

## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Pada bab ini akan dijelaskan hasil penelitian yang telah dilakukan dimulai dari pemeriksaan bahan, perhitungan bahan campuran, hingga pengujian sampel yang selanjutnya sampel tersebut dianalisis mengenai kuat tekan, penyerapan air, dan insulasi panas.

#### 5.2 Pengujian Berat Jenis Semen

Pengujian berat jenis semen bertujuan untuk menentukan proporsi semen. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *Portland Pozzolan Cement* merk Gresik. Pengujian ini dilakukan oleh laboran di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil dari pengujian berat jenis semen dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Semen**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat piknometer (W1), gram	38,42	37,96	38,19
Berat piknometer + semen (W2), gram	49,95	47,18	48,57
Berat piknometer + semen+ air (W3),gram	146,45	144,18	145,32
Berat piknometer + air (W4), gram	138,74	138,07	138,41
Suhu air, (t°)	26,50	26,50	26,50
$r$ air pada suhu, (t°)	0,996	0,996	1,00
$r$ air pada suhu, (20°C)	0,996	0,996	1,00
Berat semen (Ws)	11,53	9,22	10,38
$A = W_s + W_4$	150,27	147,29	148,78
$I = A - W_3$	3,820	3,110	3,465
Berat jenis semen pada suhu (t°), $G_s = W_s / I$	3,018	2,965	2,991

**Lanjutan Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Semen**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat jenis semen pada suhu (27.5°C) = Gs.( $\gamma_w t^\circ / \gamma_w t 27.5^\circ\text{C}$ )	3,020	2,966	2,993
Berat jenis rata-rata pada suhu (27.5°C)	2,993		

Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapat nilai berat jenis semen sebesar 2,993. Nilai tersebut tidak sesuai dengan SNI 15-2531-1991 dimana nilai berat jenis semen yang disyaratkan adalah 3,00-3,20.

### 5.3 Pengujian *Fly Ash*

Pengujian *fly ash* bertujuan untuk menentukan kelas dan mengetahui komposisi kimia *fly ash* sebagai bahan tambahan untuk campuran. Pengujian ini dilakukan oleh laboran di Balai Konservasi Borobudur, Magelang dengan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF). Hasil pengujian komposisi kimia *fly ash* dapat dilihat pada tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia *Fly Ash***

Komposisi Kimia	Hasil Analisis (%)			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rerata
CaO	12,50	10,94	11,21	11,55
MgO	5,31	5,16	4,44	4,97
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,69	18,98	19,58	19,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,40	13,91	14,44	14,25
K <sub>2</sub> O	1,31	1,14	1,17	1,21
TiO <sub>2</sub>	0,94	0,94	0,92	0,93
SiO <sub>2</sub>	49,65	45,59	46,00	47,08

Berdasarkan hasil pengujian dengan metode XRF tersebut, dapat diketahui bahwa *fly ash* yang digunakan termasuk kelas F, karena jumlah dari kadar senyawa kimiawi (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) lebih dari 70% yaitu sebesar 81,08%. Penggolongan kelas tersebut diatur dalam ASTM C 618.

## 5.4 Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus bertujuan untuk mengetahui karakteristik agregat yang akan digunakan sebagai material bahan penyusun batako. Pemeriksaan agregat halus diperlukan karena agregat halus berperan penting dalam mempengaruhi kekuatan batako. Pemeriksaan yang dilakukan adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian modulus halus butir, pengujian kandungan lumpur, dan pengujian berat volume pada agregat halus.

### 5.4.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis bertujuan untuk membandingkan relatif massa suatu zat dan massa jenis air murni. Pengujian penyerapan air bertujuan untuk mengetahui kemampuan agregat dalam menyerap air. Dari pengujian ini diperoleh berat kering oven, berat piknometer berisi air, dan berat piknometer berisi air dan pasir. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Persamaan 4.3, Persamaan 4.4, Persamaan 4.5, dan Persamaan 4.6 pada BAB IV. Hasil dari tiga sampel pengujian berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rerata
Berat pasir kering mutlak, gram	477	478	474	476,33
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram	993	1015	970	992,67
Berat piknometer berisi air, gram	689	712	668	689,67
Berat jenis curah	2,43	2,43	2,39	2,42
Berat jenis jenuh kering muka	2,55	2,54	2,53	2,54
Berat jenis semu	2,76	2,73	2,76	2,75
Penyerapan air, %	4,82	4,60	5,49	4,97

Berdasarkan hasil ketiga sampel pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus didapatkan berat jenis curah sebesar 2,42; berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,54; berat jenis semu sebesar 2,75; dan penyerapan air agregat

halus sebesar 4,97%. Dari pengujian tersebut, angka berat jenis jenuh kering muka dan penyerapan air agregat halus yang didapat sudah memenuhi persyaratan SNI 03-1970-1990, yaitu berat jenis jenuh kering muka agregat halus 2,5 – 2,7 dan penyerapan air maksimum 5%.

