



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Pengujian pada penelitian ini meliputi uji kuat tekan beton, uji *initial setting time* pada semen, uji *slump* beton dan rencana mix design. Sebelum keempat penelitian tersebut dilakukan, maka tahap sebelumnya telah dilakukan uji material dan *trial mix design* beton $f_c' = 30$ MPa. Berikut merupakan pembahasan dari hasil uji material serta hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

4.2 Hasil Uji Material

Uji material ini bertujuan agar setiap material yang digunakan pada proporsi *mix design* dapat diketahui kualitasnya sehingga beton yang dihasilkan sesuai dengan rencana. Untuk itu uji material ini dilakukan pada tahap sebelum membuat *mix design*. Material yang diuji yaitu agregat kasar, agregat halus dan semen. Pada bab ini menjelaskan hasil dari pengujian setiap material yang digunakan pada *mix design* sehingga didapat sesuai dengan kuat tekan rencana beton ($f_c' = 30$ MPa). Berikut penjelasan dari masing-masing pengujian material.

4.3 Pengujian *Portland Composite Cement* (PCC)

Pengujian semen dilakukan untuk mengetahui kualitas dari semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu *portland composite cement* (PCC). Berikut beberapa pembahasan pengujian semen.

1. Percobaan konsistensi normal *portland composite cement* (ASTM C 187-86)

Percobaan konsistensi normal bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terdapat dalam semen yang digunakan pada penelitian ini. Hasil dari percobaan konsistensi normal *portland composite cement* (PCC) dapat diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Konsistensi Normal Semen

Percobaan	Berat Semen (gram), W_C	Berat Air (ml), W_A	Penurunan (mm)	Konsistensi Normal (%)
1	250	65	10	26
2	250	70	15,5	28
3	250	75	25	30



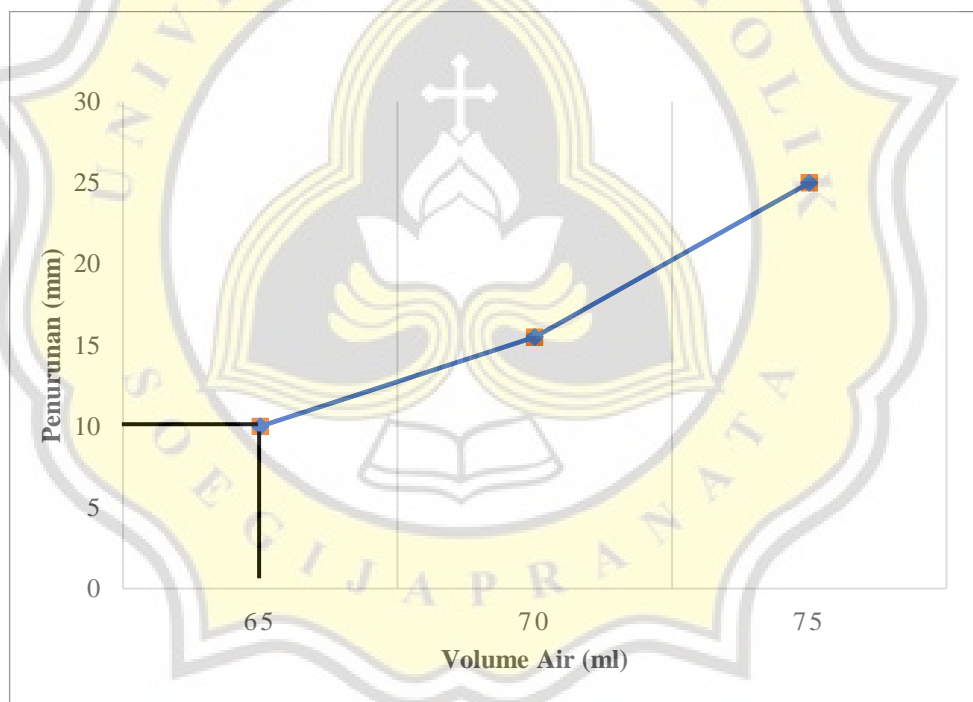
Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

Berdasarkan Tabel 4.1, maka didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Konsistensi normal} &= \frac{W_A}{W_C} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}} \times 100\% \\
 &= \frac{65}{250} \times 100\% \\
 &= 26\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan percobaan konsistensi normal yang dilaksanakan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata diperoleh data yang terdapat pada Tabel 4.1 dengan percobaan pengamatan ketiga untuk menentukan kadar air dengan penetrasi penurunan 10mm oleh karena itu dilakukan pendekatan grafik seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Penurunan dengan Volume Air

Berdasarkan hasil grafik yang didapat maka jumlah air untuk konsistensi normal dengan penetrasi 10mm yang didapat adalah 26% dari berat semen yang akan dijadikan acuan dalam kadar air pada percobaan yang lain.

2. Percobaan setting time portland composite cement (ASTM C 191-92)

Percobaan *setting time* ini bertujuan untuk mengetahui waktu yang diperlukan *portland composite cement* (PCC) mengalami pengerasan pada saat bercampur



Tugas Akhir

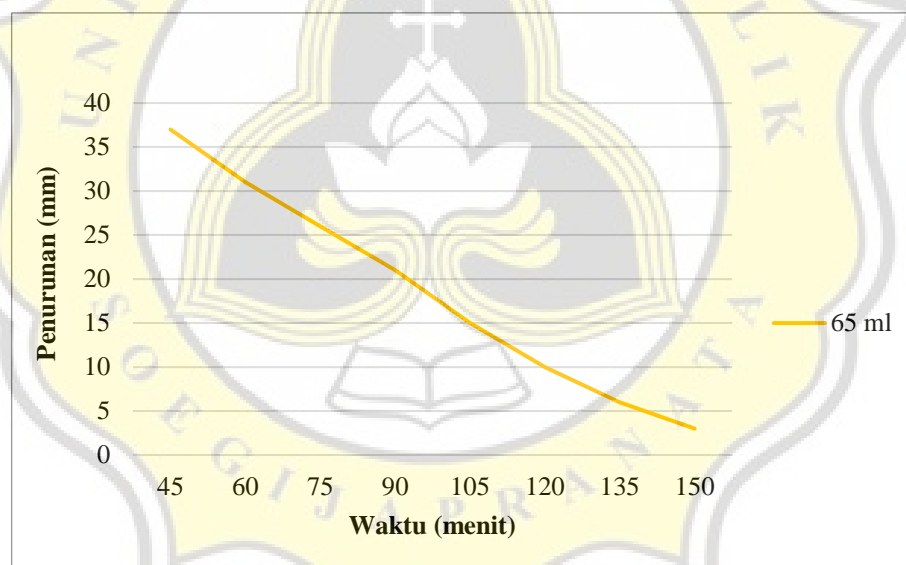
Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

dengan air dan membentuk pasta. Hasil dari percobaan *setting time portland composite cement* (PCC) dapat diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Setting Time*

Air 65 ml	
Waktu (menit)	Penurunan (mm)
45	37
60	31
75	26
90	21
105	15
120	9
135	6
150	3

Berdasarkan Tabel 4.2 yang dilaksanakan percobaan dengan menggunakan kadar air 65 ml, 70 ml dan 75 ml dari hasil percobaan pengujian konsistensi normal PCC. Dapat diperlihatkan pada Gambar 4.2 grafik percobaan pengujian *setting time*.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Penurunan dengan Waktu

Hasil analisa yang didapat pada Gambar 4.2, *setting time* awal pada penetrasi jarum 25 mm membutuhkan waktu 45 menit serta *setting time* akhir pada penetrasi jarum penurunan 0 mm membutuhkan waktu 180 menit.

