

## BAB V

### HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Bahan Penyusun Beton

##### 5.1.1 Gradasi Agregat

Dari pemeriksaan terhadap pasir Merapi Sleman, diperoleh hasil gradasi masuk pada gradasi zona III sehingga pasir tersebut pasir agak halus dengan modulus halus butir (mhb) sebesar 2,8316. Pasir digolongkan sebagai agregat normal jika, mempunyai berat jenis 2,5 gr/cm<sup>3</sup> sampai 2,7 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan kadar airnya antara 1% sampai 2%. Berdasarkan ketentuan *British Standart* pasir merapi termasuk jenis pasir agak halus, sehingga memenuhi persyaratan sebagai agregat halus penyusun beton. Untuk gradasi krikil dengan diameter maksimum 20 mm, menurut ketentuan *British Standart* masuk kedalam gradasi agregat kasar dengan mhb sebesar 7,383. Sedangkan untuk gradasi campuran dengan campuran krikil 52% dan pasir 48% dapat ditentukan bahwa menurut persyaratan *British Standart* yang juga dipakai di Indonesia saat ini (dalam SK-SNI.T-15-1990-03) dengan diameter agregat maksimum 20 mm, gradasi agregat campuran beton yang halus. Adapun modulus halus butir agregat campuran diperoleh sebesar 5.2 (menurut Tjokrodinuljo,1996) mhb agregat campuran untuk bahan pembuat beton berkisar antara 5,0 sampai 6,5 sehingga gradasi campuran tersebut dapat digunakan. Hasil pemeriksaan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9 sampai Lampiran 15.

### 5.1.2 Berat Jenis Agregat

Pemeriksaan berat jenis agregat pada penelitian ini dilakukan dengan dua sampel. Dari pemeriksaan berat jenis agregat diperoleh bahwa berat jenis pasir dalam kondisi SSD sebesar  $2,77 \text{ gr/cm}^3$  dan untuk batu pecah sebesar  $2,62 \text{ gr/cm}^3$ . Sehingga betonnya disebut beton normal. Hasil lengkap pemeriksaan ini dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 4.

### 5.1.3 Kadar Air Pasir dan Batu Pecah

Dari hasil pemeriksaan bahwa kadar air rerata pasir Merapi adalah sebesar 1,15%. Hasil ini dicapai pada pengukuran kadar air untuk pasir dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*). Kadar air batu pecah adalah 1,72%. Hasil lengkap pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 4.

### 5.1.4 Kandungan Lumpur Pasir

Dari hasil pemeriksaan kandungan Lumpur, diperoleh bahwa kandungan lumpur pasir adalah sebesar 3,4%. Angka ini masih dibawah persyaratan PUBLI-1982 untuk batasan kandungan lumpur dalam pasir maksimal sebesar 5%. Sehingga pasir Merapi dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton. Hasil lengkap pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 2.

### 5.1.5 Ketahanan Aus Batu Pecah

Hasil pengujian keausan dengan mesin Los Angles didapat jumlah bagian yang hancur dan lolos ayakan no.12 setelah 500 putaran adalah 16,36% (dibawah 40%) termasuk ke dalam beton kelas III dengan kekuatan  $> 20 \text{ MPa}$  (PUBLI-1982)

maka agregat batu pecah merupakan agregat yang baik. Hasil lengkap hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Lampiran 7.

#### 5.1.6 Berat Jenis Serat Kulit Bambu.

Berat jenis serat kulit bambu dilakukan satu kali pemeriksaan, memberikan hasil sebesar  $0,758 \text{ gr/cm}^3$ . Hasil pemeriksaan berat jenis serat kulit bambu dapat dilihat pada Lampiran 8.