#### 5.4.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan agregat halus berdasarkan besar butirannya dengan menggunakan saringan dengan ukuran 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan. Berat agregat yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang dan selanjutnya data tersebut dianalisis untuk mendapatkan berat tertinggal kumulatif dan persen lolos kumulatif untuk menentukan gradasi agregat. Hasil pengujian analisa saringan atau modulus halus butir dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir**

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
40				100
20				100
10				100
4,8	86,5	4,33	4,33	95,67
2,4	153	7,66	11,98	88,02
1,2	328,4	16,43	28,41	71,59
0,6	533	26,67	55,08	44,92
0,3	430,5	21,54	76,62	23,38
0,15	304	15,21	91,83	8,17
Sisa	163,2	8,17	100,00	-
Jumlah	1998,6	100	368,2678	

Berdasarkan data dari tabel tersebut, maka dapat dihitung besarnya nilai modulus halus butir (MHB) agregat halus dengan menggunakan Persamaan 4.7 pada BAB IV.

$$MHB = \frac{368,268}{100} = 3,683$$

Hasil pemeriksaan tersebut dapat juga dijadikan pedoman untuk menentukan daerah gradasi agregat halus. Ketentuan daerah gradasi pasir berdasarkan persen berat butir agregat halus yang lolos ayakan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5 Daerah Gradasi Pasir**

Lubang Aayakan (mm)	Berat Lolos Kumulatif (%)							
	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	100	75	100	90	100
0,6	15	34	35	59	60	79	80	100
0,3	5	20	8	30	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

Keterangan:

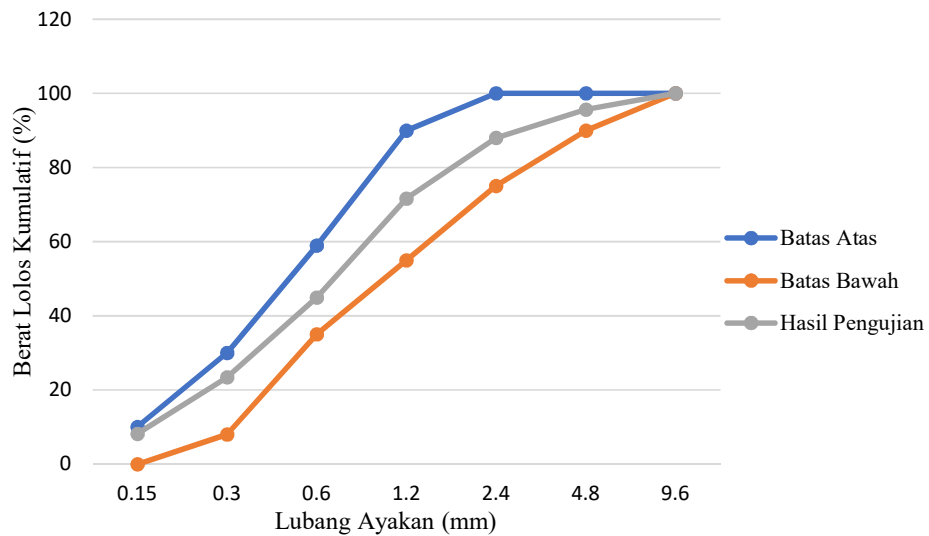
Zona 1 = pasir kasar

Zona 2 = pasir agak kasar

Zona 3 = pasir halus

Zona 4 = pasir agak halus

Berdasarkan Tabel 5.5 dapat dijadikan grafik daerah gradasi pasir. Daerah gradasi pasir dapat ditentukan dengan memasukkan hasil pemeriksaan modulus halus butir agregat halus ke dalam grafik daerah gradasi. Gradasi agregat halus dapat menunjukkan jenis pasir yang digunakan. Grafik gradasi daerah pasir dapat dilihat pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1 Daerah Gradasi**

Dari cara tersebut diperoleh bahwa agregat halus yang digunakan tergolong ke dalam daerah gradasi 2 (dua). Agregat halus yang masuk ke dalam daerah gradasi 2 (dua) merupakan kategori pasir agak kasar.

#### 5.4.3 Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kandungan lumpur dalam agregat halus yang digunakan. Data yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur kemudian dianalisis menggunakan Persamaan 4.8 pada BAB IV. Hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur**

Uraian	Hasil Pengamatan			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rerata
Berat agregat kering oven (gram)	500	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah di cuci (gram)	482,3	483,2	482,1	482,53
Berat yang lolos ayakan No.200 (%)	3,54	3,36	3,58	3,49

Dari hasil pengujian, didapatkan nilai rerata kadar lumpur sebesar 3,49% dimana nilai tersebut memenuhi Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982). Menurut PUBI-1982, kadar lumpur maksimum untuk agregat halus adalah 5%. Kadar lumpur yang berlebihan berakibat pada berkurangnya mutu benda uji karena lumpur akan menghalangi proses pengikatan antara agregat halus dan semen, sehingga daya lekat antara pasta semen dengan agregat akan berkurang.

#### 5.4.4 Pengujian Berat Volume Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui selisih antara berat volume padat dengan berat volume gembur. Data yang didapatkan dari pengujian berat volume kemudian dianalisis dengan menggunakan Persamaan 4.9 pada BAB IV. Hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Berat Volume Padat	Berat Volume Gembur
Berat tabung (gram)	6300	6300
Berat tabung + agregat kering tungku (gram)	15400	13700
Berat agregat (gram)	9100	7400
Volume tabung (cm <sup>3</sup> )	5426,06	5426,06
Berat volume padat (gram/cm <sup>3</sup> )	1,68	1,36
Selisih (gram/cm <sup>3</sup> )	0,31	

Hasil pengujian berat volume gembur agregat halus sebesar 1,36 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan berat volume padat agregat halus sebesar 1,68 gr/cm<sup>3</sup>. Dapat dilihat bahwa selisih antara berat volume gembur dengan berat volume padat cukup jauh, yaitu 0,31 gr/cm<sup>3</sup>. Selisih tersebut dapat dijadikan pedoman bahwa agregat halus yang digunakan cukup baik untuk bahan campuran pada batako.