3. Percobaan berat isi *portland composite cement* (ASTM C 188-89)

Percobaan ini untuk mengetahui berat isi dari *portland composite cement* (PCC) yang digunakan. Hasil dari percobaan berat isi ini dapat diperlihatkan pada Tabel 4.3.



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada SemenTabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Isi *Portland Composite Cement* (PCC)

Percobaan	Berat Silinder (gram), W_s	Berat Silinder + Saringan (gram), W_{sc}	Volume Silinder (cm^3), V	Berat Isi (gr/cm^3)
Dengan Rojokan, W_R	2650	9460	6285	1,08
Tanpa Rojokan, W_{TR}	2650	8390	6288	0,90

Berdasarkan Tabel 4.3, didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Berat isi PCC dengan rojokan} &= \frac{(W_{sc} - W_s)}{v} \\ &= \frac{(9460 - 2650)}{6285} \\ &= 1,08 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi PCC tanpa rojokan} &= \frac{(8390 - 2650)}{6285} \\ &= 0,91 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi PCC rata-rata} &= \frac{(W_R + W_{TR})}{2} \\ &= \frac{(1,11 + 0,91)}{2} \\ &= 0,995 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 4.3 yaitu berat isi rata-rata PCC yang didapat sebesar $0,995 \text{ gr}/\text{cm}^3$.

4.4 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari agregat kasar yang digunakan pada campuran beton. Berikut beberapa pembahasan pengujian agregat kasar yang dilakukan.

1. Percobaan kelembaban agregat kasar (ASTM C 556-89)

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kelembaban dari agregat kasar yang digunakan pada campuran beton yang akan dibuat. Hasil dari percobaan kelembaban agregat kasar ini dapat diperlihatkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Kelembaban Agregat Kasar

Kode	Berat Agregat Kasar (gram), W_{AK}	Berat Agregat Kasar Setelah di Oven (gram), W_{AK2}	Kelembaban Agregat Kasar (%)
1	500	491,5	1,72
2	500	491,5	1,72

Berdasarkan Tabel 4.4, didapatkan perhitungan sebagai berikut:



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

$$\begin{aligned}
 \text{Kelembaban agregat kasar} &= \frac{(W_{AK} - W_{AK2})}{W_{AK2}} \times 100\% \\
 &= \frac{(500 - 491,5)}{491,5} \times 100\% \\
 &= 1,72\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapat pada Tabel 4.4 yaitu kelembaban dari agregat halus rata-rata sebesar 1,72%.

2. Percobaan berat jenis agregat kasar (ASTM C127-88)

Percobaan bertujuan untuk mengetahui berat jenis dari agregat kasar yang digunakan pada campuran beton yang akan dibuat. Hasil dari percobaan kelembaban agregat kasar ini dapat diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Berat Jenis Agregat Kasar

Berat Agregat Kasar (gram), W_{AK}	Berat Agregat Kasar di Air (gram), W_{AK3}	Berat Jenis Agregat Kasar (gr/cm^3)
3000	1795	2,46
3000	1891	2,71

Berdasarkan Tabel 4.5, didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis agregat kasar} &= \frac{W_{AK}}{W_{AK} - W_{AK3}} \\
 &= \frac{3000}{(3000 - 1795)} \\
 &= 2,46 \text{ gr}/\text{cm}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 4.5 yaitu berat jenis agregat kasar rata-rata yang didapat sebesar 2,58 gr/cm^3 dan memenuhi standar ASTM C127-88 yaitu 2,3 gr/cm^3 - 2,75 gr/cm^3 .

3. Percobaan air resapan agregat kasar (ASTM C127-88)

Percobaan bertujuan untuk menentukan kadar air resapan dari agregat kasar kondisi SSD (kondisi agregat tidak terdapat air pada permukaan agregat) yang digunakan pada campuran beton. Hasil dari percobaan kelembaban agregat kasar ini dapat diperlihatkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Percobaan Air Resapan Agregat Kasar

Percobaan	Berat Agregat Kasar (gram), W_{AK}	Berat Agregat Kasar Keadaan SSD (gram), W_{AK4}	Kadar Air Resapan (%)
1	3000	2945	1,86
2	3000	2947	1,79

Berdasarkan Tabel 4.6, didapatkan perhitungan sebagai berikut:



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

$$\begin{aligned} \text{Kadar air resapan agregat kasar} &= \frac{(W_{AK} - W_{AK4})}{W_{AK4}} \times 100\% \\ &= \frac{(3000 - 2945)}{3000} \times 100\% = 1,86\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 4.6 yaitu kadar air resapan agregat kasar rata-rata yang didapat sebesar 1,82 %.

4. Percobaan berat isi agregat kasar (ASTM C117-95)

Percobaan bertujuan untuk menentukan berat isi dari agregat kasar yang digunakan pada campuran beton baik dengan percobaan agregat kasar rojokan maupun agregat kasar tanpa rojokan. Hasil dari percobaan berat isi agregat kasar ini dapat diperlihatkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Percobaan Berat Isi Agregat Kasar

Percobaan	Berat Silinder (gram), W_S	Berat Agregat Kasar (gram), W_{AK}	Berat Agregat Kasar + Silinder (gram), W_{SAK}	Volume Silinder (cm^3), V	Berat Isi (gr/cm^3)
Dengan Rojokan, W_R	2670	7770	10440	4834,9	1,607
Tanpa Rojokan, W_{TR}	2670	7350	10020	4834,9	1,520

Berdasarkan Tabel 4.7, didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Berat isi agregat kasar dengan rojokan} &= \frac{(W_{SAK} - W_S)}{V} \\ &= \frac{10440 - 2670}{4834,9} = 1,607 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi agregat kasar tanpa rojokan} &= \frac{(W_{SAK} - W_S)}{V} \\ &= \frac{10020 - 2670}{4834,9} = 1,520 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi agregat kasar rata-rata} &= \frac{(W_R + W_{TR})}{2} \\ &= \frac{(1,607 + 1,520)}{2} = 1,563 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 4.7 yaitu berat isi agregat kasar rata-rata yang didapat sebesar 1,563 gr/cm^3 dan memenuhi syarat dari ASTM C117-95 yaitu antara 1,35 gr/cm^3 - 1,75 gr/cm^3 .

5. Percobaan kebersihan terhadap lumpur agregat kasar (ASTM C117-95)

Percobaan bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur dari agregat kasar yang digunakan pada campuran beton. Hasil dari percobaan berat isi agregat kasar ini dapat diperlihatkan pada Tabel 4.8.



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

Tabel 4.8 Hasil Percobaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat Agregat Kasar Sebelum Pencucian (gram), W	Berat Agregat Kasar Setelah Pencucian (gram), W_{AK5}	Kadar Lumpur (%), W_{KL}
1	1000	996	0,4
2	1000	997	0,3

Berdasarkan Tabel 4.8, didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur agregat kasar no. 1} &= \frac{(W_1 - W_{AK5})}{W_1} \times 100\% \\ &= \frac{(1000 - 996)}{1000} \times 100\% = 0,4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur agregat kasar no. 2} &= \frac{(W_2 - W_{AK5})}{W_1} \times 100\% \\ &= \frac{(1000 - 997)}{1000} \times 100\% = 0,3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur agregat kasar rata-rata} &= \frac{(W_{KL1} + W_{KL2})}{2} \\ &= \frac{0,4\% + 0,3\%}{2} = 0,35\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 4.8 yaitu kadar lumpur yang terkandung pada agregat kasar rata-rata yang didapat sebesar 0,35 % dan memenuhi standar ASTM C117-95 yaitu <1%.

