

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Agregat

Untuk mengetahui karakteristik dari agregat, diperlukan pengujian. Pengujian agregat halus meliputi uji gradasi, berat jenis dan penyerapan air.

##### 4.1.1 Uji gradasi

Hasil Pengujian gradasi agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Gradasi

Lubang Saringan		Pasir			
		Tertinggal		Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76.2	0	0	0	100
2.5"	63.5	0	0	0	100
2"	50.8	0	0	0	100
1.5"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
3/4"	19.1	0	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	0	100
3/8"	9.5	0	0	0	100
4	4.76	6.60	0.71	0.71	99.29
8	2.38	90.00	9.62	10.32	89.68
16	1.19	63.60	6.80	17.12	82.88
20	0.85	356.00	38.04	55.16	44.84
50	0.297	167.60	17.91	73.07	26.93
100	0.149	181.00	19.34	92.41	7.59
200	0.075	53.20	5.68	98.10	1.90
Pan		17.8			
$\Sigma =$		935.8	98.0978842	346,89	

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus pasir} &= \frac{\sum \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/8 \text{ " sampai no } 100}{100} \\ &= \frac{248,79}{100} \\ &= 2,4879 \end{aligned}$$

- Berdasarkan ASTM C 35 – 37, diisyaratkan standar modulus halus agregat halus berkisar antara 2,3 – 3,1. Sedangkan berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai 2,4879. Berarti pasir mempunyai butiran yang masuk standar ASTM C 35 – 37.
- Berdasarkan SK SNI T-15, gradasi pasir dibedakan menjadi 4 zona yaitu:
  - Zona 1 :

Garis 1		Garis 2	
Ayakan	% Lolos	Ayakan	% Lolos
0.075		0.075	
0.15	0	0.15	10
0.3	5	0.3	20
0.6	15	0.6	34
1.2	30	1.2	70
2.4	60	2.4	95
4.8	90	4.8	100
9.6	100	9.6	

- Zona 2 :

Garis 1		Garis 2	
Ayakan	% Lolos	Ayakan	% Lolos
0.075		0.075	
0.15	0	0.15	10
0.3	8	0.3	30
0.6	35	0.6	59
1.2	55	1.2	90
2.4	75	2.4	100
4.8	90	4.8	
9.6	100	9.6	

## ➤ Zona 3 :

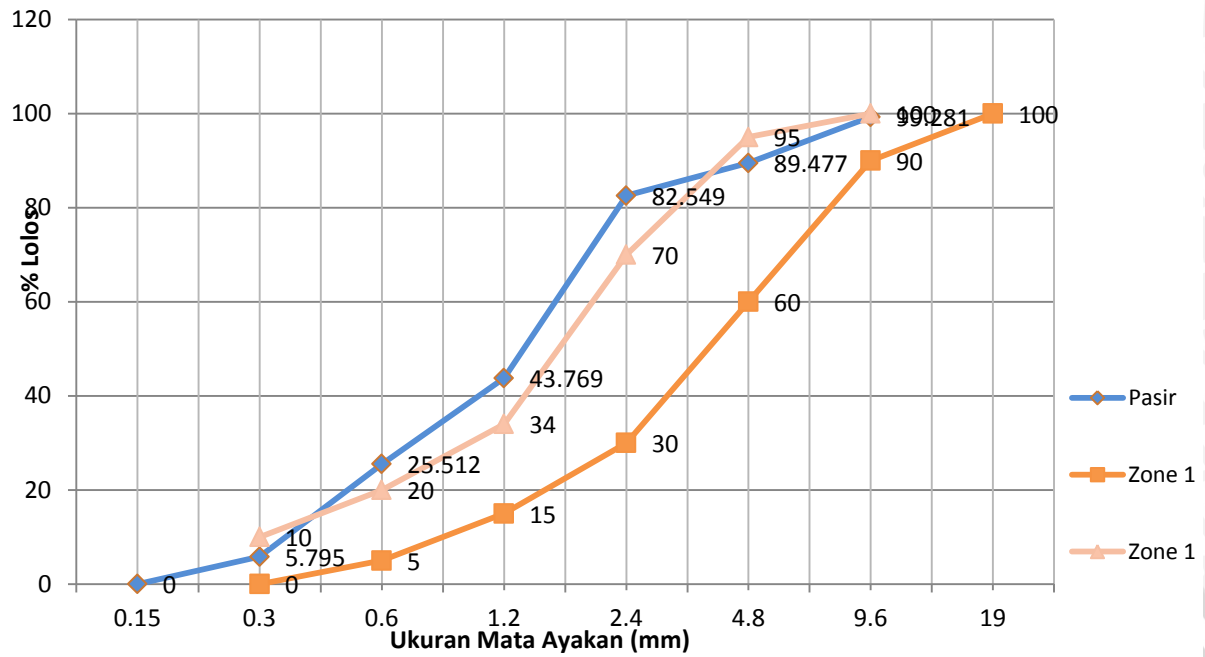
Garis 1		Garis 2	
Ayakan	% Lolos	Ayakan	% Lolos
0.075		0.075	
0.15	0	0.15	10
0.3	12	0.3	40
0.6	60	0.6	79
1.2	75	1.2	100
2.4	85	2.4	
4.8	90	4.8	
9.6	100	9.6	

## ➤ Zona 4 :

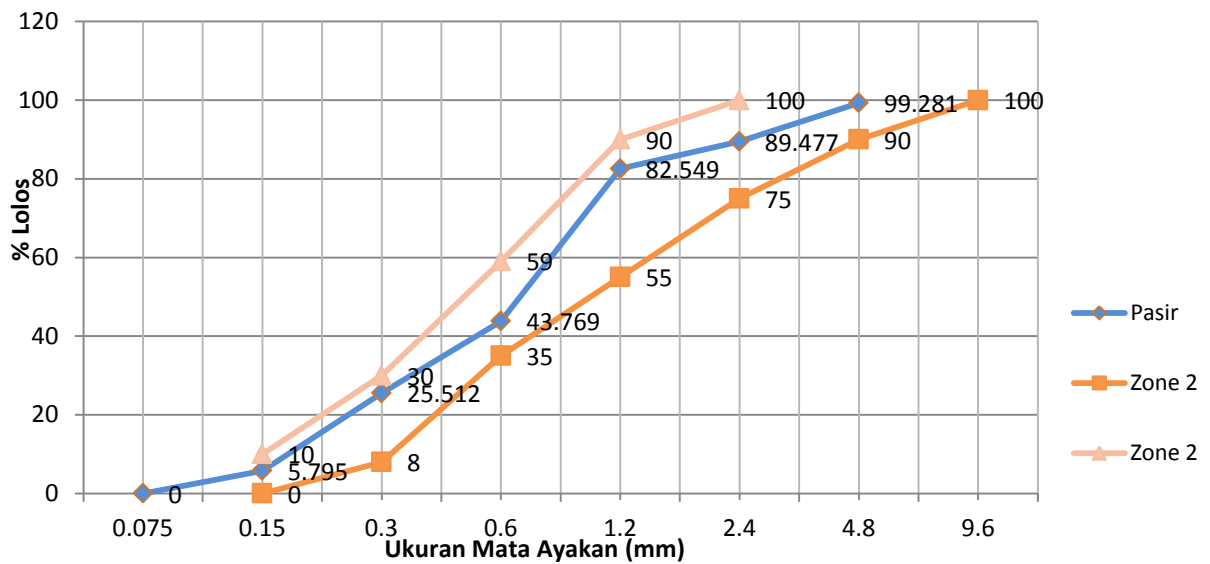
Garis 1		Garis 2	
Ayakan	% Lolos	Ayakan	% Lolos
0.075		0.075	
0.15	0	0.15	15
0.3	15	0.3	50
0.6	80	0.6	100
1.2	90	1.2	
2.4	95	2.4	
4.8	95	4.8	
9.6	100	9.6	

