

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Tinjauan Umum**

Hasil penelitian yang diperoleh selama Tugas Akhir meliputi analisa agregat halus, analisa agregat kasar, analisa sifat fisik dan mekanik rotan, *mix design*, pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur balok beton normal, pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur balok beton serat rotan pada umur 28 hari dibahas dalam bab ini. Pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan kuat lentur balok beton dilakukan untuk mengetahui apakah dengan malakukan penambahan sejumlah serat rotan dapat meningkatkan mutu beton normal, terutama meningkatkan kuat tarik beton. Dimana kuat tarik beton yang kecil merupakan salah satu kelemahan dari beton normal.

#### **5.2 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Halus**

Pemeriksaan sifat fisik agregat halus dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang akan digunakan sebagai salah satu material penyusun beton. Agregat halus mempunyai peran yang penting dalam mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Untuk mendapatkan kualitas beton yang baik maka perlu dilakukan pemeriksaan agregat. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kandungan lumpur, dan pengujian modulus halus butir

##### **5.2.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus**

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus**

<b>Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>			
	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Sampel 3</b>	<b>Rata-rata</b>
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	483,2	483,6	486,4	484,4
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1047,5	1020,6	1178,5	1082,2
Berat piknometer berisi air, gram (B)	733,8	706,5	862	767,433
Berat jenis curah ( $Bk/(B + 500 - Bt)$ )	2,59	2,60	2,65	2,61
Berat jenis kering muka ( $500/(B + 500 - Bt)$ )	2,68	2,69	2,72	2,69
Berat jenis semu, $Bk/(B + Bk - Bt)$	2,85	2,85	2,86	2,85
Penyerapan air, ( $500 - Bk)/Bk \times 100\%$ )	3,5	3,4	2,79	3,23

.Berdasarkan SK.SNI.T-15-1990:1 angka berat jenis kering muka normal berada di antara 2,5-2,7. Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh berat jenis kering muka sebesar 2,69. Hal ini berarti agregat yang digunakan telah memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan beton. Berdasarkan Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa penyerapan air rata-rata yang terjadi pada agregat halus adalah sebesar 3,23 %.

### 5.2.2 Uji Kandungan Lumpur Agregat Halus

Hasil yang diperoleh dari pengujian kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Data Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus**

<b>Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>	
	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	476,6	480,6
Persen berat yang lolos saringan No. 200 $[(W1 - W2)/W1] \times 100\%$	4,68%	3,88%
Kadar lumpur rata - rata %	4,28%	

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) pasir yang bisa yang digunakan untuk bahan bangunan jika kandungan lumpurnya tidak lebih dari 5% (lima persen). Dari Tabel 5.2 dapat dilihat kandungan lumpur pada pasir sebesar 4,28%. Hal ini menunjukkan bahwa pasir tersebut langsung dapat digunakan dalam pembuatan beton tanpa harus dicuci terlebih dahulu.

### 5.2.3 Modulus Halus Butir Agregat Halus

Hasil pengujian modulus halus butir agregat halus didapatkan data secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Modulus Halus Butir Agregat Halus**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,8	66	3,308	3,308	96,692
2,4	116	5,815	9,123	90,877
1,2	455	22,807	31,930	68,070
0,6	580	29,073	61,003	38,997
0,3	518	25,965	86,967	13,033
0,15	205	10,276	97,243	2,757
Sisa	55	2,757	100	0
Jumlah	1995	100	289,574	

Berdasarkan Tabel 5.3, maka nilai modulus halus butir (MHB) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{289,574}{100} = 2,896$$

Sesuai dengan syarat SNI 03-1750-1990 modulus halus butir yaitu 1,5 - 3,8. Oleh karena itu pasir yang digunakan cukup baik dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI.

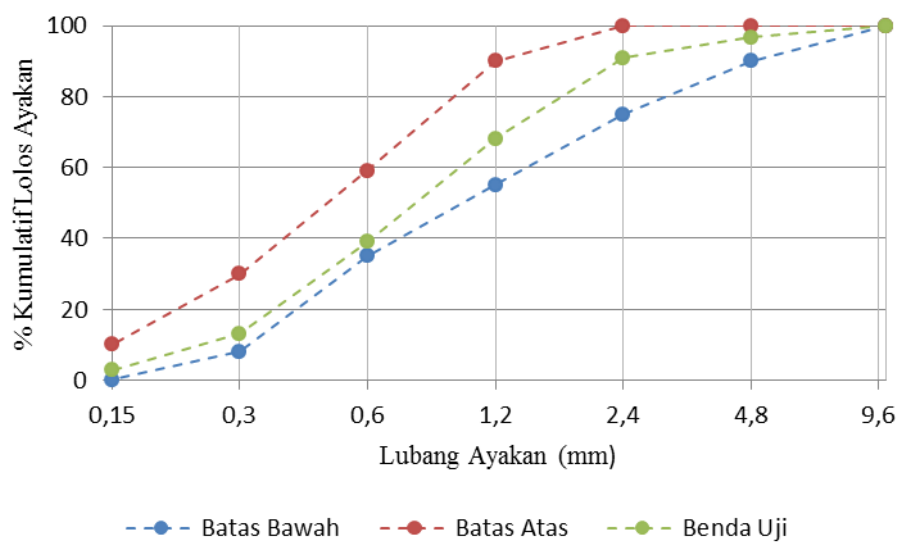
Hasil pengujian MHB digunakan untuk menentukan daerah gradasi pada agregat halus. Penentuan daerah gradasi agregat halus berdasarkan persentase berat butir agregat lolos ayakan yang dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Gradasi Pasir

No. Ayakan	Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
8	2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
16	1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
30	0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
50	0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
100	0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2000)

Berdasarkan tabel gradasi pada Gambar 5.4, gradasi yang dihasilkan dari pengujian MHB agregat halus berada dalam batas yang disyaratkan, gradasi tersebut berada pada daerah II dengan jenis gradasi pasir agak kasar, dan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan yang dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus

### 5.3 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material penyusun beton dengan presentase paling besar dibandingkan dengan material penyusun beton lainnya. Sangat penting untuk mengetahui sifat agregat kasar karena agregat kasar memberikan pengaruh besar terhadap kekuatan beton. Pengujian agregat kasar yang dilakukan sama dengan pengujian agregat halus, hanya saja untuk agregat tidak dilakukan pengujian kadar lumpur karena agregat kasar telah dicuci sebelum digunakan. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air, dan pengujian modulus halus butir.

#### 5.3.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar**

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus				
Uraian	Hasil Pengamatan			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	1618,48	1609,32	1618,37	1615,39
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	1000,4	1000	1000,4	1000,267
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	1586,89	1572,20	1588,96	1582,683
Berat jenis curah ( Bk/(Bj - Ba))	2,567	2,580	2,580	2,576
Berat jenis kering muka ( Bj/(Bj - Ba))	2,619	2,641	2,624	2,628
Berat jenis semu, Bk/(Bk - Ba)	2,706	2,748	2,699	2,718
Penyerapan air, ( Bj - Bk)/Bk x 100% )	1,99%	2,36%	1,73%	2,03%

Berdasarkan SK.SNI.T-15-1990:1 angka berat jenis kering muka normal berada di antara 2,5-2,7. Dari Tabel 5.5 dapat dilihat hasil dari pengujian berat jenis jenuh kering muka didapatkan angka rata-rata sebesar 2,628. Hal ini berarti agregat yang digunakan telah memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan beton. Berdasarkan Tabel 5.5 dapat dilihat bahwa penyerapan air rata-rata sebesar 2,03 %.

### 5.3.2 Modulus Halus Butir Agregat Kasar

Hasil pengujian modulus halus butir agregat kasar didapatkan data secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6 Modulus Halus Butir Agregat Halus**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	70,92	4,739	4,739	95,3
10	682,06	45,575	50,314	49,69
4,8	604,12	40,367	90,681	9,32
2,4	98,2	6,562	97,242	2,76
1,2	30,16	2,015	99,258	0,74
0,6	0	0	99,258	0,74
0,3	0	0	99,258	0,74
0,15	0	0	99,258	0,74
Sisa	11,11	0,742	100	0
Jumlah	1496,57	100	640,674	

Berdasarkan data dari Tabel 5.6, maka dapat dihitung nilai modulus halus butir:

