

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus**

##### **4.1.1 Pengujian Gradasi Butiran**

Pengujian gradasi butiran agregat halus dilakukan untuk mengetahui nilai modulus halus butiran, pengujian ini mengacu pada standarisasi ASTM, 2013. Pengujian gradasi agregat halus yang berasal dari sungai progo dilakukan sebanyak tiga kali, berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai modulus halus butir pengujian pertama 2,25 %, nilai modulus halus butir pengujian kedua 2,25 %, dan nilai modulus halus pengujian ketiga 2,36 %. Semakin besar nilai modulus halus butir agregat halus menunjukkan semakin besar butir agregatnya. Hasil perhitungan gradasi butiran agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1.

##### **4.1.2 Pengujian kadar air agregat halus**

Berdasarkan hasil pengujian nilai kadar air yang didapat sebesar 1,97 %. Nilai kadar air yang didapat termasuk dalam batas normal yaitu sebesar 1 % - 2 %. Hasil Pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 2.

##### **4.1.3 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus**

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai berat jenis curah (*bulk specific gravity*) sebesar 2,797, berat jenis tampak (*apparent specific gravity*) sebesar 2,878, berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*) sebesar 2,825, dan nilai penyerapan air agregat halus sebesar 1,010. Berdasarkan berat jenisnya agregat dibedakan menjadi tiga yaitu agregat normal yang berat jenisnya 2,5 - 2,7, agregat berat yang berat jenisnya lebih dari 2,8, dan agregat ringan yang berat jenisnya kurang dari 2,0. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 3.

##### **4.1.4 Pengujian berat satuan agregat halus**

Pengujian beras satuan agregat halus dilakukan untuk mengetahui agregat halus yang digunakan mampat atau berongga, berat satuan agregat memiliki nilai sebesar 1,50 - 1,80 gram/cm<sup>3</sup> (Tjokrodinuljo, 2010). Berdasarkan hasil pengujian di dapat nilai rata-rata berat satuan agregat halus sebesar 1,721 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 4.1.5 Pengujian kadar lumpur agregat halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus penting dilakukan untuk mengetahui persentase lumpur yang terdapat pada agregat halus, agregat halus yang digunakan tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5 % berdasarkan aturan BSN, 1989. Berdasarkan hasil pengujian nilai rata-rata kadar lumpur agregat halus sebesar 4 %. Hasil pemeriksaan kadar lumpur terdapat pada Lampiran 5. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapat hasil pengujian agregat halus pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian agregat halus pasir Sungai Progo

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Gradasi	-	Memenuhi standar ASTM
2	Kadar air	%	1,970
3	Berat jenis	-	2,825
4	Penyerapan air	%	2,814
5	Berat satuan	gr/cm <sup>3</sup>	1,721
6	Kadar lumpur	%	4,000

#### 4.2 Hasil pengujian Agregat Kasar (Kerikil/Split)

##### 4.2.1 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Berdasarkan hasil pengujian agregat kasar clereng didapat nilai rata-rata berat jenis jenuh kering muka kerikil sebesar 2,578 sehingga tergolong kedalam agregat normal yaitu antara 2,5 - 2,7 (Tjokrodinuljo, 2010). Nilai penyerapan agregat kasar didapat sebesar 2,822 %. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 6.

##### 4.2.2 Pengujian berat satuan agregat kasar

Pengujian berat satuan agregat dilakukan untuk mengetahui apakah agregat tersebut *porous* atau mampat. Semakin tinggi nilai berat satuan agregat maka kuat tekan beton akan menurun. Berdasarkan hasil pengujian, didapat nilai rata-rata berat satuan agregat kasar sebesar 1,531 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7.

##### 4.2.3 Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Pengujian kadar lumpur agregat kasar dilakukan pada pada penelitian ini karena persentase kadar lumpur akan berpengaruh pada kuat tekan beton, semakin rendah kadar lumpur maka akan semakin tinggi kuat tekan beton yang didapatkan. Persentase kadar lumpur agregat kasar maksimal sebesar 1 % berdasarkan standar (BSN, 1989). Berdasarkan hasil pemeriksaan didapatkan nilai kadar lumpur agregat kasar rata-rata sebesar 4,91%, sehingga agregat kasar harus dicuci dahulu sebelum digunakan. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada lampiran 9.

#### 4.2.4 Pengujian kadar air agregat kasar

Pengujian kadar air agregat kasar dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara berat air dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai kadar air rata-rata agregat kasar sebesar 3,71 %. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 8.