Apabila data dari **Tabel 4.1** dimasukkan ke dalam tabel gradasi, maka akan dapat diketahui karakteristik dari agregat halus. Uraian pembagian zona adalah sebagai berikut:

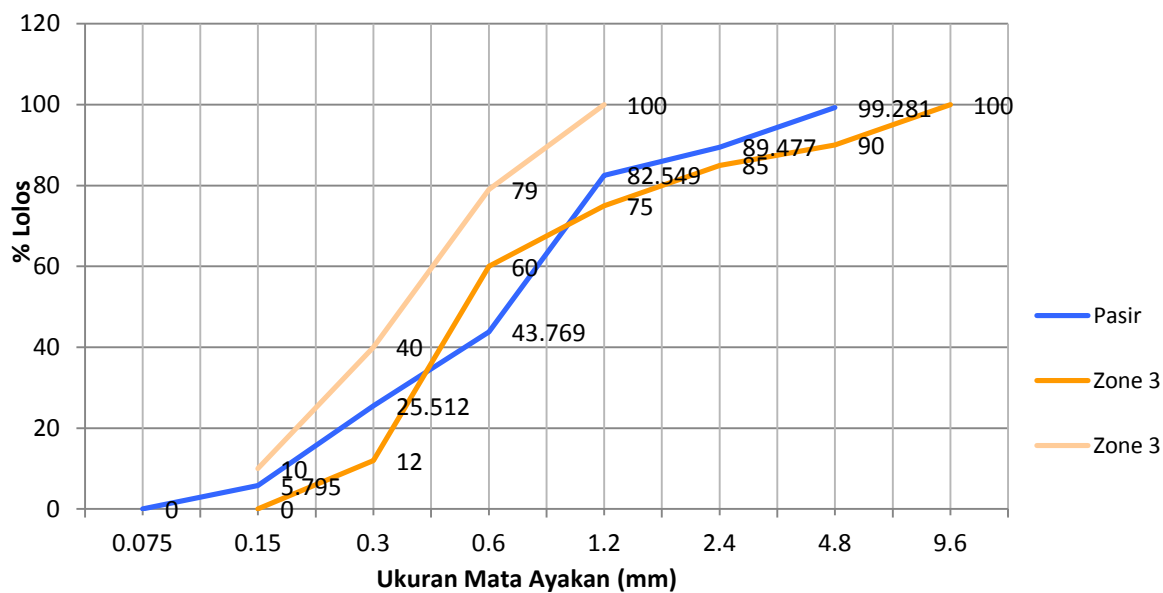
- Zona 1 merupakan zona pasir kasar.
- Zona 2 merupakan zona pasir agak kasar
- Zona 3 merupakan zona pasir agak halus
- Zona 4 merupakan zona pasir halus



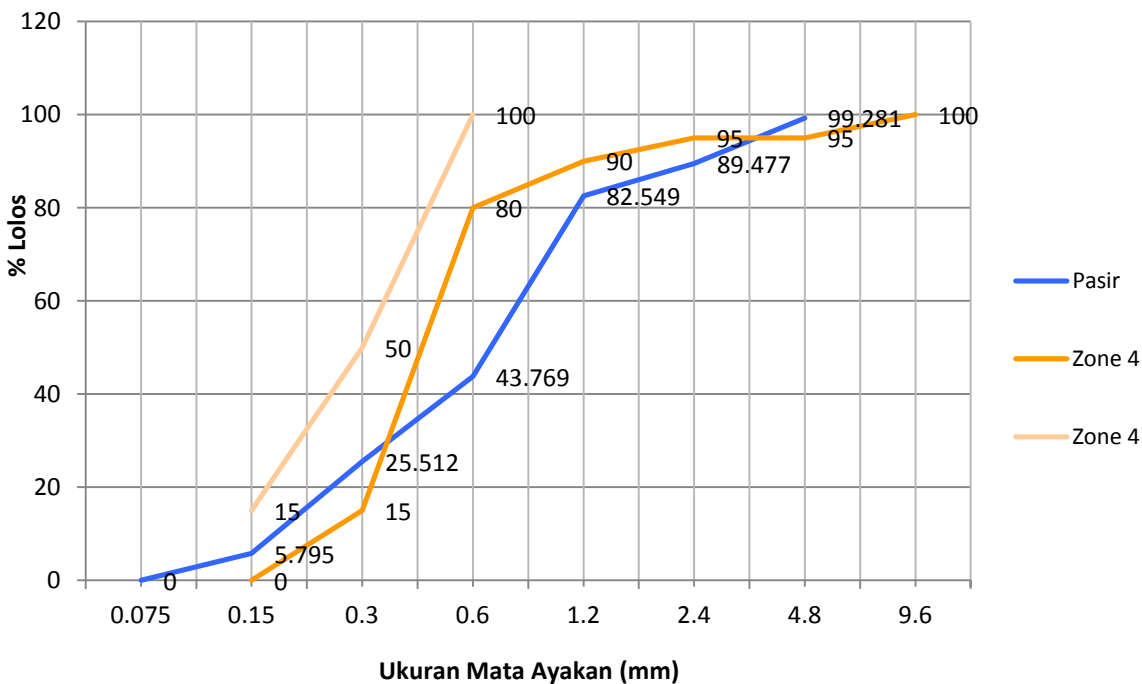
Gambar 4.1 Lengkung Ayakan Pasir Zona 1



Gambar 4.2 Lengkung Ayakan Pasir Zona 2



Gambar 4.3 Grafik Lengkung Ayakan Pasir Zona 3



Gambar 4.4 Grafik Lengkung Ayakan Pasir Zona 4

Berdasarkan **Gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4** gradasi pasir masuk ke dalam zona 2 yaitu jenis pasir agak kasar.