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{640,674}{100} = 6,407$$

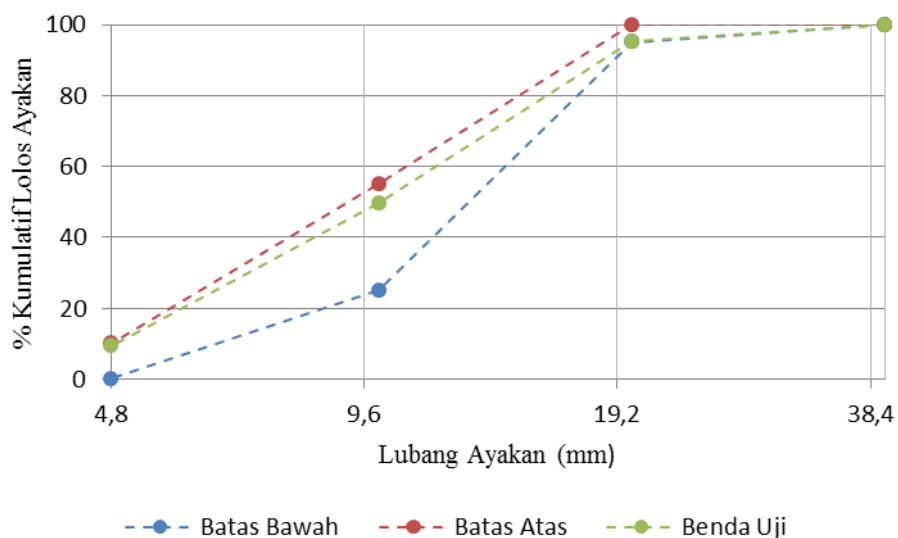
Hasil pengujian MHB sesuai dengan syarat SNI 03-1968-1990 modulus halus butir yaitu 5 - 8. Penentuan daerah gradasi agregat kasar berdasarkan persentase berat butir agregat lolos ayakan yang dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7 Gradasi Kerikil**

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat Yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Agregat Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4,8	0 - 5	0 - 10

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2000)

Gradasi yang dihasilkan dari pengujian MHB agregat kasar berada dalam batas besar butir maksimum 20 mm, dan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan yang dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Gradasi Agregat Kasar

#### 5.4 Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanik Rotan

Rotan merupakan salah satu alternatif serat yang dapat ditambahkan pada campuran beton untuk meningkatkan mutu beton. Penting untuk mengetahui karakteristik rotan yang akan digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Rotan yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik agar mampu meningkatkan mutu beton yang dihasilkan. Sebagai bahan tambah rotan diharapkan mampu menjadi tulangan mini yang tersebar merata pada beton, sehingga akan meningkatkan kuat tarik beton.

Rotan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis rotan cacing (*Calamus Heterodieus*). Persebaran rotan jenis ini terdapat pada daerah Kalimantan, Jawa, dan Sumatera. Rotan jenis ini biasanya digunakan sebagai bahan pembuat kerajinan meubel peralatan rumah tangga seperti kursi, meja, dan lain-lain.

#### 5.4.1 Pemeriksaan Berat Volume Rotan

Hasil pengujian berat volume rotan secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8 Berat Volume Rotan**

Pemeriksaan Berat Volume Rotan				
Uraian	Hasil Pengamatan			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Panjang rotan (mm)	900	900	900	900
Diameter rotan (mm)	14,6	16,1	15,6	15,43
Volume rotan (mm <sup>3</sup> )	150673,92	183224,75	172021,05	168639,91
Berat rotan (gr)	78,3	89,64	87,3	85,08
Berat volume rotan (kg/m <sup>3</sup> )	519,67	489,24	507,50	505,47

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil berat volume rotan sebesar 505,47 kg/m<sup>3</sup>. Berat volume rotan jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan material-material penyusun beton yang lain seperti kerikil, pasir, dan air.

#### 5.4.2 Pemeriksaan Kuat Tarik Rotan

Data pengujian kuat tarik rotan dapat dilihat pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9 Kuat Tarik Rotan**

Pemeriksaan Kuat Tarik Rotan				
Uraian	Hasil Pengamatan			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Panjang rotan (mm)	900	900	900	900
Diameter rotan (mm)	14,6	16,1	15,6	15,43
Beban tarik maksimum (kg)	570	635	620	608,33
Kuat tarik rotan (MPa)	33,40	30,60	31,82	31,94
Waktu Pengujian	13' 50"	10' 20"	13' 20"	12' 30"

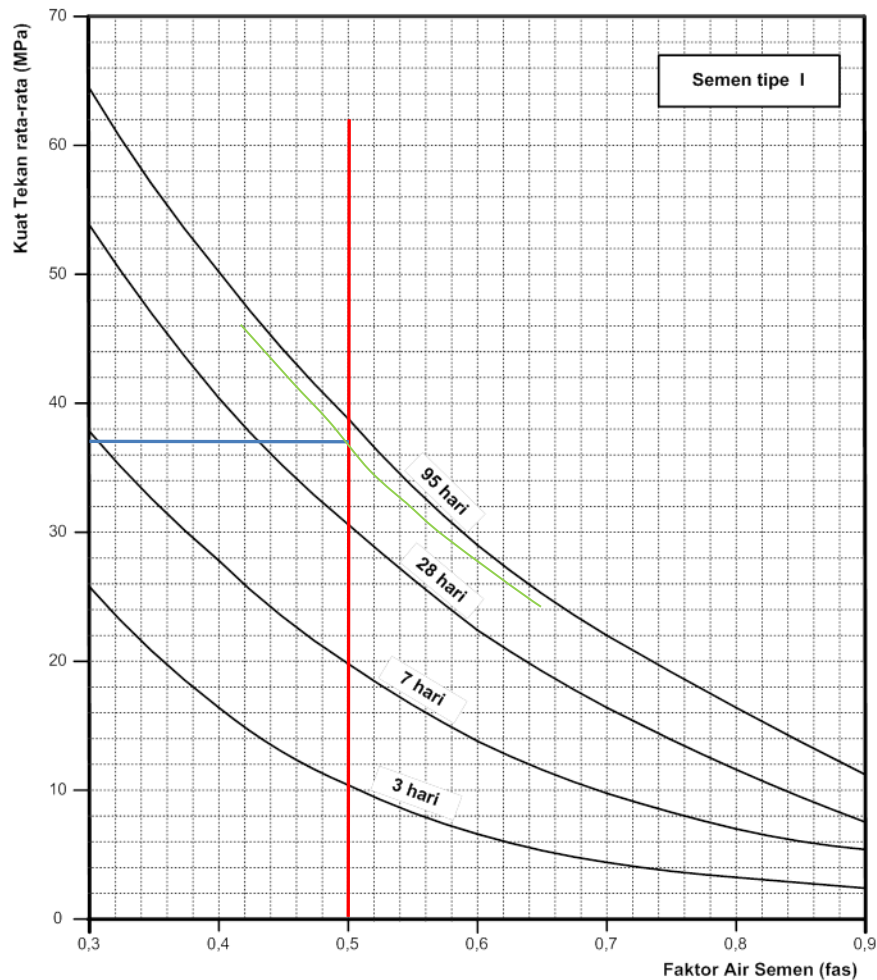
Dari Pengujian yang telah didapatkan diperoleh hasil kuat tarik rotan sebesar 31,94 MPa.

### 5.5 Mix Design Beton

Perhitungan *mix design* pada penelitian ini mengacu pada SNI-03-2834-2000. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *mix design* :



1. Kuat tekan yang direncanakan = 25 MPa
2. Menentukan nilai tambah (M)  
 Nilai tambah dapat dilihat pada Tabel 3.3, karena jumlah pengujian setiap variasi yang di buat adalah 9 buah maka jumlah data uji tersebut kurang dari 15 buah, oleh karena itu kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f'_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari ( $f'_{c} + 12$  MPa).
3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan  $(f'_{cr}) = f'_{c} + M$   
 $f'_{cr} = 25 + 12$   
 $f'_{cr} = 37$  Mpa
4. Jenis semen ditetapkan menggunakan semen portland tipe 1
5. Jenis agregat halus yang digunakan yaitu alami yang berasal dari lereng Gunung Merapi
6. Agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah yang berasal dari daerah Clereng dengan ukuran maksimum 20 mm
7. Faktor air semen ditentukan berdasarkan kuat tekannya. Berikut urutan menentukan Faktor Air Semen (FAS) :
  - a. Berdasarkan Tabel 3.5 , jenis semen tipe 1 , jenis agregat kasar batu pecah benda uji silinder kuat tekan pada umur 28 hari adalah 37 MPa.
  - b. Tarik garis pada kuat tekan 37 MPa sampai menyentuh garis tepat tegak lurus pada nilai fas 0,5. Tarik garis perpotongan berbentuk melengkung menyentuh garis kuat tekan 37 MPa dan nilai fas 0,5, lihat Gambar 5.3.
  - c. Lalu tarik garis  $f'_{cr}$  rencana = 37 MPa sampai menyentuh garis lengkung, lalu tarik tegak lurus kebawah hingga didapat nilai fas = 0,5



Gambar 5.3 Penentuan Faktor Air Semen  
(Benda Uji Berbentuk Silinder Dengan Diameter 150 mm x Tinggi 300 mm)  
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

#### 8. Penetapan kebutuhan air

Penentuan kebutuhan air dapat digunakan berdasarkan pada Tabel 3.6, berikut urutan penentuan kebutuhan air :

- a. Dari Tabel 3.6 ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar adalah 20 mm.
- b. Penetapan nilai slump, nilai slump berpengaruh terhadap *workability*, pada penelitian ini penetapan nilai slump sebesar 60-180 mm.

c. Maka diperoleh :

Batu tak dipecahkan / alami (Wh) = 195

Batu pecah (Wk) = 225

d. Kebutuhan Air =  $\frac{2}{3}$  Wh +  $\frac{1}{3}$  Wk

Kebutuhan Air =  $\frac{2}{3}$  195 +  $\frac{1}{3}$  225 = 205 kg

9. Penetapan jumlah semen minimum

Berdasarkan Tabel 3.4 didapatkan penentuan jumlah semen minimum sebagai berikut :