### 5.5 Perhitungan Kebutuhan Bahan

Perhitungan kebutuhan bahan bertujuan untuk mengetahui kebutuhan campuran yang diperlukan untuk pembuatan batako. Kebutuhan bahan campuran dapat dihitung menggunakan rumus dari persamaan 4.1 dan 4.2.

Data yang diperlukan:

$$\text{Berat volume semen} = 1,25 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat jenis semen} = 2,993$$

$$\text{Berat volume pasir} = 1,36 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat jenis pasir} = 2,54$$

$$\text{Berat jenis air} = 1$$

$$\text{Berat volume kayu} = 0,11 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Berat jenis kayu} = 0,25$$

$$\text{Faktor air semen} = 0,5$$

$$\text{Volume semen} = \dots$$

1. Contoh perhitungan pada perbandingan 1PPC : 7PS : 0,5Air dengan menggunakan rumus dari Persamaan 4.1.

$$\frac{1 \times V_s \times 1,25}{2,993} + \frac{7 \times V_s \times 1,36}{2,54} + \frac{0,5 \times V_s \times 1,25}{1} = 1$$

$$0,418 V_s + 3,478 V_s + 0,625 V_s = 1$$

$$V_s = 0,209 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan tersebut didapat volume semen sebesar  $0,209 \text{ m}^3$ . Selanjutnya angka tersebut dimasukkan ke dalam perbandingan masing-masing. Kebutuhan bahan untuk satu buah batako adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= (1 \times V_s \times B_{vs}) \times \text{Volume batako} \\ &= (1 \times 0,209 \text{ m}^3 \times 1,25 \text{ t/m}^3) \times 0,008 \text{ m}^3 \\ &= 0,00208 \text{ ton} \\ &= 2,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Pasir} = (7 \times V_s \times B_{vp}) \times \text{Volume batako}$$



$$= (7 \times 0,209 \text{ m}^3 \times 1,36 \text{ t/m}^3) \times 0,008 \text{ m}^3$$

$$= 0,0159 \text{ ton}$$

$$= 15,89 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = (0,5 \times V_s \times B_{vs}) \times \text{Volume batako}$$

$$= (7 \times 0,209 \text{ m}^3 \times 1,25 \text{ t/m}^3) \times 0,008 \text{ m}^3$$

$$= 0,00104 \text{ ton}$$

$$= 1,04 \text{ kg}$$

Dari perhitungan tersebut didapat satu buah batako dengan volume  $0,008 \text{ m}^3$  memerlukan semen sebanyak 2,08 kg, pasir sebanyak 15,89 kg, dan air sebanyak 1,04 kg.

2. Contoh perhitungan pada perbandingan 1PPC : 5PS : 2SK : 0,5Air dengan menggunakan rumus dari Persamaan 4.2.

$$\frac{1 \times V_s \times 1,25}{2,993} + \frac{5 \times V_s \times 1,36}{2,54} + \frac{2 \times V_s \times 0,11}{0,25} + \frac{0,5 \times V_s \times 1,25}{1} = 1$$

$$0,418 V_s + 2,677 V_s + 0,88 V_s + 0,625 V_s = 1$$

$$V_s = 0,217 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan tersebut didapat volume semen sebesar  $0,217 \text{ m}^3$ . Selanjutnya angka tersebut dimasukkan ke dalam perbandingan masing-masing. Kebutuhan bahan untuk satu buah batako adalah sebagai berikut.

$$\text{Semen} = (1 \times V_s \times B_{vs}) \times \text{Volume batako}$$

$$= (1 \times 0,217 \text{ m}^3 \times 1,25 \text{ t/m}^3) \times 0,008 \text{ m}^3$$

$$= 0,00217 \text{ ton}$$

$$= 2,17 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = (5 \times V_s \times B_{vp}) \times \text{Volume batako}$$

$$= (5 \times 0,217 \text{ m}^3 \times 1,36 \text{ t/m}^3) \times 0,008 \text{ m}^3$$

$$= 0,0118 \text{ ton}$$

$$= 11,82 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= (0,5 \times V_s \times B_{vs}) \times \text{Volume batako} \\
 &= (7 \times 0,217 \text{ m}^3 \times 1,25 \text{ t/m}^3) \times 0,008 \text{ m}^3 \\
 &= 0,00109 \text{ ton} \\
 &= 1,09 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Serbuk} &= (2 \times V_s \times B_{vsk}) \times \text{Volume batako} \\
 &= (2 \times 0,217 \text{ m}^3 \times 0,11 \text{ t/m}^3) \times 0,008 \text{ m}^3 \\
 &= 0,00038 \text{ ton} \\
 &= 0,38 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat satu buah batako dengan volume  $0,008 \text{ m}^3$  memerlukan semen sebanyak 2,17 kg, pasir sebanyak 11,82 kg, air sebanyak 1,09 kg dan serbuk kayu sebanyak 0,38 kg.

## 5.6 Pengujian Kuat Tekan Batako

Pengujian kuat tekan batako dilakukan ketika benda uji berumur 28 hari dengan 5 buah benda uji untuk setiap variasi campuran. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan dari masing-masing campuran.

Pengujian kuat tekan batako dianalisis dengan menggunakan rumus dari persamaan 4.10 dan diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.2.

