

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Pengujian Sifat Bahan Penyusun Beton SCC**

Pengujian bahan campuran beton dilakukan sebelum pembuatan *mix design* agar dapat mengetahui sifat pada material bahan terlebih dahulu. Bahan campuran pada beton dibagi menjadi dua, yaitu agregat halus dan agregat kasar. Bahan campuran diuji sifat fisik dan mekanik nya. Pengujian pada sifat beton segar *self compacting concrete* (SFCC) terdiri dari pengujian *meja Sebar (T50)* dan *l-Box*. Hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu sifat-sifat bahan campuran beton dan sifat-sifat beton segar (*fresh properties*) adalah sebagai berikut.

#### **4.2 Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir)**

##### **4.2.1 Pengujian kadar lumpur agregat halus**

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan untuk mengetahui persentase lumpur yang ada pada agregat halus, agregat halus yang akan digunakan tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5% berdasarkan aturan (BSN, 1989). Jika persentase kadar lumpur tinggi maka akan berpengaruh terhadap kekuatan beton. Hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata kadar lumpur agregat halus yaitu sebesar 4%. Hasil pemeriksaan kadar lumpur terdapat pada Lampiran 2.

##### **4.2.2 Pengujian kadar air agregat halus**

Pengujian kadar air didapatkan hasil sebesar 1,97%. Nilai kadar air tersebut termasuk dalam batas normal yaitu sebesar 1%-2%. Hasil Pengujian dan perhitungan nilai kadar air dapat dilihat pada Lampiran 3.

##### **4.2.3 Pengujian gradasi butiran agregat halus**

Pengujian Gradasi butiran dilakukan untuk mengetahui nilai dari modulus halus butiran (MHB), pengujian gradasi butiran yang dilakukan ini mengacu pada (ASTM, 2015). Pasir yang digunakan dalam pengujian ini berasal dari sungai progo. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil pengujian ini didapat pada sampel pertama sebesar 2,25%, sampel kedua 2,25%, dan pengujian sampel ketiga sebesar 2,36%. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika nilai modulus halus butir

semakin besar maka ukuran butir agregat semakin besar. Hasil dari perhitungan gradasi butiran dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 4.2.4 Pengujian berat satuan agregat halus

Pengujian berat satuan agregat halus dilakukan untuk mengetahui apakah agregat halus yang digunakan mampat atau berongga. Berat satuan agregat halus memiliki nilai sebesar 1,50 - 1,80 gram/cm<sup>3</sup> menurut (Tjokrodimuljo, 2007). Hasil pengujian didapat nilai rata-rata untuk berat satuan agregat halus yaitu sebesar 1,721 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian berat satuan dapat dilihat pada Lampiran 5.

#### 4.2.5 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus didapatkan nilai berat jenis curah (*bulk specific gravity*) yaitu sebesar 2,797, berat jenis tampak (*apparent specific gravity*) sebesar 2,878, berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*) sebesar 2,825. Hasil yang didapatkan dari nilai penyerapan air agregat halus yaitu sebesar 1,010. Agregat dibedakan menjadi tiga yaitu agregat normal dengan berat jenis 2,5 - 2,7, agregat berat dengan berat jenis lebih dari 2,8 dan agregat ringan dengan berat jenis kurang dari 2,0 (Tjokrodimuljo, 2007). Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil pengujian agregat halus yang didapatkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian agregat halus yang berasal dari sungai progo

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Gradasi	-	Memenuhi standar ASTM
2	Kadar air	%	1,97
3	Berat jenis	-	2,81
4	Penyerapan air	%	2,81
5	Berat satuan	gr/cm <sup>3</sup>	1,72
6	Kadar lumpur	%	4,00

### **4.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar**

#### **4.3.1 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar**

Hasil pengujian agregat kasar clereng (kerikil) didapat nilai rata-rata berat jenis jenuh kering muka kerikil yaitu sebesar 2,578 sehingga masuk kedalam agregat normal yaitu antara 2,5 - 2,7 (Tjokrodinuljo, 2007). Hasil yang didapatkan pada nilai penyerapan agregat kasar yaitu sebesar 2,822%. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 9.