Jumlah semen = kebutuhan air / fas

Jumlah semen = 205 / 0,5

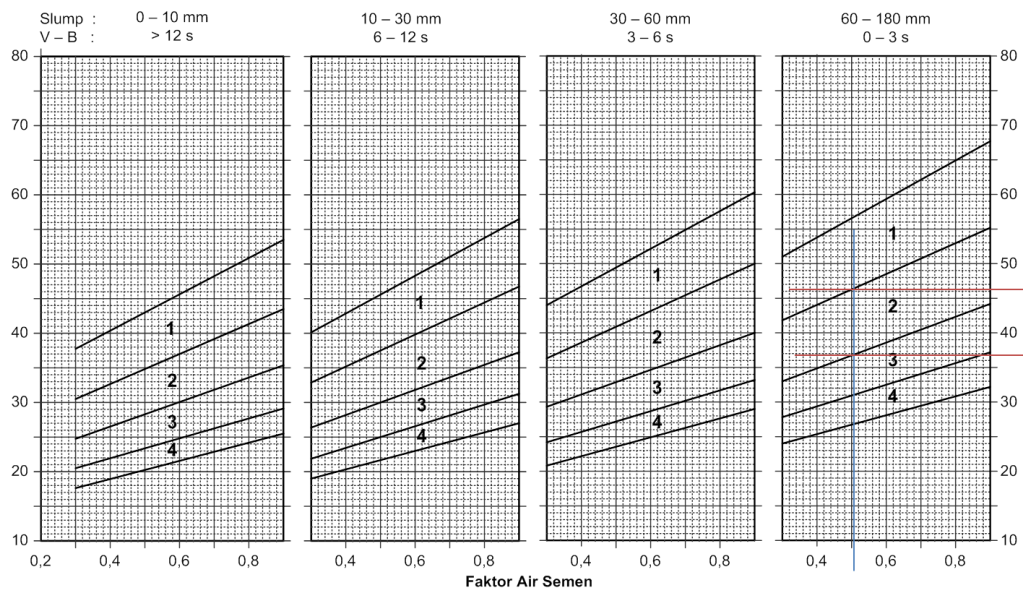
Jumlah semen = 410 kg

Kadar semen minimum dengan jenis pembetonan beton di dalam ruangan bangunan serta beton keadaan keliling tidak korosif adalah 275 kg. Berdasarkan perhitungan jumlah semen lebih besar dibandingkan dengan kadar semen minimum maka digunakan jumlah semen yaitu 410 kg.

10. Penentuan presentase agregat

Penentuan presentase agregat dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Menentukan batas bawah dan batas atas terlebih dahulu pada Gambar 5.4 di bawah. Pertama menentukan titik faktor air semen (fas) yaitu 0,5 berdasarkan perhitungan sebelumnya.
- b. Setelah faktor air semen (fas) sudah ditentukan lalu menarik garis lurus pada gradasi yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu gradasi 2
- c. Setelah garis faktor air semen (fas) sudah bersinggungan dengan garis batas gradasi 2, cara selanjutnya adalah dengan menarik garis tegak lurus ke arah kanan, sehingga didapatkan batas bawah dan batas atasnya.



Gambar 5.4 Penentuan Presentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat  
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

d. Dari Gambar 5.4 didapatkan sebagai berikut :

Batas bawah : 36,8

Batas atas : 46,2

Prosentase agregat halus :  $\frac{36,8+46,2}{2} = 41,55\%$

Prosentase agregat kasar :  $100\% - 41,55\% = 59,45\%$

11. Berat jenis agregat

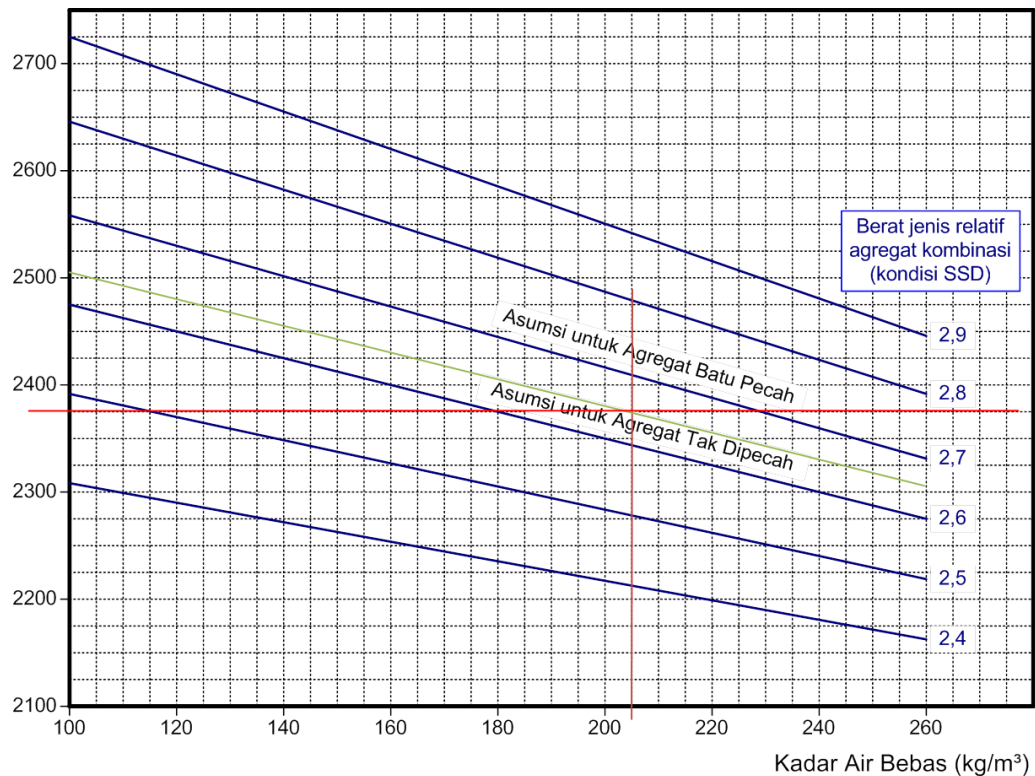
a. Berat jenis *SSD* pasir : 2,69

b. Berat jenis *SSD* kerikil : 2,63

Berat jenis gabungan :  $(\frac{41,55}{100} \times 2,69) + (\frac{59,45}{100} \times 2,63) = 2,65$

12. Menentukan berat isi beton

Penentuan berat isi beton pada penelitian ini menggunakan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Perkiraan Berat Isi Beton Basah Setelah Dipadatkan  
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Dari Gambar 5.5 diperoleh berat isi beton sebesar 2375 kg/m<sup>3</sup>.

13. Penentuan berat agregat campuran

Berat Agregat Campuran = Berat Isi beton – berat semen – berat Air

Berat Agregat Campuran = 2375 – 410 – 205

Berat Agregat Campuran = 1760 kg/m<sup>3</sup>

14. Penentuan berat agregat halus dan kasar yang diperlukan

Berat Agregat Halus =  $\frac{41.55}{100} \times 1760 \text{ kg/m}^3 = 731,28 \text{ kg/m}^3$

Berat Agregat Kasar =  $\frac{51.45}{100} \times 1760 \text{ kg/m}^3 = 1046,32 \text{ kg/m}^3$

15. Rekapitulasi *mix design* beton normal dengan menggunakan metode SNI 03—2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10 Rekapitulasi Mix Design Beton Normal Menggunakan Metode SNI 03-2834-2000**

<b>N0</b>	<b>Uraian</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
1	Kuat tekan rencana ( $f_c$ )	25	MPa
2	<i>Deviasi Standart</i>	-	
3	Nilai Tambah	12	
4	Kuat Tekan Beton Ditargetkan ( $f_{cr}$ )	37	MPa
5	Jenis Semen	Tipe 1	
6	Jenis Agregat Kasar	Batu Pecah	
	Jenis Agregat Halus	Alami	
7	Faktor Air Semen Bebas	0,5	
	Faktor Air Semen Maksimum	0,6	
8	Faktor air semen ( $f_{as}$ )	0,5	
9	Slump	60-180	mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm
11	Kadar Air Bebas	205	kg
12	Kadar Semen	410	kg
13	Kadar Semen Maksimum	-	
14	Kadar Semen Minimum	275	kg
15	Kadar Semen Digunakan	410	kg
16	Faktor Air Semen Disesuaikan		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Gradasi 2	
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,69	
	Berat Jenis Agregat Kasar	2,63	
19	Persen Agregat Halus	41,55	%
20	Berat Jenis Relatif Agregat (gabungan) SSD	2,65	
21	Berat Isi beton	2375	kg/ m <sup>3</sup>
22	Kadar Agregat Gabungan	1760	kg/ m <sup>3</sup>
23	Kadar agregat halus	731,28	kg/ m <sup>3</sup>
24	Kadar agregat kasar	1046,32	kg/ m <sup>3</sup>
25	Kebutuhan Semen	17,958	9 Sampel (kg)
26	Kebutuhan Air	8,979	9 Sampel (kg)
27	Kebutuhan Agregat Halus	32,030	9 Sampel (kg)
28	Kebutuhan Agregat Kasar	45,829	9 Sampel (kg)
29	Kebutuhan Serat Rotan	0,9	45 Sampel (kg)