#### 5.2 Workabilitas

Menurut Sudarmoko, 1993 (dalam Situmorang 2003) penambahan serat pada beton normal akan mengurangi tingkat kelecakan (workabilitas) suatu adukan beton. Hal ini dikarenakan dengan penambahan serat pada suatu adukan beton maka akan menambah jumlah luasan permukaan yang akan dilumasi pasta semen, sehingga adukan akan berkurang kelecakannya. Penambahan serat juga akan menambah tingkat gesekan dengan bahan penyusun beton lainnya. Pada penambahan serat tertentu, yang melebihi konsentrasi kritis akan menyebabkan adanya gejala *balling effect* (penggumpalan serat), sehingga penyebaran serat secara random tidak tercapai yang akhirnya dengan penambahan serat diatas batas konsentrasi kritis tidak akan banyak berpengaruh pada sifat struktural beton.

Penelitian ini menggunakan parameter pengujian *slump* untuk menentukan workabilitas beton. Pengujian *slump* dilakukan pada saat beton normal, adapun hasil *slump* memenuhi syarat untuk penelitian ini adalah 7,5 cm sampai 15 cm. Hasil *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Nilai *slump*

Kode Beton	Slump (cm)
BN 0,4	8
BN 0,5	10,2
BN 0,55	12,4
BSK 0,5% - 0,4	9
BSK 0,5% - 0,5	11
BSK 0,5% - 0,55	11,5
BSK 1% - 0,4	10
BSK 1% - 0,5	11,2
BSK 1% - 0,55	11,5

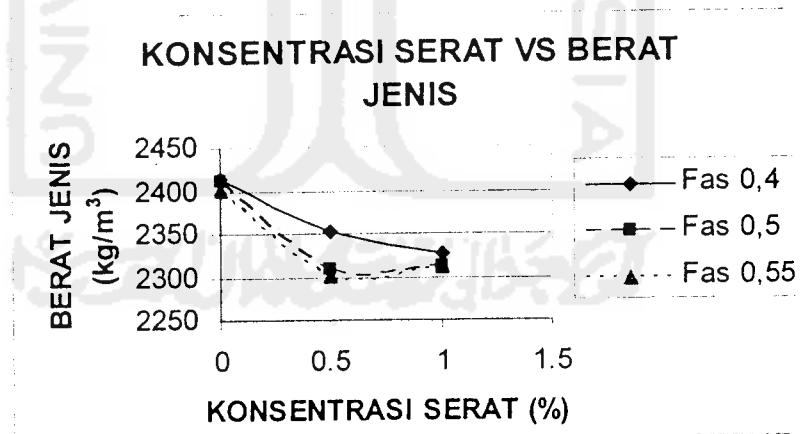
Dari Tabel 5.1 dapat disimpulkan bahwa *slump* memenuhi syarat yaitu  $7,5 < \textit{slump} < 15$ . Dapat diamati bahwa semakin tinggi nilai faktor air semen maka diperoleh nilai *slump* yang meningkat, keadaan ini disebabkan karena pada penelitian ini menggunakan jumlah air yang tetap sehingga dengan faktor air semen yang meningkat terjadi pengurangan jumlah semen, hal ini mengakibatkan pasta semen akan semakin encer.

## 5.2 Berat Jenis Beton

Dari pemeriksaan terhadap silinder beton yaitu dengan cara mengukur diameter, tinggi dan berat benda uji, diperoleh berat jenis benda uji dengan cara membagi berat silinder dengan volume silinder beton. Data berat jenis untuk masing masing benda uji dapat dilihat pada tabel 5.2 data lengkap dapat dilihat pada Lampiran 58 dan Lampiran 59.