#### **4.3.2 Pengujian berat satuan agregat kasar**

Pengujian berat satuan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui apakah agregat tersebut porous atau mampat. Jika nilai berat satuan agregat semakin tinggi maka nilai kuat tekan beton akan menurun. Hasil pengujian yang didapat yaitu nilai rata-rata pada berat satuan agregat kasar sebesar 1,531 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil perhitungan berat satuan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 10.

#### **4.3.3 Pengujian kadar lumpur agregat kasar**

Pengujian kadar lumpur agregat kasar dilakukan untuk mengetahui persentase kadar lumpur karena berpengaruh pada kuat tekan beton. Jika kadar lumpur semakin rendah maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton yang akan didapat. Persentase pada kadar lumpur agregat kasar maksimal yaitu sebesar 1% menurut standar (BSN, 1989). Hasil pengujian didapatkan nilai kadar lumpur agregat kasar rata-rata yaitu sebesar 4,91%, jadi agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan dalam pengujian beton. Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada lampiran 7.

#### **4.3.4 Pengujian kadar air agregat kasar**

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

#### **4.3.5 Pengujian keausan agregat kasar**

Pengujian keausan agregat kasar dilakukan dengan menggunakan alat mesin *los angeles* dengan memasukkan bola besi untuk mengetahui nilai ketahanan

aus dari kerikil. Jika nilai keausan semakin rendah maka semakin bagus kualitas dari agregat kasar tersebut. Jika semakin rendah nilai keausan dari agregat kasar maka semakin bagus kualitas dari agregat kasar tersebut. Hasil pengujian didapatkan nilai keausan agregat kasar yaitu sebesar 32,87%. Hasil perhitungan pengujian keausan tertera pada lampiran 6. Hasil yang didapatkan pada pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.2.

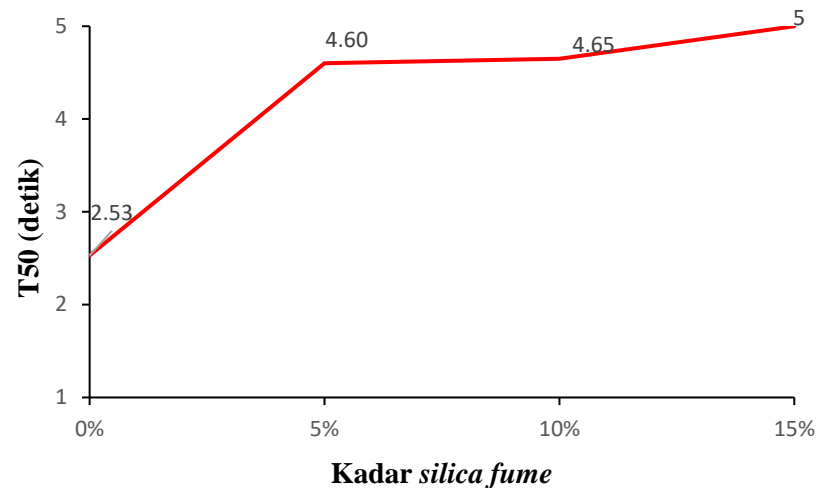
Tabel 4.2 Hasil pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Satuan	Nilai
1	Berat jenis	-	2,82
2	Penyerapan air	%	2,82
3	Berat satuan	gr/cm <sup>3</sup>	1,53
4	Kadar lumpur	%	4,91
5	Keausan agregat	%	32,87
6	Kadar air	%	3,71