- Kadar lumpur harus kurang dari 5%

$$= \frac{17,8}{935,8} \times 100 \% = 1,902 \% < 5\% \text{ maka kadar lumpur kecil dan pasir tidak perlu dicuci.}$$

#### 4.1.2 Uji berat jenis dan penyerapan air

Selain uji gradasi, agregat halus juga harus diuji berat jenis dan penyerapan airnya. Hasil Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus ditunjukkan pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Nomor contoh	A	B	Rata-rata
	(gr)	(gr)	
Berat benda uji dalam keadaan jenuh kering permukaan	500	500	500
Berat benda uji kering oven (Bk)	481	478.2	479.6
Berat piknometer berisi air (B)	698.8	698.8	698.8
Berat piknometer berisi air dan benda uji (Bt)	973.6	968	970.8

Nomor contoh	A	B	Rata-rata
Berat jenis curah $Bk/(B+500-Bt)$	2.136	2.072	2.103901
Berat jenis kering permukaan jenuh $500/(B+500-Bt)$	2.220	2.166	2.193313
Berat jenis semu $Bk/(B+Bk-Bt)$	2.333	2.288	2.310362
Penyerapan air $[(500-Bk)/Bk] \times 100\%$	3.950%	4.559%	4.25%

Bk : Berat benda uji kering oven (gram)

B : Berat piknometer berisi air (gram)

Bi : Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 : Berat benda Uji dalam keadaan SSD (gram)

- Berat jenis curah

$$\frac{Bk}{B+500-Bt} = \frac{481}{698,8+500-973,6} = 2,136$$

- Berat jenis kering permukaan jenuh

$$\frac{500}{B+500-Bt} = \frac{500}{698,8+500-973,6} = 2,220$$

- Berat jenis semu

$$\frac{Bk}{B+Bk-Bt} = \frac{481}{698,8+481-973,6} = 2,333$$

- Penyerapan air

$$\frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% = \frac{500-481}{481} \times 100\% = 3,950 \%$$

- Berat jenis curah adalah hasil perbandingan antara berat agregat kering oven dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25<sup>0</sup> C. Pada penelitian ini berat jenis curah adalah 2,1039.
- Berat jenis kering permukaan jenuh adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25<sup>0</sup> C. Berat jenis kering permukaan jenuh = 2,19331.
- Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering dalam keadaan kering pada suhu 25<sup>0</sup> C. Berat jenis semu = 2,31036
- Penyerapan adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering (%). Penyerapan = 4,25%.

Berdasarkan SK SNI 15-1990-03 pada bab IV Pengerjaan Perencanaan Beton disebutkan bahwa: Penyerapan air agregat halus untuk pasir < 4,20 %. Pada penelitian ini, penyerapan air agregat halus sebesar 4,25% > 4,20 % sehingga agregat halus tidak memenuhi standar.

## 4.2 Pembuatan Benda Uji

### 4.2.1 Penentuan campuran

Batako dibuat dengan menggunakan perbandingan berat antara semen dan pasir sebesar 1:6. Sedangkan faktor air semen (fas) direncanakan dengan nilai 0,5. Komposisi bahan pembuatan batako ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

Asumsi berat 1 buah batako = 12 kg

Perbandingan campuran = 1;6

Semen =  $\frac{1}{7} \times 12 = 1,714$  kg

**Tabel 4.3** Kebutuhan bottom ash dan semen

No	Variasi	Berat Bottom Ash (kg)		Berat Semen (kg)	
		1 buah batako	10 buah batako	1 buah batako	10 buah batako
1.	0%	0	0	1,714	17,14
2.	5%	0,085	0,85	1,620	16,20
3.	10%	0,171	1,71	1,540	15,40
4.	15%	0,257	2,57	1,457	14,57
5.	20%	0,342	3,42	1,370	13,70
6.	25%	0,425	4,25	1,280	12,80
7.	30%	0,514	5,14	1,199	11,99
8.	35%	0,599	5,99	1,111	11,11
9.	40%	0,685	6,85	1,030	10,30
10.	45%	0,771	7,71	0,943	9,43
11.	50%	0,857	8,57	0,860	8,60
12.	55%	0,942	9,42	0,770	7,70
13.	60%	1,028	10,28	0,680	6,80
Total		66,817		138,5	

Dari perhitungan, didapatkan total kebutuhan bottom ash sebesar 66,817 kg dan semen sebesar 138,5 kg. **Gambar 4.5** menunjukkan bottom ash pada saat akan diolah. Bottom ash sebelumnya ditimbang terlebih dahulu sesuai kebutuhan per variasi dan kemudian dibungkus satu per satu.





**Gambar 4.5** Bottom ash yang siap diolah

#### 4.2.2 Proses pembuatan

Proses pembuatan diawali dengan proses pencampuran bahan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan mesin pencampur seperti tertera pada **Gambar 4.6** dengan cara bertahap, yakni dilakukan per variasi.



**Gambar 4.6** Mesin pencampur bahan

Setelah selesai dicampur, campuran kemudian dicetak menggunakan cetakan batako yang berupa mesin berbahan bakar solar. Mesin pencetak dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



**Gambar 4.7** Mesin pencetak batako

#### 4.2.3 Perawatan

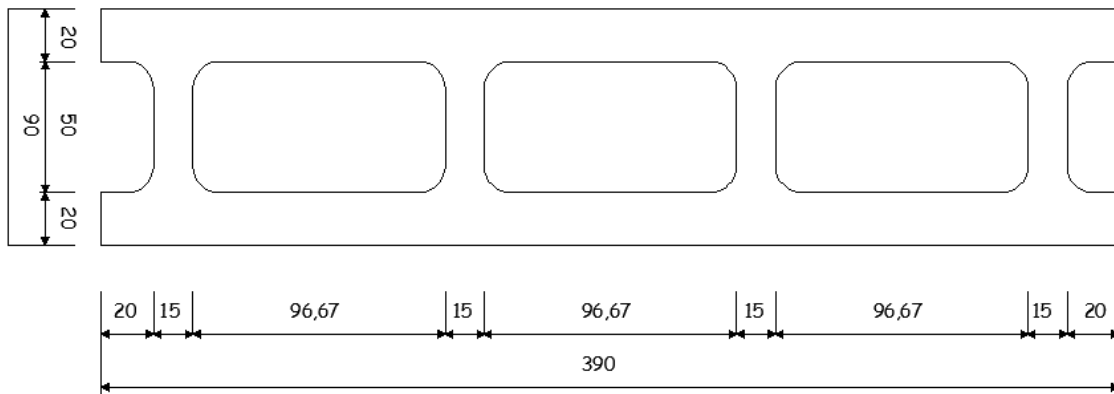
Setelah kering, batako diberikan perawatan (curing) berupa penyiraman air. Proses ini dilakukan sehari sekali secara terus menerus sampai batako berumur 28 hari. **Gambar 4.8** menunjukkan proses perawatan batako. Proses penyiraman dilakukan sampai seluruh bagian luar batako basah oleh air sehingga tidak terjadi penyusutan kering akibat panas hidrasi.



**Gambar 4.8** Perawatan batako

#### 4.2.4 Benda uji batako

Pada penelitian ini, benda uji mempunyai ukuran rata-rata panjang 39 cm, lebar 16 cm dan tebal 9 cm. Sedangkan untuk ukuran dinding pemisah dalam adalah 1,5 cm dan pemisah luar 2 cm. Sehingga apabila diklasifikasikan menurut SNI 03-0349, batako pada penelitian ini termasuk jenis batako berlubang kecil. Ukuran batako digambarkan pada **Gambar 4.9** dan persyaratan dimensi batako berdasarkan SNI 03-0349 terdapat pada **Tabel 4.4**.