6. Percobaan gradasi agregat kasar

Percobaan bertujuan untuk mengetahui dan menentukan gradasi agregat kasar. Pengujian dilakukan menggunakan alat *sieve shaker* selama 15 menit di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata. Berikut hasil dari percobaan gradasi agregat kasar ini dapat diperlihatkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Saringan (gram), W_{SR}	Berat Agregat Kasar dan Saringan (gram), W_{AKSR}	Berat Tertahan (gram), W_T	Tertahan (%), % _{LAK}	Lolos (%), % _{TAK}
3/4	19	567	567	0	0	100
3/8	9,5	412	1360,5	948,5	63,233	36,767
4	4,57	363	913,5	550,5	36,700	0,067
8	2,36	417	417	0	0	0,067
16	1,18	420	420	0	0	0,067
30	0,6	420	420	0	0	0,067
50	0,3	407	407,5	0,5	0,033	0,033
100	0,15	400	400	0	0	0,033
200	0,075	336,5	337	0,5	0,033	0
Pan	-	268	268	0	0	0
Kumulatif				1500	100 %	



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

Nilai yang didapat pada Tabel 4.9 yaitu berdasarkan perhitungan berikut ini:

Contoh Perhitungan pada Saringan no. 3/8

- i. Berat tertahan saringan $= W_{AKSR} - W_{SR}$
- $$= (\text{berat agregat kasar} + \text{saringan}) - (\text{berat saringan})$$
- $$= 1360,5 - 412$$
- $$= 948,5 \text{ gr}$$
- ii. Persentase tertahan saringan $= \frac{W_T}{W_{ISAK}} \times 100 \%$
- $$= \frac{948,5}{1500} \times 100 \%$$
- $$= 63,233 \%$$
- iii. Persentase lolos saringan $= \%_{LAK} - \%_{TAK}$
- $$= \text{persentase lolos agregat kasar sebelum} - \text{persentase tertahan agregat kasar}$$
- $$= 100 \% - 63,233 \%$$
- $$= 36,767 \%$$

Menurut Purwati (2014) gradasi yang baik adalah seluruh ukuran agregat yang menerus sehingga akan menciptakan agregat yang heterogen yang dapat mengisi setiap rongga yang kosong pada beton. gradasi yang baik akan meningkatkan kuat tekan beton dikarenakan beton menjadi lebih ekstra padat dengan diisi partikel-partikel dari agregat yang berukuran mikro. Agregat yang memiliki ukuran yang halus dan bervariasi akan mengisi pori-pori antar material yang berukuran besar membuat beton semakin menjadi lebih padat. Gradasi agregat yang baik dan agregat yang kecil dapat meningkatkan kepadatan yang maksimum dan porositas yang sedikit.

4.5 Uji Agregat Halus

Pengujian agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari agregat halus yang digunakan pada campuran beton yaitu berat jenis agregat halus, kadar lumpur dari agregat halus yang digunakan, kadar air pada agregat halus dan lain sebagainya. Berikut pembahasan pengujian agregat halus yang dilakukan.



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

1. Pengujian berat isi agregat halus (ASTM C29-91)

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui berat isi agregat halus yang digunakan dalam campuran beton. Berat isi agregat halus pada kondisi padat dan kondisi lepas. Terdapat dua metode pada pengujian berat isi, hasil yang diperoleh dapat dilihat Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Percobaan	Berat Silinder (gram), W_s	Berat Silinder + Agregat Halus (gram), W_{SAH}	Berat Agregat Halus (gram), W_{AH}	Volume Silinder (cm^3), V	Berat Isi (gr/cm^3)
Dengan Rojokan	4310	9880	5570	3363,96	1,65
Tanpa Rojokan	4310	8780	4470	3363,96	1,32

$$\begin{aligned} \text{Berat isi agregat halus dengan rojokan} &= \frac{(W_{SAH} - W_s)}{V} \\ &= \frac{9880 - 4310}{3363,96} = 1,65 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi agregat halus tanpa rojokan} &= \frac{(W_{SAH} - W_s)}{V} \\ &= \frac{8780 - 4310}{3363,96} = 1,32 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi agregat halus rata-rata} &= \frac{(W_R + W_{TR})}{2} \\ &= \frac{(1,65 + 1,32)}{2} \\ &= 1,49 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 4.10 yaitu berat isi agregat halus rata-rata yang didapat sebesar $1,49 \text{ gr/cm}^3$ dan memenuhi syarat dari ASTM C117-91 yaitu antara $1,35 \text{ gr/cm}^3$ - $1,75 \text{ gr/cm}^3$.

2. Pengujian berat jenis dari agregat halus (ASTM C128-78)

Pengujian ini untuk menentukan berat jenis dari agregat halus pada kondisi SSD (kondisi agregat tidak terdapat air pada permukaan agregat). Tabel 4.11 dapat diperlihatkan hasil pengujian berat jenis agregat halus yang telah dilakukan.

Tabel 4.11 Hasil Uji Berat Jenis Dari Agregat Halus

Percobaan	Berat Wadah + Agregat Halus + Air (gram), W_{SAHA}	Berat Agregat Halus SSD (gram)	Berat Wadah + Air (gram), W_{WA}	Berat Jenis Agregat Halus (gr/cm^3)
1	985	500	682	2,53
2	980	500	682	2,46



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

Berdasarkan Tabel 4.11, didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis agregat halus No.1} &= \frac{500}{500 + W_{WA} - W_{SAHA}} \\ &= \frac{500}{500 + 682 - 985} = 2,53 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis agregat halus No.2} &= \frac{500}{500 + W_{WA} - W_{SAHA}} \\ &= \frac{500}{500 + 683 - 980} = 2,46 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Berat jenis total yang didapatkan pada agregat halus dengan dua percobaan yang dilakukan adalah $2,49 \text{ gr/cm}^3$. Untuk batas izin yang disarankan adalah $2,1-2,6 \text{ gr/cm}^3$ menurut ASTM C 128 -78.

3. Pengujian air resapan dari agregat halus (ASTM 128-78)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang diserap oleh agregat halus untuk pembuatan sampel beton. Tabel 4.12 dapat dilihat hasil pengujian dari air resapan yang telah dilakukan.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Air Resapan dari Agregat Halus

Percobaan	Berat Agregat Halus (gram), W_{AH}	Berat Agregat Halus Setelah di Oven (gram), W_{AH2}	Kadar Air Resapan (%)
1	500	489	2,24
2	500	485	3,09

Berdasarkan Tabel 4.12, didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air resapan agregat halus} &= \frac{(W_{AH} - W_{AH2})}{W_{AH2}} \times 100\% \\ &= \frac{(500 - 489)}{500} \times 100\% = 2,24\% \end{aligned}$$

Nilai resapan total yang didapatkan pada agregat halus dengan dua percobaan yang dilakukan adalah $(2,24 + 3,09) / 2 = 2,66\%$. Untuk batas izin yang disarankan adalah sebesar 3,5% menurut ASTM C 128 - 93.