16. Rekanan material yang dibutuhkan dalam membuat 45 benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.11.

**Tabel 5.11 Rekapitulasi Kebutuhan Material**

Kode Beton	Jumlah Benda Uji	Volume Benda Uji (m <sup>3</sup> )	Material				
			Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Serat Rotan (kg)
BN	9	0,0438	17,958	8,979	32,030	45,829	0
BSR 0,5	9	0,0438	17,958	8,979	32,030	45,829	0,09
BSR 1	9	0,0438	17,958	8,979	32,030	45,829	0,18
BSR 1,5	9	0,0438	17,958	8,979	32,030	45,829	0,27
BSR 2	9	0,0438	17,958	8,979	32,030	45,829	0,36
Total	45	0,1752	89,79	44,895	160,15	229,145	0,9

### 5.6 Hasil Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengukur tingkat kelecakan adukan beton segar. Kelecakan adukan beton berhubungan dengan tingkat kemudahan atau kesukaran beton segar dapat dikerjakaan (*workability*). *Workability* pada beton berhubungan dengan kerapatan campuran beton, kelekatan adukan pasta semen, kemampuan air beton segar, kemampuan beton segar dalam mempertahankan kerataan, kelekatan kelekatan jika dipindahkan dengan alat angkut, indikasi apaha beton masih dalam kondisi plastis, dan kemudahan ketika dipadatkan.

Hasil pengujian *slump* diperoleh data secara numerik yang dapat dilihat pada Tabel 5.12.

**Tabel 5.12 Nilai *Slump* Beton**

Kode Benda Uji	Kadar Rotan (%)	Nilai <i>Slump</i> (mm)
BN	0	105
BSR 0,5	0,5	81
BSR 1	1	73
BSR 1,5	1,5	55
BSR 2	2	47

Tabel 5.12 dan Gambar 5.9 menunjukkan bahwa pada nilai *slump* pada beton normal lebih tinggi daripada beton serat. Dan dengan seiring bertambahnya kadar rotan dalam campuran beton tersebut nilai *slump* beton serat mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena bertambahnya kadar rotan menurunkan tingkat kelecakan campuran beton. Menurunnya tingkat kelecakan berarti menurunkan *workability* dari campuran beton tersebut.

Menurunnya nilai *slump* campuran beton hingga melebihi batas nilai *slump* yang direncanakan berpengaruh terhadap kualitas beton yang dihasilkan. Hal ini disebabkan nilai *slump* yang terlalu rendah menyebabkan beton sangat sulit untuk dipadatkan. Karena proses pemadatan yang tidak bisa maksimal maka banyak rongga udara yang masih terjebak dalam campuran beton ketika dipadatkan. Banyaknya rongga udara mengakibatkan beton lebih keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Beton dengan kadar serat rotan 1,5% dan 2% secara fisik bagian luar mengindikasikan banyaknya rongga udara akibat nilai *slump* campuran beton serat yang di bawah batas minimal nilai *slump* rencana. Hal ini mengakibatkan kurang maksimalnya pemadatan pada campuran beton tersebut. Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 menunjukkan permukaan beton yang terdapat banyak rongga akibat nilai *slump* campuran beton di bawah batas minimal nilai *slump* rencana. Gambar 5.8 merupakan penampakan fisik beton serat rotan kadar 1% yang berfungsi sebagai pembanding dari Gambar 5.6 dan Gambar 5.7





Gambar 5.6 Silinder BSR 1,5 Sebelum Diuji

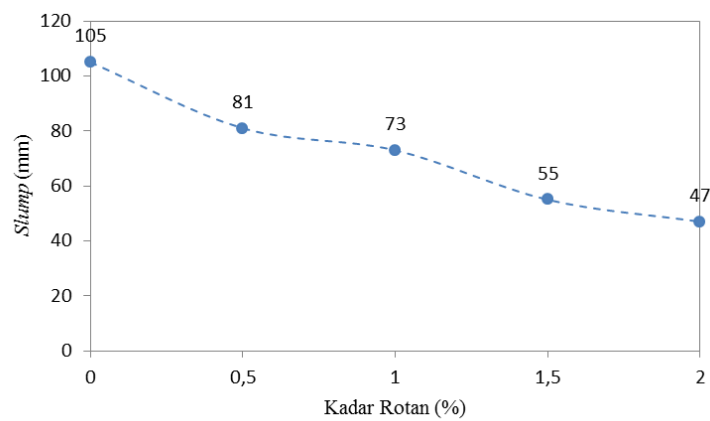


Gambar 5.7 Silinder BSR 2 Sebelum Diuji



Gambar 5.8 Silinder BSR 1 Sebelum Diuji

Hasil pengujian *slump* yang diperoleh serupa dengan penelitian yang dilakukan Suhardiman (2011) pada beton serat dengan bambu ori bahwa serat bambu ori berpengaruh terhadap kelecakan beton. Semakin banyak kadar serat dalam campuran beton tersebut maka akan semakin menurunkan kelecakan campuran beton tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan nilai *slump* yang didapatkan.



Gambar 5.9 Grafik Nilai *Slump* Beton

### 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton pada benda uji umur 28 hari secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan secara grafis dapat dilihat pada Gambar 5.10.

**Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton**

Kode Benda Uji	Berat Silinder Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	12981	150,27	303,03	450	25,374	26,332
	12918	151,20	301,73	490	27,290	
	12902	151,27	302,27	345	19,197	
BSR 0,5	13066	152,03	302,30	510	28,093	27,738
	12879	150,67	300,87	490	27,483	
	13169	152,53	305,07	505	27,636	
BSR 1	13118	151,50	304,90	450	24,963	29,714
	12673	150,50	301,27	540	30,355	
	13183	151,63	305,30	525	29,072	
BSR 1,5	13125	151,17	304,47	420	23,402	22,672
	12850	150,50	302,10	400	22,485	
	12861	149,80	303,20	390	22,128	
BSR 2	12969	151,27	304,83	370	20,589	19,513
	12692	150,53	300,47	350	19,666	
	12806	150,43	304,10	325	18,285	

Tabel 5.13 menunjukkan bahwa dengan melakukan penambahan serat rotan diperoleh kuat tekan rata-rata beton normal, beton serat rotan 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berturut-turut sebesar 26,332 MPa, 27,738 MPa, 29,714 MPa, 22,672 MPa, dan 19,513 MPa. Pada benda uji beton normal (BN) diperoleh rata-rata kuat tekan beton dari rata-rata dua kuat tekan beton saja, karena salah satu data kuat tekan beton tidak memenuhi syarat diterimanya kuat tekan yang dihasilkan, yaitu sebesar  $\geq 0,85 f'c$ . Pada benda uji beton serat rotan kadar 1% (BSR 1) diperoleh rata-rata kuat tekan beton dari rata-rata dua kuat tekan beton saja, karena salah satu data kuat tekan memiliki nilai terlalu kecil bila dibandingkan dengan dua data yang lain. Hal tersebut merupakan normalisasi data yang bertujuan untuk

mempermudah pemodifikasian data dan menghilangkan anomali data. Anomali data merupakan situasi dimana nilai yang dirubah menyebabkan inkonsistensi data, dengan kata lain data yang diubah tidak sesuai dengan yang diperintahkan atau diinginkan.

Penambahan serat rotan sebesar 0,5% dan 1% dari berat semen terbukti dapat menambah kekuatan tekan beton. Hal ini disebabkan serat rotan yang dicampurkan dapat berfungsi dengan baik sebagai tulangan mini (*mini reinforced*) yang meningkatkan mutu beton. Serat rotan dapat tersebar merata pada campuran beton dengan melakukan teknik pencampuran yang benar serta menggunakan kerikil dengan ukuran maksimal 20 mm. Ukuran kerikil maksimal 20 mm memudahkan pergerakan serat rotan pada campuran beton ketika proses *mixing*.