**Gambar 4.9** Sketsa Batako Tampak Atas

**Tabel 4.4** Ukuran Batako

Jenis	Ukuran (mm)			Tebal Dinding Sekatan Minimum (mm)	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
1. Pejal	390 +3 - 5	90 ± 2	100 ± 2	-	-
2. Berlubang					
a. Kecil	390 +3 - 5	190 +3 - 5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 +3 - 5	190 +3 - 5	200 ± 2	25	20

Sumber : SNI 03-0349-1989

### 4.3 Pengujian Batako

#### 4.3.1 Pengujian tekan

Secara umum kekuatan tekan batako akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur dari batako. Kuat tekan dihitung dengan membagi beban maksimal yang dapat ditahan

batako hingga hancur dengan luas permukaan bidang tekan. Pengujian menggunakan bahan penerap berupa pelat besi dengan berat 15,58 kg. Perhitungan luasan batako ada pada **Lampiran 4. Gambar 4.10** adalah mesin uji tekan dan **Gambar 4.11** adalah alat pembaca uji tekan digital milik Universitas Brawijaya yang digunakan untuk menguji kuat tekan batako.



**Gambar 4.10** Alat uji tekan



**Gambar 4.11** Alat pembaca digital

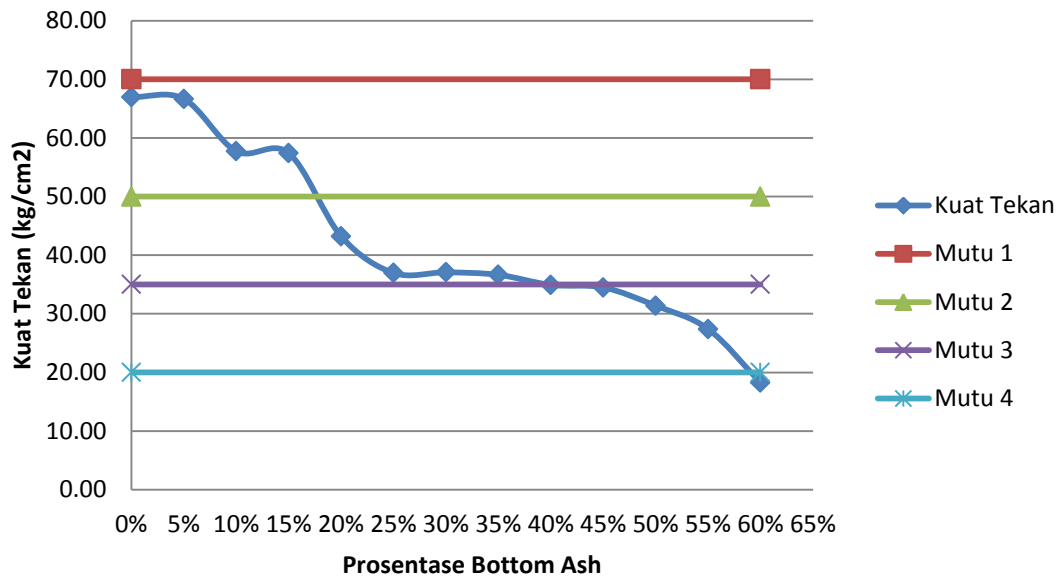
Hasil pengujian tekan dijelaskan pada **Tabel 4.5** dan pada **Gambar 4.12**.

**Tabel 4.5** Hasil Uji Tekan

No	Komposisi (%)		Variasi	Beban (kN)	Beban +plat (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
	Semen	Bottom Ash						
1	100	0	a	97	9715.58	52.23	334.83	66.97
			b	127	12715.58	68.36		
			c	144	14415.58	77.50		
			d	134	13415.58	72.13		
			e	120	12015.58	64.60		
2	95	5	a	144	14415.58	77.50	333.21	66.64
			b	122	12215.58	65.68		
			c	144	14415.58	77.50		
			d	98	9815.58	52.77		
			e	111	11115.58	59.76		
3	90	10	a	127	12715.58	68.36	288.59	57.72
			b	134	13415.58	72.13		
			c	99	9915.58	53.31		
			d	92	9215.58	49.55		
			e	84	8415.58	45.25		
4	85	15	a	110	11015.58	59.22	286.98	57.40
			b	113	11315.58	60.84		
			c	84	8415.58	45.25		
			d	101	10115.58	54.38		
			e	125	12515.58	67.29		
5	80	20	a	90	9015.58	48.47	216.01	43.20
			b	108	10815.58	58.15		
			c	34	3415.58	18.36		
			d	93	9315.58	50.08		
			e	76	7615.58	40.94		
6	75	25	a	31	3115.58	16.75	184.83	36.97
			b	84	8415.58	45.25		
			c	101	10115.58	54.38		
			d	83	8315.58	44.71		
			e	44	4415.58	23.74		
7	70	30	a	74	7415.58	39.87	185.37	37.07
			b	55	5515.58	29.65		
			c	76	7615.58	40.94		
			d	59	5915.58	31.80		
			e	80	8015.58	43.09		

**Tabel 4.5** Hasil Uji Tekan (lanjutan)

No	Komposisi (%)		Variasi	Beban (kN)	Beban +plat (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
	Semen	Bottom Ash						
8	65	35	a	44	4415.58	23.74	183.21	36.64
			b	92	9215.58	49.55		
			c	56	5615.58	30.19		
			d	63	6315.58	33.95		
			e	85	8515.58	45.78		
9	60	40	a	59	5915.58	31.80	174.61	34.92
			b	93	9315.58	50.08		
			c	70	7015.58	37.72		
			d	41	4115.58	22.13		
			e	61	6115.58	32.88		
10	55	45	a	55	5515.58	29.65	172.46	34.49
			b	42	4215.58	22.66		
			c	33	3315.58	17.83		
			d	54	5415.58	29.12		
			e	136	13615.58	73.20		
11	50	50	a	49	4915.58	26.43	156.87	31.37
			b	51	5115.58	27.50		
			c	62	6215.58	33.42		
			d	78	7815.58	42.02		
			e	51	5115.58	27.50		
12	45	55	a	61	6115.58	32.88	136.98	27.40
			b	55	5515.58	29.65		
			c	23	2315.58	12.45		
			d	63	6315.58	33.95		
			e	52	5215.58	28.04		
13	40	60	a	33	3315.58	17.83	91.28	18.26
			b	32	3215.58	17.29		
			c	33	3315.58	17.83		
			d	35	3515.58	18.90		
			e	36	3615.58	19.44		



**Gambar 4.13** Kuat Tekan Batako

Pada **Gambar 4.13** menurut SNI 03-0349 dibedakan menjadi 4 syarat mutu, yaitu:

- Mutu 1 = 70 kg/cm<sup>2</sup>
- Mutu 2 = 50 kg/cm<sup>2</sup>
- Mutu 3 = 35 kg/cm<sup>2</sup>
- Mutu 4 = 20 kg/cm<sup>2</sup>