4. Pengujian kadar lumpur agregat halus (ASTM C117-95)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya kadar lumpur dalam agregat halus. Tabel 4.13 dapat dilihat hasil pengujian kebersihan lumpur yang dilakukan.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Berat Agregat Halus Kering (gram), W_{AHK}	Berat Agregat Halus Bersih Kering Bersih (gram), W_{AHK2}	Kadar Lumpur (%)
1	500	436	12,8
2	500	448	10,4



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur agregat halus no 1} &= \frac{(W_{\text{AHK}} - W_{\text{AHK2}})}{W_{\text{AHK2}}} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 436}{500} \times 100\% = 12,8\% \\ \text{Kadar lumpur agregat halus no 2} &= \frac{(W_{\text{AHK}} - W_{\text{AHK2}})}{W_{\text{AHK2}}} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 436}{500} \times 100\% = 12,8\% \\ \text{Kadar lumpur agregat halus rata-rata} &= \frac{(W_{\text{KL1}} + W_{\text{KL2}})}{2} \\ &= \frac{12,8\% + 10,4\%}{2} = 11,6\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 4.13 yaitu kadar lumpur yang terkandung pada agregat halus rata-rata yang didapat sebesar 11,6 % dan tidak memenuhi standar ASTM C117-95 yaitu $< 5\%$. Oleh karena itu, sebelum dimulai pembuatan benda uji silinder disarankan dicuci terlebih dahulu.

5. Pengujian gradasi butiran agregat halus (ASTM C33/C33M-13)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butir agregat halus yang digunakan untuk campuran beton. Tabel 4.14 diperlihatkan hasil pengujian gradasi butiran agregat halus.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Gradasi Butiran Agregat Halus

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Saringan (gram), W_{SR}	Berat Agregat Halus dan Saringan (gram), W_{AHSR}	Berat Tertahan (gram), W_{T}	Tertahan (%), $\%_{\text{TAH}}$	Lolos (%), $\%_{\text{LAH}}$
3/4	19	567	0	0	0	0
3/8	9,5	412	0	0	0	0
4	4,57	363	506	143	9,530	90,470
8	2,36	417	569	152	10,130	80,340
16	1,18	420	642	222	14,795	65,545
30	0,6	420	705	285	18,994	46,551
50	0,3	407	691	284	18,927	27,624
100	0,15	400	622	222	14,795	12,829
200	0,075	336,5	527	190,5	12,696	0,133
Pan	-	268	270	2	0,133	0
Kumulatif				1500	100	

Nilai yang didapat pada Tabel 4.14 yaitu berdasarkan perhitungan berikut ini:

Contoh perhitungan pada saringan No. 30

$$\begin{aligned} \text{i. Berat tertahan saringan} &= W_{\text{AHSR}} - W_{\text{SR}} \\ &= 705 - 420 = 285 \text{ gr} \end{aligned}$$



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Persentase tertahan saringan} &= \frac{W_T}{W_{\text{JSAH}}} \times 100 \% \\
 &= \frac{285}{1500} \times 100 \% = 18,994 \% \\
 \text{iii. Persentase lolos} &= \%_{\text{LAH}} - \%_{\text{TAH}} \\
 &= 65,545 \% - 18,994 \% \\
 &= 45,551 \%
 \end{aligned}$$

Menurut Sentosa (2011) agregat yang baik adalah campuran agregat dengan ukuran butiran yang terdistribusi merata dalam rentang ukuran butiran dan dapat menjadi rapat. Sedangkan untuk agregat yang buruk adalah distribusi ukuran agregat yang tidak memenuhi persyaratan agregat baik, yaitu campuran agregat yang tersusun dengan ukuran yang sama agregat yang permukaannya tidak utuh dan memiliki ukuran agregat yang tidak terdistribusi secara menerus.

4.6 Hasil *Mix Design*

Trial mix design dilaksanakan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata. Penentuan penggunaan *mix design* dalam pengujian kuat tekan, digunakan 2 jenis *mix design* untuk *trial*. Berdasarkan 2 jenis *mix design* memiliki perbedaan yaitu yang pertama agregat asli yaitu agregat kasar dan agregat halus tidak dicuci dan yang kedua menggunakan agregat kasar dan agregat halus yang telah dicuci. Hasil kuat tekan pada umur 28 hari mendekati kuat tekan rencana pada penelitian ini yaitu sebesar 30 MPa. Berikut merupakan hasil kuat tekan untuk *mix design* yang tidak dicuci diperlihatkan pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Hasil Uji Kuat Tekan *Trial Mix Design* 1

Nomor Benda Uji	Umur Beton (hari)	Berat Beton (kg)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1.A	7	12,15	140	7,93	8,02
1.B	7	12,10	145	8,21	
1.C	7	12,10	140	7,93	
2.A	14	12,18	180	10,19	10,28
2.B	14	12,20	180	10,19	
2.C	14	12,21	185	10,47	
3.A	28	12,17	210	11,89	11,51
3.B	28	12,19	200	11,32	
3.C	28	12,19	200	11,32	



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

Selanjutnya untuk *trial mix design* dengan agregat yang dicuci dapat diperlihatkan pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Hasil Uji Kuat Tekan *Trial Mix Design* 2

Nomor Benda Uji	Umur Beton (hari)	Berat Beton (kg)	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1.A	7	12,93	310	17,55	17,64
1.B	7	12,93	310	17,55	
1.C	7	12,90	315	17,83	
2.A	14	12,89	390	22,08	22,64
2.B	14	12,80	410	23,21	
2.C	14	12,85	400	22,65	
3.A	28	12,78	470	26,21	27,04
3.B	28	12,89	495	28,03	
3.C	28	12,90	475	26,89	

Berdasarkan *trial mix design* yang telah dilakukan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata, diketahui nilai kuat tekan pada umur beton ke 28 hari untuk *mix design* 1 sebesar 11,51 MPa dan untuk *mix design* 2 sebesar 27,04 MPa. Dengan demikian *mix design* 2 digunakan sebagai perbandingan campuran untuk pembuatan benda uji penelitian.

4.7 Hasil dan Pembahasan Uji Kuat Tekan Beton

Penelitian pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 7, 14, dan 28 hari. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton sebanyak tiga kali pada setiap percobaan yaitu semen normal, semen penambahan *fly ash* dan semen penambahan *silica fume*. Pada penambahan semen dibagi menjadi tiga yaitu penambahan 5%, 10%, dan 15% dari PCC.

4.7.1 Hasil uji kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan mengacu berdasarkan ASTM C39 M-01. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton, dilakukan proses *curing* pada masing-masing benda uji. Teknik *curing* dengan metode perendaman menggunakan air sumur dalam Universitas Katolik Soegijapranata. Hasil uji kuat tekan normal yang telah dilakukan diperlihatkan pada Lampiran 4.17

Pada Gambar 4.3 merupakan salah satu pola keretakan untuk uji kuat tekan pada beton benda uji normal nomor 1B umur beton 7 hari.