#### 4.2.5 Pengujian keausan agregat kasar

Pengujian keausan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan aus kerikil, berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai keausan agregat kasar sebesar 32,87 %. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan hasil pengujian agregat kasar didapat nilai pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Berat jenis	-	2,578
2	Penyerapan air	%	2,822
3	Berat satuan	gr/cm <sup>3</sup>	1,531
4	Kadar lumpur	%	4,910
5	Keausan agregat	%	32,87
6	Kadar air	%	3,710

### 4.3 Hasil pengujian utama

#### 4.3.1 Hasil pengujian *fresh properties*

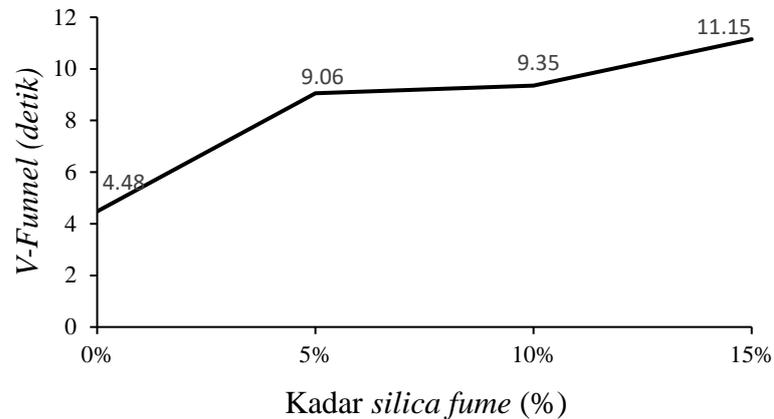
Pengujian *fresh properties self-fiber compacting concrete* dilakukan 4 jenis pengujian pada penelitian ini, yaitu pengujian meja sebar T50, *slump flow*, *v-funnel*, dan *l-box*. Pengujian sifat beton segar perlu dilakukan untuk mengetahui

kemampuan melewati (*passing ability*), kemampuan mengisi (*filling ability*), kemampuan mengalir (*flowability blocking*), segregasi maupun stabilitas beton. Hasil pengujian *fresh properties* dapat dilihat pada Tabel 4.3, hasil pengujian menunjukkan bahwa *self-fiber compacting concrete* menggunakan tambahan variasi *silica fume* telah memenuhi klasifikasi beton segar *European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products (EFNARC)*. Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengujian *v-funnel* beton SFCC dengan variasi *silica fume* 0 %, 5 %, 10 %, dan 15 %, berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil uji berturut-turut 4,48 mm, 9,06 mm, 9,35 mm, dan 11,15 mm. Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian *l-box* dengan hasil berturut-turut yaitu 0,97, 0,93, 0,91, dan 0,85. Gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian *slump flow* dengan hasil berturut-turut yaitu 700 mm, 675 mm, 663 mm, dan 658 mm. Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian T50 dengan hasil berturut-turut yaitu 2,53 detik, 4,60 detik, 4,65 detik, 5,00 detik. Berdasarkan hasil pengujian *fresh properties* yang telah dilakukan bahan campuran beton SFCC dengan variasi *silica fume* yang digunakan telah memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh EFNARC.

Tabel 4.3 Hasil pengujian *fresh properties* berdasarkan variasi *silica fume*

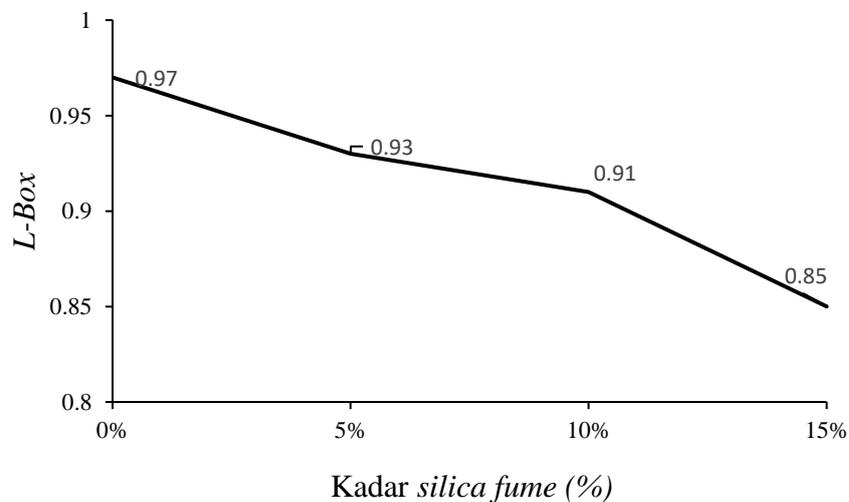
Variasi	<i>Slump flow</i> (mm)	T50 (detik)	<i>V-Funnel</i> (detik)	<i>L-Box</i> H <sub>2</sub> /H <sub>1</sub>
0%	700	2,53	4,48	0,97
5%	675	4,60	9,06	0,93
10%	663	4,65	9,35	0,91
15%	658	5	11,15	0,85

