

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1. Umum**

Pada bab ini akan dijelaskan hasil penilaian yang sudah dilakukan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu berupa data material yang meliputi berat jenis dan penyerapan air agregat halus, modulus halus butiran agregat halus, kandungan lumpur dalam pasir, berat isi gembur dan padat agregat halus, serta hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton ringan. Bahan tambah yang digunakan *silica fume* tidak dilakukan pengujian, karena *silica fume* yang digunakan sudah melalui *quality control* dari pabrik. Sedangkan untuk bahan tambah serat bambu yang digunakan sudah berupa serat serat tipis.

Selain itu, pada bab ini juga akan diuraikan pembahasan tentang hasil pengujian yang didapat. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan mesin uji tekan (*Compressive Testing Machine*) tipe ADR dengan kapasitas 3000 KN.

#### **5.2. Pengujian Agregat Halus**

Agregat halus berupa pasir merupakan salah satu material yang memiliki peran penting dalam penyusunan beton dan dapat mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini merupakan pasir alami yang berasal dari merapi. Sebelum melakukan *Mix design*, maka perlu dilakukan pemeriksaan material agregat halus agar dapat diketahui karakteristiknya.

##### **5.2.1. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat**

Setelah dilakukan penelitian, didapat data berat jenis agregat halus seperti pada Tabel 5.1 berikut ini.

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

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	465,8	482,7	474,25
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1041	1051,5	1046,25
Berat piknometer berisi air, gram (B)	750	750	750
Berat jenis curah ( $Bk/(B + 500 - Bt)$ )	2,229	2,432	2,330
Berat jenis kering muka ( $500/(B + 500 - Bt)$ )	2,392	2,519	2,456
Berat jenis semu, $Bk/(B + Bk - Bt)$	2,665	2,664	2,664
Penyerapan air, ( $500 - Bk)/Bk \times 100\%$ )	0,073	0,036	0,055

Dari hasil pengujian agregat halus di atas didapat nilai berat jenis kering muka sebesar 2,456. Jadi agregat halus yang digunakan diklasifikasikan sebagai agregat normal berat jenis sekitar 2,5 – 2,7. Sehingga dari hasil penelitian agregat yang digunakan sudah memenuhi kriteria dan dapat digunakan dalam pembuatan beton. Dalam Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa benda uji agregat halus mempunyai penyerapan air rata-rata sebesar 5,5%.

#### 5.2.2. Uji Kandungan Lumpur Agregat Halus

Hasil yang didapat dari pengujian kandungan lumpur pada agregat halus yang dilakukan dengan memeriksa butiran yang lolos saringan No.200, dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Kandungan Lumpur Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	478,4	479,4
Persentase yang lolos ayakan no 200, $[(W1 - W2)/W1] \times 100\%$	4,32 %	4,12 %
Kadar lumpur rata-rata %	4,22 %	

Dari Tabel 5.2 diatas hasil pengujian kadar lumpur diperoleh presentase kandungan lumpur rata-rata sebesar 4,22%. Menurut persyaratan umum bahan bangunan di indonesia1982 (PUBI 1982) pasir yang bisa digunakan untuk bahan bangunan jika kandungan lumpur tidak lebih dari 5% sehingga pasir yang digunakan bisa langsung di pakai dan tidak perlu dicuci sebelum pengadukan.

### 5.2.3. Modulus Halus Butiran Agregat Halus

Pengujian modulus halus butir sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. hasil pengujian modulus halus butir 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 (%)
4,80	13,6	0,68	0,68	99,32
2,40	133,8	6,71	7,39	92,61
1,20	257,5	12,91	20,30	79,70
0,60	428,8	21,50	41,80	58,20
0,30	568	28,48	70,29	29,71
0,15	424	21,26	91,55	8,45
Sisa	168,6	8,45	100	0
<b>Jumlah</b>	1994,3	100	232,01	

Berdasarkan Tabel 5.3, maka hasil perhitungan modulus halus butir (MHB) dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \text{persen berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{232,01}{100} \\
 &= 2,32
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian MHB didapat nilai sebesar 2,32 %. Angka tersebut masih dalam batas yang diizinkan yaitu 1,5% - 3,8% (SK SNI S-04-1989-F). Pasir yang digunakan cukup baik dan memenuhi persyaratan yang telah di tentukan SNI.

Hasil pengujian yang dilakukan bertujuan untuk menentukan daerah gradasi pada agregat halus. Penentuan gradasi agregat halus berdasarkan pada persentase agregat yang lolos ayakan 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	05 – 20	08 – 30	12 – 40	15 -50
100	0,15	0 – 10	0 -10	0 - 10	0 - 15

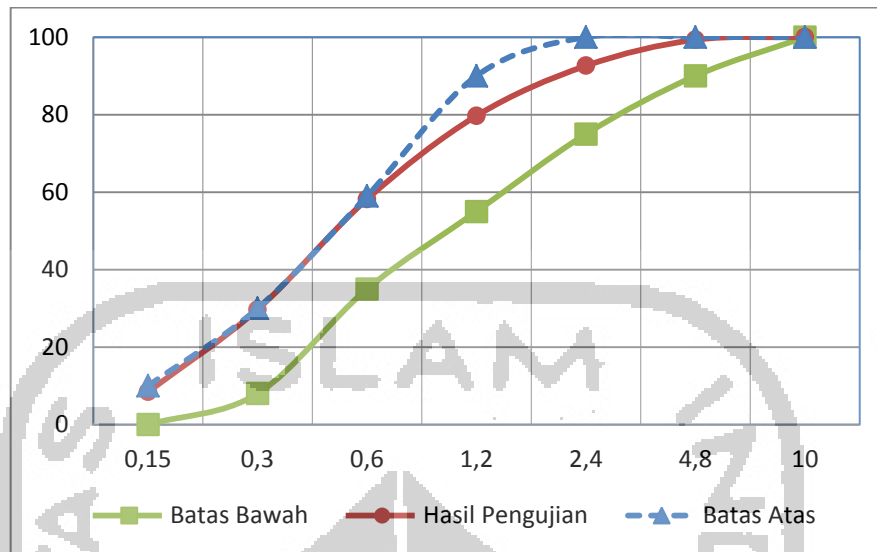
Sumber : Badan Standarisasi Nasional (2000)

Berdasarkan Tabel 5.4, gradasi yang dihasilkan dari pengujian MHB agregat halus berada dalam persyaratan yang telah ditentukan, gradasi tersebut berada pada daerah II dengan jenis gradasi pasir agak kasar. Spesifikasi dan grafik gradasi agregat halus disajikan pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.1.

**Tabel 5.5 Spesifikasi Gradasi Pasir Daerah II**

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif		
	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
0,15	10	8,454	0
0,3	30	29,715	8
0,6	59	58,196	35
1,2	90	79,697	55
2,4	100	92,609	75
4,8	100	99,318	90
10	100	100,000	100

Berdasarkan Tabel 5.5 gradasi pasir yang dihasilkan dari pengujian MHB agregat halus berada dalam batas yang disyaratkan, gradasi tersebut berada pada gradasi daerah II dengan jenis gradasi pasir agak kasar, dan grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan nomer lubang ayakan dan dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus

### 5.3. Perencanaan Campuran Beton

Dari data material yang diperoleh kemudian dilakukan perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan SNI 03-2834-2000 ditambah dengan metode Taguchi. Berikut adalah langkah – langkah perhitungannya.

1. Kuat tekan ( $f'c$ ) yang disyaratkan 15 Mpa
2. Nilai deviasi standar ( $sd$ )

Dikarenakan belum mempunyai pengalaman sebelumnya maka nilai deviasi standar yang digunakan adalah sebesar 7 Mpa.

3. Nilai tambah (M)

Nilai tambah dihitung menggunakan rumus:

$$M = 1,64 \times Sd$$

Dimana:

$M$  = nilai tambah

1,64 = tetapan statistik yang nilainya tergantung pada presentase kegagalan sebesar maksimum 5%.