**Tabel 5.8 Hasil Analisis Pengujian Kuat Tekan**

Variasi	Kode	Dimensi (cm)		Luas Permukaan	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rerata
		P	L	A	P	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
		(cm)		(cm <sup>2</sup> )	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
Normal	A1	39,43	9,98	393,68	10400,94	26,42	27,65
	A2	39,43	9,96	392,76	12236,40	31,16	
	A3	39,33	9,96	391,69	11114,73	28,38	
	A4	39,43	9,99	394,00	9687,15	24,59	
	A5	39,37	9,99	393,40	10910,79	27,73	
FA 0%	B1	39,17	9,96	390,10	5404,41	13,85	13,96
	B2	39,07	9,96	389,23	5914,26	15,19	
	B3	39,07	9,99	390,28	5710,32	14,63	
	B4	39,13	9,98	390,49	4588,65	11,75	
	B5	39,10	9,97	389,70	5608,35	14,39	

Lanjutan Tabel 5.8 Hasil Analisis Pengujian Kuat Tekan

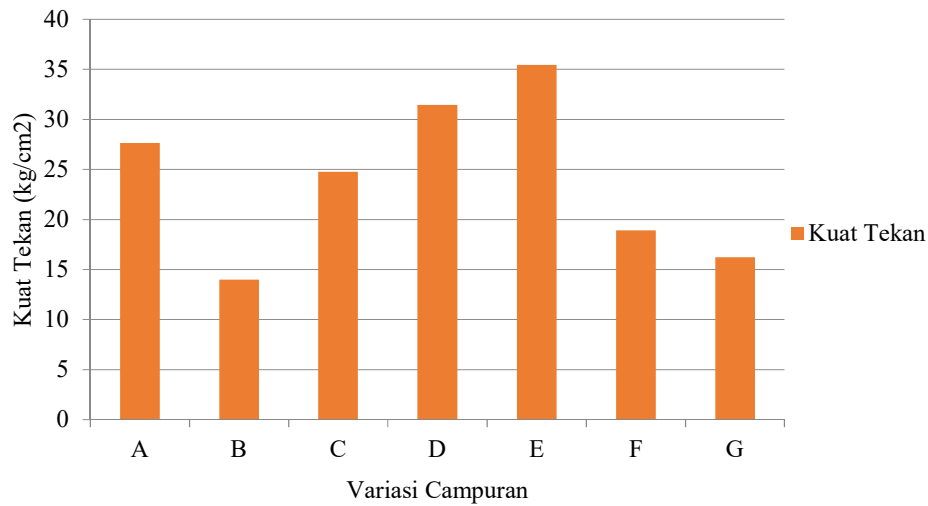
Variasi	Kode	Dimensi (cm)		Luas Permukaan	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rerata
		P	L	A	P	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
		(cm)		(cm <sup>2</sup> )	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
FA 15%	C1	39,57	10,09	399,10	11828,52	29,64	24,77
	C2	39,63	10,09	399,83	11624,58	29,07	
	C3	39,53	13,39	529,15	9279,27	17,54	
	C4	39,73	9,97	396,21	9687,15	24,45	
	C5	39,53	10,02	396,06	9177,30	23,17	
FA 20%	D1	39,40	10,00	394,00	14173,83	35,97	31,44
	D2	39,33	10,00	393,20	10095,03	25,67	
	D3	39,40	10,05	396,10	12236,40	30,89	
	D4	39,33	10,01	393,66	15193,53	38,60	
	D5	39,03	10,02	391,24	10197,00	26,06	
FA 25%	E1	39,80	10,06	400,45	13663,98	34,12	35,45
	E2	39,50	10,21	403,16	12032,46	29,85	
	E3	39,67	10,06	398,98	16519,14	41,40	
	E4	39,60	10,00	395,93	13562,01	34,25	
	E5	38,20	10,00	382,13	14377,77	37,63	
FA 30%	F1	39,27	9,77	383,77	6322,14	16,47	18,91
	F2	39,40	9,89	389,53	7137,90	18,32	
	F3	39,17	9,93	388,86	7137,90	18,36	
	F4	39,30	9,91	389,59	7341,84	18,84	
	F5	39,13	9,93	388,66	8769,42	22,56	
FA 35%	G1	39,23	9,84	385,93	6933,96	17,97	16,24
	G2	39,33	9,94	391,04	6424,11	16,43	
	G3	39,17	9,92	388,34	5404,41	13,92	
	G4	39,37	9,99	393,08	5812,29	14,79	
	G5	39,43	10,01	394,60	7137,90	18,09	

Keterangan:

P = Panjang bidang desak

L = Lebar bidang desak

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 5.8 dapat dibuat grafik dengan sumbu x merupakan variasi campuran dan sumbu y merupakan kuat tekan benda uji. Hasil plotting dapat dilihat pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2 Grafik Hubungan Variasi Campuran *Fly Ash* vs Kuat Tekan**

Dari hasil pengujian, diperoleh nilai kuat tekan batako tertinggi ada pada campuran variasi E (1PPC:5PS:2SK + FA25%) dengan nilai kuat tekan rata-rata 35,45 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai kuat tekan terendah ada pada variasi B (1PPC:5PS:2SK + FA0%) dengan nilai kuat tekan rata-rata 13,96 kg/cm<sup>2</sup>.