Dapat dilihat bahwa ada empat variasi batako yang masuk mutu 2 yaitu dengan komposisi *bottom ash* sebesar 0%, 5%, 10%, 15%. Diantara keempat variasi tersebut, variasi 1 merupakan variasi dengan kuat tekan terbesar, yaitu 66,97 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan variasi batako yang masuk mutu 3 ada empat variasi yaitu variasi dengan prosentase *bottom ash* sebesar 20%, 25%, 30%, 35%. Diantara keempat variasi tersebut, variasi 5 merupakan variasi dengan kuat tekan terbesar, yaitu 43,20 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk mutu 4 diisi oleh 4 variasi yaitu variasi dengan prosentase *bottom ash* sebesar 40%, 45%, 50%, 55%. Variasi 9 menjadi variasi dengan kuat tekan terbesar, yaitu 34,92 kg/cm<sup>2</sup>. Diantara semua variasi, hanya ada satu variasi yang tidak memenuhi syarat SNI, yaitu variasi 13 dengan kuat tekan 18,26 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.2 Pengujian Penyerapan Air

Selain uji kuat tekan, benda uji juga diberikan uji penyerapan air sesuai SNI 03-0349. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar penyerapan air maksimum pada benda uji batako. Hasil pengujian penyerapan air dijelaskan pada **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.14**.

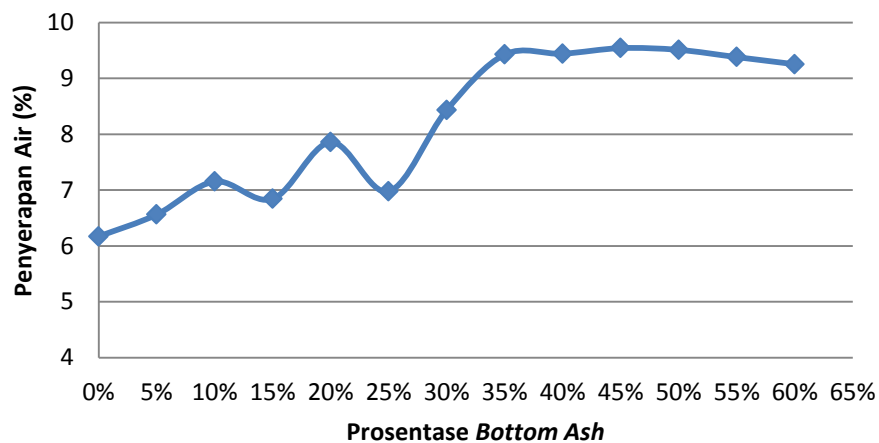
Tabel 4.6 Penyerapan Air Batako

No	Komposisi (%)		Variasi	Berat (kg)		Penyerapan Air (%)	Total (%)	Rata - Rata (%)
	Semen	Bottom Ash		Basah	Kering			
1	100	0	a	8.18	7.64	7.07	30.84	6.17
			b	8.12	7.66	6.01		
			c	8.40	8.02	4.74		
			d	8.14	7.77	4.76		
			e	8.12	7.50	8.27		
2	95	5	a	8.32	7.72	7.77	32.80	6.56
			b	8.22	7.74	6.20		
			c	8.18	7.72	5.96		
			d	8.20	7.76	5.67		
			e	8.04	7.50	7.20		
3	90	10	a	8.24	7.76	6.19	35.76	7.15
			b	7.74	7.32	5.74		
			c	7.88	7.48	5.35		
			d	7.78	7.12	9.27		
			e	7.82	7.16	9.22		
4	85	15	a	8.22	7.52	9.31	34.21	6.84
			b	8.24	7.86	4.83		
			c	8.22	7.76	5.93		
			d	8.26	7.82	5.63		
			e	8.16	7.52	8.51		
5	80	20	a	7.74	7.08	9.32	39.28	7.86
			b	8.16	7.68	6.25		
			c	7.98	7.48	6.68		
			d	8.10	7.58	6.86		
			e	8.02	7.28	10.16		
6	75	25	a	7.76	7.36	5.43	34.87	6.97
			b	8.12	7.77	4.50		
			c	8.04	7.24	11.05		
			d	8.26	7.68	7.55		
			e	8.06	7.58	6.33		
7	70	30	a	7.90	7.34	7.63	42.16	8.43
			b	7.88	7.30	7.95		
			c	7.98	7.38	8.13		
			d	8.30	7.68	8.07		
			e	8.08	7.32	10.38		
8	65	35	a	7.96	7.14	11.48	47.12	9.42
			b	8.20	7.42	10.51		
			c	8.26	7.66	7.83		
			d	7.90	7.28	8.52		
			e	8.18	7.52	8.78		



**Tabel 4.6** Penyerapan Air Batako (lanjutan)

No	Komposisi (%)		Variasi	Berat (kg)		Penyerapan Air (%)	Total (%)	Rata - Rata (%)
	Semen	Bottom Ash		Basah	Kering			
9	60	40	a	8.26	7.54	9.55	47.20	9.44
			b	8.34	7.82	6.65		
			c	8.12	7.50	8.27		
			d	7.96	6.98	14.04		
			e	8.00	7.36	8.70		
10	55	45	a	7.82	7.02	11.40	47.70	9.54
			b	8.08	7.48	8.02		
			c	7.88	7.30	7.95		
			d	7.86	7.20	9.17		
			e	7.96	7.16	11.17		
11	50	50	a	8.02	7.24	10.77	47.55	9.51
			b	7.78	7.18	8.36		
			c	7.62	7.06	7.93		
			d	8.12	7.42	9.43		
			e	8.04	7.24	11.05		
12	45	55	a	7.72	7.16	7.82	46.90	9.38
			b	8.12	7.34	10.63		
			c	8.14	7.34	10.90		
			d	7.88	7.28	8.24		
			e	8.22	7.52	9.31		
13	40	60	a	8.41	7.69	9.36	46.26	9.25
			b	8.49	7.97	6.52		
			c	8.27	7.65	8.10		
			d	8.11	7.13	13.74		
			e	8.15	7.51	8.52		

**Gambar 4.14** Penyerapan Air

Berdasarkan **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.14**, dapat diketahui penyerapan air pada benda uji berbeda-beda pada tiap-tiap variasi. Penyerapan terkecil ada pada variasi 1 yaitu 6,17% dan penyerapan terbesar ada pada variasi 10 yaitu 9.54%. Menurut SNI 03-0349, penyerapan maksimal air untuk mutu 1 adalah 25%. Pada penelitian ini, penyerapan terbesar adalah 9.54% sehingga untuk pengujian penyerapan air benda uji dapat dikategorikan masuk mutu 1.

#### 4.4 Pengujian Hipotesis dan Pembahasan

Tujuan utama dilakukannya pengujian hipotesis adalah untuk membuktikan kebenaran suatu awal penelitian. Hipotesis awal dari penelitian ini antara lain:

1. Ada pengaruh pada pemanfaatan *bottom ash* sebagai bahan pengganti semen pada batako ditinjau dari kuat tekan dan besar penyerapan air yang dihasilkan.
2. Pada proporsi tertentu *bottom ash* sebagai pengganti semen pada batako, kuat tekan yang dihasilkan masih memenuhi standar.