$Sd$  = standar deviasi rencana

$$M = 1,64 \times 7 = 11,48 \text{ Mpa dibulatkan menjadi } 12 \text{ Mpa}$$

4. Kuat beton rata – rata yang ditargetkan.

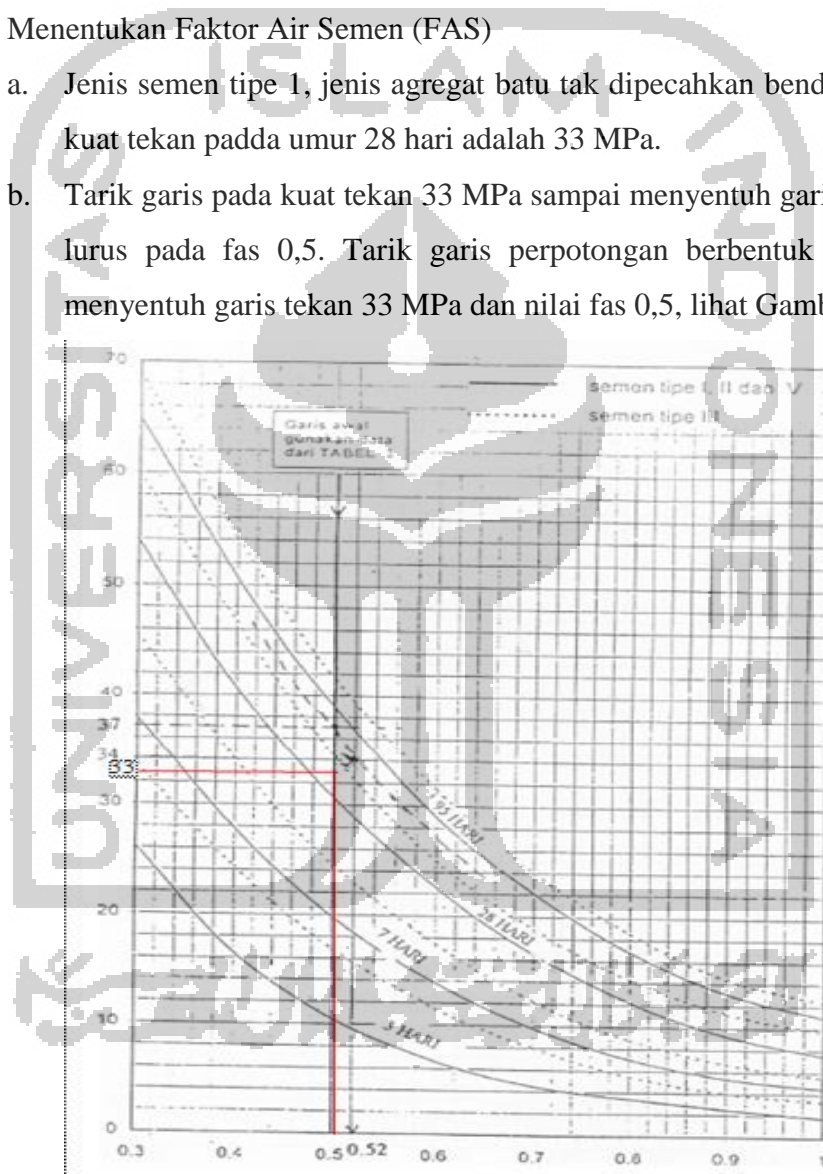
Kuat beton rata – rata dapat dihitung menggunakan rumus:

$$f'cr = f'c + M$$

$$= 15 + 12$$

$$= 27 \text{ MPa}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah semen portlan merk 3 roda
6. Jenis agregat yang digunakan adalah agregat halus berupa pasir alami dari Merapi.
7. Menentukan Faktor Air Semen (FAS)
  - a. Jenis semen tipe 1, jenis agregat batu tak dipecahkan benda uji silinder kuat tekan pada umur 28 hari adalah 33 MPa.
  - b. Tarik garis pada kuat tekan 33 MPa sampai menyentuh garis tepat tegak lurus pada fas 0,5. Tarik garis perpotongan berbentuk melengkung menyentuh garis tekan 33 MPa dan nilai fas 0,5, lihat Gambar 5.2



**Gambar 5.2 Penentuan Faktor Air Semen**

8. Kebutuhan Air  
Kebutuhan air yang diperlukan dalam adukan beton berdasarkan nilai *slump* yang ditentukan adalah 75 – 100 mm dan ukuran agregat maksimum yang

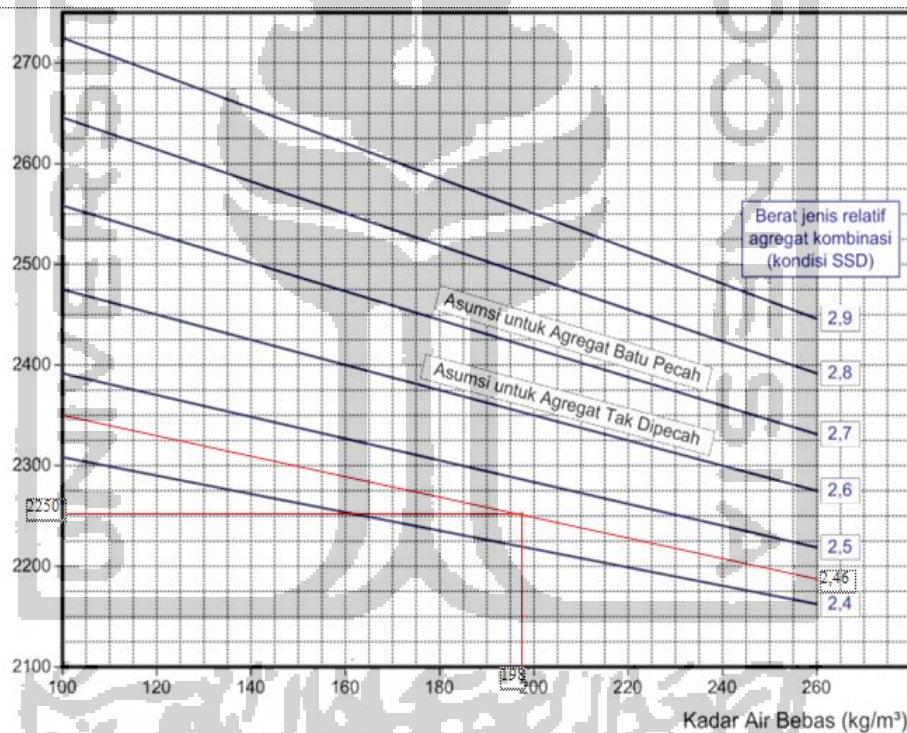
digunakan adalah 20 mm dalam kondisi beton bergelembung udara. Maka dari Tabel 3.7 nilai kebutuhan air adalah 198 liter per- $m^3$ .

9. Kadar Semen

$$\begin{aligned} \text{Jumlah semen per-}m^3 \text{ beton ringan} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{fas}} \\ &= \frac{198}{0,5} \\ &= 396 \text{ kg}/m^3 \end{aligned}$$

10. Berat Isi Beton Ringan

Dengan kadar air bebas 198  $kg/m^3$  dan berat jenis agregat 2,46 maka perkiraan berat isi beton ringan sesuai grafik pada Gambar 5.3.



Dari Gambar 5.3 diperoleh nilai berat isi beton ringan basah sebesar 2250  $kg/m^3$ .

11. Berat agregat

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat} &= \text{berat isi beton ringan} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2250 - 396 - 198 \\ &= 1656 \text{ kg}/m^3 \end{aligned}$$

## 12. Volume Silinder

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 150^2 \times 300 \\
 &= 5301437,603 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,0053015 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Selanjutnya rekapitulasi perencanaan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

**Tabel 5.6 Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton**

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	kuat tekan rencana ( $f'_c$ )	15	MPa
2	Deviasi Standar	7	
3	Nilai Tambah	12	
4	Kuat Tekan Rata - rata ( $f'_{cr}$ )	27	MPa
5	Jenis Semen	Tipe 1	
6	Jenis Agregat Halus	Alami	
7	Faktor Air Semen	0,5	
8	Slump	75-100	mm
9	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm
10	Kadar Air	198	kg
11	Kadar Semen	396	kg
12	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Gradasi II	
13	Berat Jenis Agregat Halus	2,46	
14	Berat isi Beton	2225	kg/m <sup>3</sup>
15	Berat Agregat	1631	kg/m <sup>3</sup>
16	Volume Silinder	0,0053	m <sup>3</sup>

Kemudian untuk rekapitan kebutuhan material setiap benda uji serta kebutuhan material untuk 1 kali adukan dengan menggunakan metode Taguchi dapat dilihat pada Tabel 5.7, dimana hasil tersebut di dapat dari pengkombinasian antara Tabel 4.3 Rincian Data *Matriks Ortogonal* dengan hasil *Mix Design*. Pada Tabel 5.8 adalah tabel untuk kebutuhan 6 benda uji.



Tabel 5.7 Kebutuhan Material Untuk 1 Benda Uji

Kode Benda Uji	Material					
	Air (kg)	Pasir (kg)	Foam (kg)	Serat Bambu (kg)	Silica fume (kg)	Semen (kg)
BRS 1	0,76	6,32	2,54	0,025	0,25	2,27
BRS 2	0,76	6,32	2,54	0,050	0,38	2,14
BRS 3	0,76	7,90	3,82	0,025	0,25	2,27
BRS 4	0,76	7,90	3,82	0,050	0,38	2,14
BRS 5	0,94	6,32	3,82	0,050	0,38	2,14
BRS 6	0,94	6,32	3,82	0,025	0,25	2,27
BRS 7	0,94	7,90	2,54	0,050	0,38	2,14
BRS 8	0,94	7,90	2,54	0,025	0,25	2,27

Tabel 5.8 Kebutuhan Material Untuk 6 Benda Uji

Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Material					
		Air (kg)	Pasir (kg)	Foam (kg)	Serat Bambu (kg)	Silica fume (kg)	Semen (kg)
BRS 1	6	4,53	37,93	15,27	0,1512	1,51	13,60
BRS 2	6	4,53	37,93	15,27	0,3023	2,27	12,85
BRS 3	6	4,53	47,41	22,90	0,1512	1,51	13,60
BRS 4	6	4,53	47,41	22,90	0,3023	2,27	12,85
BRS 5	6	5,67	37,93	22,90	0,3023	2,27	12,85
BRS 6	6	5,67	37,93	22,90	0,1512	1,51	13,60
BRS 7	6	5,67	47,41	15,27	0,3023	2,27	12,85
BRS 8	6	5,67	47,41	15,27	0,1512	1,51	13,60

#### 5.4. Pengujian Beton Ringan

##### 5.4.1. Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur tingkan kelecakan adukan beton yaitu kecairan atau kepaatan adukan dalam pengerjaan beton. Hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*). *Workability* pada beton berhubungan dengan kerapatan campuran beton, kelekatan adukan pasta semen, kemampuan air beton segar,serta kemampuan beton dalam mempertahankan kerataan. Semakin tinggi nilai *slump*

maka semakin cair adukan beton tersebut sehingga adukan beton akan semakin mudah dikerjakan.