Nilai kuat tekan rata-rata batako pada variasi A (1PPC:7PS + FA0%) adalah sebesar 27.65 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian pada variasi B (1PPC:5PS:2SK + FA0%) nilai kuat tekan rata-rata batako turun menjadi 13,96 kg/cm<sup>2</sup>. Penggantian bahan material pasir dengan serbuk kayu merupakan penyebab utama turunnya kuat tekan pada batako, karena serbuk kayu memiliki kekuatan yang lebih rendah daripada pasir.

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 hasil uji kuat tekan batako variasi A (1PPC:7PS + FA0%) telah memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata minimum yaitu sebesar 25 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada batako variasi B (1PPC:5PS:2SK + FA0%) tidak memenuhi persyaratan minimum SNI 03-0349-1989. Pada batako variasi C (1PPC:5PS:2SK + FA15%), D (1PPC:5PS:2SK + FA20%), dan E (1PPC:5PS:2SK + FA25%) mengalami peningkatan kuat tekan yaitu berturut-turut sebesar 24,77 kg/cm<sup>2</sup>, 31,44 kg/cm<sup>2</sup>, dan 35,35 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian mengalami penurunan kuat tekan kembali pada batako variasi F (1PPC:5PS:2SK + FA30%) dan G (1PPC:5PS:2SK + FA35%) yaitu sebesar 18,91 kg/cm<sup>2</sup> dan 16,24 kg/cm<sup>2</sup>.

Hasil uji kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa batako variasi A, D dan E telah memenuhi persyaratan sedangkan batako variasi B, C, F, dan G tidak memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989.

Pengaruh penambahan serbuk kayu pada batako normal ditinjau dari kekuatan tekannya diuraikan pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9 Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu pada Batako Normal Terhadap Kuat Tekan**

Kode	Kuat Tekan Batako (kg/cm <sup>2</sup> )		Selisih (kg/cm <sup>2</sup> )	Persentase Selisih (%)	Rerata (%)
	Normal (A) (1PPC : 7PS : 0SK)	Serbuk Kayu (B) (1PPC : 5PS : 2SK)			
1	26,42	13,85	12,57	47,56	49,51
2	31,16	15,19	15,96	51,23	
3	28,38	14,63	13,74	48,44	
4	24,59	11,75	12,84	52,20	
5	27,73	14,39	13,34	48,11	

Berdasarkan data dari Tabel 5.9, didapat penurunan kuat tekan batako normal dengan batako serbuk kayu pada variasi A1 dengan B1 sebesar 12,57 kg/cm<sup>2</sup>, A2 dengan B2 sebesar 15,96 kg/cm<sup>2</sup>, A3 dengan B3 sebesar 13,74 kg/cm<sup>2</sup>, A4 dengan B4 sebesar 12,84 kg/cm<sup>2</sup>, dan A5 dengan B5 sebesar 13,34 kg/cm<sup>2</sup>, dengan masing-masing persentase penurunan berturut-turut sebesar 47,56%, 51,23%, 48,44%, 52,20%, dan 48,11%. Penambahan serbuk kayu pada batako mengakibatkan penurunan kuat tekan cukup jauh yang berkisar antara 47,56%-52,20%. Hal tersebut karena kayu memiliki cukup banyak pori dan berat jenis kayu yang sangat ringan (0,15-0,29) tidak sebanding dengan berat jenis pasir (2,5-2,7).

Atas dasar hal tersebut, digunakan *fly ash* sebagai bahan tambah pada campuran batako serbuk kayu yang hasilnya diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tekan pada batako agar sesuai dengan syarat yang diatur dalam SNI 03-0349-1989. Pengaruh penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu ditinjau dari kekuatan tekannya diuraikan pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10 Pengaruh Penambahan *Fly Ash* pada Batako Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan**

Kode	Kuat Tekan Batako (kg/cm <sup>2</sup> )		Selisih (kg/cm <sup>2</sup> )	Persentase Selisih (%)	Rerata (%)
	Serbuk Kayu (B) (1PPC : 5PS : 2SK)	Serbuk Kayu + <i>Fly Ash</i> (C) (1PPC : 5PS : 2SK + 15% FA)			
	1	13,85	29,64	15,78	
2	15,19	29,07	13,88	47,74	
3	14,63	17,54	2,90	16,56	
4	11,75	24,45	12,70	51,94	
5	14,39	23,17	8,78	37,89	

Berdasarkan data dari Tabel 5.10, didapat peningkatan kuat tekan batako serbuk kayu dengan batako serbuk kayu+*fly ash* pada variasi B1 dengan C1 sebesar 15,78 kg/cm<sup>2</sup>, B2 dengan C2 sebesar 13,88 kg/cm<sup>2</sup>, B3 dengan C3 sebesar 2,90 kg/cm<sup>2</sup>, B4 dengan C4 sebesar 12,70 kg/cm<sup>2</sup>, dan B5 dengan C5 sebesar 8,78 kg/cm<sup>2</sup>, dengan masing-masing persentase peningkatan berturut-turut sebesar 53,26%, 47,74%, 16,56%, 51,94%, dan 37,89%. Penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu mengalami peningkatan kuat tekan cukup jauh dan variatif yang berkisar antara 16,56%-53,26%. Hal tersebut karena *fly ash* memiliki butiran yang sangat halus sehingga mampu mengisi pori di dalam batako maupun pori yang terbentuk akibat penambahan serbuk kayu.