#### 4.4 Hasil Pengujian *Fresh Properties*

##### 4.4.1 Pengujian *Meja sebar (T50)*

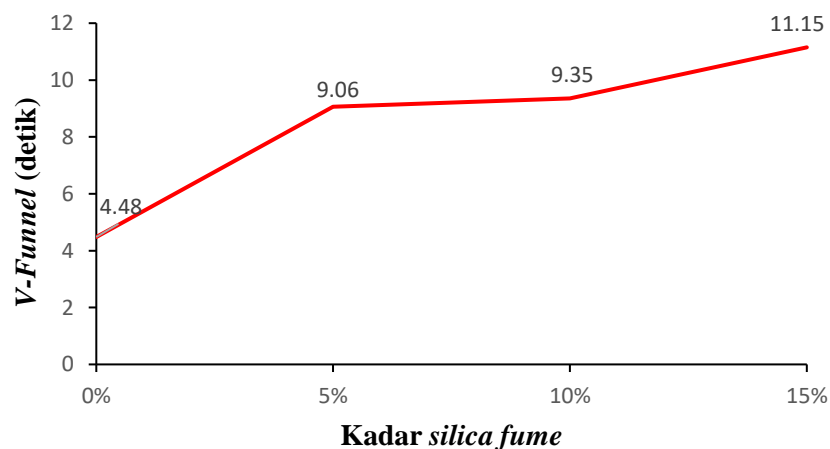
Pengujian *T50* dilakukan untuk mengetahui *flowability* dan laju aliran pada SCC tanpa ada penghalang. Pengujian ini menggunakan alat kerucut *abrams cone* dan meja sebar *T50* cm. Proses pengujian dilakukan dengan cara mengisi campuran beton segar kedalam kerucut *abrams cone* kemudian setelah penuh kerucut diangkat dan dicatat waktunya. Hasil pengujian *T50* dari beton *self fiber compacting concrete* (SFCC) dengan tambahan *silica fume* variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% secara berturut-turut 2,53 detik, 4,6 detik, 4,85 detik, dan 5 detik. Hasil pengujian *T50* dapat dilihat pada Gambar 4.1. Menurut (EFNARC, 2002) memiliki kriteria dengan durasi waktu 2-5 detik. Hasil yang didapat tersebut dapat dinyatakan bahwa pengujian *T50* telah memenuhi syarat yang sudah ditentukan.



Gambar 4.1 Hubungan *T50* dan kadar *silica fume*

#### 4.4.2 Pengujian *V-funnel*

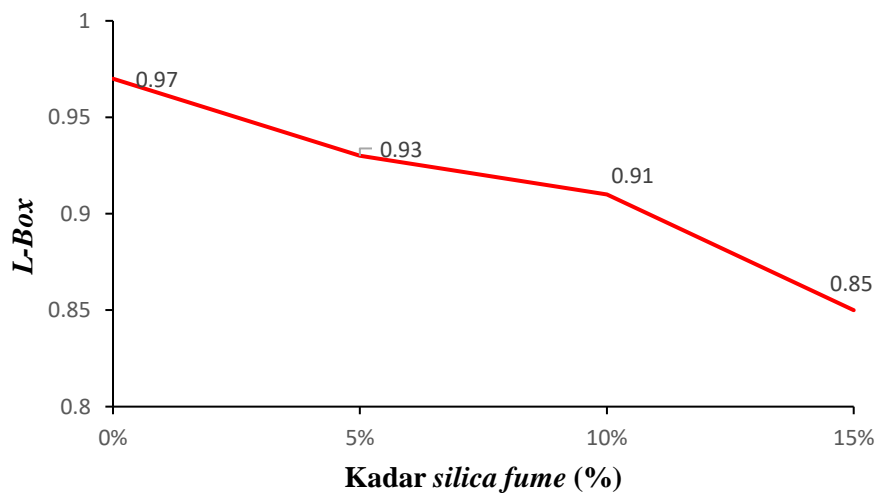
Pengujian *V-funnel* dilakukan untuk mengetahui nilai viskositas dan *filling ability* pada beton self compacting concrete. Alat yang digunakan pada pengujian ini yaitu corong yang berbentuk V, dibagian bawah ada pintu yang dapat dibuka dan ditutup. Hasil pengujian *v-funnel* dari beton *self fiber compacting concrete* (SFCC) dengan penambahan *silica fume* variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% secara berturut-turut yaitu 4,48 detik, 9,06 detik, 10,08 detik, dan 11,15 detik. Hasil pengujian *v-funnel* dapat dilihat pada Gambar 4.2. Menurut (EFNARC, 2002) kriteria pada campuran beton yang keluar mengalir dari corong memiliki durasi waktu 6 -12 detik. Hasil yang didapat tersebut dapat dinyatakan bahwa pengujian *v-funnel* telah memehuni syarat yang sudah ditentukan.