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengujian *v-funnel* beton SFCC dengan variasi *silica fume* 0 %, 5 %, 10 %, dan 15 %, berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil uji berturut-turut 4,48 mm, 9,06 mm, 9,35 mm, dan 11,15 mm. Berdasarkan gambar dibawah dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar *silica fume* maka tingkat kekentalan campuran semakin tinggi sehingga waktu yang diperlukan beton untuk mengalir semakin banyak.



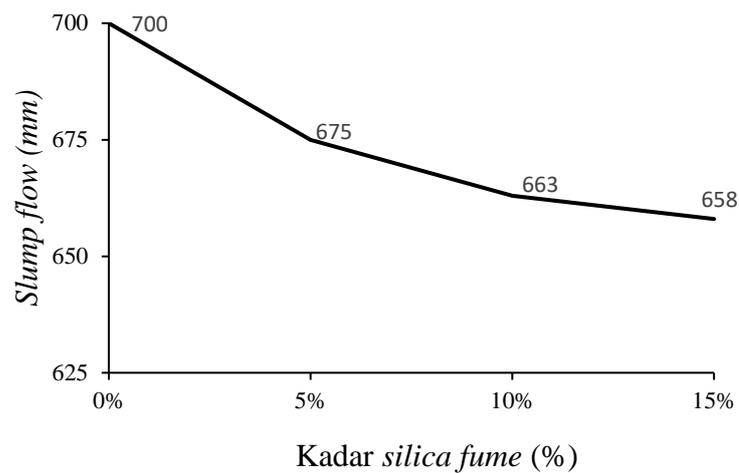
Gambar 4.1 Hubungan *v-funnel* dan kadar *silica fume*

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian *l-box* dengan hasil berturut-turut yaitu 0,97, 0,93, 0,91, dan 0,85. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah kadar *silica fume* yang digunakan maka kemampuan beton untuk mengisi ruang semakin baik.



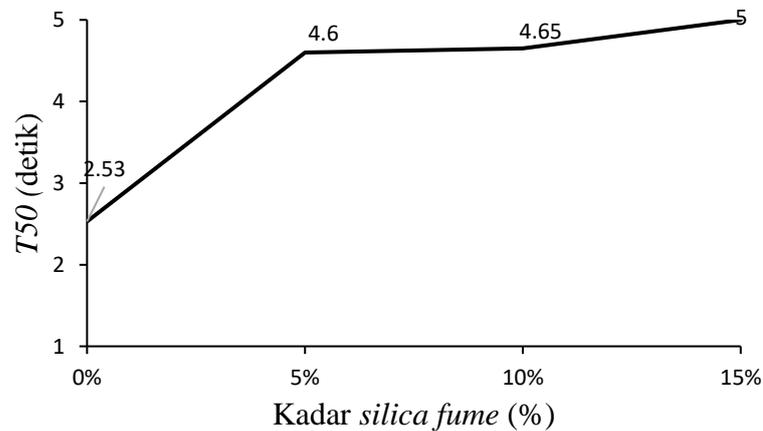
Gambar 4.2 Hubungan *l-box* dan kadar *silica fume*

Gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian *slump flow* dengan hasil berturut-turut yaitu 700 mm, 675 mm, 663 mm, dan 658 mm. hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan maka kemampuan beton untuk menyebar semakin rendah.



Gambar 4.3 Hubungan *slump flow* dan kadar *silica fume*

Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian T50 dengan hasil berturut-turut yaitu 2,53 detik, 4,60 detik, 4,65 detik, 5,00 detik. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan maka akan semakin lama waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter 500 mm, hal ini disebabkan karena semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan maka campuran beton akan semakin kental karena *silica fume* akan lebih banyak menyerap air.