*Fly ash* memiliki butiran yang lebih halus dari semen sehingga akan mempengaruhi kuat tekan batako dan sifat pozzolan (SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari *fly ash* akan bereaksi dengan hasil samping hidrasi semen Ca(OH)<sub>2</sub>. Hasil samping hidrasi semen tersebut mulanya adalah senyawa yang tidak diinginkan, namun dengan adanya senyawa SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, senyawa Ca(OH)<sub>2</sub> tersebut kemudian bereaksi menjadi senyawa yang diinginkan yaitu C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>H<sub>3</sub>. Dari proses kimia tersebut, dapat dilihat bahwa penambahan *fly ash* yang berlebihan mengakibatkan kuat tekan batako juga akan menurun karena hasil samping hidrasi semen yaitu Ca(OH)<sub>2</sub> sudah habis sehingga tidak dapat bereaksi lagi dengan pozzolan (SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang masih tersisa. Kandungan pozzolan dari *fly ash* melebihi jumlah maksimum

sehingga dapat menurunkan daya rekat semen terhadap campuran. Hal ini sesuai dengan pendapat Ratmayana (2002) dalam Pangestu (2011), yang mensyaratkan penggunaan abu terbang sebagai bahan bangunan yang paling baik adalah 20-30%.

Gambar beberapa contoh keretakan setelah dilakukan pengujian kuat tekan batako dapat dilihat pada Gambar 5.3.



**Gambar 5.3 Batako Setelah Pengujian Kuat Tekan**

### **5.7 Pengujian Penyerapan Air Batako**

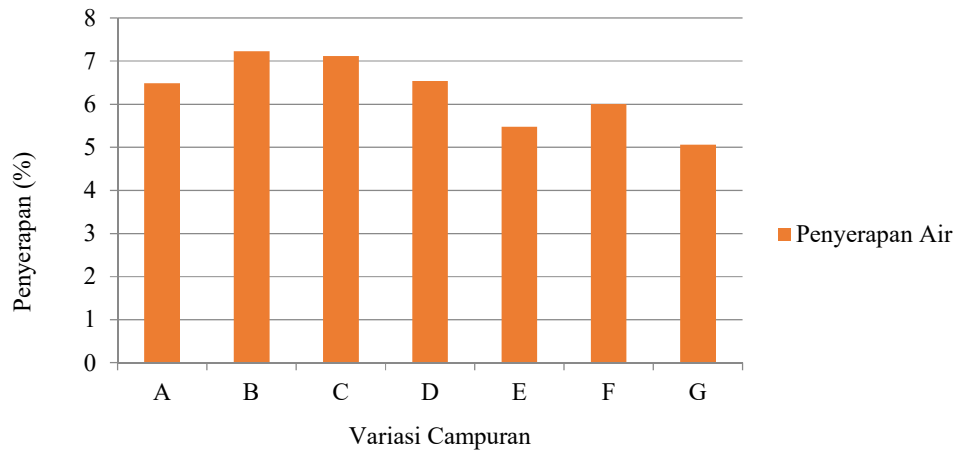
Pengujian ini perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh serbuk kayu dan *fly ash* terhadap kekedapan air pada batako, sehingga diharapkan dapat memenuhi standar SNI 03-0349-1989. Pengujian penyerapan air batako dianalisis dengan menggunakan rumus dari persamaan 4.11 dan diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.4.

**Tabel 5.11 Hasil Pengujian Penyerapan Air**

Variasi	Kode	Berat (kg)		Penyerapan (%)	Rerata (%)
		Sebelum di oven	Setelah di oven		
Normal	A1	13,20	12,40	6,45	6,49
	A2	13,60	12,80	6,25	
	A3	14,20	13,30	6,77	
FA 0%	B1	10,20	9,70	5,15	7,22
	B2	10,50	9,60	9,38	
	B3	10,50	9,80	7,14	
FA 15%	C1	13,80	12,90	6,98	7,11
	C2	14,00	13,20	6,06	
	C3	13,70	12,65	8,30	
FA 20%	D1	10,70	9,85	8,63	6,54
	D2	10,90	10,30	5,83	
	D3	10,20	9,70	5,15	
FA 25%	E1	11,90	11,40	4,39	5,48
	E2	12,70	12,10	4,96	
	E3	13,60	12,70	7,09	
FA 30%	F1	11,65	11,05	5,43	6,00
	F2	10,30	9,80	5,10	
	F3	11,50	10,70	7,48	
FA 35%	G1	13,50	12,95	4,25	5,06
	G2	13,60	12,90	5,43	
	G3	13,40	12,70	5,51	

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 5.11 dapat dibuat grafik dengan sumbu x merupakan variasi campuran dan sumbu y merupakan hasil pengujian penyerapan air batako. Hasil plotting dapat dilihat pada Gambar 5.4.





**Gambar 5.4 Grafik Hubungan Variasi Campuran *Fly Ash* vs Penyerapan Air**

Dari grafik pada Gambar 5.4 diperoleh nilai penyerapan air seluruh variasi campuran memenuhi standar maksimum SNI 03-0349-1989 yaitu sebesar 25%. Nilai penyerapan air batako terendah ada pada campuran variasi E (1PPC:5PS:2SK + FA25%) dengan nilai penyerapan air rata-rata 5,48% dan nilai penyerapan air paling tinggi ada pada variasi B (1PPC:5PS:2SK + FA0%) dengan penyerapan air rata-rata 7,22%. Semakin kecil angka penyerapan air, maka semakin baik kualitas yang dihasilkan dari batako tersebut. Karena rongga yang ada di dalam batako berkurang sehingga batako menjadi lebih padat dan kekuatan batako bertambah.