Hasil pengujian *slump* pada adukan beton dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.9 Berikut.

**Tabel 5.9 Nilai *Slump***

Kode Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> Rata - rata (mm)
BRS 1	102
BRS 2	104
BRS 3	95
BRS 4	97
BRS 5	68
BRS 6	76
BRS 7	97
BRS 8	83

#### 5.4.2. Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan

Hasil Pemeriksaan berat isi beton ringan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

**Tabel 5.10 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 1*)**

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 1 - 1	8,4	150,7	295,7	0,0053	1592,618
BRS 1 - 2	9,4	150,3	304,6	0,0054	1739,363
BRS 1 - 3	8,8	149,5	299,2	0,0053	1675,517
BRS 1 - 4	9,6	150,8	304,5	0,0054	1765,190
BRS 1 - 5	8,6	150,9	304	0,0054	1581,818
BRS 1 - 6	9,2	150,1	298,6	0,0053	1741,192

**Tabel 5.11 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 2*)**

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 2 - 1	9,8	150	302,3	0,0053	1834,491
BRS 2 - 2	9,7	148,5	307,6	0,0053	1820,718
BRS 2 - 3	8,2	149,6	304,1	0,0053	1534,067
BRS 2 - 4	9,4	150,9	299,4	0,0054	1755,528
BRS 2 - 5	8,8	151	302,7	0,0054	1623,403
BRS 2 - 6	9	150,7	304,3	0,0054	1658,151

**Tabel 5.12 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 3*)**

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 3 - 1	10,8	150,7	296,7	0,0053	2040,75
BRS 3 - 2	9,4	150	302,3	0,0053	1759,61
BRS 3 - 3	10	149,7	307,6	0,0054	1847,06
BRS 3 - 4	10,2	148,8	302,7	0,0053	1937,72
BRS 3 - 5	9,8	148,4	304,6	0,0053	1860,11
BRS 3 - 6	10,2	150,4	299,2	0,0053	1918,90

**Tabel 5.13 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 4*)**

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 4 - 1	10,6	150	298,7	0,00528	2008,160
BRS 4 - 2	10	149,8	298,6	0,00526	1900,189
BRS 4 - 3	10,4	149,3	298,7	0,00523	1988,789
BRS 4 - 4	9,8	149,5	299,1	0,00525	1866,540
BRS 4 - 5	10,2	147,8	303,3	0,00520	1960,149
BRS 4 - 6	10	150,8	299,3	0,00535	1870,685

**Tabel 5.14 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 5*)**

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 5 - 1	9,6	149,8	304,1	0,0054	1791,189
BRS 5 - 2	8,4	149,2	307,4	0,0054	1562,960
BRS 5 - 3	8,3	150,6	302,8	0,0054	1538,801
BRS 5 - 4	8,9	149,7	299,2	0,0053	1690,032

Lanjutan Tabel 5.14 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 5*)

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 5 - 5	9,3	150,1	307,4	0,0054	1709,731
BRS 5 - 6	8,7	150,5	301,8	0,0054	1620,456

**Tabel 5.15 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 6*)**

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 6 - 1	8,6	150,2	304,3	0,0054	1595,022
BRS 6 - 2	8,8	149	298,2	0,0052	1692,437
BRS 6 - 3	9,2	150,8	306,3	0,0055	1681,699
BRS 6 - 4	8,6	150,7	298,3	0,0053	1616,325
BRS 6 - 5	9	151	303,4	0,0054	1656,468
BRS 6 - 6	8,4	149,8	301,4	0,0053	1581,330

**Tabel 5.16 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 7*)**

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 7 - 1	10,8	150,5	302,3	0,0054	2008,273
BRS 7 - 2	9,4	149,8	304,1	0,0054	1753,872
BRS 7 - 3	10,2	149,4	299,4	0,0052	1943,378
BRS 7 - 4	10,6	148,8	297,8	0,0052	2046,847
BRS 7 - 5	9,6	150,5	306,2	0,0054	1762,395
BRS 7 - 6	10,8	150,7	301,8	0,0054	2006,264

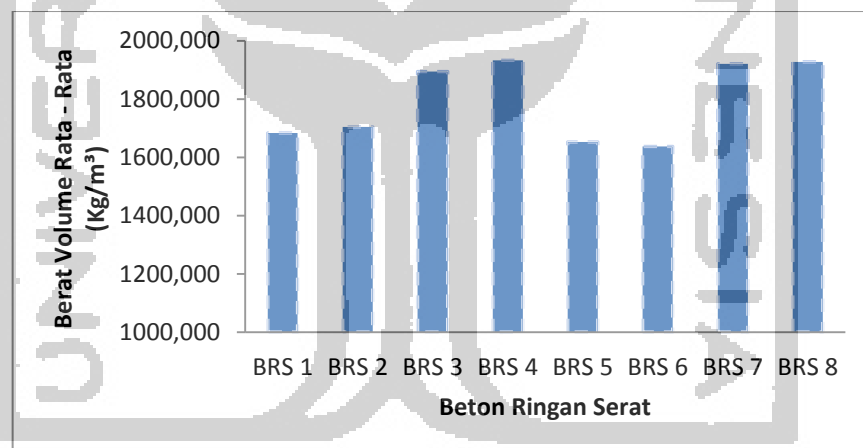
**Tabel 5.17 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Ringan (*Mix design 8*)**

Kode Benda Uji	Berat Beton (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
BRS 8 - 1	10,2	148,9	302,7	0,0053	1935,123
BRS 8 - 2	10,4	150,2	303,3	0,0054	1935,224
BRS 8 - 3	9,8	149,7	297,3	0,0052	1872,827
BRS 8 - 4	10	150,6	299,2	0,0053	1876,284
BRS 8 - 5	10,6	149,8	307,6	0,0054	1955,267
BRS 8 - 6	10,8	150,4	306,2	0,0054	1985,331

Setelah mendapat seluruh nilai berat jenis setiap *mix design*, maka akan didapatkan nilai rata – rata berat jenis seperti ditunjukkan pada Tabel 5.18.

**Tabel 5.18 Rata – Rata Berat Volume Beton Ringan**

Perhitungan Rata-Rata Berat Volume						
Design	Faktor Terkontrol					Berat Volume Rata- Rata (kg/m <sup>3</sup> )
	Water	Sand	Foam	serat bambu	silica fume	
BRS 1	1	1	1	1	1	1682,616
BRS 2	1	1	1	2	2	1704,393
BRS 3	1	2	2	1	1	1894,026
BRS 4	1	2	2	2	2	1932,419
BRS 5	2	1	2	1	2	1652,195
BRS 6	2	1	2	2	1	1637,214
BRS 7	2	2	1	1	2	1920,172
BRS 8	2	2	1	2	1	1926,676



**Gambar 5.4 Grafik Berat Volume Rata – rata Beton Ringan**

Pada Tabel 5.18 dilihat hasil perhitungan berat volume rata – rata setiap campuran beton ringan. Pada sampel BRS 4 mempunyai berat volume rata – rata sebesar 1932,419 kg/m<sup>3</sup> yang merupakan berat volume rata – rata maksimum. Sedangkan pada sampel BRS 6 mempunyai nilai berat volume rata – rata sebesar 1637,214 kg/m<sup>3</sup> yang merupakan berat volume rata – rata minimum. Dilihat dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penelitian beton ringan sudah masuk. Hal itu dapat dilihat pada sampel BRS 1, BRS 2, BRS 5 dan BRS 6 dimana nilai yang dihasilkan berkisar antara 1400 kg/m<sup>3</sup> – 1850 kg/m<sup>3</sup>.