Tugas Akhir

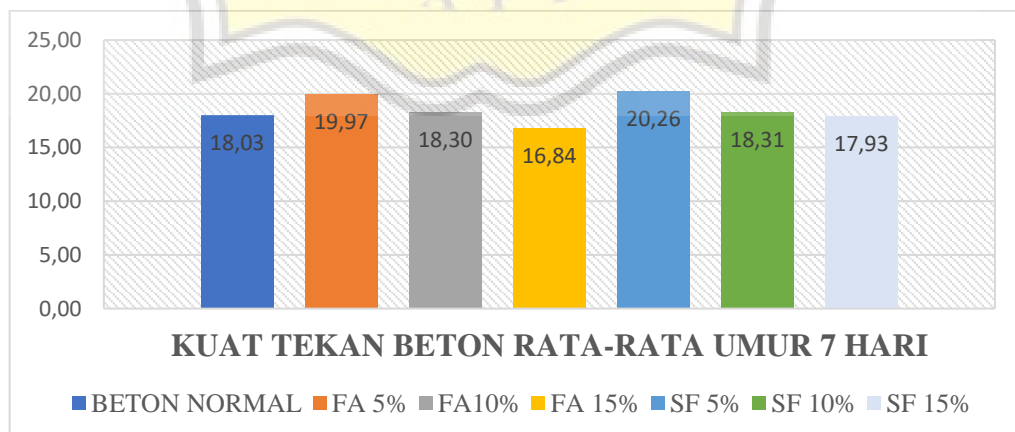
Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen



Gambar 4.3 Pola Keretakan Benda Uji Nomor 8

4.7.2 Pembahasan pengujian kuat tekan beton

Pengujian dilakukan pada saat beton umur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton terdiri dari 63 sampel silinder, yang dibagi menjadi tiga yaitu beton normal, beton penambahan *fly ash*, dan beton penambahan *silica fume*. Dengan penambahan persentase *fly ash* dan *silica fume* dibagi menjadi tiga 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Untuk grafik hubungan antara beton normal, *fly ash*, dan *silica fume* dapat diperlihatkan pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6.



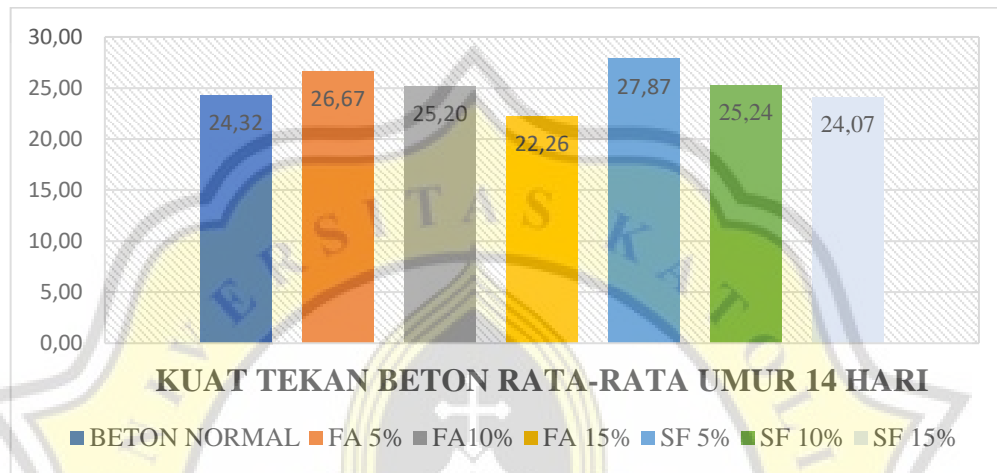
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Dengan Umur Beton 7 Hari



Tugas Akhir

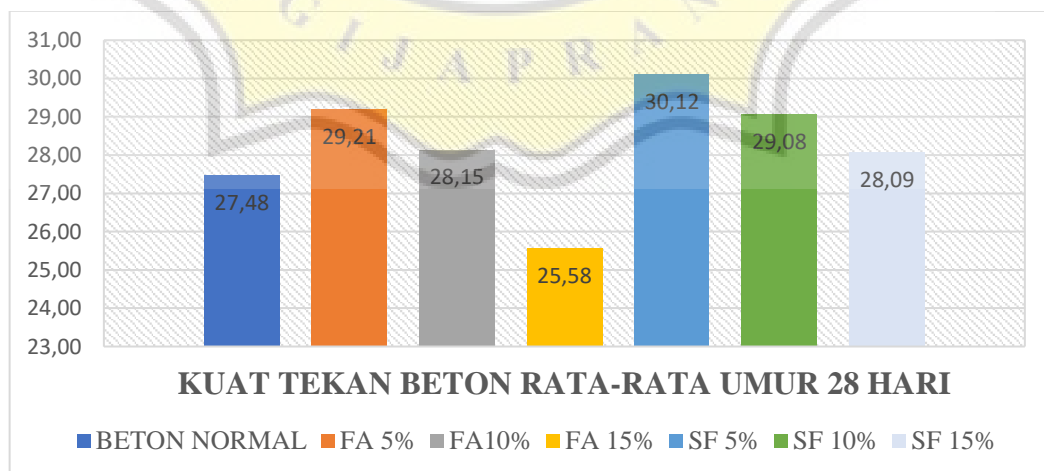
Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

Hasil kuat tekan rata-rata beton normal, *fly ash*, dan *silica fume* umur beton 7 hari, nilai kuat tekan *silica fume* lebih unggul dari beton normal dan *fly ash*. Nilai kuat tekan terbaik pada umur beton 7 hari pada bahan tambah *silica fume* 5% yaitu rata-rata kuat tekan 20,26 MPa. Perbandingan nilai kuat tekan beton dengan yang lainnya tidak terlalu jauh.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Dengan Umur Beton 14 Hari

Hasil kuat tekan rata-rata beton normal, *fly ash*, dan *silica fume* umur beton 14 hari, nilai kuat tekan *silica fume* lebih unggul dari beton normal dan *fly ash*. Nilai kuat tekan terbaik pada umur beton 14 hari pada bahan tambah *silica fume* 5% yaitu rata-rata kuat tekan 27,87 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata memiliki perbedaan yang signifikan.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Dengan Umur Beton 28 Hari



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

Hasil kuat tekan rata-rata beton normal, *fly ash*, dan *silica fume* umur beton 7 hari, nilai kuat tekan *silica fume* lebih unggul dari beton normal dan *fly ash*. Nilai kuat tekan terbaik pada umur beton 28 hari pada bahan tambah *silica fume* 5% yaitu rata-rata kuat tekan 30,12 MPa. Perbandingan penambahan *silica fume* 5% dengan variabel lainnya memiliki penurunan yang drastis. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton tersebut didapatkan hasil rata-rata pada tiap umur beton dan jenis beberapa sampel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 hingga Gambar 4.6. Hasil kuat tekan beton yang terdapat pada gambar tersebut menunjukkan bahwa beton dengan penambahan *fly ash* dan *silica fume* berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Penambahan *fly ash* 15% mendapatkan nilai paling rendah, yang disebabkan kandungan silika di bahan *fly ash* lebih sedikit dari pada kandungan di *silica fume* dan fungsi dari *fly ash* di beton adalah untuk mengisi pori-pori kecil yang tertinggal saat hidrasi semen dan air. Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton maksimum dengan bahan tambah *silica fume* terdapat pada persentase 5% dan bahan tambah *fly ash* terdapat pada persentase *fly ash* 5%. Hal ini diakibatkan pengaruh *pozzolan* yang terkandung dalam silika. Kalsium hidroksida yang bereaksi dengan *silica fume* yang didapatkan dari reaksi air serta semen yang pada akhirnya membentuk CSH baru yang nantinya akan dapat meningkatkan ikatan agregat pada semen. Menurut Sutriono dkk., (2018) *silica fume* juga memiliki keunggulan yang dapat mengisi rongga antara pasta dan agregat dan memiliki diameter yang berukuran kecil yakni 0,1 μm . Nilai kuat tekan beton terendah pada bahan tambah *silica fume* 15%. Penurunan mutu beton ini dapat diakibatkan karena sedikitnya air yang bereaksi dengan semen untuk membuat C-S-H baru. Jumlah kadar *silica fume* yang banyak akan mengakibatkan kalsium hidroksida dengan sisa *silica fume* tidak dapat bereaksi untuk membuat C-S-H baru.