Pada batako variasi A (1PPC:7PS + FA0%) ke variasi B (1PPC:5PS:2SK + FA0%) mengalami peningkatan penyerapan air. Penyerapan air pada variasi A sebesar 6,49% dan pada variasi B sebesar 7,22%. Kemudian setelah batako serbuk kayu ditambahkan *fly ash* pada variasi C (1PPC:5PS:2SK + FA15%), D (1PPC:5PS:2SK + FA20%), E (1PPC:5PS:2SK + FA25%), F (1PPC:5PS:2SK + FA30%) dan G (1PPC:5PS:2SK + FA35%) penyerapan air pada batako mengalami penurunan. Bahkan pada variasi D, E, F, dan G nilai penyerapan air lebih rendah dari batako normal (variasi A).

Namun pada variasi F (1PPC:5PS:2SK + FA30%) nilai penyerapan air mengalami peningkatan kembali menjadi 6,00%. Hal ini disebabkan karena *fly ash*

yang digunakan terlalu banyak sehingga kandungan pozzolan dari *fly ash* tidak dapat bereaksi dengan hasil samping hidrasi semen.

Pengaruh penambahan serbuk kayu pada batako normal ditinjau dari penyerapan airnya diuraikan pada Tabel 5.12.

**Tabel 5.12 Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu pada Batako Normal Terhadap Penyerapan Air**

Kode	Penyerapan Air (%)		Selisih	Persentase Selisih	Rerata
	Normal (A)	Serbuk Kayu (B)			
	(1PPC : 7PS : 0SK)	(1PPC : 5PS : 2SK)	(%)	(%)	(%)
1	6,45	5,15	1,30	20,10	19,57
2	6,25	9,38	3,13	33,33	
3	6,77	7,14	0,38	5,26	

Berdasarkan data dari Tabel 5.12, dapat dilihat penyerapan air per masing-masing benda uji pada variasi A dan B terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Hasil penyerapan air pada variasi A menunjukkan nilai penyerapan yang seragam yaitu pada variasi A1 sebesar 6,45%, variasi A2 sebesar 6,25%, dan variasi A3 sebesar 6,77%. Sedangkan penyerapan air pada variasi B, nilai penyerapan yang didapat cukup variatif yaitu pada variasi B1 sebesar 5,15%, variasi B2 sebesar 9,38%, dan variasi B3 sebesar 7,14%. Hal ini disebabkan karena kayu memiliki sifat yang tidak seragam (heterogen).

Didapat angka selisih penyerapan air batako normal dengan batako serbuk kayu pada variasi A1 dengan B1 sebesar 1,30%, A2 dengan B2 sebesar 3,13%, dan A3 dengan B3 sebesar 0,38%, dengan masing-masing persentase selisih berturut-turut sebesar 20,10%, 33,33%, dan 5,26%. Penambahan serbuk kayu pada batako mengalami peningkatan penyerapan air rata-rata sebesar 19,57%. Hal tersebut karena serbuk kayu lebih mudah menyerap air daripada agregat halus, sehingga saat agregat halus diganti dengan serbuk kayu penyerapan air meningkat.

Setelah batako serbuk kayu ditambahkan *fly ash* dalam campurannya, penyerapan air pada batako semakin menurun. Pengaruh penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu ditinjau dari penyerapan airnya diuraikan pada Tabel 5.13.

**Tabel 5.13 Pengaruh Penambahan *Fly Ash* pada Batako Serbuk Kayu Terhadap Penyerapan Air**

Kode	Penyerapan Air (%)		Selisih (%)	Persentase Selisih (%)	Rerata (%)
	Serbuk Kayu (B) (1PPC : 5PS : 2SK)	Serbuk Kayu + <i>Fly Ash</i> (C) (1PPC : 5PS : 2SK + 15% FA)			
	1	5,15	6,98	1,82	
2	9,38	6,06	3,31	35,35	
3	7,14	8,30	1,16	13,95	

Hasil penyerapan air pada variasi C menunjukkan nilai yang cukup seragam yaitu pada variasi C1 sebesar 6,98%, variasi C2 sebesar 6,06%, dan variasi C3 sebesar 8,30%.

Berdasarkan data dari Tabel 5.13, didapat selisih penyerapan air batako serbuk kayu dengan batako serbuk kayu+*fly ash* pada variasi B1 dengan C1 sebesar 1,82 %, B2 dengan C2 sebesar 3,31%, dan B3 dengan C3 sebesar 1,16%, dengan masing-masing persentase selisih berturut-turut sebesar 26,12%, 35,35%, dan 13,95%. Penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu mengalami penurunan penyerapan air rata-rata sebesar 25,14%. Hal ini disebabkan karena butiran *fly ash* yang sangat halus sehingga dapat mengisi rongga udara dalam batako. Rongga udara sendiri merupakan pintu masuk air ke dalam batako. Semakin banyak rongga udara maka semakin banyak pula air yang masuk ke dalam batako.

## 5.8 Pengujian Insulasi Panas Batako

Pengujian insulasi panas pada batako dianalisis dengan menggunakan rumus dari persamaan 4.12 dan diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.5.