Setelah hasil rata –rata setiap berat volume sampel didapatkan maka selanjutnya dilakukan perhitungan berupa matriks perhitungan respon berat volume rata – rata yang isinya berupa kombinasi setiap berat rata – rata volume sampel yang dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Water}_{\text{level 1}} &= \frac{\text{mix 1}+\text{mix 2}+\text{mix 3}+\text{mix 4}}{4} \\
 &= \frac{1682,616+1704,393+1894,026+1932,419}{4} \\
 &= 1803,363 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Water}_{\text{level 2}} &= \frac{\text{mix 5}+\text{mix 6}+\text{mix 7}+\text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{1652,195+1637,214+1920,172+1926,676}{4} \\
 &= 1784,064 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sand}_{\text{level 1}} &= \frac{\text{mix 1}+\text{mix 2}+\text{mix 5}+\text{mix 6}}{4} \\
 &= \frac{1682,616+1704,393+1652,195+1637,214}{4} \\
 &= 1669,104 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sand}_{\text{level 2}} &= \frac{\text{mix 3}+\text{mix 4}+\text{mix 7}+\text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{1894,026+1932,419+1920,172+1926,676}{4} \\
 &= 1918,323 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Foam}_{\text{level 1}} &= \frac{\text{mix 1}+\text{mix 2}+\text{mix 7}+\text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{1682,616+1704,393+1920,172+1926,676}{4} \\
 &= 1808,464 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Foam}_{\text{level 2}} = \frac{\text{mix 3}+\text{mix 4}+\text{mix 5}+\text{mix 6}}{4}$$

$$= \frac{1894,026+1932,419+1652,195+1637,214}{4}$$

$$= 1778,963 \text{ kg/m}^3$$

Serat bambu level 1

$$= \frac{\text{mix 1}+\text{mix 3}+\text{mix 5}+\text{mix 7}}{4}$$

$$= \frac{1682,616+1894,026+1652,195+1920,172}{4}$$

$$= 1787,252 \text{ kg/m}^3$$

Serat bambu level 2

$$= \frac{\text{mix 2}+\text{mix 4}+\text{mix 6}+\text{mix 8}}{4}$$

$$= \frac{1704,393+1932,419+1637,214+1926,676}{4}$$

$$= 1800,175 \text{ kg/m}^3$$

Silica fume level 1

$$= \frac{\text{mix 1}+\text{mix 3}+\text{mix 6}+\text{mix 8}}{4}$$

$$= \frac{1682,616+1894,026+1637,214+1926,676}{4}$$

$$= 1785,133 \text{ kg/m}^3$$

Silica fume level 2

$$= \frac{\text{mix 2}+\text{mix 4}+\text{mix 5}+\text{mix 7}}{4}$$

$$= \frac{1704,393+1932,419+1652,195+1920,172}{4}$$

$$= 1802,294 \text{ kg/m}^3$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan nilai Respon rata – rata volume beton ringan. Berikut ini adalah Tabel 5.19 Respon rata –rata volume beton ringan.

**Tabel 5.19 Respon Rata – Rata Berat Volume Beton Ringan**

Tabel Respon Rata-Rata Berat Volume					
Level	Faktor				
	Water	Sand	Foam	serat bambu	silica fume
Level 1	1803,363	1669,104	1808,464	1787,252	1785,133
Level 2	1784,064	1918,323	1778,963	1800,175	1802,294

Tabel 5.19. Lanjutan

<b>Tabel Respon Rata- Rata Berat Volume</b>					
<i>Level</i>	<b>Faktor</b>				
	<i>Water</i>	<i>Sand</i>	<i>Foam</i>	<b>serat bambu</b>	<i>silica fume</i>
<i>Max</i>	1803,363	1918,323	1808,464	1800,175	1802,294
<i>Min</i>	1784,064	1669,104	1778,963	1787,252	1785,133

Pada Tabel 5.19 Dicari nilai maksimal dan minimum dari setiap level dengan parameter. Hasilnya nilai minimum dari faktor *water*, *sand*, *foam*, serat bambu dan *silica fume* secara berturut – turut adalah 1784,064 kg/m<sup>3</sup>, 1669,104 kg/m<sup>3</sup>, 1778,963 kg/m<sup>3</sup>, 1787,252 kg/m<sup>3</sup>, dan 1785,133 kg/m<sup>3</sup>.

Dari hasil tabel respon rata – rata nilai berat volume beton ringan diatas kemudian di kembangkan dengan metode Taguchi unruk mendapatkan campuran baru. Berikut adalah Tabel 5.20 *mix design* baru.

Tabel 5.20 Kebutuhan Berat Volume *Mix Design* Baru

<b>Mix Design Baru</b>					
<i>Water</i>	<i>Sand</i>	<i>Foam</i>	serat bambu	<i>silica fume</i>	Semen
0,75	0,60	0,6	0,01	0,10	semen-Sf
<b>Kebutuhan Bahan Untuk 1 benda Uji</b>					
<i>Water</i> (kg)	<i>Sand</i> (kg)	<i>Foam</i>	serat bambu (kg)	<i>silica fume</i> (kg)	semen (kg)
0,94	6,32	3,82	0,025	0,25	2,27

Hasil dari Tabel 5.20 disesuaikan dengan paramater yang telah ditentukan akan medapatkan hasil campuran design material yang optimum yang terdiri dari 0,75 air, 0,60 pasir, 0,6 *foam*, 0,01 serat bambu, dan 0,10 *silica fume*. Dan setelah dihitung kebutuhan bahan untuk 1 benda uji adalah 0,94 kg air, 6,32 kg pasir, 3,82 kg *foam*, 0,025 kg serat bambu, 0,25 kg *silica fume*, 2,27 kg semen.

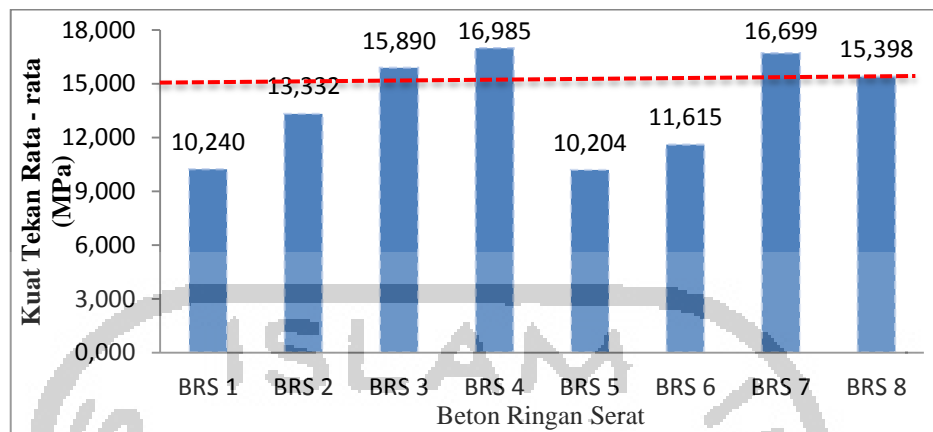
#### 5.4.3. Pengujian Kuat Tekan Beton Ringan

Pengujian kuat tekan beton ringan dilakukan pada benda uji ketika berumur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton ringan dapat dilihat pada Tabel 5.21 Dan Gambar 5.5.



**Tabel 5.21 Hasil Pemeriksaan Uji Kuat Tekan**

Kode	Umur	Diameter (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata - rata (MPa)
BRS 1 – 1	28	150,7	17836,777	176	9,867	10,240
BRS 1 – 2	28	150,3	17742,215	186	10,483	
BRS 1 – 3	28	149,5	17553,845	182	10,368	
BRS 2 – 1	28	150	17671,459	249	14,091	13,332
BRS 2 – 2	28	148,5	17319,797	224	12,933	
BRS 2 – 3	28	149,6	17577,337	228	12,971	
BRS 3 – 1	28	150,7	17836,777	288	16,146	15,890
BRS 3 – 2	28	150	17671,459	284	16,071	
BRS 3 – 3	28	149,7	17600,844	272	15,454	
BRS 4 – 1	28	150	17671,459	317	17,939	16,985
BRS 4 – 2	28	149,8	17624,366	298	16,908	
BRS 4 – 3	28	149,3	17506,910	282	16,108	
BRS 5 – 1	28	149,8	17624,366	185	10,497	10,204
BRS 5 – 2	28	149,2	17483,466	176	10,067	
BRS 5 – 3	28	150,6	17813,113	179	10,049	
BRS 6 – 1	28	150,2	17718,614	206	11,626	11,615
BRS 6 – 2	28	149	17436,625	193	11,069	
BRS 6 – 3	28	150,8	17860,457	217	12,150	
BRS 7 – 1	28	150,5	17789,465	293	16,470	16,699
BRS 7 – 2	28	149,8	17624,366	287	16,284	
BRS 7 – 3	28	149,4	17530,370	304	17,341	
BRS 8 – 1	28	148,9	17413,228	269	15,448	15,398
BRS 8 – 2	28	150,2	17718,614	275	15,520	
BRS 8 – 3	28	149,7	17600,844	268	15,227	



**Gambar 5.5 Grafik Kuat Tekan Rata – Rata**

Pada Tabel 5.21 dan Gambar 5.5 dapat dilihat hasil perhitungan Kuat tekan rata – rata setiap campuran beton ringan. Pada sampel BRS 4 mempunyai Kuat tekan rata – rata sebesar 16,985 MPa yang merupakan kuat tekan rata – rata maksimum hasil tersebut sesuai dengan kuat tekan rencana. Sedangkan pada sampel BRS 5 mempunyai nilai kuat tekan rata – rata sebesar 10,204 MPa yang merupakan kuat tekan rata – rata minimum. Hasil data tersebut juga dipengaruhi oleh perhitungan setiap material setelah digabungkan *matrik ortogonal array*. Pada Tabel 5.22 berikut ini adalah hasil rekapitulasi antara tabel matriks ortogonal dan rata – rata kuat tekan.