Dalam pengkajian hipotesis ini digunakan rancangan acak lengkap dengan model tetap dan jumlah ulangan yang sama.

##### 4.4.1 Kuat Tekan

###### 4.4.1.1 Analisis varian satu arah (ANOVA)

###### a. Hipotesis

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = 0$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq 0$$

dengan :

$$\mu_i = \text{Pengaruh perlakuan ke-}i$$

$$H_0 = \text{Ada pengaruh pemanfaatan } \textit{bottom ash}$$

$$H_1 = \text{Tidak ada pengaruh pemanfaatan } \textit{bottom ash}$$

###### b. Perhitungan

**Tabel 4.7** Kuat tekan batako

	0%	5%	10%	15%	20%	25%
1	52.23	77.50	68.36	59.22	48.47	16.75
2	68.36	65.68	72.13	60.84	58.15	45.25
3	77.50	77.50	53.31	45.25	18.36	54.38
4	72.13	52.77	49.55	54.38	50.08	44.71
5	64.60	59.76	45.25	67.29	40.94	23.74
Jumlah	334.83	333.21	288.59	286.98	216.01	184.83

**Tabel 4.7** Kuat tekan batako (lanjutan)

	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
1	39.87	23.74	31.80	29.65	26.43	32.88	17.83
2	29.65	49.55	50.08	22.66	27.50	29.65	17.29
3	40.94	30.19	37.72	17.83	33.42	12.45	17.83
4	31.80	33.95	22.13	29.12	42.02	33.95	18.90
5	43.09	45.78	32.88	73.20	27.50	28.04	19.44
Total	185.37	183.21	174.61	172.46	156.87	136.98	91.28

$$\begin{aligned}\sum Y &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13} \\ &= 334,83 + 333,21 + 288,59 + 286,98 + 216,01 + 184,83 + \dots + 136,98 + 91,28 \\ &= 2745,23\end{aligned}$$

Dengan T = Total kuat tekan per variasi.

- Derajat bebas (db)

$$db_{\text{total}} = \text{total banyaknya pengamatan} - 1 = 65 - 1 = 64$$

$$db_{\text{perlakuan}} = \text{total banyaknya perlakuan} - 1 = 13 - 1 = 12$$

$$db_{\text{galat}} = db_{\text{total}} - db_{\text{perlakuan}} = 64 - 12 = 52$$

- Jumlah Kuadrat (JK)

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{(\sum Y)^2}{n} = \frac{2745,23^2}{65} = 115942,85$$

$$\begin{aligned}\text{JK Total (JKT)} &= \sum Y^2 - \text{FK} = (52,23^2 + 68,36^2 + \dots + 19,44^2) - 115942,85 \\ &= 136968,87 - 115942,85 = 21206,21\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Perlakuan (JKP)} &= \frac{\sum T_1^2}{n_1} + \frac{\sum T_2^2}{n_2} + \frac{\sum T_3^2}{n_3} + \frac{\sum T_4^2}{n_4} + \frac{\sum T_5^2}{n_5} + \dots + \frac{\sum T_{13}^2}{n_{13}} - \text{FK} \\ &= \frac{(334,83)^2}{5} + \frac{(333,21)^2}{5} + \dots + \frac{(91,28)^2}{5} - 115942,85 \\ &= 13950,63\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Galat (JKG)} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} = 21206,21 - 13950,63 \\ &= 7075,38\end{aligned}$$

- Kuadrat Tengah (KT)

$$\text{KT Perlakuan (KTP)} = \frac{\text{JK Perlakuan}}{13-1} = \frac{13950,63}{12} = 1162,552$$

$$\text{KT Galat (KTG)} = \frac{\text{JK Galat}}{65-13} = \frac{7075,38}{52} = 136,065$$

- Nilai  $F_{\text{hitung}} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Galat}} = \frac{1162,552}{136,065} = 8,544$

- Nilai  $F_{Tabel}$

$$\alpha = 0,05$$

Dari Tabel F dan iterasi didapatkan  $F_{tabel}$  adalah 1,943617

c. Keputusan

Dari perhitungan analisis varian di atas didapatkan harga  $F_{hitung} = 8,544$  dan  $F_{tabel} = 1,943617$ , sehingga  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka berarti  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak. Jadi tidak ada pengaruh pada pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan batako.

#### 4.4.1.2 Analisis regresi

Regresi yang digunakan adalah regresi non linear polinomial pangkat dua, yakni pengaruh pemanfaatan *bottom ash* terhadap kuat tekan batako. Rincian perhitungan analisis regresi dalam penelitian ini terdapat pada **Tabel 4.7** sebagai berikut:

**Tabel 4.8** Analisis regresi

No	Bottom ash X	X <sup>2</sup>	Kuat Tekan Y	X.Y	Y <sup>2</sup>
1	0.05	0.0025	66.64	3.33	4441.28
2	0.10	0.0100	57.72	5.77	3331.39
3	0.15	0.0225	57.40	8.61	3294.25
4	0.20	0.0400	43.20	8.64	1866.42
5	0.25	0.0625	36.97	9.24	1366.45
6	0.30	0.0900	37.07	11.12	1374.41
7	0.35	0.1225	36.64	12.83	1342.70
8	0.40	0.1600	34.92	13.97	1219.58
9	0.45	0.2025	34.49	15.52	1189.72
10	0.50	0.2500	31.37	15.69	984.33
11	0.55	0.3025	27.40	15.07	750.52
12	0.60	0.3600	18.26	10.95	333.27
Jumlah	3.90	1.6250	482.08	130.74	21494.32

Koefisien Regresi:

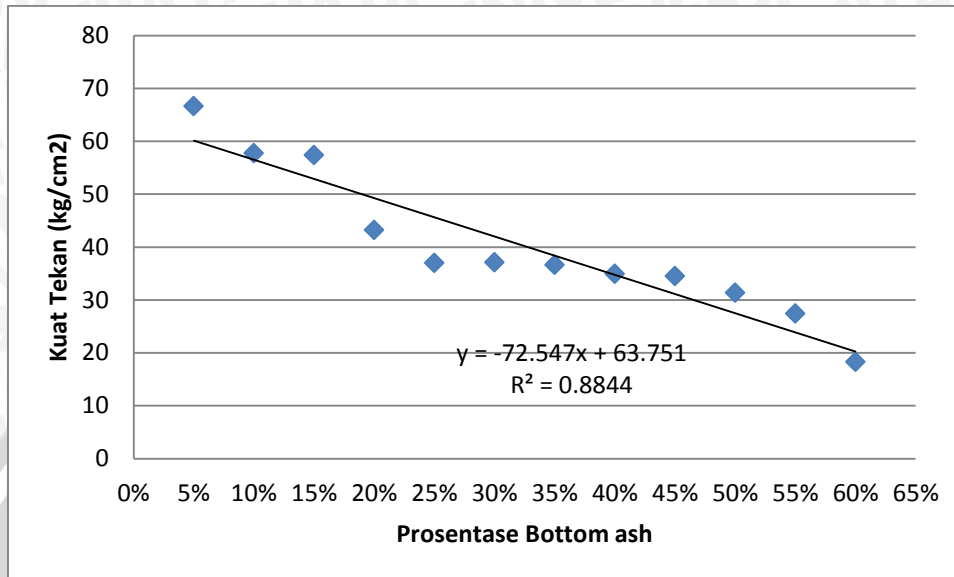
$$b = \frac{12(130,74) - (3,9)(482,08)}{12(1,625) - (3,9)(3,9)} = - \frac{311,232}{4,29} = - 72,547$$

$$a = \frac{482,08 - (-72,547)(3,9)}{12} = \frac{765,0133}{12} = 63,751$$

Persamaan regresi menjadi

$$y = - 72,547 X + 63,751$$

Sedangkan apabila data kuat tekan dianalisis menggunakan Microsoft Excell 2010 maka akan menunjukkan hasil seperti pada **Gambar 4.15**.