Tabel 5.2a. Berat jenis beton rerata untuk uji tekan

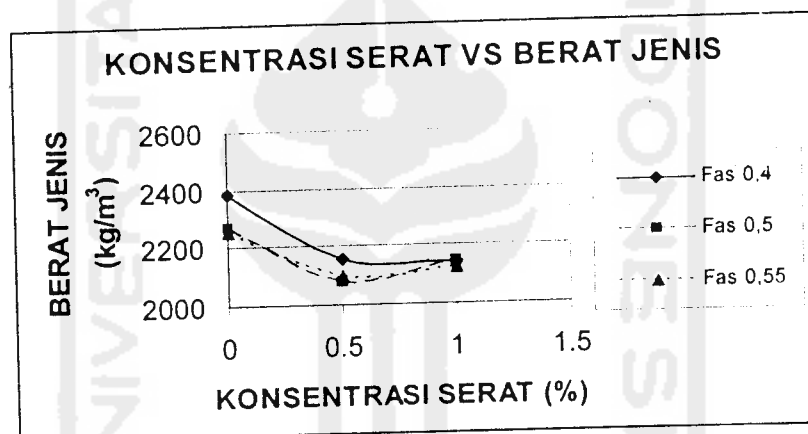
Fas	Berat jenis rerata beton uji kuat tekan ( $\text{kg/m}^3$ )		
	0%	0,5%	1%
0,4	2413,449	2351,732	2325,822
0,5	2411,398	2308,077	2312,574
0,55	2400,51	2301,774	2310,943



Gambar 5.1a Hubungan berat jenis beton dengan konsentrasi serat

Tabel 5.2b Berat jenis rerata beton untuk uji tarik

Fas	Berat jenis rerata benda uji kuat tarik ( $\text{kg/m}^3$ )		
	0%	0,5%	1%
0,4	2381,701	2156,201	2144,143
0,5	2270,426	2075,878	2141,776
0,55	2253,627	2095,059	2122,355



Gambar 5.1b Hubungan konsentrasi serat dengan berat jenis

Dari gambar 5.1 hubungan antara konsentrasi serat dengan berat jenis beton, diperoleh suatu kurva yang cenderung semakin menurun, hal ini disebabkan karena berat jenis serat kulit bambu lebih kecil, lebih ringan, dan serat bambunya menyusut. Sehingga mudah terjadi rongga udara disela-sela serat bambu. Tjokrodimuljo (1998) mengatakan apabila dalam beton terjadi rongga-rongga udara maka berat jenisnya mengalami penurunan. Sedangkan pengaruh fas

terhadap berat jenis beton semakin besar fas maka beton akan *porous* sehingga akan memiliki berat jenis yang kecil.

Penambahan serat kulit bambu, berat jenis beton yang didapat mengalami penurunan dibanding berat jenis beton tanpa serat. Hal ini disebabkan sumbangan dari berat jenis beton serat kulit bambu yang relatif lebih kecil terhadap berat beton normal karena berat jenis serat kulit bambu kecil sebesar  $0,758 \text{ gr/cm}^3$ .

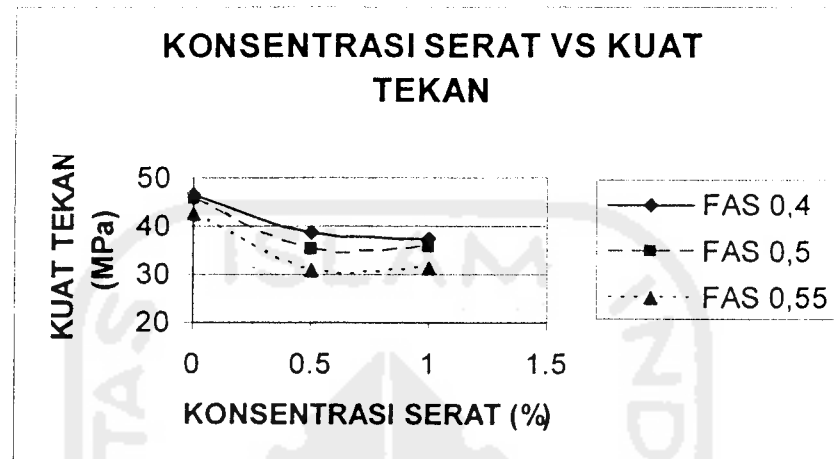
### 5.3 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap 6 benda uji untuk beton normal dan 9 benda uji untuk beton serat masing-masing variasi. Kuat tekan beton didapat dengan cara merata kuat tekan hasil uji. Penelitian ini menggunakan penambahan serat dengan konsentrasi serat 0%, 0,5% dan 1% dari berat beton.