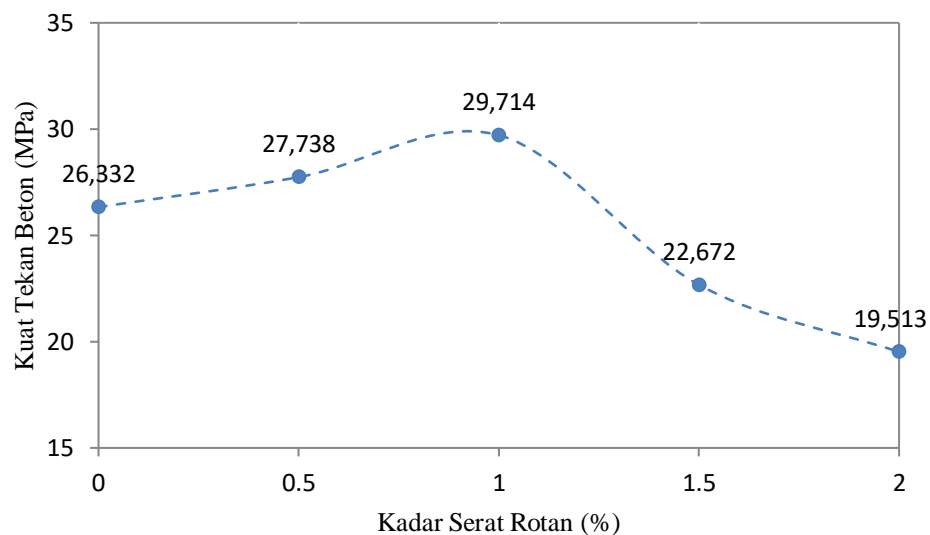
Kemampuan semen dalam merekatkan material-material penyusun beton tergantung pada jumlah semen dan luas permukaan seluruh material penyusun beton yang harus direkatkan. Jumlah semen yang digunakan pada benda uji beton normal dengan benda uji beton serat rotan jumlahnya sama. Penambahan serat rotan dengan kadar 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% akan menambah luas daerah yang harus direkatkan oleh semen. Secara teori dengan jumlah semen yang sama pada benda uji beton normal, dan semakin bertambahnya kadar serat rotan dalam campuran maka akan semakin menurunkan kemampuan semen dalam merekatkan material-material penyusun beton. Menurunnya kemampuan semen dalam merekatkan material-material penyusun beton akan berdampak pada mutu beton yang dihasilkan.

Hasil pengujian kuat tekan beton pada benda uji dengan penambahan kadar serat rotan 0,5% dan 1% menunjukkan peningkatan kuat tekan beton. Hal ini menunjukkan penambahan serat rotan pada kadar 0,5% dan 1% tidak mempengaruhi kemampuan semen melekatkan material-material penyusun beton, meskipun terdapat penambahan luas daerah material penyusun beton yang harus direkatkan oleh semen akibat penambahan serat rotan.

Penambahan kadar serat rotan sebesar 1,5% dan 2% dari berat semen menghasilkan kuat tekan beton yang menurun. Hal ini disebabkan penambahan serat rotan sebesar 1,5% dan 2% menambah luas permukaan material penyusun

beton dalam jumlah banyak yang harus dilekati oleh semen. Dengan semakin banyaknya luas permukaan yang harus direkatkan oleh semen tetapi tidak ada penambahan jumlah semen atau dengan kata lain jumlah semen yang digunakan pada campuran beton serat sama dengan jumlah semen pada campuran beton normal. Pada kondisi tersebut semen akan mengalami penurunan kekuatan untuk melekatkan material penyusun beton yang menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

Pada penelitian Ariatama (2014) penambahan serat kawat berkait pada kadar 2% meningkatkan mutu beton normal. Terdapat perbedaan hasil antara penelitian ini dengan penelitian Ariatama. Perbedaan ini disebabkan perbedaan jenis serat yang ditambahkan pada campuran beton normal. Serat kawat yang digunakan Ariatama (2014) memiliki berat volume rata-rata  $7.520 \text{ kg/m}^3$ , sedangkan berat volume rata-rata rotan yang digunakan pada penelitian ini sebesar  $505,47 \text{ kg/m}^3$ . Berat volume rotan hampir 12 kali lebih ringan dari serat kawat. Semakin ringan berat volume suatu benda maka akan semakin banyak pula luas permukaan yang dihasilkan. Dengan dasar teori tersebut penambahan kadar serat rotan sebesar 1,5% dan 2% menurunkan mutu beton.



Gambar 5.10 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton yang diperoleh serupa dengan hasil penelitian yang dilakukan Suhardiman (2011) pada beton serat kulit bambu ori bahwa penambahan serat dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kadar rotan yang melebihi kadar rotan optimum mengakibatkan penurunan kekuatan tekan beton. Dalam penelitian Suhardiman (2011) diperoleh peningkatan kekuatan tekan beton pada kadar serat bambu ori 1% dan berturut-turut menurun pada kadar rotan 1,5% dan 2%.

Detail penambahan kuat tekan beton dalam setiap kadar serat rotan dapat dilihat pada Tabel 5.14.

**Tabel 5.14 Penambahan Kuat Tekan Beton Setiap Prosen Kadar Serat**

Kode Benda Uji	Kadar Serat Rotan (%)	Kuat Tekan (MPa)	Penambahan Kuat Tekan (MPa)	
			Mpa	%
BN	0	26,332	-	-
BSR 0,5	0,5	27,738	1,405	5,34
BSR 1	1	29,714	3,381	12,84
BSR 1,5	1,5	22,672	-3,660	-13,90
BSR 2	2	19,513	-6,819	-25,90

### 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada benda uji umur 28 hari secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan secara grafis dapat dilihat pada Gambar 5.21.

**Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

Kode Benda Uji	Berat Silinder Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
BN	12965	150,27	303,03	195	2,726	2,386
	12800	151,20	301,73	176	2,456	
	12726	151,27	302,27	142	1,977	
BSR 0,5	12800	150,57	302,47	212	2,964	2,551
	12974	150,23	305,43	182	2,525	
	12911	151,40	301,13	155	2,164	
BSR 1	12562	150,43	298,47	141	1,999	2,915
	12801	150,67	302,70	232	3,238	
	12905	150,14	302,13	250	3,509	
BSR 1,5	12668	149,80	301,33	138	1,946	2,040
	12834	149,60	303,60	145	2,032	
	12960	151,03	303,20	154	2,141	
BSR 2	12562	149,77	300,27	143	2,024	1,871
	12619	149,83	300,50	135	1,909	
	12872	150,50	304,60	121	1,680	

Tabel 5.15 menunjukkan bahwa dengan melakukan penambahan serat rotan diperoleh kuat tarik belah rata-rata beton normal, beton serat rotan 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berturut-turut sebesar 2,386 MPa, 2,551 MPa, 2,915 MPa, 2,040 MPa, dan 1,871 MPa. Penambahan serat rotan sebesar 0,5% dan 1% meningkatkan kuat tarik belah dan daktilitas beton. Penambahan serat rotan sebesar 1,5% dan 1% justru menurunkan kekuatan tarik belah beton.

Nilai kuat tarik belah maksimum didapatkan pada penambahan serat rotan 1% yaitu sebesar 2,915 MPa. Nilai kuat tarik belah beton kadar serat rotan 1% sebesar 9,81% dari kuat tekan beton kadar serat rotan 1%. Kuat tarik belah beton yang dihasilkan sesuai dengan ketentuan SNI (2002) yang menyatakan bahwa kuat tarik belah beton bervariasi antara 9% sampai 15% dari kuat tekannya. Akan tetapi kuat tarik belah beton yang dihasilkan belum sesuai dengan ekspektasi peneliti. Penambahan serat rotan diharapkan mampu menghasilkan beton yang memiliki kuat tarik belah di atas batas maksimal yang ditentukan oleh SNI (2002) atau setidaknya sedikit di bawah batas maksimal tersebut.

Pola peningkatan dan penurunan kuat tarik belah beton berdasarkan kadar penambahan serat rotan sama dengan pola yang didapatkan pada hasil pengujian kuat tekan beton. Hal ini disebabkan serat rotan yang dicampurkan dapat berfungsi dengan baik sebagai tulangan mini (*mini reinforced*) yang meningkatkan mutu beton. Serat rotan dapat tersebar merata pada campuran beton dengan melakukan teknik pencampuran yang benar serta menggunakan kerikil dengan ukuran maksimal 20 mm. Ukuran kerikil maksimal 20 mm memudahkan pergerakan serat rotan pada campuran beton ketika proses *mixing*. Pola penyebaran serat rotan dalam campuran beton dapat dilihat pada benda uji tarik belah beton setelah proses pengujian, secara berurutan gambar tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.11 sampai Gambar 5.15. Dari gambar-gambar tersebut dapat diketahui bahwa serat rotan tersebar secara merata, dan tidak mengumpul pada suatu titik tertentu.



Gambar 5.11 Benda Uji Tarik Belah BN



Gambar 5.12 Benda Uji Tarik Belah BSR 0,5





Gambar 5.13 Benda Uji Tarik Belah BSR 1



Gambar 5.14 Benda Uji Tarik Belah BSR 1,5



Gambar 5.15 Benda Uji Tarik Belah BSR 2

Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada benda uji dengan penambahan kadar serat rotan 0,5% dan 1% menunjukkan peningkatan kuat tarik belah beton. Hal ini menunjukkan penambahan serat rotan pada kadar 0,5% dan 1% tidak mempengaruhi kemampuan semen melekatkan material-material penyusun beton, meskipun terdapat penambahan luas daerah material penyusun beton yang harus direkatkan oleh semen akibat penambahan serat rotan.

Penambahan kadar serat rotan sebesar 1,5% dan 2% dari berat semen menghasilkan kuat tarik belah beton yang menurun. Hal ini disebabkan penambahan serat rotan sebesar 1,5% dan 2% menambah luas permukaan material penyusun beton dalam jumlah banyak yang harus dilekati oleh semen. Dengan semakin banyaknya luas permukaan yang harus direkatkan oleh semen tetapi tidak ada penambahan jumlah semen atau dengan kata lain jumlah semen yang digunakan pada campuran beton serat sama dengan jumlah semen pada campuran beton normal. Pada kondisi tersebut semen akan mengalami penurunan kekuatan untuk melekatkan material penyusun beton yang menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

Penambahan serat rotan mampu mengurangi sifat getas (*brittle*) pada beton. Hal ini dapat dilihat dalam mekanisme keruntuhan atau kegagalan benda uji dalam pengujian kuat tarik belah beton. Beton normal saat mengalami keruntuhan menghasilkan bunyi yang nyaring dan jelas, serta benda uji beton normal mengalami keruntuhan yang mendadak atau hanya sedikit membutuhkan tenaga untuk membelah benda uji setelah pengujian.