Penurunan persentase 10% dan 15% pada bahan *fly ash* mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan beton yang disebabkan karena *fly ash* menutupi pori-pori beton lebih banyak dari 5%, sehingga agregat dan semen tidak bekerja dengan baik. Menurut Indriyanto (2020) hal yang menyebabkan lambatnya pengaruh penggunaan *fly ash* disebabkan reaksi senyawa kalsium hidroksida, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang merupakan produk hidrasi dengan senyawa silika yang ada pada *fly ash* berlangsung



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

lambat sehingga terbentuknya *calcium silica hidrat* (CSH) lebih lama, selanjutnya senyawa C-S-H ini yang memberikan kekuatan tambahan pada mortar.

Pada persentase 5% nilai kuat tekan beton meningkat karena *fly ash* yang berperan sebagai bahan pengisi pori-pori pada beton. Pada persentase 10% dan 15%, nilai kuat tekan beton semakin menurun tajam, hal ini diakibatkan karena kalsium hidroksida yang tidak dapat bereaksi dengan *fly ash* karena jumlahnya yang sangat banyak dan mengakibatkan tidak terbentuknya C-S-H baru dan hanya berfungsi sebagai pengisi pori-pori antara pasta semen dengan agregat. Pada penelitian kuat tekan beton, dapat diketahui dengan bertambahnya persentase penambah semen dengan *fly ash* dan *silica fume* dari 5% hingga 15%, kekuatan nilai beton yang dihasilkan semakin menurun. Hasil tertinggi pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari didapatkan penambah *silica fume* sebesar 5% yaitu 20,26 MPa (7 hari), 27,87 (14 hari) dan 31,14 (28 hari). Kuat tekan pada beton variasi tersebut diatas kuat tekan beton normal yaitu 18,35 MPa (7 hari), 24,32 MPa (14 hari), dan 28,31 MPa (28 hari). Hasil terendah didapatkan pada persentase bahan tambah *fly ash* sebesar 15%.

4.8 Hasil dan Pembahasan Uji *Setting Time*

Pengujian *setting time* mengacu pada standar ASTM C 191-92. Pada percobaan dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap konsentrasi yaitu semen normal, semen dengan tambahan 5%, 10% dan 15% *fly ash* serta semen dengan tambahan 5%, 10% dan 15% *silica fume*.

4.8.1 Hasil uji *setting time*

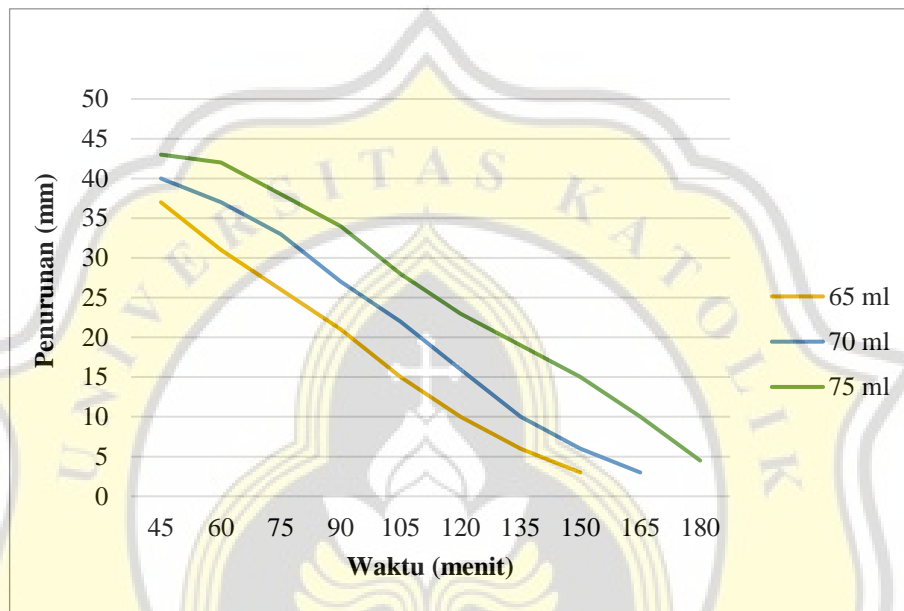
Pengujian *setting time* ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata dengan uji sampel masing-masing sebanyak tiga kali untuk setiap konsentrasi percobaan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu pengikatan awal dan waktu mengerasnya dari *portland composite cement* (PCC) normal atau dengan bahan tambahan masing-masing menggunakan *fly ash* dan *silica fume*. Umumnya ditandai dengan berkurangnya penetrasi jarum *vicat* hingga kedalaman 25 mm. Waktu ikat akhir mengerasnya adalah waktu penetrasi penurunan jarum *vicat* pembacaan jarum 50 mm. Waktu pengerasan awal adalah awal dari proses pengerasan atau pematatan pasta dan



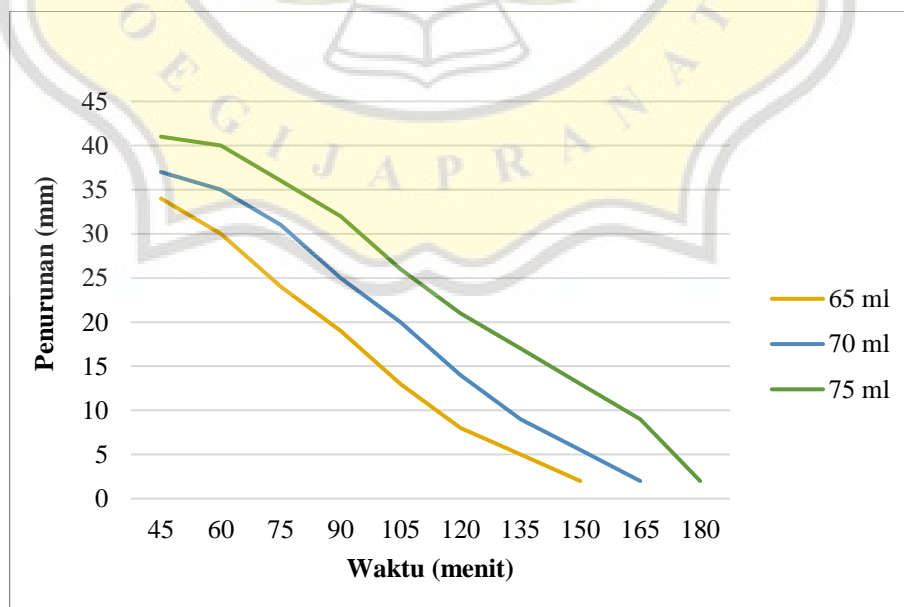
Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

penurunan kemampuan pengerjaan beton. Waktu pengerasan awal adalah waktu yang diperlukan pasta semen untuk mengubah sifatnya dari cair menjadi padat. Tujuan waktu pengikatan adalah untuk mendapatkan waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan cepat lama waktu mengerasnya beton. Berikut merupakan grafik dari hasil masing-masing pengujian *setting time* dapat diperlihatkan pada gambar dibawah ini.