Tabel 5.3 Peningkatan dan penurunan kuat tekan rerata beton serat terhadap beton tanpa serat

FAS	Konsentrasi serat				
	0%	0,5%		1%	
	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Penurunan	Kuat tekan (MPa)	Peningkatan Penurunan
0,4	46,611	38,537	(-) 17,25%	37,307	(-) 19,96%
0,5	45,737	35,418	(-) 22,56%	35,685	(-) 21,97%
0,55	42,746	30,963	(-) 27,56%	31,104	(-) 27,24%

Data hasil pengujian kuat tekan, selanjutnya digambarkan dalam bentuk grafik untuk diketahui pengaruh penambahan serat pada berbagai faktor air semen dan konsentrasi serat terhadap kuat tekan beton.



Gambar 5.2 Hubungan konsentrasi serat dengan kuat tekan

Berdasarkan gambar 5.2 hubungan konsentrasi serat dengan kuat tekan dapat diamati, bahwa semakin tinggi faktor air semen maka kuat tekan beton akan menurun. Pada penelitian ini jumlah air yang digunakan adalah tetap untuk setiap nilai factor air semen, sehingga dengan meningkatnya nilai faktor air semen maka terjadi pengurangan jumlah semen. Kelebihan jumlah air pada pasta semen akan mengakibatkan adanya pori dalam beton, sehingga beton menjadi *porous*, selain itu akan terjadi desakan air bersama semen kepermukaan adukan (*bleeding*) yang akan menyebabkan rongga-rongga beton, sehingga kuat tekan beton menurun.

Pada berbagai nilai faktor semen terjadi kecenderungan umum bahwa dengan adanya penambahan serat kulit bambu terjadi penurunan kuat tekan. Sudarmoko, 1991 (dalam Situmorang, 2003) menyatakan bahwa peningkatan kuat



tekan beton tidak terlalu banyak, disebabkan pada uji tekan kekuatan beton dipengaruhi oleh kekuatan bahan batuan. Pengurangan kuat tekan ini karena ikatan antara pasta semen dengan agregat menjadi terhalang dengan adanya serat dan juga serat kulit bambu menyerap air karena pasta semen sudah mengeras, bambu tidak dapat lagi menyerap air sehingga bambu akan menyusut dan keropos, proses ini menimbulkan rongga-rongga udara disekeliling serat bambu dan pasta semen yang berpengaruh terhadap daya lekat antara bambu dengan pasta semen.

Karena serat mempunyai kuat tekan yang rendah sehingga dimungkinkan kuat tekan serat tidak cukup memberikan kontribusi pada kekuatan tekan beton serat.

Pada pengamatan tampang pecah benda uji setelah pengujian menunjukkan beton tanpa serat pecah secara mendadak dan menimbulkan ledakan, sedangkan pada beton serat pecah terjadi secara perlahan tanpa bunyi ledakan. Jadi penurunan kuat tekan dapat diakibatkan serat kulit bambu adalah bahan yang lebih lunak dibanding beton.

Data pengujian dan gambar beton tanpa serat dan beton serat setelah pengujian dapat dilihat pada Lampiran 25 dan Lampiran 58.

#### **5.4 Kuat Tarik Beton**

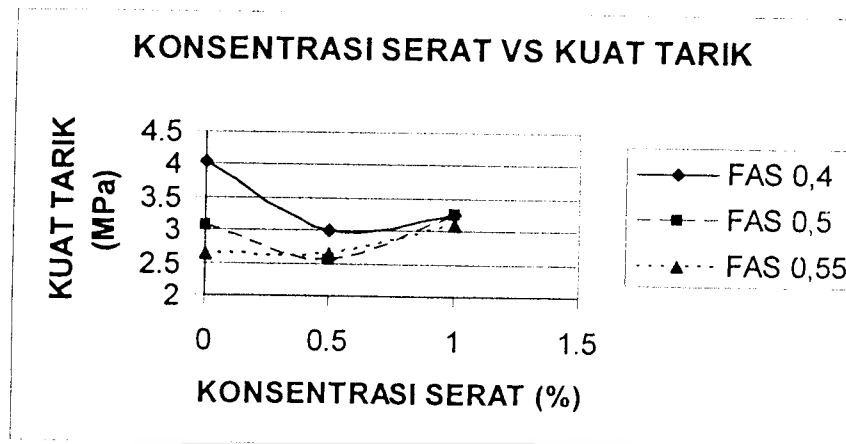
Pengujian tarik silinder beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Untuk beton normal diambil 3 benda uji tiap variasi fas, sedangkan beton serat diambil 9 benda uji setiap variasi fas. Pengujian tarik dilakukan dengan uji belah silinder (*tensile splitting cylinder*). Kuat tarik beton diperoleh dengan cara