Berbeda dengan benda uji beton serat rotan yang hampir tidak menghasilkan suara ketika mengalami keruntuhan pada proses pengujian. Benda uji beton serat juga mengalami proses keruntuhan perlahan dan sukar dibelah setelah proses pengujian selesai. Pada kondisi benda uji silinder telah mengalami keruntuhan serat rotan masih mampu menahan atau memberi gaya ikat pada beton agar tidak terbelah. Serat rotan dapat mengurangi sifat getas (*brittle*) beton dengan kekuatan serat itu sendiri dan lekatan antara serat rotan dan pasta semen.

Pengurangan sifat getas pada beton juga dapat dilihat pada retakan yang terjadi pada benda uji setelah proses pengujian. Retakan ini dapat diamati pada

silinder beton setelah mengalami proses uji tekan atau uji tarik belah beton. Benda uji beton normal setelah proses pengujian kuat tekan atau kuat tarik belah mengalami retakan yang besar dan banyak. Hal ini disebabkan beton bersifat getas sehingga beton mengalami kerutuhan yang mendadak ketika mencapai beban maksimum pada proses pengujian. Pola retakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.16 sampai Gambar 5.20. Akan tetapi retakan pada benda uji silinder setelah proses pengujian tarik belah beton tidak dapat ditunjukkan karena pada saat penelitian benda uji langsung dipisahkan tanpa melakukan dokumentasi terlebih dahulu.



Gambar 5.16 Benda Uji Tekan BN



Gambar 5.17 Benda Uji Tekan BSR 0,5



Gambar 5.18 Benda Uji Tekan BSR 1



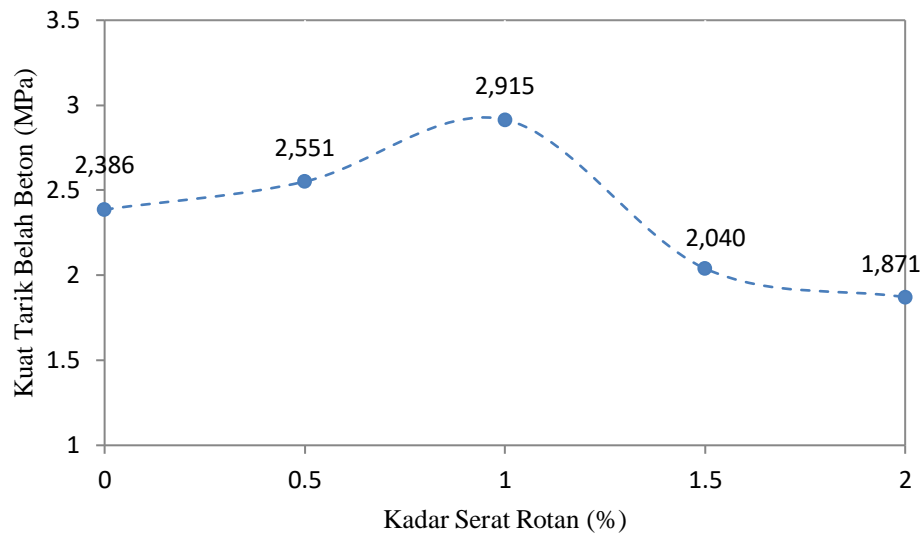
Gambar 5.19 Benda Uji Tekan BSR 1,5



Gambar 5.20 Benda Uji Tekan BSR 2

Pola keruntuhan dan pola retakan benda uji pada proses pengujian menjadi dua indikasi berkurangnya sifat getas (*brittle*) pada beton. Akan tetapi kedua pola tersebut hanya mengindikasikan pengurangan sifat getas pada beton secara fisiknya saja. Untuk lebih detailnya perlu dilakukan pengujian Modulus Elastisitas pada beton. Dengan pengujian Modulus Elastisitas maka akan diperoleh nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada beton serat. Dari angka-angka tersebut

akan diperoleh angka yang menunjukkan secara numerik apakah terjadi peningkatan atau penurunan daktilitas beton dengan penambahan serat rotan.



Gambar 5.21 Grafik Kuat Tarik Belah Rata-rata Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang diperoleh serupa dengan penelitian yang dilakukan Suhardiman (2011) pada beton serat dengan bambu ori bahwa penambahan serat dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Peningkatan kuat tarik belah tertinggi pada kadar serat bambu ori 1,5% dari berat semen. Pada penambahan kadar serat bambu ori sebesar 2%, beton mengalami penurunan kekuatan tarik belah.

**Tabel 5.16 Penambahan Kuat Tarik Belah Beton Setiap Prosen Kadar Serat**

Kode Benda Uji	Kadar Serat Rotan (%)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Penambahan Kuat Tarik Belah (MPa)	
			Mpa	%
BN	0	2,386	-	-
BSR 0,5	0,5	2,551	0,165	6,89
BSR 1	1	2,915	0,529	22,17
BSR 1,5	1,5	2,040	-0,347	-14,52
BSR 2	2	1,871	-0,515	-21,59

## 5.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton

Hasil pengujian kuat lentur balok beton pada benda uji umur 28 hari secara numerik dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan secara grafis dapat dilihat pada Gambar 5.27.

**Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton**

Kode Benda Uji	Berat Balok Beton (kg)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kg)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
BN	9587	399,8	103,6	100,7	920	3,271	3,490
	9325	399,9	104,3	97,9	925	3,456	
	8735	400	103,6	93,1	900	3,743	
BSR 0,5	9799	401	101,1	100,7	1030	3,752	3,781
	9736	402	101,6	99,9	1025	3,776	
	9533	400	101,7	93,1	900	3,813	
BSR 1	9654	400	99,2	103,9	1195	4,168	3,828
	9821	401	102	104,4	1105	3,712	
	9628	399	100,1	105	1065	3,604	
BSR 1,5	9536	401	102	101	1010	3,626	3,706
	9492	400,5	101	100	1020	3,772	
	9266	399,5	100,5	100,2	1005	3,720	
BSR 2	9278	401	103	100	980	3,554	3,603
	9423	400,5	100,5	101,9	945	3,597	
	9254	400	99,9	104,1	960	3,657	

Tabel 5.17 menunjukkan bahwa dengan melakukan penambahan serat rotan diperoleh kuat lentur balok rata-rata beton normal, beton serat rotan 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berturut-turut sebesar 3,490 MPa, 3,781 MPa, 3,828 MPa, 3,706 MPa, dan 3,603 MPa. Penambahan serat rotan sebesar 0,5% dan 1% dapat meningkatkan kuat lentur balok beton dan daktilitas beton. Nilai kuat lentur balok beton maksimum didapatkan pada penambahan serat rotan 1% yaitu sebesar 3,828 MPa. Penambahan serat rotan sebesar 1,5% dan 1% justru menurunkan kekuatan lentur balok beton.

Pola peningkatan dan penurunan kuat lentur balok beton berdasarkan kadar penambahan serat rotan sama dengan pola yang didapatkan pada hasil pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Hal ini disebabkan serat rotan yang

dicampurkan dapat berfungsi dengan baik sebagai tulangan mini (*mini reinforced*) yang meningkatkan mutu beton. Serat rotan dapat tersebar merata pada campuran beton dengan melakukan teknik pencampuran yang benar serta menggunakan kerikil dengan ukuran maksimal 20 mm. Ukuran kerikil maksimal 20 mm memudahkan pergerakan serat rotan pada campuran beton ketika proses *mixing*. Pola penyebaran serat rotan dalam campuran beton dapat dilihat pada benda uji tarik belah beton setelah proses pengujian yang sudah dibahas dan ditunjukkan pada pembahasan sebelumnya.

Penambahan kadar serat rotan sebesar 1,5% dan 2% dari berat semen menghasilkan kuat tarik belah beton yang menurun. Hal ini disebabkan penambahan serat rotan sebesar 1,5% dan 2% menambah luas permukaan material penyusun beton dalam jumlah banyak yang harus dilekati oleh semen. Dengan semakin banyaknya luas permukaan yang harus direkatkan oleh semen tetapi tidak ada penambahan jumlah semen atau dengan kata lain jumlah semen yang digunakan pada campuran beton serat sama dengan jumlah semen pada campuran beton normal. Pada kondisi tersebut semen akan mengalami penurunan kekuatan untuk melekatkan material penyusun beton yang menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

Penambahan serat rotan dapat mengurangi sifat getas (*brittle*) pada balok beton. Hal ini ditunjukkan dengan terjadinya ciri-ciri yang sama pada pengujian kuat tarik belah beton, yaitu mekanisme keruntuhan balok beton saat proses pengujian dan masih ada gaya ikat rotan pada balok beton setelah balok beton mengalami keruntuhan. Beton normal saat mengalami keruntuhan menghasilkan bunyi yang nyaring dan jelas, serta benda uji beton normal mengalami keruntuhan yang mendadak atau balok langsung mengalami patas setelah menahan beban maksimum saat proses pengujian.