**Tabel 5.14 Hasil Penurunan Suhu Batako**

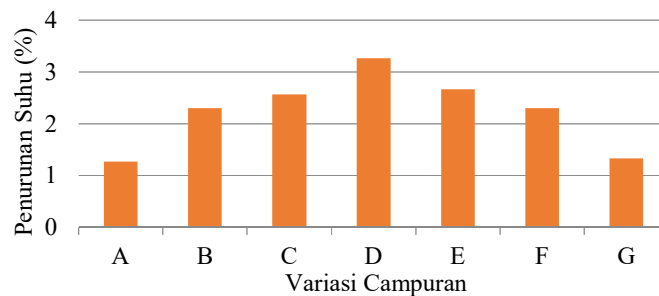
Variasi	Kode	Penurunan Suhu (°C)
Normal	A	1,27
FA 0%	B	2,30
FA 15%	C	2,57
FA 20%	D	3,27

### Lanjutan Tabel 5.14 Hasil Penurunan Suhu

#### Batako

Variasi	Kode	Penurunan Suhu (°C)
FA 25%	E	2,67
FA 30%	F	2,30
FA 35%	G	1,33

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 5.14 dapat dibuat grafik dengan sumbu x merupakan variasi campuran dan sumbu y merupakan hasil penurunan suhu pada batako. Hasil plotting dapat dilihat pada Gambar 5.5.



**Gambar 5.5 Grafik Hubungan Variasi Campuran *Fly Ash* vs Penurunan Suhu**

Dari grafik pada Gambar 5.5 diperoleh angka penurunan suhu dari variasi A (1PPC:7PS + FA0%) ke variasi B (1PPC:5PS:2SK + FA0%) semakin besar angka penurunannya yaitu dari 1,27°C menjadi 2,3°C. Dengan hal tersebut dapat dilihat bahwa batako serbuk kayu menahan panas lebih baik daripada batako normal. Pada variasi C (1PPC:5PS:2SK + FA15%) dan D (1PPC:5PS:2SK + FA20%) nilai penurunan suhu semakin besar dan nilai tersebut semakin kecil pada variasi E (1PPC:5PS:2SK + FA25%), F (1PPC:5PS:2SK + FA30%) dan G (1PPC:5PS:2SK + FA35%), namun nilai penurunan suhu pada seluruh batako serbuk kayu tetap lebih tinggi daripada batako normal (tanpa serbuk kayu). Angka selisih penurunan yang semakin kecil pada variasi E, F, dan G dikarenakan *fly ash* yang digunakan terlalu banyak, sehingga sifat pozzolan yang ada di dalam *fly ash* tidak dapat bereaksi lagi terhadap senyawa hasil samping hidrasi semen. Sisa *fly ash* yang tidak bereaksi tersebut akan menjadi *filler* dan akan menyelimuti butiran agregat sehingga menyebabkan kelekatan ikatan antar butiran agregat berkurang.

Selain itu, jumlah *fly ash* yang berlebihan akan mengurangi jumlah bagian serbuk kayu dalam campuran, sehingga kemampuan batako untuk menahan panas berkurang. Pengaruh penambahan serbuk kayu pada batako normal ditinjau dari insulasi panas diuraikan pada Tabel 5.15.

**Tabel 5.15 Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu pada Batako Normal Terhadap Insulasi Panas**

Kode	Variasi	Penurunan Suhu	Selisih
		(°C)	(°C)
A	Normal (1PPC : 7PS : 0SK)	1,27	1,03
B	Serbuk Kayu (1PPC : 5PS : 2SK)	2,30	

Berdasarkan data dari Tabel 5.15, diperoleh angka penurunan suhu batako normal sebesar 1,27°C dan batako serbuk kayu sebesar 2,3°C dengan angka selisih penurunan sebesar 1,03°C. Dari data tersebut, didapat bahwa batako serbuk kayu dapat menahan panas lebih baik, karena kayu memiliki sifat penghantaran panas yang buruk sehingga sangat efisien sebagai bahan insulasi terhadap panas dan dingin. Insulasi panas batako yang baik dapat dilihat dari angka penurunan suhunya. Semakin besar nilai penurunan suhu, maka batako yang dihasilkan semakin mampu menahan panas dan mengurangi laju perpindahan panas.

Batako serbuk kayu tersebut kemudian ditambahkan *fly ash* dalam campurannya untuk mengetahui pengaruhnya. Pengaruh penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu ditinjau dari insulasi panas diuraikan pada Tabel 5.16.

**Tabel 5.16 Pengaruh Penambahan *Fly Ash* pada Batako Serbuk Kayu Terhadap Insulasi Panas**

Kode	Variasi	Penurunan Suhu	Selisih
		(°C)	(°C)
B	Serbuk Kayu (1PPC : 5PS : 2SK)	2,30	0,27
C	Serbuk Kayu + <i>Fly Ash</i> (1PPC : 5PS : 2SK + 15% FA)	2,57	

Berdasarkan data dari Tabel 5.16, diperoleh angka penurunan suhu batako serbuk kayu sebesar  $2,3^{\circ}\text{C}$  dan batako serbuk kayu+*fly ash* sebesar  $2,57^{\circ}\text{C}$  dengan angka selisih penurunan sebesar  $0,27^{\circ}\text{C}$ . Dari data tersebut, didapat bahwa dengan penambahan *fly ash* pada campuran batako serbuk kayu dapat meningkatkan angka penurunan suhu yang artinya batako mampu menahan panas lebih baik. Hal ini karena butiran *fly ash* dapat mengisi pori pada batako sehingga panas tidak dapat masuk ke dalam batako.