**Tabel 5.22 Rata – Rata Kuat Tekan Beton Ringan**

Design	Faktor Terkontrol					Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
	Water	Sand	Foam	serat bambu	silica fume	
BRS 1	1	1	1	1	1	10,240
BRS 2	1	1	1	2	2	13,332
BRS 3	1	2	2	1	1	15,890
BRS 4	1	2	2	2	2	16,985
BRS 5	2	1	2	1	2	10,204
BRS 6	2	1	2	2	1	11,615
BRS 7	2	2	1	1	2	16,699
BRS 8	2	2	1	2	1	15,398

Setelah hasil rata – rata setiap kuat tekan sampel didapatkan maka selanjutnya dilakukan perhitungan berupa matriks perhitungan respon kuat tekan

rata – rata yang isinya berupa kombinasi setiap kuat tekan rata – rata sampel dimana setiap perhitungan nantinya akan menghasilkan nilai setiap level material untuk menentukan hasil material beton ringan yang baru yang dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut. adapun perhitungannya respon rata – rata kuat tekan adalah sebagai berikut. Adapun perhitungannya respon rata – rata kuat tekan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Water level 1} &= \frac{\text{mix 1} + \text{mix 2} + \text{mix 3} + \text{mix 4}}{4} \\
 &= \frac{10,240 + 13,332 + 16,925 + 15,925}{4} \\
 &= 14,111 \text{ MPa} \\
 \text{Water level 2} &= \frac{\text{mix 5} + \text{mix 6} + \text{mix 7} + \text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{10,204 + 11,615 + 16,699 + 15,398}{4} \\
 &= 13,479 \text{ MPa} \\
 \text{Sand level 1} &= \frac{\text{mix 1} + \text{mix 2} + \text{mix 5} + \text{mix 6}}{4} \\
 &= \frac{10,240 + 13,332 + 10,204 + 11,615}{4} \\
 &= 11,348 \text{ MPa} \\
 \text{Sand level 2} &= \frac{\text{mix 3} + \text{mix 4} + \text{mix 7} + \text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{16,925 + 15,946 + 16,699 + 15,398}{4} \\
 &= 16,242 \text{ MPa} \\
 \text{Foam level 1} &= \frac{\text{mix 1} + \text{mix 2} + \text{mix 7} + \text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{10,240 + 13,332 + 16,699 + 15,398}{4} \\
 &= 13,917 \text{ MPa} \\
 \text{Foam level 2} &= \frac{\text{mix 3} + \text{mix 4} + \text{mix 5} + \text{mix 6}}{4} \\
 &= \frac{16,925 + 15,946 + 10,204 + 11,615}{4} \\
 &= 13,672 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Serat bambu}_{\text{level 1}} &= \frac{\text{mix 1} + \text{mix 3} + \text{mix 5} + \text{mix 7}}{4} \\ &= \frac{10,240 + 16,925 + 10,204 + 16,699}{4} \\ &= 13,517 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Serat bambu}_{\text{level 2}} &= \frac{\text{mix 2} + \text{mix 4} + \text{mix 6} + \text{mix 8}}{4} \\ &= \frac{13,332 + 15,946 + 11,615 + 15,398}{4} \\ &= 14,073 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Silica fume}_{\text{level 1}} &= \frac{\text{mix 1} + \text{mix 3} + \text{mix 6} + \text{mix 8}}{4} \\ &= \frac{10,240 + 16,925 + 11,615 + 15,398}{4} \\ &= 13,544 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Silica fume}_{\text{level 2}} &= \frac{\text{mix 2} + \text{mix 4} + \text{mix 5} + \text{mix 7}}{4} \\ &= \frac{13,332 + 15,946 + 10,204 + 16,699}{4} \\ &= 14,045 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan nilai Respon rata – rata kuat tekan beton ringan. Berikut ini adalah Tabel 5.23. Respon rata –rata kuat tekan beton ringan

**Tabel 5.23 Respon Rata – Rata Kuat Tekan Beton Ringan**

Tabel Respon Rata-Rata Kuat Tekan					
Level	FAKTOR				
	Water	Sand	Foam	serat bambu	silica fume
Level 1	14,112	11,348	13,917	13,258	13,286
Level 2	13,479	16,243	13,674	14,332	14,305
Max	14,112	16,243	13,917	14,332	14,305
Min	13,479	11,348	13,674	13,258	13,286

Dari hasil Tabel 5.23 didapatkan nilai maksimal kuat tekan dari setiap level dengan paramater atau faktor *Water* berada pada level 1, *Sand* berada pada level 2, *foam* berada pada level 1, serat bambu berada pada level 2 dan *silica fume* berada pada level 2 secara berturut – turut adalah 14,112 Mpa, 16,243 MPa,

13,917 MPa, 14,332 MPa, dan 14,305 MPa. karena setiap material sudah ditentukan persentasenya maka pada material *water* yang berada pada level 1 yaitu sebesar 0,6 ,*Sand* berada pada level 2 yaitu sebesar 0,75 , *foam* berada pada level 1 yaitu sebesar 0,4 ,serat bambu berada pada level 2 yaitu sebesar 0,02,dan silica fume berada pada level 2 yaitu sebesar 0,15 . Setelah didapat nilai respon rata – rata kuat tekan diatas kemudian dikembangkan dengan metode Taguchi untuk mendapatkan campuran baru yang kemudian disebut dengan *mix design* baru. Berikut adalah Tabel 5.24 *mix design* baru.

**Tabel 5.24 Kebutuhan Mix Design Baru**

<i>Mix Design</i> Baru					
<i>Water</i>	<i>Sand</i>	<i>Foam</i>	Serat Bambu	<i>Silica Fume</i>	Semen
0,6	0,75	0,4	0,02	0,15	semen- Sf
Kebutuhan Bahan Untuk 1 benda Uji					
<i>Water</i> (kg)	<i>Sand</i> (kg)	<i>Foam</i>	Serat Bambu (kg)	<i>Silica Fume</i> (kg)	Semen (kg)
0,76	7,90	2,54	0,05	0,38	2,14

#### 5.4.4. Pengujian Kuat Tarik Beton Ringan

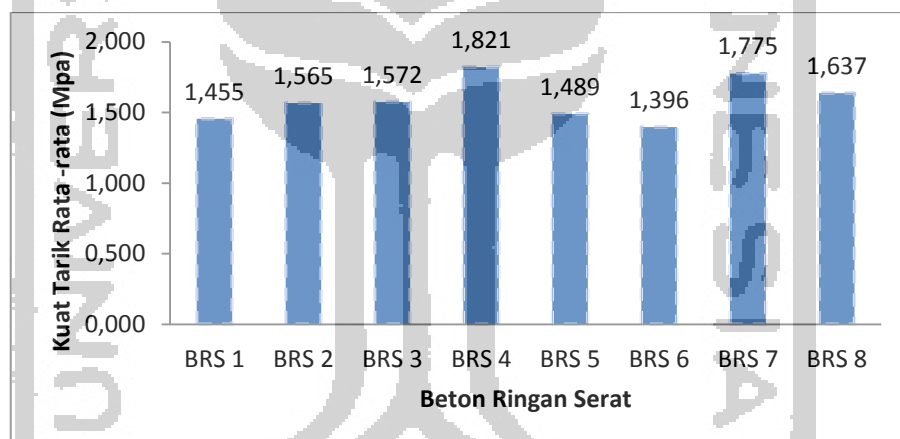
Hasil Pengujian Kuat tarik beton ringan pada benda uji ketika berumur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.25 Dan Gambar 5.6.

**Tabel 5.25 Hasil Pemeriksaan Uji Kuat Tarik**

No	Kode	Diameter (mm )	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata - rata (MPa)
1	BRS 1 - 1	150,8	304,5	97	1,345	1,455
2	BRS 1 - 2	150,9	304	107	1,485	
3	BRS 1 - 3	150,1	298,6	108	1,534	
4	BRS 2 - 1	149,7	299,2	114	1,620	1,565
5	BRS 2 - 2	150,1	307,4	104	1,435	
6	BRS 2 - 3	150,5	301,8	117	1,640	
7	BRS 3 - 1	148,8	302,7	119	1,682	1,572
8	BRS 3 - 2	148,4	304,6	104	1,465	
9	BRS 3 - 3	150,4	299,2	111	1,570	
10	BRS 4 - 1	149,5	299,1	138	1,965	1,821
11	BRS 4 - 2	147,8	303,3	134	1,903	
12	BRS 4 - 3	150,8	299,3	113	1,594	

Tabel 5.25. Lanjutan.

No	Kode	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata - rata (MPa)
13	BRS 5 - 1	150,6	299,2	103	1,455	1,489
14	BRS 5 - 2	149,8	307,6	106	1,464	
15	BRS 5 - 3	150,4	306,2	112	1,548	
16	BRS 6 - 1	150,7	298,3	96	1,360	1,396
17	BRS 6 - 2	151	303,4	104	1,445	
18	BRS 6 - 3	149,8	301,4	98	1,382	
19	BRS 7 - 1	150,9	299,4	148	2,085	1,775
20	BRS 7 - 2	151	302,7	106	1,476	
21	BRS 7 - 3	150,7	304,3	127	1,763	
22	BRS 8 - 1	148,8	297,8	127	1,825	1,637
23	BRS 8 - 2	150,5	306,2	114	1,575	
24	BRS 8 - 3	150,7	301,8	108	1,512	



Grafik 5.6 Grafik Kuat Tarik Rata – Rata Beton Ringan

Pada Tabel 5.25 dan Gambar 5.6 dapat dilihat hasil perhitungan kuat tarik rata – rata setiap campuran beton ringan. Pada sampel BRS 4 mempunyai Kuat tarik rata – rata sebesar 1,821 MPa yang merupakan kuat tarik rata –rata maksimum. Sedangkan pada sampel BRS 6 mempunyai nilai kuat tarik rata – rata sebesar 1,396 MPa yang merupakan kuat tarik rata – rata minimum. Hasil data tersebut juga dipengaruhi oleh variasi kombinasi perhitungan setiap material disetiap sampelnya yang digabungkan dengan matrik ortogonal array. Kemudian data penelitian disetiap pengujian adalah dicari proporsi optimum diantara desain

campuran tersebut dengan merekap rata – rata kuat tarik di setiap desainnya seperti pada Tabel 5.26.