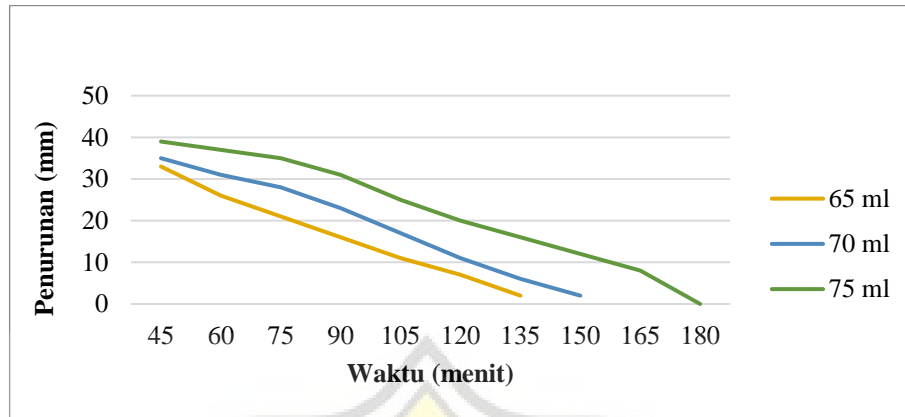


Gambar 4.7 Grafik Hubungan Penurunan dengan Waktu PCC

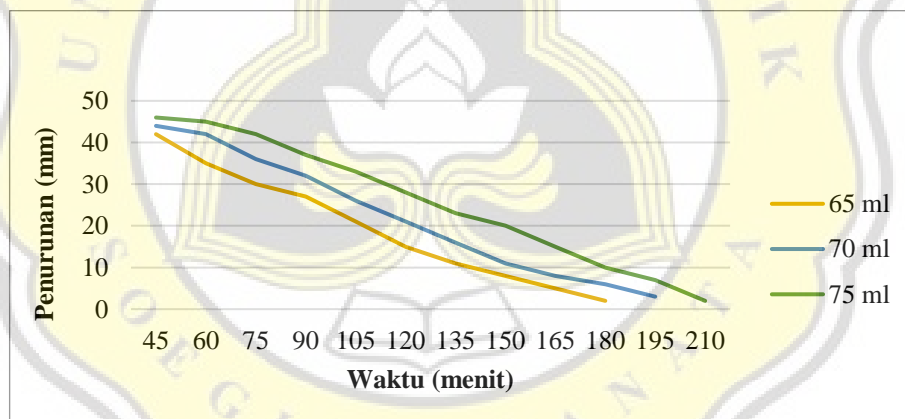
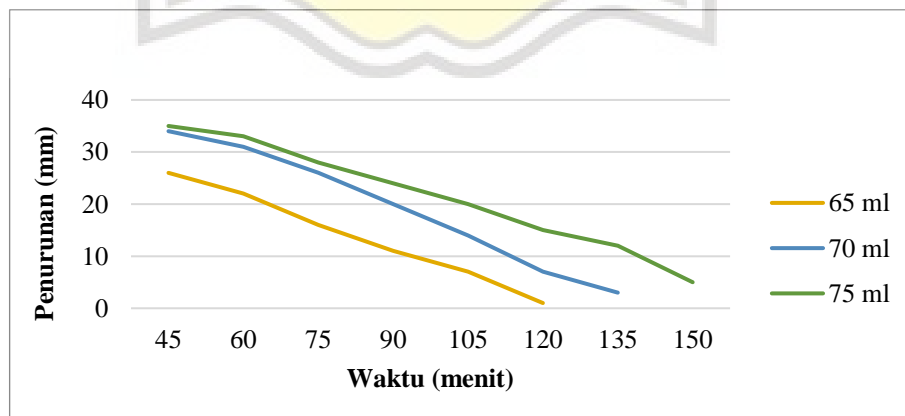
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Penurunan dengan Waktu *Fly Ash* 5%



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada SemenGambar 4.9 Grafik Hubungan Penurunan dengan Waktu *Silica Fume* 5%

Grafik hasil hubungan penurunan dengan waktu semen normal, *fly ash* 5%, dan *silica fume* 5%. *Initial setting time* tercepat yaitu pada *silica fume* 5% dengan berat air 65ml yaitu sebesar 51,5 menit, sedangkan untuk *final setting time* terlama dengan penambahan *fly ash* 5% dengan berat air 75 ml yaitu sebesar 180 menit.

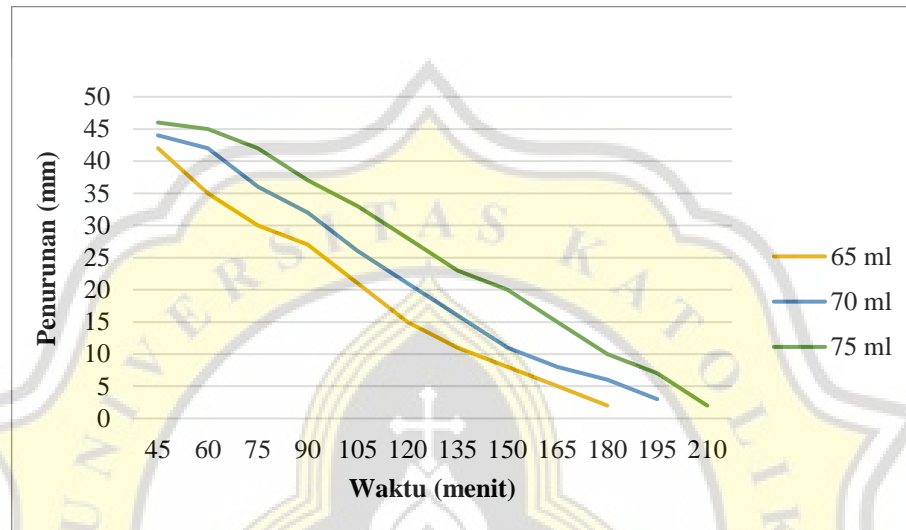
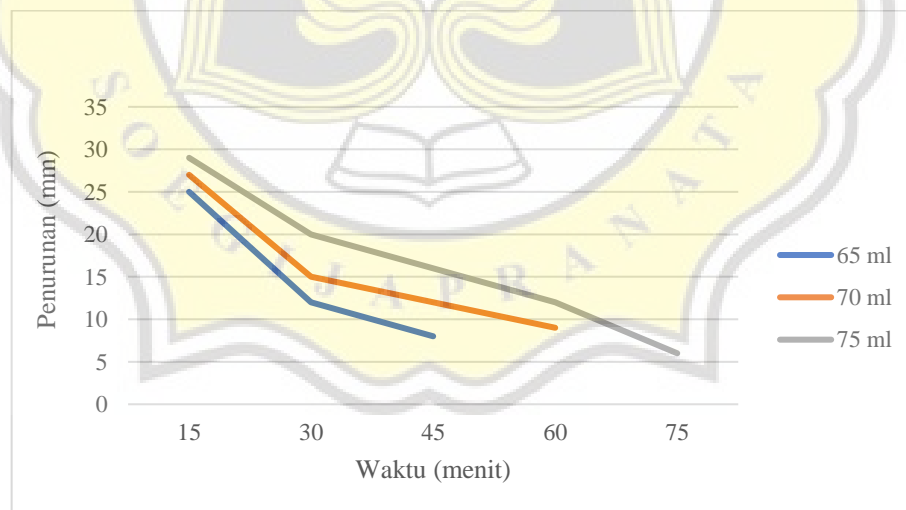
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Penurunan dengan Waktu *Fly Ash* 10%Gambar 4.11 Grafik Hubungan Penurunan dengan Waktu *Silica Fume* 10%



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

Grafik hasil hubungan penurunan dengan waktu semen normal, *fly ash* 10%, dan *silica fume* 10% terlihat perbedaan penurunan yang cukup signifikan. *Initial setting time* tercepat yaitu pada *silica fume* 10% dengan berat air 65ml yaitu sebesar 48 menit, sedangkan untuk *final setting time* terlama dengan penambahan *fly ash* 10% dengan berat air 75 ml yaitu sebesar 210 menit.