**Gambar 4.15** Persamaan regresi linier

#### 4.4.1.3 Pembahasan uji kuat tekan

Berdasarkan SNI 03-0349-89 dapat dilihat bahwa benda uji batako yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan bahan material konstruksi adalah benda uji dengan variasi *bottom ash* 5%-55%. Uraian mengenai pemanfaatan benda uji ditunjukkan pada **Tabel 4.8** berikut.

**Tabel 4.9** Pemanfaatan batako *bottom ash*

No	Komposisi (%)		Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu
	Semen	<i>Bottom Ash</i>		
1	100	0	66.97	Kontrol
2	95	5	66.64	2
3	90	10	57.72	2
4	85	15	57.40	2
5	80	20	43.20	3
6	75	25	36.97	3
7	70	30	37.07	3
8	65	35	36.64	3
9	60	40	34.92	4
10	55	45	34.49	4

**Tabel 4.9** Pemanfaatan batako *bottom ash* (lanjutan)

No	Komposisi (%)		Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu
	Semen	Bottom Ash		
11	50	50	31.37	4
12	45	55	27.40	4
13	40	60	18.26	Di luar standar

Keterangan:

- Bata beton berlubang mutu I adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap)
  - Bata beton berlubang mutu II adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (untuk konstruksi dibawah atap)
  - Bata beton berlubang mutu III adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, untuk dinding penyekat serta konstruksi lainnya tetapi permukaannya tidak boleh diplester (dibawah atap).
  - Bata beton berlubang mutu IV adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi seperti penggunaan dalam mutu III tetapi selalu terlindungi dari hujan dan terik matahari (diplester dan dibawah atap)
- (SNI 03-0349-89 tentang Persyaratan Mutu Bata Beton Berlubang )

Semakin besar prosentase *bottom ash* yang dicampurkan, nilai kuat tekan menjadi semakin menurun. Pada **Gambar 4.13** terlihat bahwa benda uji yang tanpa menggunakan *bottom ash* dan benda uji dengan prosentase *bottom ash* terbesar mempunyai perbedaan kuat tekan yang cukup jauh, yaitu 48,71 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan karena walaupun kadar silika (Si) dari *bottom ash* mendekati semen, akan tetapi kadar kalsiumnya (Ca) sangat rendah apabila dibandingkan dengan semen. Bottom ash hanya memiliki kandungan kalsium sebesar 14,55% sedangkan kandungan di semen mencapai 60-67%. Untuk itulah *bottom ash* tidak bisa mengikat agregat secara sempurna.

Apabila dilihat, *bottom ash* yang digunakan tampak sudah menggumpal dan sedikit lembab. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian *bottom ash* yang digunakan sudah terlebih dahulu bereaksi sebelum digunakan. Sehingga ketika digunakan dalam penelitian, *bottom ash* tidak dapat bereaksi dan mengikat agregat secara maksimal. Hal ini menyebabkan grafik kuat tekan pun cenderung menurun.

Berdasarkan uji hipotesis anova, didapatkan keputusan untuk menolak hipotesis. Pada uji anova, F hitung yang didapatkan pada perhitungan mempunyai nilai 8,544 sedangkan nilai

dari F tabel hanyalah 1,943617. Sehingga keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis, yaitu menganggap bahwa penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan tidak mempunyai pengaruh. Dari analisis regresi, nilai kuat tekan optimum dari benda uji adalah 0,757%. Sehingga dapat diketahui bahwa pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen justru membuat kuat tekan dari batako menjadi menurun.

#### 4.4.2 Penyerapan Air

##### 4.4.2.1 Analisis varian satu arah (Anova)

###### a. Hipotesis

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = 0$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq 0$$

dengan :

$\mu_i$  = Pengaruh perlakuan ke-i

$H_0$  = Ada pengaruh pemanfaatan *bottom ash*

$H_1$  = Tidak ada pengaruh pemanfaatan *bottom ash*

###### b. Perhitungan

**Tabel 4.10** Penyerapan air batako

	0%	5%	10%	15%	20%	25%
1	7.07	7.77	6.19	9.31	9.32	5.43
2	6.01	6.20	5.74	4.83	6.25	4.50
3	4.74	5.96	5.35	5.93	6.68	11.05
4	4.76	5.67	9.27	5.63	6.86	7.55
5	8.27	7.20	9.22	8.51	10.16	6.33
Jumlah	30.84	32.80	35.76	34.21	39.28	34.87

**Tabel 4.10** Penyerapan air batako (lanjutan)

	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
1	7.63	11.48	9.55	11.40	10.77	10.77	9.36
2	7.95	10.51	6.65	8.02	8.36	8.36	6.52
3	8.13	7.83	8.27	7.95	7.93	7.93	8.10
4	8.07	8.52	14.04	9.17	9.43	9.43	13.74
5	10.38	8.78	8.70	11.17	11.05	11.05	8.52
Jumlah	42.16	47.12	47.20	47.70	47.55	47.55	46.26

$$\begin{aligned}\sum Y &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13} \\ &= 30,84 + 32,80 + 35,76 + 34,21 + 39,28 + 34,87 + \dots + 47,55 + 46,26 \\ &= 532,65\end{aligned}$$

Dengan T = Total kuat tekan per variasi.