Gambar 4.2 Hubungan *v-funnel* dan kadar *silica fume*

#### 4.4.3 Pengujian *L-box*

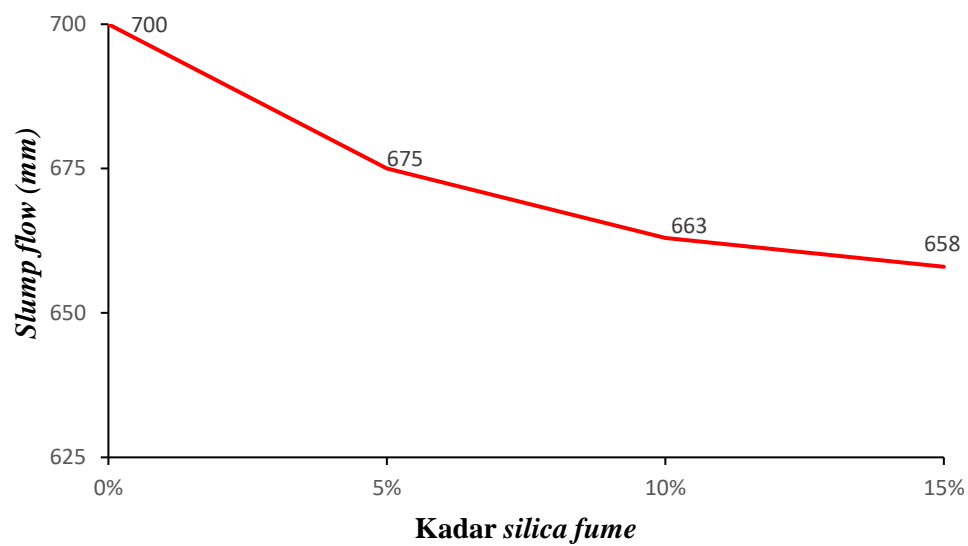
Pengujian *l-box* dilakukan untuk mengetahui kemampuan *passing ability* pada beton *self compacting concrete* dalam mengalir melalui lubang yang rapat termasuk ruang antara tulangan besi penguat dan penghalang lainnya tanpa segregasi. Hasil pengujian *l-box* dari beton *self fiber compacting concrete* (SFCC) dengan penambahan *silica fume* variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% secara berturut-turut yaitu 0,97; 0,93; 0,91; dan 0,85. Hasil pengujian *l-box* dapat dilihat pada Gambar 4.3. Menurut (EFNARC, 2002) kriteria yang dipakai adalah perbandingan  $h_2/h_1$  yaitu antara 0,8 – 1. Hasil yang didapat tersebut dinyatakan bahwa pengujian *l-box* telah memenuhi syarat yang sudah ditentukan.



Gambar 4.3 Hubungan *l-box* dan kadar *silica fume*

#### 4.4.4 Pengujian *Slump flow*

Pengujian *slump flow* dilakukan untuk mengetahui *flowability* yang merupakan pemeriksaan utama bahwa konsistensi beton segar telah memenuhi spesifikasi. Hasil pengujian *slump flow* dari beton *self fiber compacting concrete* (SFCC) dengan penambahan *silica fume* variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% secara berturut-turut yaitu 700 mm, 675 mm, 663 mm, dan 652 mm. Hasil pengujian *slump flow* dapat dilihat pada Gambar 4.4. Menurut (EFNARC, 2002) syarat pengujian *slump flow* pada *self fiber compacting concrete* (SFCC) yaitu antara 550 - 850 mm. Hasil yang didapat dinyatakan bahwa pengujian *slump flow* telah memenuhi syarat yang sudah ditentukan.