mereratakan nilai kuat tarik silinder beton. Adapun data kuat tarik rerata silinder beton dapat dilihat pada Lampiran 59

Tabel 5.4 Peningkatan dan penurunan kuat tarik beton serat terhadap beton tanpa serat.

Fas	Konsentrasi serat				
	0%	0,5%		1%	
	Kuat tarik (MPa)	Kuat tarik (MPa)	Peningkatan Penurunan	Kuat tarik (MPa)	Peningkatan Penurunan
0,4	4.035	3,015	(-) 25,28%	3,243	(-) 19,63%
0,5	3,08	2,563	(-) 16,79%	3,237	(+) 5,10%
0,55	2,654	2,647	(-) 0,264%	3,103	(+) 16,92%

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh penambahan serat dan variasi faktor air semen terhadap kuat tarik dapat di buat gambar hubungan antara konsentrasi serat dengan kuat tarik, selengkapnya dapat dilihat pada gambar 5.3



Gambar 5.3 Hubungan konsentrasi serat dengan kuat tarik

Berdasarkan gambar 5.3. dapat diambil kesimpulan bahwa pada beton normal, semakin tinggi faktor air semen maka kuat tarik beton akan menurun. Pada penelitian ini jumlah air yang digunakan adalah tetap untuk setiap nilai faktor air semen, sehingga dengan meningkatnya nilai faktor air semen maka terjadi pengurangan jumlah semen. Kelebihan jumlah air pada pasta semen akan mengakibatkan adanya pori dalam beton, sehingga beton menjadi *porous*, selain itu akan terjadi desakan air bersama semen kepermukaan adukan (*bleeding*) yang akan menyebabkan rongga-rongga beton, sehingga kuat tarik beton menurun.

Pada konsentrasi 0,5% dengan berbagai faktor air terjadi penurunan kuat tarik. Hal ini di mungkinkan jumlah serat yang di tambahkan tidak cukup banyak menurunkan fas dan kontribusi kuat tarik seratnya kecil terhadap kekuatan tarik beton serat.

Pada konsentrasi 1% dengan fas 0,5 dan 0,55 mengalami peningkatan dari beton normal. Hal ini dimungkinkan kelecakannya lebih baik sehingga

pengerjaannya lebih mudah, dimana sifat menyerap serat kulit bambu menyebabkan terserapnya air yang ada dalam adukan sehingga fas menjadi berkurang. Berkurangnya fas ini memberikan kontribusi terhadap kenaikan kuat tarik beton serat, seperti halnya terjadi pada beton normal (Neville dan Brooks, 1987 dalam Munir, 1996). Serat kulit bambu mempunyai kuat tarik yang besar sehingga dimungkinkan mampu memberikan kontribusi terhadap kekuatan tarik beton serat.

Pada pengamatan tampang pecah dan retak benda uji setelah dilakukan pengujian menunjukkan bahwa beton tanpa serat pecah secara mendadak dan terbelah secara sempurna menjadi 2 bagian yang rebah kesamping disertai dengan adanya ledakan. Sedangkan pada beton serat kulit bambu retak silinder terjadi secara perlahan-lahan tanpa ada bunyi ledakan, Hal ini terjadi karena energi tarikan ditahan oleh serat-serat yang ada dalam beton.

Data pengujian dan gambar tampang belah silinder beton setelah pengujian baik beton tanpa serat maupun beton serat dapat dilihat pada Lampiran 26, Lampiran 27 dan Lampiran 59.