**Tabel 5.26 Kuat Tarik Rata – Rata Beton Ringan**

Perhitungan Rata-Rata Kuat Tarik						
Design	Faktor Terkontrol					Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
	A	B	C	D	E	
BRS 1	1	1	1	1	1	1,455
BRS 2	1	1	1	2	2	1,565
BRS 3	1	2	2	1	1	1,572
BRS 4	1	2	2	2	2	1,821
BRS 5	2	1	2	1	2	1,489
BRS 6	2	1	2	2	1	1,396
BRS 7	2	2	1	1	2	1,775
BRS 8	2	2	1	2	1	1,637

Dari hasil tabel kuat tarik rata – rata di atas maka untuk mencari proporsi optimum campuran beton dengan cara dipilih level yang mempunyai kekuatan terbesar dari tabel respon rata rata kuat tarik sesuai Tabel 5.27. adapun perhitungannya respon rata – rata kuat tekan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Water}_{\text{level 1}} &= \frac{\text{mix 1} + \text{mix 2} + \text{mix 3} + \text{mix 4}}{4} \\
 &= \frac{1,455 + 1,565 + 1,572 + 1,821}{4} \\
 &= 1,603 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Water}_{\text{level 2}} &= \frac{\text{mix 5} + \text{mix 6} + \text{mix 7} + \text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{1,489 + 1,396 + 1,775 + 1,637}{4} \\
 &= 1,574 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sand}_{\text{level 1}} &= \frac{\text{mix 1} + \text{mix 2} + \text{mix 5} + \text{mix 6}}{4} \\
 &= \frac{1,455 + 1,565 + 1,489 + 1,396}{4} \\
 &= 1,476 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sand}_{\text{level 2}} &= \frac{\text{mix 3} + \text{mix 4} + \text{mix 7} + \text{mix 8}}{4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,572+1,821+1,775+1,637}{4} \\
 &= 1,701 \text{ MPa} \\
 \text{Foam level 1} &= \frac{\text{mix 1}+\text{mix 2}+\text{mix 7}+\text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{1,455+1,565+1,775+1,637}{4} \\
 &= 1,608 \text{ MPa} \\
 \text{Foam level 2} &= \frac{\text{mix 3}+\text{mix 4}+\text{mix 5}+\text{mix 6}}{4} \\
 &= \frac{1,572+1,821+1,489+1,396}{4} \\
 &= 1,569 \text{ MPa} \\
 \text{Serat bambu level 1} &= \frac{\text{mix 1}+\text{mix 3}+\text{mix 5}+\text{mix 7}}{4} \\
 &= \frac{1,455+1,572+1,489+1,775}{4} \\
 &= 1,573 \text{ MPa} \\
 \text{Serat bambu level 2} &= \frac{\text{mix 2}+\text{mix 4}+\text{mix 6}+\text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{1,565+1,821+1,396+1,637}{4} \\
 &= 1,605 \text{ MPa} \\
 \text{Silica fume level 1} &= \frac{\text{mix 1}+\text{mix 3}+\text{mix 6}+\text{mix 8}}{4} \\
 &= \frac{1,455+1,572+1,396+1,637}{4} \\
 &= 1,515 \text{ MPa} \\
 \text{Silica fume level 2} &= \frac{\text{mix 2}+\text{mix 4}+\text{mix 5}+\text{mix 7}}{4} \\
 &= \frac{1,565+1,821+1,489+1,775}{4} \\
 &= 1,662 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan nilai Respon rata – rata kuat tarik beton ringan. Selanjutnya ditunjukkan pada Tabel 5.27.



**Tabel 5.27 Respon Rata – Rata Kuat Tarik Beton Ringan**

<b>Tabel Respon Rata-Rata Kuat Tarik</b>					
<b>Level</b>	<b>Faktor</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Level 1</b>	1,603	1,476	1,608	1,573	1,515
<b>Level 2</b>	1,574	1,701	1,569	1,605	1,662
<b>Max</b>	1,603	1,701	1,608	1,605	1,662
<b>Min</b>	1,574	1,476	1,569	1,573	1,515

Pada hasil Tabel 5.27 diatas kemudian dikembangkan dengan Metode Taguchi. dimana dari hasil tersebut adalah nilai maksimum dari level dengan parameter atau faktor *water* berada pada level 1, faktor pasir berada pada level 2, faktor *foam* berada pada level 1, faktor serat Bambu berada pada level 2, dan faktor *silica fume* berada pada level 2. Dari hasil tersebut didapatkan nilai respon kuat tarik secara berturut – turut adalah 1,603 MPa, 1,701 MPa, 1,608 MPa, 1,605 MPa, dan 1,662 MPa. karena setiap material sudah ditentukan persentasenya maka pada material *water* yang berada pada level 1 yaitu sebesar 0,6 ,*Sand* berada pada level 2 yaitu sebesar 0,75 , *foam* berada pada level 1 yaitu sebesar 0,4 ,serat bambu berada pada level 2 yaitu sebesar 0,02,dan *silica fume* berada pada level 2 yaitu sebesar 0,15. Dari tabel respon rata – rata nilai kuat tarik diatas kemudian di kembangkan dan mendapatkan campuran baru yang kemudian disebut dengan *mix design* baru . Berikut adalah Tabrl 5.28 *mix design* baru.

**Tabel 5.28 Kebutuhan Mix Design Baru**

<b>Mix Design Baru</b>					
<b>Water</b>	<b>Sand</b>	<b>Foam</b>	<b>serat bambu</b>	<b>silica fume</b>	<b>Semen</b>
0,6	0,75	0,4	0,02	0,15	semen- Sf
<b>Kebutuhan Bahan Untuk 1 benda Uji</b>					
<b>Water (kg)</b>	<b>Sand (kg)</b>	<b>Foam</b>	<b>serat bambu (kg)</b>	<b>silica fume (kg)</b>	<b>semen (kg)</b>
0,76	7,78	2,54	0,05	0,38	2,14

## 5.5. Pembahasan Hasil Pengujian Beton Ringan

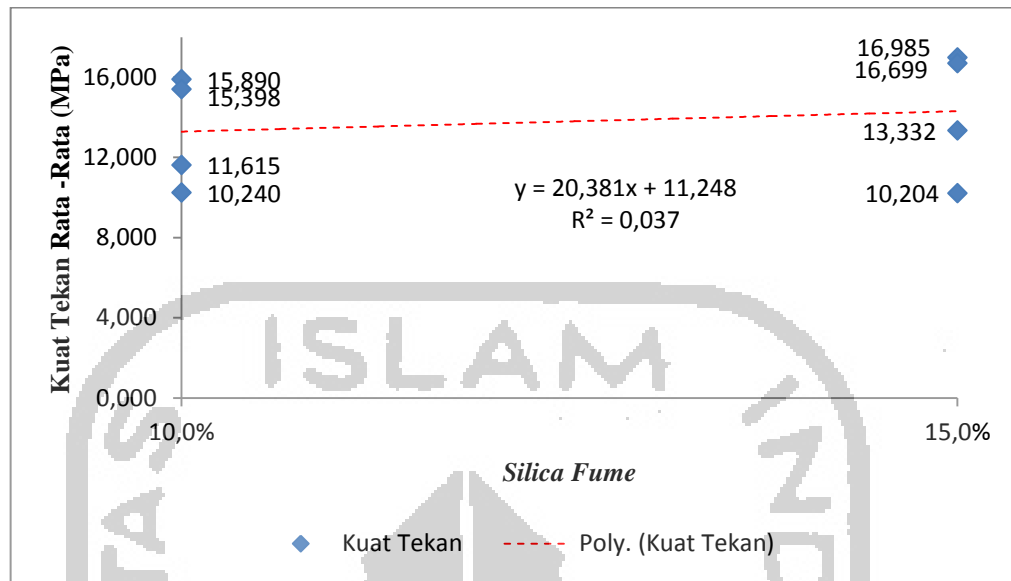
Setelah didapatkan hasil perhitungan dari pengujian beton ringan, maka selanjutnya dilakukan pembahasan. Adapun pembahasan dilakukan untuk mengetahui manfaat dari penelitian tersebut.