- Derajat bebas (db)

$$db_{\text{total}} = \text{total banyaknya pengamatan} - 1 = 65 - 1 = 64$$

$$db_{\text{perlakuan}} = \text{total banyaknya perlakuan} - 1 = 13 - 1 = 12$$

$$db_{\text{galat}} = db_{\text{total}} - db_{\text{perlakuan}} = 64 - 12 = 52$$

- Jumlah Kuadrat (JK)

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{(\sum Y)^2}{n} = \frac{532,65^2}{65} = 4364,89$$

$$\begin{aligned}\text{JK Total (JKT)} &= \sum Y^2 - \text{FK} = (7,07^2 + 6,01^2 + \dots + 8,52^2) - 4364,89 \\ &= 4649,09 - 4364,89 = 284,2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Perlakuan (JKP)} &= \frac{\sum T_1^2}{n_1} + \frac{\sum T_2^2}{n_2} + \frac{\sum T_3^2}{n_3} + \frac{\sum T_4^2}{n_4} + \frac{\sum T_5^2}{n_5} + \dots + \frac{\sum T_5^2}{n_5} - \text{FK} \\ &= \frac{(30,84)^2}{5} + \frac{(32,80)^2}{5} + \dots + \frac{(46,26)^2}{5} - 4364,89 \\ &= 102,399\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Galat (JKG)} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} = 284,2 - 102,399 \\ &= 101,8\end{aligned}$$

- Kuadrat Tengah (KT)

$$\text{KT Perlakuan (KTP)} = \frac{\text{JK Perlakuan}}{13-1} = \frac{102,399}{12} = 8,533$$

$$\text{KT Galat (KTG)} = \frac{\text{JK Galat}}{65-13} = \frac{101,8}{52} = 3,496$$

- Nilai  $F_{\text{hitung}} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Galat}} = \frac{8,533}{3,496} = 2,44$

- Nilai  $F_{\text{Tabel}}$

$$\alpha = 0,05$$

Dari Tabel F dan iterasi didapatkan  $F_{\text{tabel}}$  adalah 1,943617

c. Keputusan

Dari perhitungan analisis varian di atas didapatkan harga  $F_{\text{hitung}} = 2,44$  dan  $F_{\text{tabel}} = 1,943617$ , sehingga  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$  maka berarti  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak. Jadi tidak ada pengaruh pada pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan batako.



#### 4.4.2.2 Analisis regresi

Regresi yang digunakan adalah regresi non linear polinomial pangkat dua, yakni pengaruh pemanfaatan *bottom ash* terhadap penyerapan air pada batako. Rincian perhitungan analisis regresi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.11** Analisis regresi penyerapan air

No	Bottom ash X	X <sup>2</sup>	Penyerapan Air Y	X.Y	Y <sup>2</sup>
1	0.05	0.0025	6.5604	0.33	43.04
2	0.10	0.0100	7.1517	0.72	51.15
3	0.15	0.0225	6.8416	1.03	46.81
4	0.20	0.0400	7.8563	1.57	61.72
5	0.25	0.0625	6.9747	1.74	48.65
6	0.30	0.0900	8.4320	2.53	71.10
7	0.35	0.1225	9.4245	3.30	88.82
8	0.40	0.1600	9.4402	3.78	89.12
9	0.45	0.2025	9.5405	4.29	91.02
10	0.50	0.2500	9.5091	4.75	90.42
11	0.55	0.3025	9.3795	5.16	87.97
12	0.60	0.3600	9.2517	5.55	85.59
Jumlah	3.90	1.6250	100.36	34.75	855.41

Koefisien Regresi:

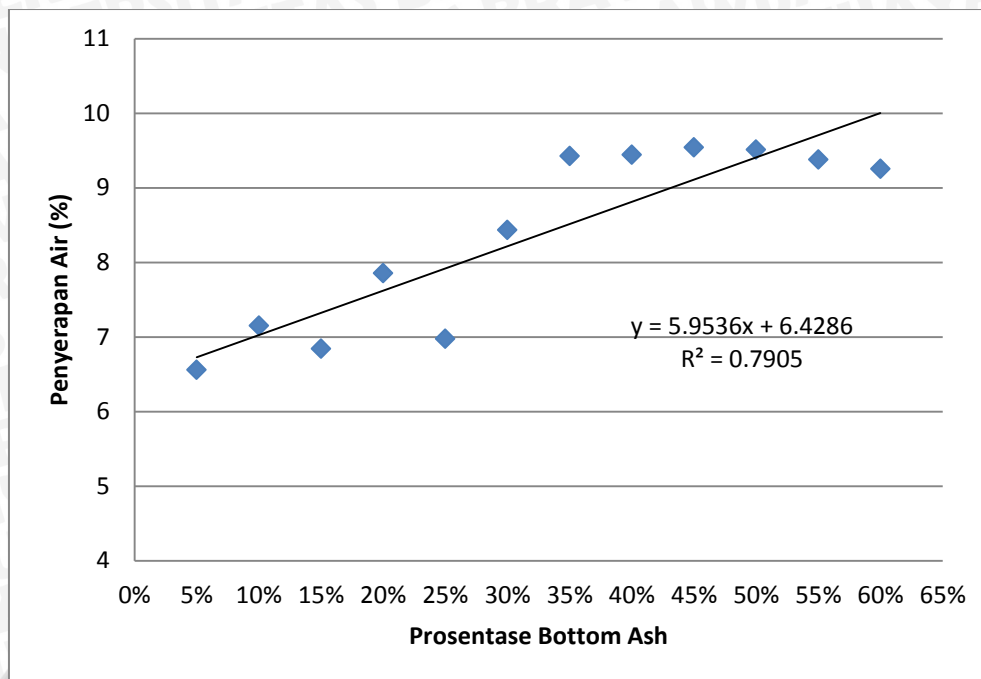
$$b = \frac{12(34,75) - (3,9)(100,36)}{12(1,625) - (3,9)(3,9)} = \frac{25,596}{4,29} = 5,953$$

$$a = \frac{100,36 - (5,953)(3,9)}{12} = \frac{77,143}{12} = 6,428$$

Persamaan regresi menjadi

$$y = 5,953 X + 6,428$$

Sedangkan apabila data kuat tekan dianalisis menggunakan Microsoft Excell 2010 maka akan menunjukkan hasil seperti pada **Gambar 4.15**.



**Gambar 4.16** Persamaan regresi linier.

#### 4.4.2.2 Pembahasan uji penyerapan air

Pada penelitian ini, penyerapan air terkecil ada pada variasi 1 dengan nilai 6,17%. Sedangkan penyerapan air terbesar ada pada variasi 10 dengan nilai 9,54%. Berdasarkan SNI 03-0349-89, penyerapan air maksimal pada batako adalah sebesar 25%. Sehingga apabila hasil pada penelitian dibandingkan dengan ketentuan SNI maka batako dikatakan memenuhi syarat kelayakan. Apabila melihat pada **Gambar 4.4**, penyerapan air cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya prosentase *bottom ash*. Hal ini diakibatkan oleh ukuran butiran *bottom ash* yang lebih besar dari semen sehingga memunculkan celah-celah kecil di antara agregat. Hal inilah yang membuat air dapat masuk kedalam melalui celah-celah kecil yang terbentuk sehingga membuat penyerapan air menjadi meningkat.

Berdasarkan uji hipotesis anova, didapatkan keputusan untuk menolak hipotesis. Pada uji anova, F hitung yang didapatkan pada perhitungan mempunyai nilai 2,44 sedangkan nilai dari F tabel hanyalah 1,943617. Sehingga keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis, yaitu menganggap bahwa penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap penyerapan air tidak mempunyai pengaruh. Dari analisis regresi, nilai penyerapan optimum dari benda uji adalah 0,707%. Sehingga dapat diketahui bahwa pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen justru membuat kuat tekan dari batako menjadi menurun.