Gambar 4.12 Grafik Hubungan Penurunan dengan Waktu *Fly Ash* 15%Gambar 4.13 Grafik Hubungan Penurunan dengan Waktu *Silica Fume* 15%

Grafik hasil hubungan penurunan dengan waktu semen normal, *fly ash* 15%, dan *silica fume* 15%. *Initial setting time* tercepat yaitu pada *silica fume* 15% dengan berat air 65ml yaitu sebesar 15 menit, sedangkan untuk *final setting time* terlama dengan penambahan *fly ash* 15% dengan berat air 75 ml yaitu sebesar 210 menit.



4.8.2 Pembahasan uji *setting time*

Pengujian dilaksanakan dibagi menjadi tiga tahap yaitu uji *setting time* PCC, PCC dengan tambahan *fly ash* serta PCC dengan tambahan *silica fume* dengan menggunakan kadar air yang didapat dari pengujian konsistensi normal yang telah dilakukan sebelum dilakukan pengujian *setting time* yaitu masing-masing sebesar 26%, 28% dan 30% dari berat PCC. Berikut merupakan hasil *initial setting time* dan *final setting time* dari masing-masing konsentrasi pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 4.17 Hasil Uji Waktu *Setting Time*

Bahan Tambah	Konsentrasi (%)	Berat Air (ml)	Initial Setting Time (menit)	Final Setting Time (menit)
PCC Normal	-	65	76,5	150
		70	94,5	165
		75	114	180
<i>Fly Ash</i>	5	65	70,5	150
		70	88,5	165
		75	106,5	180
	10	65	91,5	180
		70	105,5	195
		75	129	210
	15	65	93	180
		70	106	195
		75	128	210
<i>Silica Fume</i>	5	51,5	62	135
		70	84	150
		75	104,5	180
	10	65	48	120
		70	77	135
		75	85,5	150
	15	65	15	45
		70	15,75	60
		75	21	75

Dapat dilihat pada Tabel 4.17 menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* pada PCC dapat memperlambat waktu *setting time* sedangkan dengan penambahan *silica fume* pada PCC dapat mempercepat waktu dari *setting time* baik itu waktu *initial setting time* maupun *final setting time*. Waktu *setting time* terlama yaitu pada PCC dengan bahan tambah *fly ash* sebesar 15% yaitu waktu *initial setting time* sebesar 128 menit dan *final setting time* sebesar 210 menit. Dikarenakan *setting time* dengan penambahan *silica fume* terlalu cepat bereaksi menjadi padat maka dilakukan pendekatan untuk mendapatkan *initial setting time* yaitu dengan dilakukan



Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan *Fly Ash* atau *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Beton dan *Setting Time* Pada Semen

pencatatan waktu penurunan jarum *vicat* setiap 15 menit. Maka dari itu, *initial setting time* untuk PCC dengan bahan tambah *silica fume* 15% sebesar 15 menit dan *final setting time* sebesar 45 menit. Untuk gambar grafik perbandingan penurunan jarum *vicat* untuk masing-masing konsentrasi pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Lampiran L-59.

Pada penambahan konsentrasi 10% terlihat perbedaan penurunan yang signifikan, pada Gambar 4.9 dan 4.10 *initial setting time* menggunakan *silica fume* 10% lebih cepat dibandingkan dengan penambahan semen menggunakan *silica fume* 5% sedangkan untuk semen penambahan *fly ash* 10% lebih membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan semen penambahan *fly ash* 5%. Hal ini disebabkan penambahan bahan tambah 5% pada pasta tidak terlalu mempengaruhi kinerja dari silika yang terdapat di dalam semen, pada saat ditambahkan bahan tambah sebanyak 5% ke dalam pasta, silika yang terdapat pada semen masih banyak sehingga masih dapat melakukan proses hidrasi dengan air dan proses pasta mengeras sama dengan PCC normal. Oleh karena itu waktu *setting time* dengan penambahan 5% tidak terlalu beda dengan *setting time* PCC normal.

Pada hasil Tabel 4.23 *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* tipe C yang mengandung lebih dari 10% CaO. *Fly ash* tipe C memiliki sifat pozzolan dan dapat bereaksi langsung dengan air membentuk kalsium hidroksida. Sifat ini disebabkan kandungan kalsium yang tinggi, sehingga *fly ash* tipe C ini dapat memperlambat *setting time* tergantung proporsi yang digunakan. Sedangkan *silica fume* memiliki reaksi pozzolan dalam sifat mekaniknya, yang bereaksi dengan batu kapur yang dilepaskan dari PCC (Kusumo, 2013). Karena kandungan SiO₂ yang tinggi, hidrasi air dan PCC menghasilkan Ca (OH)₂, sifat ini mudah larut dalam air. Kalsium hidroksida Ca (OH)₂ bereaksi dengan silikon dioksida (SiO₂) membentuk kalsium silikat hidrat, CSH yang baru berperan dalam mempengaruhi kekerasan beton maka dari itu *setting time* yang dihasilkan lebih cepat akibat dari reaksi yang dihasilkan oleh *silica fume*. Oleh karena itu perbedaan *setting time* terlihat signifikan pada saat pasta ditambahkan bahan tambah sebesar 10% dan 15%. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa semen yang ditambahkan



bahan tambah mengalami perbedaan *setting time*. Jika semen ditambahkan *fly ash* *setting time* menjadi lebih lama, sedangkan untuk semen yang ditambahkan dengan *silica fume* maka *setting time* dari semen menjadi lebih cepat. Dari hasil Gambar 4.8 sampai Gambar 4.13 diperlihatkan bahwa perbedaan penurunan jarum *vicat* dipengaruhi oleh beberapa faktor pada saat pengujian dilaksanakan, mulai dari suhu pada saat pengujian dilakukan, pada saat meletakkan pasta ke dalam cincin *vicat*, letak jarum *vicat* apabila letak jarum *vicat* saat pengujian, serta proses penyetakkan pasta di dalam cincin *vicat*.

4.9 Kebaruan Penelitian Terbaru

Pengembangan penelitian tentang pengaruh penambahan *fly ash* dan *silica fume* terhadap kuat tekan dan *setting time* pada semen untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan yang dicapai apabila ditambahkan dengan *fly ash* dan *silica fume* dan juga mengetahui pengaruh *silica fume* dan *fly ash* terhadap *setting time*. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wijaya dkk., (2022), penggunaan *fly ash* pada beton menurunkan kekuatan beton dan membuat *flash set* pada beton dengan *fly ash* Tipe F. Semakin banyak *fly ash* yang digunakan, maka kekuatan beton akan semakin rendah yaitu nilai kuat tekan beton menurun sebanyak 5% sampai 10% pada presentasi 40% *fly ash* dan *silica fume* 20%.

Menurut Davendra dkk., (2022) penelitian pengaruh *silica fume* sebagai bahan tambah terhadap karakteristik beton mutu tinggi dan juga menggunakan *superplasticizer*. Oleh karena itu, *silica fume* pada persentase 0% - 5% meningkatkan nilai kuat tekan beton sedangkan untuk *silica fume* diatas 5% menurunkan nilai kuat tekan beton.

Penelitian ini telah melakukan perkembangan dari penelitian sebelumnya. Perkembangan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan bahan tambah *fly ash* tipe C dan *silica fume* pada campuran beton dengan tidak mencampur bahan additif zat kimia seperti *superplasticizer* dan bahan tambah lainnya, penambahan variabel dari konsentrasi *silica fume* dan pengurangan konsentrasi *fly ash*.