### 5.5.1. Pembahasan Kuat Tekan Beton Ringan

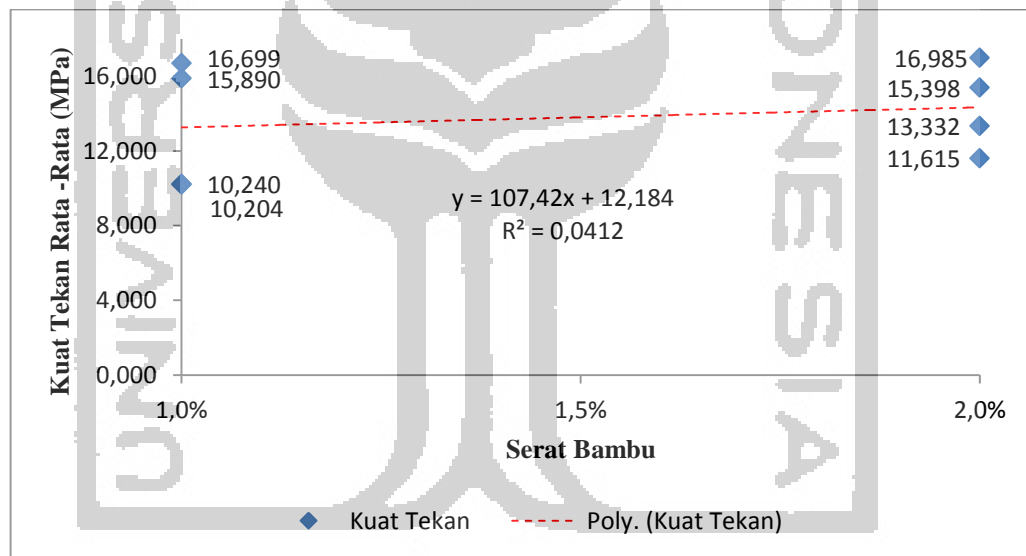
Dalam penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan beton ringan dengan penambahan *silica fume* dan serat bambu mengalami peningkatan dan penurunan di setiap *mix design* dan variasi campurannya. Pada hasil Tabel 5.21 dan Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa penambahan variasi *silica fume* antara 10% dan 15% dengan Serat bambu antara 1% dan 2% tidak selalu mengalami peningkatan maupun penurunan. Dapat dilihat pada sampel BRS 4 yang mempunyai kuat tekan rata – rata sebesar 16,985 MPa dengan penambahan *silica fume* 15% dan serat bambu 2% yang merupakan kuat tekan rata – rata tertinggi. Sedangkan pada sampel BRS 5 dengan komposisi bahan tambah *silica fume* 15% dan serat Bambu 1% mempunyai kuat tekan rata – rata sebesar 10,204 MPa yang merupakan kuat tekan rata rata terendah.

Pada benda uji dengan penambahan komposisi *silica fume* sebesar 10% terdapat pada *mix design* BRS 1, BRS 3, BRS 6 dan BRS 8 memiliki kuat tekan rata – rata berturut turut sebesar 10,240 MPa, 15,890 MPa, 11,615 MPa, dan 15,398 MPa. Pada benda uji dengan penambahan komposisi *silica fume* sebesar 15% terdapat pada *mix design* BRS 2, BRS 4, BRS 5 dan BRS 7 memiliki kuat tekan rata – rata berturut – turut sebesar 13,332 MPa, 16,985 MPa, 10,204 MPa, dan 16,669 MPa.

Sedangkan pada benda uji dengan penambahan komposisi serat bambu sebesar 1% terdapat pada *mix design* BRS 1, BRS 3, BRS 5 dan BRS 7 memiliki kuat tekan rata – rata berturut – turut sebesar 10,240 MPa, 15,890 MPa, 10,204 MPa, dan 16,699 MPa. Pada benda uji dengan komposisi serat bambu 2 % terdapat pada *mix design* BRS 2, BRS 4, BRS 6 dan BRS 8 memiliki kuat tekan rata – rata sebesar 13,332 MPa, 16,985 MPa, 11,615 MPa, dan 15,398 MPa.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan *Silica Fume* dengan Kuat Tekan Rata – rata



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Serat Bambu dengan Kuat tekan Rata – rata

Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 adalah grafik hubungan kuat tekan rata – rata terhadap *silica fume* dan serat bambu, yang merupakan hasil pengujian dari Tabel 5.21. Dapat diketahui berdasarkan Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 bahwa penambahan *silica fume* dan serat bambu memberikan nilai kuat yang lebih baik, walaupun peningkatan disetiap *mix design* berbeda beda. Pada penambahan *silica fume* 15% dan serat bambu 2% memberikan hasil kuat tekan yang lebih besar walaupun sebagian nilai masih rendah.

Dari hasil ini menunjukkan bahwa penambahan kuat tekan tidak hanya dipengaruhi oleh bahan tambah saja, akan tetapi juga dipengaruhi oleh besar dari material lain. Hasil yang bervariasi ini dipengaruhi karena penggunaan metode Taguchi dimana penggunaan matrik ortogonal array di setiap material benda uji yang digunakan.

Akan tetapi dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 grafik yang dihasilkan masih belum sempurna atau belum akurat. Hal ini dikarenakan pada bahan tambah *silica fume* dan serat bambu hanya menggunakan 2 level yang dikunci yaitu 10% ,15 % untuk *silica fume* dan 1% dan 2 % untuk serat bambu, sehingga grafik yang dihasilkan hanya berupa garis linier lurus saja. Agar mendapatkan hasil garis pada grafik yang lebih baik harus memberikan tambahan level pada setiap para meternya baik lebih tinggi dan dengan penambahan benda uji 0 % bahan tambah.

Pada penelitian ini tidak menggunakan bahan tambah 0 %. Dikarenakan meninjau dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian Fajar Purwanto (2015), Giselda (2016), telah dilakukan penelitian dengan penambahan *silica fume* untuk menentukan suatu takaran *mix design*, sehingga menghasilkan suatu produk yang optimum dari setiap *mix design* yang sudah di perhitungkan. Sehingga penelitian ini lebih menitik beratkan kepada hasil produk yang optimum.

Pada penelitian Fajar purwanto (2015 ) hasil produk yang di dapat pada kuat tekan beton ringan yaitu *silica fume* 15% sedangkan material lainnya adalah *water* 45%, *sand* 75%, dan *Foam* 40% .

Pada penelitian Giselda (2016) hasil produk yang didapat pada kuat tekan beton ringan yaitu *silica fume* 15%, dan material lainnya yaitu *water* 40%, *sand* 75%, dan *foam* 40%, *mill* 3%.

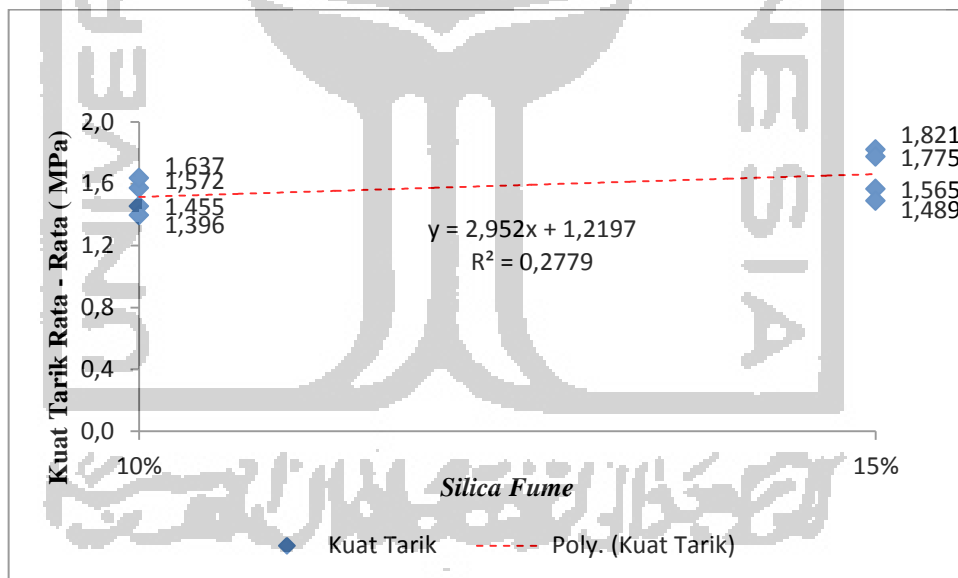
#### 5.5.2. Pembahasan Kuat Tarik Beton ringan

Pada penelitian ini didapatkan nilai kuat tarik beton ringan yang bervariasi disetiap campuran *mix design*nya. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Gambar 5.6 dengan penambahan *silica fume* antara 10% , dan 15% dengan serat bambu antara 1 % dan 2 % . Pada sampel BRS 4 dengan penambahan *silica fume* 15 % dan serat bambu 2 % menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 1,821 MPa

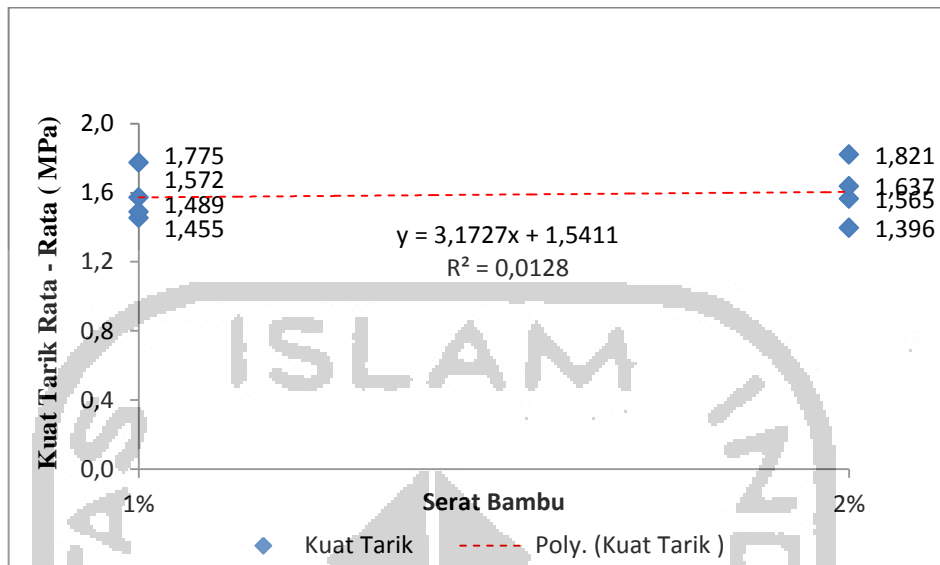
dimana hasil ini termasuk kuat tarik tertinggi. Sedangkan kuat tarik terendah terdapat pada sampel BRS 6 dengan penambahan *silica fume* 10% dan serat bambu 2% sebesar 1,396 MPa.