Gambar 4.4 Hubungan T50 dan kadar *silica fume*

#### 4.3.2 Hasil pengujian kuat tekan beton *self-fiber compacting concrete*

*Self-fiber compacting concrete* diuji kuat tekannya umur 7, 14, dan 28 hari. *Silica fume* digunakan sebagai bahan pengganti semen dengan persentase variasi 5%, 10%, dan 15% serta menggunakan bahan tambah serat *nylon* dengan persentase

1% dan *superplasticizer* jenis *Siklament LN* dengan persentase 1,5 % dari berat semen dan *silica fume*. Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton SFCC tanpa variasi *silica fume* dan *nylon*, berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 33,1 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.4 Hasil pengujian kuat tekan beton SFCC dengan variasi *silica fume* 0 %

No	Kode benda uji	Umur (hari)	Kadar Nylon (%)	Kadar SP (%)	Kadar <i>silica fume</i> (%)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	TK0%SF.7.1	7				22,2	
2	TK0%SF.7.2	7				30,2	27,4
3	TK0%SF.7.3	7				29,7	
4	TK0%SF.14.1	14				26,3	
5	TK0%SF.14.2	14	0	1,5	0	31,8	29,2
6	TK0%SF.14.3	14				29,6	
7	TK0%SF.28.1	28				32,4	
8	TK0%SF.28.2	28				33,8	33,1
9	TK0%SF.28.3	28				32,5	

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton SFCC dengan variasi *silica fume* 5 %, didapatkan nilai kuat tekan terendah yaitu pada saat umur beton 7 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 30,9 MPa dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 34,0 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat tekan beton SFCC dengan variasi *silica fume* 5 %

No	Kode benda uji	Umur (hari)	Kadar Nylon (%)	Kadar SP (%)	Kadar <i>silica fume</i> (%)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	TK5%SF.7.1	7				30,0	
2	TK5%SF.7.2	7				29,3	30,9
3	TK5%SF.7.3	7				33,3	
4	TK5%SF.14.1	14				32,7	
5	TK5%SF.14.2	14	1,0	1,5	5	33,7	32,5
6	TK5%SF.14.3	14				31,2	
7	TK5%SF.28.1	28				30,9	
8	TK5%SF.28.2	28				36,7	34,0
9	TK5%SF.28.3	28				34,3	

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton SFCC dengan variasi *silica fume* 10 %, nilai kuat tekan pada umur 7 hari yaitu 22,2 MPa, nilai

kuat tekan pada umur 14 hari yaitu 27,6 MPa, dan nilai kuat tekan pada umur 28 hari yaitu 30,3 MPa.

Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat tekan beton SFCC dengan variasi *silica fume* 10 %

No	Kode benda uji	Umur (hari)	Kadar Nylon (%)	Kadar SP (%)	Kadar <i>silica fume</i> (%)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	TK10%SF.7.1	7				20,7	
2	TK10%SF.7.2	7				20,6	22,2
3	TK10%SF.7.3	7				25,2	
4	TK10%SF.14.1	14				28,1	
5	TK10%SF.14.2	14	1,0	1,5	10	25,9	27,6
6	TK10%SF.14.3	14				28,9	
7	TK10%SF.28.1	28				29,0	
8	TK10%SF.28.2	28				30,8	30,3
9	TK10%SF.28.3	28				31,1	

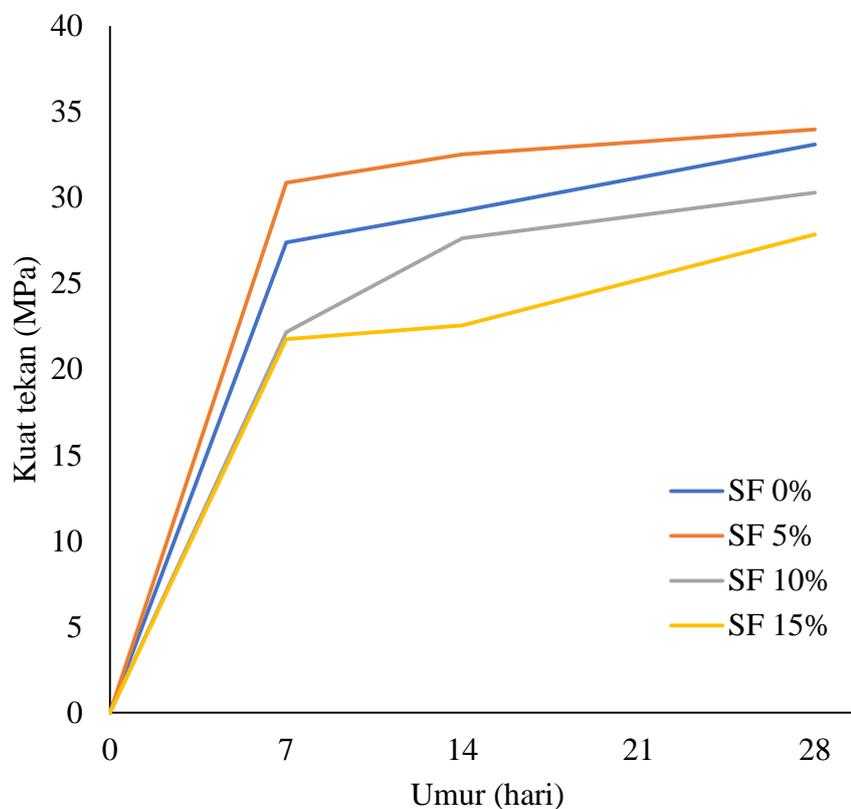
Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton SFCC dengan variasi *silica fume* 15 %, nilai kuat tekan pada umur 7 hari yaitu 21,8 MPa, nilai kuat tekan pada umur 14 hari yaitu 22,6 MPa, dan nilai kuat tekan pada umur 28 hari yaitu 27,9 MPa.

Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat tekan beton SFCC dengan variasi *silica fume* 15%

No	Kode benda uji	Umur (hari)	Kadar Nylon (%)	Kadar SP (%)	Kadar <i>silica fume</i> (%)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	TK15%SF.7.1	7				20,2	
2	TK15%SF.7.2	7				20,9	21,8
3	TK15%SF.7.3	7				24,2	
4	TK15%SF.14.1	14				23,2	
5	TK15%SF.14.2	14	1,0	1,5	15	21,8	22,6
6	TK15%SF.14.3	14				22,7	
7	TK15%SF.28.1	28				27,4	
8	TK0%SF.28.2	28				27,8	27,9
9	TK0%SF.28.3	28				28,4	

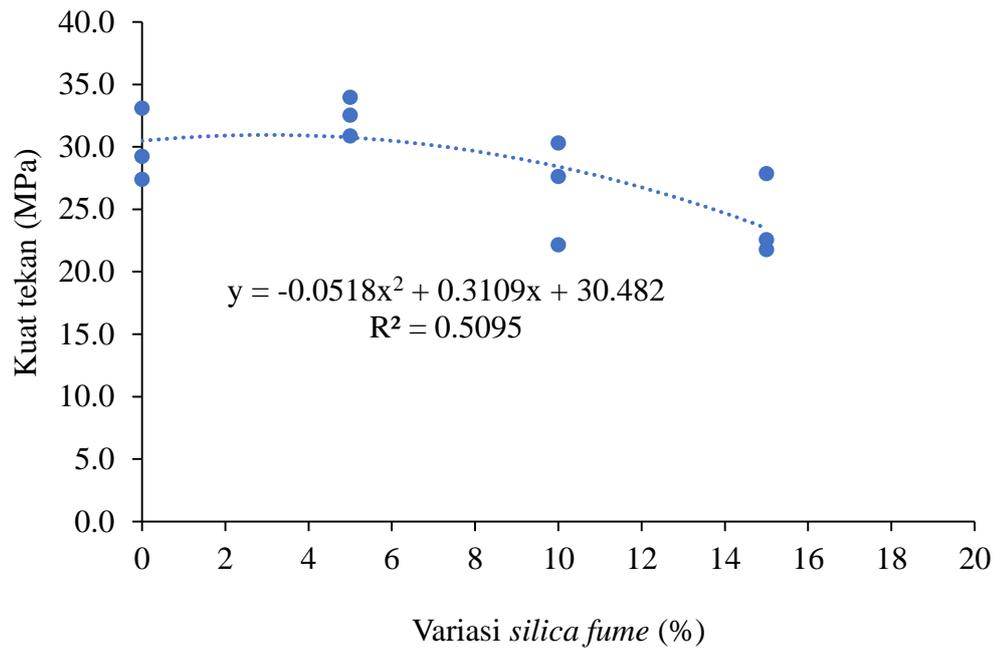
Hubungan kuat tekan beton dengan umur beton disajikan pada Gambar 4.5, Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi yaitu pada beton *self-fiber compacting concrete* dengan variasi *silica fume* 5 % pada umur 28

hari. Semakin lama umur beton maka kuat tekan beton akan semakin semakin tinggi.