### **5.5 Modulus Elastisitas**

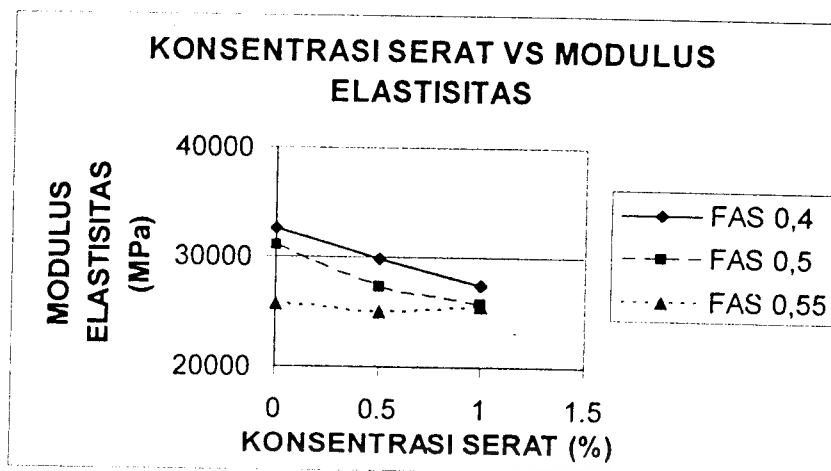
Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Adapun dari pengujian modulus elastisitas beton akan diperoleh tegangan dan regangan yang selanjutnya dapat dicari nilai modulus elastisitas beton. Tdokrodumuljo (1996) serat yang dibuat dari *polypropylene*, *nilon* atau serat tumbuhan, karena modulus elastisitasnya yang rendah maka tampak kurang

efektif dalam mengurangi retak, dan membuat beton menjadi daktail. Dari hasil penelitian didapat modulus elastisitas seperti Tabel 5.5 dibawah ini

Tabel 5.5 Modulus elastisitas beton dengan penambahan serat kulit bambu

Fas	Konsentrasi serat				
	0%	0,5%		1%	
	Ec (MPa)	Ec (MPa)	Penaikan Penurunan	Ec (MPa)	Penaikan Penurunan
0,4	32630,23	29787,14	(-) 8,71%	27419,21	(-) 19,0%
0,5	30986,88	27226,45	(-) 12,14%	25686,76	(-) 20,63%
0,55	25769,22	25046,07	(-) 2,8%	25494,91	(-)1,06%

Untuk mengetahui penambahan serat di buat gambar hubungan konsentrasi serat dengan modulus elastisitas. Data lengkap dapat dilihat pada Lampiran 60.



Gambar 5.4 Hubungan konsentrasi serat dengan modulus elastisitas

Berdasarkan gambar 5.4 menunjukkan kecenderungan yaitu modulus elastisitas beton menurun pada peningkatan faktor air semen. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut, pada jumlah air yang sama peningkatan faktor air semen berarti pengurangan jumlah semen, sedangkan jumlah air untuk hidrasi hanya sekitar 25% dari berat semennya. Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi. Proses hidrasi ini akan mengakibatkan pasta semen yang telah mengeras merupakan struktur yang berpori. Kelebihan air akan membuat pasta semen semakin banyak pori (*porous*). Selain itu air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar (*bleeding*), adanya *bleeding* ini akan mengakibatkan rongga-rongga pada beton yang akan mengurangi kekuatannya. Maka pada pembebanan yang sama benda uji yang lebih lemah akan mengalami regangan yang lebih besar sehingga modulus elastisitas beton lebih rendah.

Dengan penambahan konsentrasi serat terjadi penurunan modulus elastisitas, hal ini disebabkan serat kulit bambu adalah serat tumbuhan (alami) yang mempunyai modulus elastisitasnya rendah dan serat kulit bambu mengalami penyusutan yang mengakibatkan kuat tekan menurun dan modulus elastisitasnya juga menurun.

Gambar pengujian modulus elastisitas dan gambar benda uji setelah dilakukan pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada lampiran 28.