Berbeda dengan benda uji beton serat rotan yang hampir tidak menghasilkan suara ketika mengalami keruntuhan pada proses pengujian. Benda uji beton serat juga mengalami proses keruntuhan perlahan dan sukar dipatahkan setelah proses pengujian selesai. Pada kondisi benda uji balok telah mengalami keruntuhan serat rotan masih mampu menahan atau memberi gaya ikat pada beton agar tidak



terbelah. Serat rotan dapat mengurangi sifat getas (*brittle*) beton dengan kekuatan serat itu sendiri dan lekatan antara serat rotan dan pasta semen.

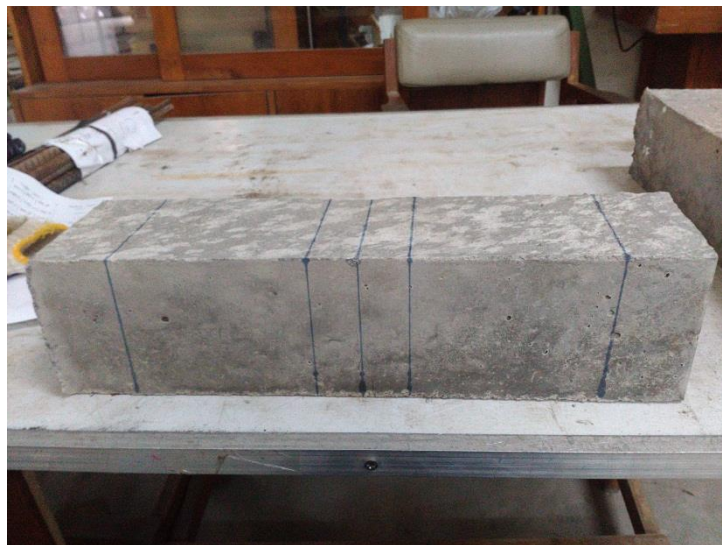
Pengurangan sifat getas (*brittle*) pada balok beton juga dapat dilihat dari pola retakan yang terjadi pada balok beton setelah pengujian kuat lentur balok beton. Pada balok beton normal retakan yang terjadi berada di tepi batas garis retakan yang jaraknya sudah ditentukan atau beberapa sentimeter melenceng dari pusat gaya yang bekerja. Sedangkan pada balok dengan serat rotan dengan kadar 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% retakan yang terjadi berada tepat di bawah gaya yang bekerja atau sedikit bergeser dari pusat gaya yang bekerja. Gambar pola retakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.22 sampai Gambar 5.26.



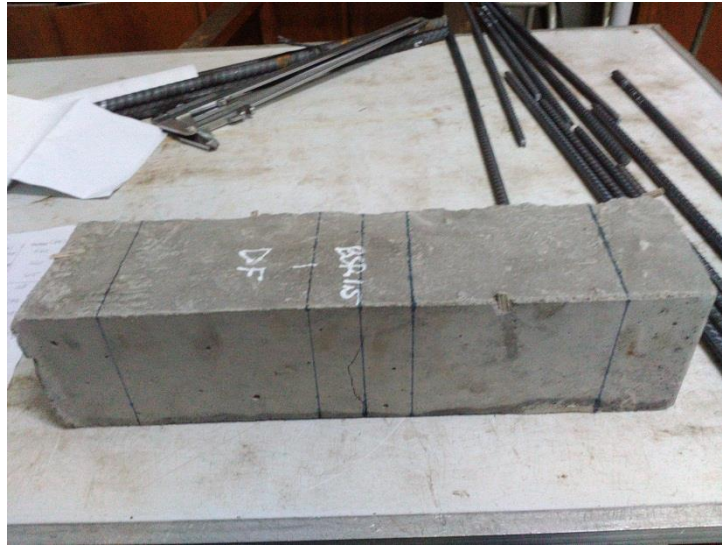
Gambar 5.22 Benda Uji Lentur Balok BN



Gambar 5.23 Benda Uji Lentur Balok BSR 0,5



Gambar 5.24 Benda Uji Lentur Balok BSR 1



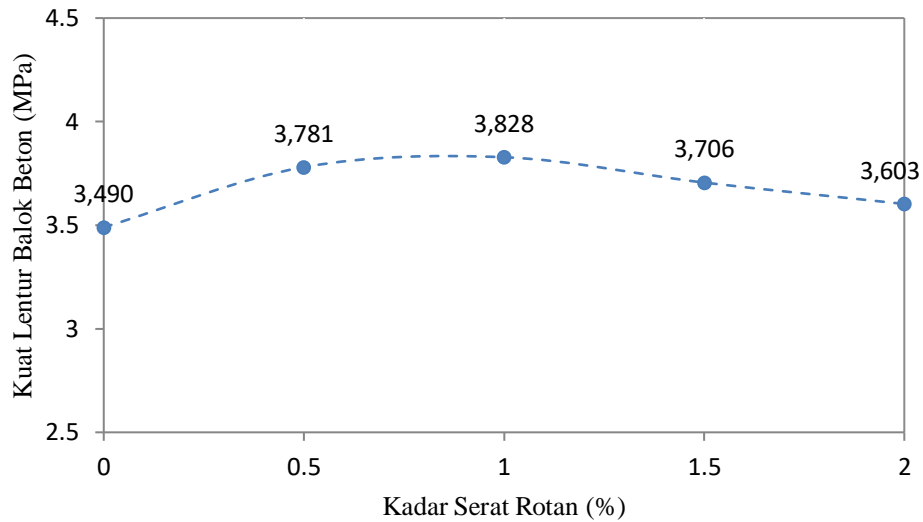
Gambar 5.25 Benda Uji Lentur Balok BSR 1,5



Gambar 5.26 Benda Uji Lentur Balok BSR 2

Pola keruntuhan dan pola retakan benda uji pada proses pengujian menjadi dua indikasi berkurangnya sifat getas (*brittle*) pada beton. Akan tetapi kedua pola tersebut hanya mengindikasikan pengurangan sifat getas pada beton secara fisiknya saja. Untuk lebih detailnya perlu dilakukan pengujian Modulus Elastisitas pada balok beton. Dengan memasang dial di beberapa titik pada balok diharapkan mampu memperoleh angka regangan yang terjadi pada balok di setiap penambahan tegangan. Dari angka-angka tersebut akan diperoleh angka yang

menunjukkan secara numerik apakah terjadi peningkatan atau penurunan daktilitas beton dengan penambahan serat rotan.



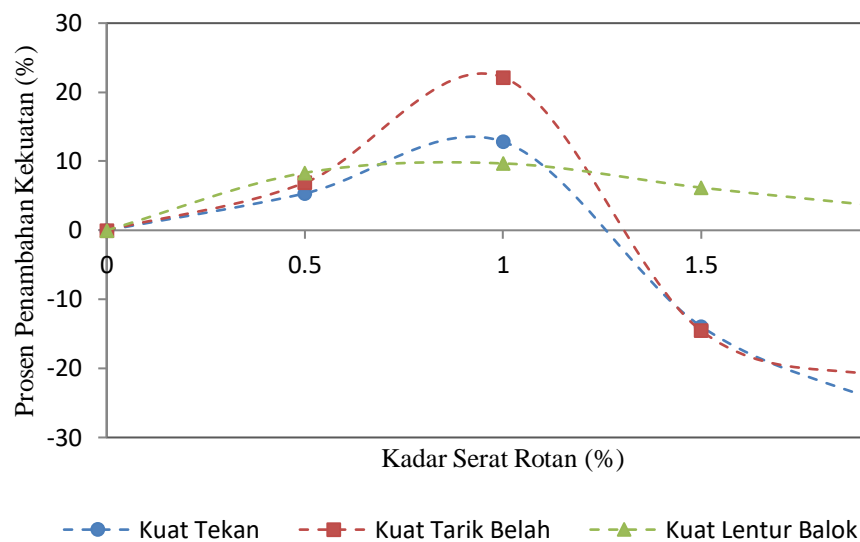
Gambar 5.27 Grafik Kuat Lentur Balok Rata-rata Beton

**Tabel 5.18 Penambahan Kuat Lentur Balok Beton Setiap Prosen Kadar Serat**

Kode Benda Uji	Kadar Serat Rotan (%)	Kuat Lentur Balok (MPa)	Penambahan Kuat Lentur Balok (MPa)	
			Mpa	%
BN	0	3,490	-	-
BSR 0,5	0,5	3,781	0,290	8,32
BSR 1	1	3,828	0,338	9,69
BSR 1,5	1,5	3,706	0,216	6,18
BSR 2	2	3,603	0,112	3,22

### 5.10 Pola Peningkatan dan Penurunan Mutu Beton Berdasarkan Penambahan Serat Rotan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari dampak penambahan serat rotan, secara grafis pola peningkatan dan penurunan terhadap kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan kuat lentur balok beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.28.



