itu pengamatan retak dipusatkan pada kedua daerah yaitu pada daerah momen maksimum dan pada daerah bentang geser. Pada masing-masing daerah pengamatan retak, retak lentur terjadi pada beberapa tempat dengan jumlah dan jarak retak berbeda untuk masing-masing balok uji. Hal ini tampaknya dipengaruhi oleh jumlah tulangan geser yang terdapat dalam balok, sedangkan peningkatan retak sejalan dengan peningkatan beban, namun tidak menambah panjang retak tetapi juga menimbulkan retak baru. Retak miring sebagai retak geser merupakan pertanda bahwa tarik diagonal mulai terjadi dan seluruhnya merupakan kelanjutan dari retak lentur.

2. Pola-pola keruntuhan geser model.

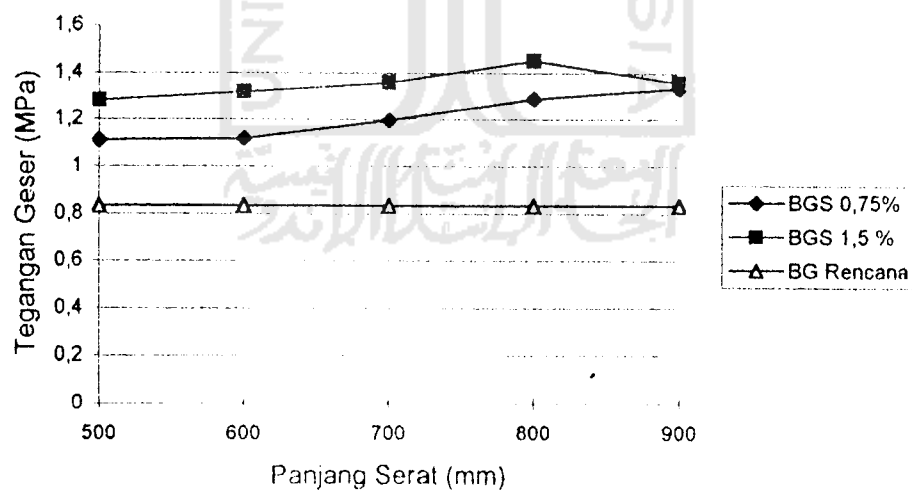
Data pengamatan yang diperoleh dari pengujian geser model meliputi : retak awal, pola keruntuhan pada model, rambatan retak, serta beban pada saat retak dan beban maksimum yang dapat didukung oleh model geser. Retak awal pada model geser terjadi pada sisi kaki model geser dan kemudian merambat lurus keatas hingga model geser tersebut mengalami keruntuhan. Beban maksimum yang dapat dicapai oleh masing-masing benda uji model meningkat seiring dengan bertambahnya panjang serat serta prosentase serat yang ditambahkan pada beton model tersebut.

5.2.6 Kuat Geser Beton

Tegangan geser balok didasarkan pada beban saat retak diagonal pertama dibagi dua (beban 2 titik) yang diamati pada masing-masing sampel kemudian dibagi dengan lebar bentang balok dan tinggi efektif balok pada masing-masing sampel.

Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat geser pada balok dengan variasi serat sampai pada variasi panjang serat sebesar 9 cm dengan prosentase 0,75 % jika dibandingkan dengan serat yang lebih pendek. Peningkatan kekuatan geser tersebut dapat mencapai sebesar 16,76 %. Selain itu

beton serat mengalami kenaikan kekuatan yang cukup besar dari beton yang tidak menggunakan serat. Tetapi pada variasi panjang serat 9 cm dengan prosentase 1,5 % terjadi penurunan kekuatan geser. Hal ini terjadi dikarenakan bertambahnya panjang serat serta prosentase serat dapat mempengaruhi tingkat kelecakan pada adukan. Serat tidak mendapat ruang yang cukup sehingga terjadi kecenderungan untuk menggumpal. Dengan keadaan tersebut maka akan menyulitkan pada adukan yang pada akhirnya menyulitkan mendapat kelecakan adukan, sehingga serat yang ditambahkan tersebut tidak tersebar secara merata keseluruhan bagian serat. Dengan menurunnya kelecakan adukan tersebut kekuatan beton juga akan menurun. Kenaikan kuat geser balok akan meningkatkan tegangan gesernya (lihat Gambar 5.3).



Gambar 5.3 Grafik Tegangan Geser Balok

Dari Lampiran 9 dapat dilihat bahwa retak awal pada model geser yang terjadi melebihi beban rencana. Retak awal model geser jika dibandingkan dengan retak awal balok geser pada umumnya terjadi peningkatan. Pada beton

yang menggunakan serat mengalami peningkatan yang cukup besar baik itu pada retak awal ataupun pada pembebanan maksimal jika dibandingkan beton yang tidak menggunakan serat atau beton normal. Retakan awal yang terjadi pada pengujian geser murni tersebut lebih besar dari pengujian pada lentur. Hal ini disebabkan pada pengujian geser murni tidak mengalami lendutan sehingga beton lebih mampu untuk menahan retakan yang lebih lama, selain itu penambahan serat pada beton tersebut juga membantu beton menahan beban yang lebih besar. Kuat geser yang terjadi pada model geser didasarkan gaya yang diakibatkan oleh retak pertama pada saat pengamatan pengujian. Retak pertama diperoleh dari retak yang terjadi pada kaki benda uji. Untuk menghitung kuat geser model geser didapatkan dari beban retak pertama dibagi dua yang didapat dari hasil pengujian pada tiap-tiap sampel, selanjutnya dari hasil tersebut kemudian dibagi dengan luasan daerah retakan. Retakan terjadi pada kedua sisi kaki bagian dalam setelah beban bertambah. Retakan cenderung kearah vertikal mengikuti bidang geser yang direncanakan. Pada Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa kapasitas geser pada model geser pengamatan melebihi kapasitas geser ijin. Dengan kenaikan kuat geser yang terjadi pada model geser, maka terjadi pula kenaikan pada tegangan gesernya.