Benda uji dengan penambahan *silica fume* 10% terdapat pada benda uji BRS 1, BRS 3, BRS 6, dan BRS 8 secara berturut – turut sebesar 1,445 MPa, 1,572 MPa, 1,396 MPa, dan 1,489 MPa. Pada benda uji penambahan *silica fume* 15% terdapa pada benda uji BRS 2, BRs 4, BRS 5 dan BRS 7 secara berturut – turut sebesar 1,775 MPa, 1,821 MPa, 1,565 MPa, dan 1,637 MPa.

Benda uji dengan penambahan serat bambu sebesar 1% terdapat pada campuran benda uji BRS 1, BRS 3, BRS 5, dan BRS 7 dengan nilai kuat tarik secara ber turut – turut sebesar 1,455 MPa, 1,572 MPa, 1,565 MPa, dan 1,637 MPa. Dan pada penambahan serat bambu 2% terdapat pada campuran benda uji BRS 2, BRS 4, BRS 6 dan BRS 8 memiliki kuat tarik sebesar 1,775 MPa, 1,821 MPa, 1,396 MPa dan 1,489 MPa.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kuat Tarik dengan *silica fume*



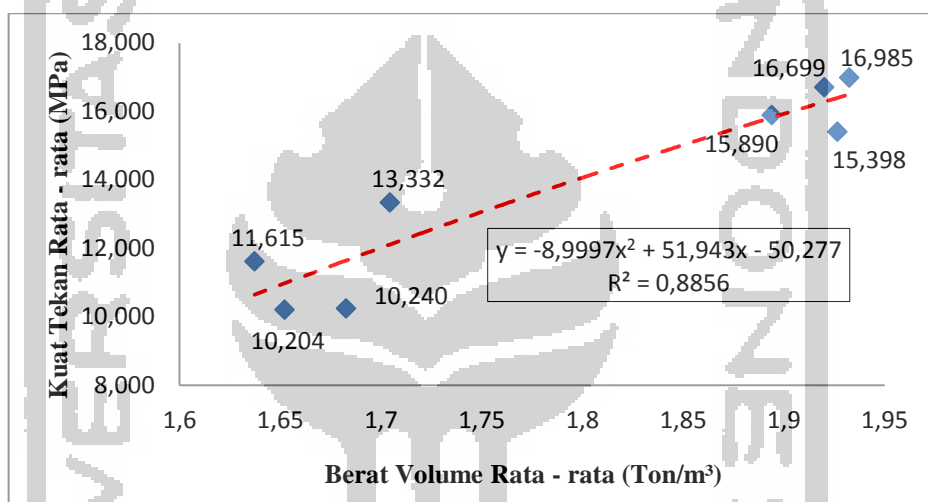
**Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Kuat Tarik dengan Serat Bambu**

Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 adalah grafik hubungan kuat tarik rata - rata terhadap *silica fume* dan serat bambu, yang merupakan hasil pengujian dari Tabel 5.25. Berdasarkan Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 diatas diketahui bahwa dengan penambahan *silica fume* dan serat bambu memberikan hasil kuat tarik yang baik. Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa dengan penambahan *silica fume* 15% dan serat bambu 2 % memberikan kekuatan tarik yang baik. Walaupun sebagian kuat tarik pada serat bambu 2 % terdapat nilai yang rendah, akan tetapi juga memberikan nilai kuat tarik yang tinggi. Hasil yang berbeda ini juga di pengaruhi karena adanya penentuan dari material lain yang sudah ditentukan lewat metode Taguchi.

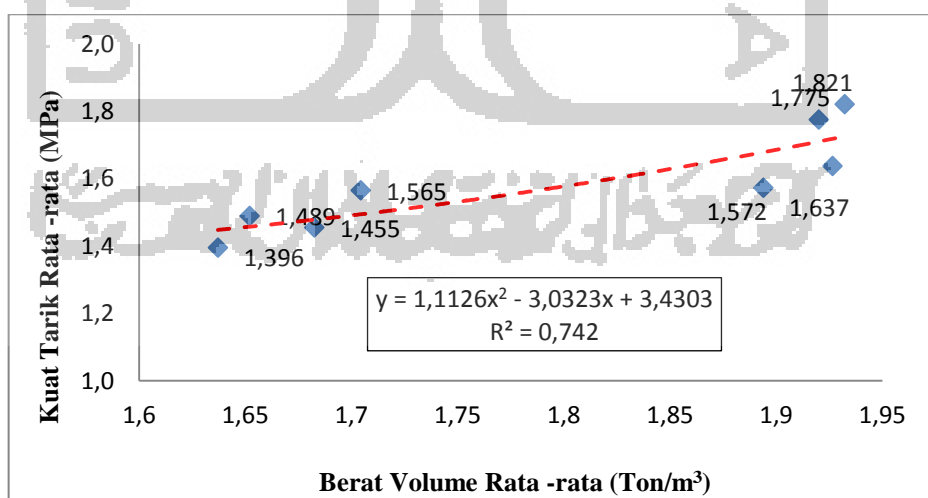
Akan tetapi dapat dilihat dari Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 masih belum terlalu akurat. Karena perbandingan kuat tarik terhadap *silica fume* dan kuat tarik terhadap serat bambu hanya menggunakan 2 level yang dikunci yaitu 10%, 15% untuk *silica fume* dan 1%, 2 % untuk serat bambu. Hal ini menyebabkan garis linear pada grafik masih kurang memperlihatkan hasil yang baik. Masih harus menambahkan lagi level serat bambu maupun *silica fume* yang lebih besar dan juga penambahan sampel 0% agar hasil yang di dapatkan lebih akurat.

### 5.5.3. Perbandingan Berat Volume dengan Kuat Tekan dan Kuat Tarik

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai rata – rata berat volume, kuat tekan dan kuat tarik di setiap campuran mix designnya. Dengan memperhatikan pengujian hasil pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.21, maka didapat grafik hubungan berat volume rata – rata dengan kuat tekan rata – rata (Gambar 5.11). kemudian dengan melihat hasil Tabel 5.18 dan Tabel 5.25, maka didapat grafik hubungan antara berat volume rata – rata dengan kuat tarik rata – rata Gambar 5.12 .



**Gambar 5.11 Hubungan Berat Volume Rata – rata dengan Kuat Tekan Rata- rata**



**Gambar 5.12 Hubungan Berat Volume Rata – rata dengan Kuat Tarik Rata – rata**

Dari gambar diatas dapat dilihat hubungan antara berat volume, kuat tekan dan kuat tarik beton ringan. Gambar 5.11 menunjukkan bahwa hubungan antara berat volume dengan kuat tekan saling terikat yang ditunjukkan dengan grafik yang linier dan didapatkan rumus empirisnya  $y = -8,9997x^2 + 51,943x - 50,277$  maka  $R^2 = 0,8856$ . Pada hubungan antara kuat tarik dengan berat volume menunjukkan bahwa besar kecilnya nilai berat volume terhadap kuat tarik terjadi secara linier hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.12 yang menunjukkan grafik mendekati linier. Hubungan tersebut terjadi dikarenakan setiap sampel dan material penyusunnya yang berbeda – beda karena adanya pengaruh dari pemakaian penyusun berupa matrik orthogonal array pada saat pembuatannya dan dari hasil tersebut didapatkan rumus empirisnya  $y = 1,1126x^2 - 3,0323x + 3,4303$  maka  $R^2 = 0,742$ .

#### 5.5.4. Pembahasan Hasil Beton Ringan

Hasil pengujian beton ringan dengan menggunakan penambahan metode Taguchi dapat menghasilkan hasil yang bervariasi, seperti dari pengujian ini dimana kuat tekan, kuat tarik, dan berat volume beton ringan mendapatkan hasil yang bervariasi di setiap campuran dari *mix design* 1 sampai 8. Variasi dari setiap campuran semuanya dipengaruhi dari hasil perhitungan material setelah di kombinasikan dengan matrix ortogonal.

Pada kuat tekan beton hasil maksimum di dapat pada BRS 3 dikarenakan pengaruh dari hasil matrik ortogonal yang menghasilkan campuran level yang optimal, seperti halnya pada kuat tarik beton ringan yang berada pada campuran BRS 4 dengan nilai level disetiap parameternya optimum terutama pada serat bambu untuk menambah kuat tarik didapat campuran dengan level 2 atau persentase campuran yang tertinggi. Dan pada berat volume yang dihasilkan pada setiap sampel sudah menghasilkan berat volume yang ringan. sehingga penelitian ini sudah memenuhi beton ringan yang disyaratkan.