Gambar 5.28 Grafik Peningkatan dan Penurunan Mutu Beton

Gambar 5.28 menunjukkan bahwa peningkatan dan penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah beton memiliki pola yang sama. Peningkatan terjadi pada penambahan kadar serat rotan sebesar 0,5% dan 1% dari berat semen, dan penurunan terjadi pada kadar serat rotan 1,5% dan 2% dari berat semen. Secara teori kuat tekan beton mempengaruhi sifat-sifat lain dari beton. Salah satu sifat yang dipengaruhi adalah kuat tarik belah beton. Sehingga jika suatu beton memiliki kuat tekan yang tinggi maka beton tersebut juga memiliki kuat tarik belah yang tinggi.

Sedangkan kuat lentur balok beton memiliki pola peningkatan dan penurunan yang hampir sama kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Kuat lentur balok beton mengalami kenaikan pada penambahan serat kadar rotan 0,5% dan 1% dari berat semen, dan mengalami penurunan pada kadar serat rotan 1,5% dan 2% dari berat semen. Tetapi penurunan kekuatan pada kadar serat rotan 1,5% dan 2% dari berat semen tetap menghasilkan kuat lentur balok beton yang lebih besar bila dibandingkan dengan kuat lentur balok beton normal.

Perbedaan pola peningkatan dan penurunan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan kuat lentur balok beton disebabkan perbedaan berat volume benda uji beton normal (BN) kuat lentur balok beton yang lebih kecil

dibandingkan berat volume beton serat yang lain. Kecilnya berat volume tersebut sebagai akibat dari presentase material penyusun beton yang berbeda dengan desain rencana semula. Hal tersebut dikarenakan kecilnya volume setiap benda uji yang membuat sangat sulit menjaga komposisi material-material penyusun beton dalam setiap cetakan tersebut sama dengan desain rencana semula. Data berat volume benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.19, Tabel 5.20, dan Tabel 5.21.

**Tabel 5.19 Berat Volume Beton Benda Uji Kuat Tekan Beton**

Kode Benda Uji	Berat Silinder Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
BN	12981	150,27	303,03	2415,475	2391,673
	12918	151,20	301,73	2384,397	
	12902	151,27	302,27	2375,147	
BSR 0,5	13066	152,03	302,30	2380,877	2381,384
	12879	150,67	300,87	2400,954	
	13169	152,53	305,07	2362,320	
BSR 1	13118	151,50	304,90	2386,685	2380,828
	12673	150,50	301,27	2364,642	
	13183	151,63	305,30	2391,158	
BSR 1,5	13125	151,17	304,47	2401,915	2399,908
	12850	150,50	302,10	2391,055	
	12861	149,80	303,20	2406,756	
BSR 2	12969	151,27	304,83	2367,378	2370,038
	12692	150,53	300,47	2373,441	
	12806	150,43	304,10	2369,294	

**Tabel 5.20 Berat Volume Beton Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton**

Kode Benda Uji	Berat Silinder Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
BN	12965	150,27	303,03	2412,498	2372,620
	12800	151,20	301,73	2362,616	
	12726	151,27	302,27	2342,747	
BSR 0,5	12800	150,57	302,47	2376,758	2384,857
	12974	150,23	305,43	2396,266	
	12911	151,40	301,13	2381,548	
BSR 1	12562	150,43	298,47	2368,018	2384,212
	12801	150,67	302,70	2371,959	
	12905	150,14	302,13	2412,659	
BSR 1,5	12668	149,80	301,33	2385,324	2392,038
	12834	149,60	303,60	2404,956	
	12960	151,03	303,20	2385,834	
BSR 2	12562	149,77	300,27	2374,824	2377,314
	12619	149,83	300,50	2381,627	
	12872	150,50	304,60	2375,490	

**Tabel 5.21 Berat Volume Beton Benda Uji Kuat Lentur Balok Beton**

Kode Benda Uji	Berat Balok Beton (kg)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
BN	9587	399,8	103,6	100,7	2298,533	2282,092
	9325	399,9	104,3	97,9	2283,655	
	8735	400	103,6	93,1	2264,089	
BSR 0,5	9799	401	101,1	100,7	2400,252	2434,493
	9736	402	101,6	99,9	2386,137	
	9533	400	101,7	93,1	2517,091	
BSR 1	9654	400	99,2	103,9	2341,640	2312,460
	9821	401	102	104,4	2299,909	
	9628	399	100,1	105	2295,830	
BSR 1,5	9536	401	102	101	2308,343	2319,389
	9492	400,5	101	100	2346,572	
	9266	399,5	100,5	100,2	2303,253	
BSR 2	9278	401	103	100	2246,326	2256,128
	9423	400,5	100,5	101,9	2297,452	
	9254	400	99,9	104,1	2224,607	

### 5.11 Pembahasan Kelayakan Beton Serat Rotan Untuk Diterapkan

Hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur balok beton serat rotan diperoleh penambahan kekuatan atau mutu beton maksimal pada penambahan kadar serat rotan 1% dari berat semen. Akan tetapi belum diketahui apakah dengan penambahan mutu beton sebagai akibat dari penambahan 1% serat rotan dapat memberikan keuntungan secara finansial jika dilaksanakan dan diterapkan pada bangunan sipil. Sebuah penelitian kurang memberikan manfaat jika tidak bisa diterapkan atau jika diterapkan tidak memberikan keuntungan.

Kuat tekan beton ( $f'c$ ) digunakan sebagai mutu beton yang digunakan pada desain bangunan teknik sipil. Hasil pengujian kuat tekan tertinggi didapat dari penambahan serat rotan 1% sebesar 29,714 MPa. Hasil tersebut digunakan sebagai acuan perbandingan biaya yang harus dikeluarkan untuk memperoleh beton mutu 29,714 MPa dengan desain beton normal, dan 29,714 MPa yang didapatkan dari desain beton mutu 25 MPa dengan ditambah serat rotan 1% dari total berat semen.

Rekapitulasi material yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 5.22, dan hasil perhitungan biaya yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 5.23 dan Tabel 5.24.

**Tabel 5.22 Rekapitulasi Material yang Dibandingkan**

Mutu Benda Uji (MPa)	Material				
	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Serat Rotan (kg)
25+Rotan	410	205	731,28	1046,32	4,1
29,7	450,55	205	696,378	1023,07	-



**Tabel 5.23 RAB Beton 25 MPa ditambah Serat Rotan 1%**

Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	10,25	sak	39.500	Rp 404.875
Air	205	kg	-	-
Agregat Halus	0,525	m <sup>3</sup>	175.000	Rp 91.922
Agregat Kasar	0,867	m <sup>3</sup>	225.000	Rp 195.112
Serat Rotan	43,372	m	5.000	Rp 216.862
Jumlah Total				Rp 908.771

**Tabel 5.24 RAB Beton 29,7 MPa**

Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen	11,264	sak	39.500	Rp 444.918
Air	-	kg	-	-
Agregat Halus	0,500	m <sup>3</sup>	175.000	Rp 87.535
Agregat Kasar	0,848	m <sup>3</sup>	225.000	Rp 190.776
Serat Rotan	-	m	5.000	-
Jumlah Total				Rp 723.229

Dari hasil perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk membuat beton 25 MPa dengan penambahan serat rotan 1% diperoleh sebesar Rp 908.771 dan untuk membuat beton 29,7 MPa sebesar Rp 723.229. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat beton mutu 29,7 MPa dari beton mutu 25 MPa ditambah serat rotan 1% lebih mahal 25,65% dari biaya untuk membuat beton normal mutu 29,7 MPa.

Perhitungan RAB tersebut menunjukkan jika beton serat rotan dilaksanakan atau diterapkan dalam dunia konstruksi maka akan menyebabkan kerugian dalam sisi finansial, meskipun dalam sisi struktural dengan penambahan serat rotan tetap dapat menaikkan mutu dan memperbaiki sifat getas (*brittle*) beton.

Serat rotan merupakan salah satu jenis serat alami. Dalam kondisi yang tidak terlindungi atau terpapar udara bebas maka serat rotan akan mengalami pelapukan dan pembusukan secara alamiah. Akan tetapi setelah proses pengujian benda uji umur 28 hari, serat rotan pada benda uji beton secara visual dan fisik tidak terjadi proses pembusukan dan pelapukan. Serat rotan di dalam benda uji umur 28 hari masih kuat dan padat, atau tidak jauh berbeda dengan kondisi serat

rotan sebelum dicampurkan pada campuran beton. Serat rotan dalam benda uji seperti terawetkan oleh campuran beton, atau tidak terdapat mikro organisme dan udara dalam benda uji yang menyebabkan tidak adanya proses pembusukan dan pelapukan pada serat serat rotan.

Meskipun secara visual dan fisik serat rotan tidak mengalami tanda-tanda terjadinya proses pembusukan dan pelapukan selama umur benda uji 28 hari, tetapi perlu dilakukan pengujian laboratorium pada serat rotan di dalam benda uji umur 28 hari, 60 hari, 90 hari, dan 120 hari untuk memastikan selama periode tersebut tidak terjadi proses pembusukan atau pelapukan serat rotan yang dapat mengakibatkan menurunnya mutu beton selama masa penggunaan beton tersebut.