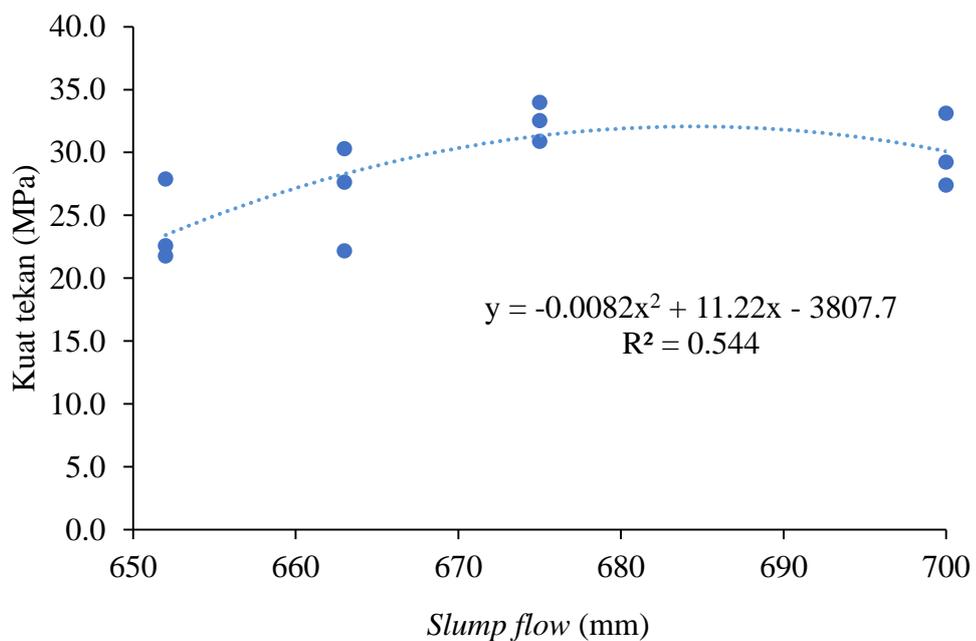
Gambar 4.5 Hubungan kuat tekan beton dan umur beton

Gambar 4.6 menunjukkan hubungan variasi *silica fume* dengan kuat tekan beton dengan persamaan  $y = -0,0581x^2 + 0,3109x + 30,482$ , berdasarkan persamaan tersebut dapat diperoleh nilai kuat tekan optimum dari variasi *silica fume* 0 % hingga 15 % yaitu pada variasi *silica fume* 3 % dengan nilai kuat tekan sebesar 30,9 MPa. Berdasarkan persamaan tersebut didapatkan bahwa semakin besar variasi *silica fume* yang digunakan sebagai bahan pengganti semen maka kuat tekan beton akan semakin rendah.



Gambar 4.6 Hubungan kuat tekan beton dan variasi *silica fume*

Gambar 4.7 menunjukkan persamaan  $y = 0,0082x^2 + 11,11x + 3807,7$ , berdasarkan persamaan tersebut dapat diperoleh nilai *slump flow* optimum yaitu pada nilai *slump flow* 684 mm dengan nilai kuat tekan 30,4 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *slump flow* maka nilai kuat tekan beton akan semakin tinggi.



Gambar 4.7 Hubungan kuat tekan beton dan *slump flows*

Tabel 4.8 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah diuji tekan

Variasi	Sebelum diuji	Setelah diuji	Keterangan
0%			Benda uji mengalami kerusakan pada bagian atas dan keretakan pada bagian tengah beton
5%			Benda uji mengalami keretakan pada bagian atas
10%			Benda uji mengalami kerusakan pada bagian atas
15%			Benda uji mengalami kerusakan pada bagian atas

#### 4.4 Perbandingan Hasil dengan Penelitian sebelumnya

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dibandingkan nilai kuat tekan pada penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu, penelitian sekarang mendapatkan nilai kuat tekan lebih tinggi pada variasi *silica fume* 5 % yaitu sebesar 34,0 MPa sedangkan penelitian terdahulu mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 31,2 MPa pada variasi kaolin sebesar 10 %. Hal ini dipengaruhi oleh *mix design* yang berbeda dan bahan tambah yang berbeda.

Tabel 4.9 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Judul	Variasi Pozzolan		
		5 %	10 %	15 %
1	Analisis Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i> dengan Penambahan Varisi Kaolin (Setyanto, 2018)	29,6	31,2	29,7
2	<i>Fresh Properties</i> dan Kuat Tekan <i>Self-Fiber Compacting Concrete</i> (SFCC) dengan Bahan Tambah <i>Silica Fume</i> dan Serat Nylon	34	30,3	27,9