Gambar 4.4 Hubungan *slump flow* dan kadar *silica fume*

#### 4.5 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton *Self Fiber Compacting Concrete*

Pengujian kuat lentur beton *self fiber compacting concrete (SFCC)* dilakukan pada beton umur 7, 14, dan 28 hari. *Silica fume* digunakan sebagai substitusi dengan semen, persentase *silica fume* 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Bahan tambah serat *nylon* persentase 1% dan *superplasticizer* jenis *Sikament LN* dengan persentase 1,5% dari berat powder. Hasil pengujian kuat lentur beton *self fiber compacting concrete (SFCC)* dengan nilai kuat lentur tertinggi di masing-masing variasi *silica fume* didapat pada umur beton 28 hari. Persentase 0% (tanpa variasi *silica fume* dan *nylon*), 5%, 10% dan 15% dengan nilai kuat lentur 5,553 MPa, 6,633 Mpa, 5,440 MPa dan 4,811 MPa dengan usia beton 28 hari. Hasil pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil pengujian kuat lentur

Umur (hari)	Kode Benda Uji	Persentase Silica fume	Kadar S.P (%)	Kadar Nylon (%)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)
7	KL 0% SF.1	0%	1%	0,5%	5.254	5.346
7	KL 0% SF.2				5.438	
14	KL 0% SF.1				3.853	5.399
14	KL 0% SF.2				6.945	
28	KL 0% SF.1				5.532	5.553
28	KL 0% SF.2				5.574	

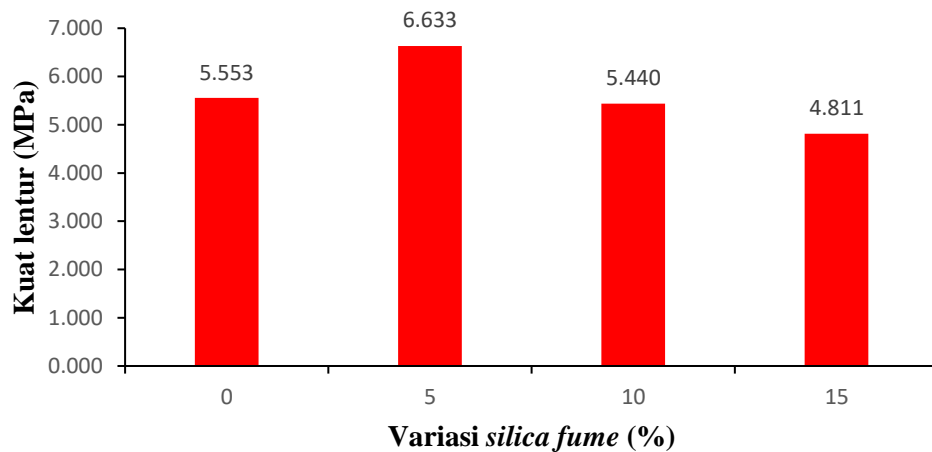
Tabel 4.3 Hasil pengujian kuat lentur (lanjutan)

Umur (hari)	Kode Benda Uji	Persentase Silica fume	Kadar S.P (%)	Kadar Nylon (%)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)
7	KL 5%SF.1	5%	1.50%	1.00%	5.808	5.980
7	KL 5%SF.2				6.153	
14	KL 5%SF.1				5.836	6.100
14	KL 5%SF.2				6.364	
28	KL 5%SF.1				5.621	6.633
28	KL 5%SF.2				7.646	
7	KL 10%SF.1	10%	1.50%	1.00%	4.664	4.665
7	KL 10%SF.2				4.666	
14	KL 10%SF.1				5.697	5.334
14	KL 10%SF.2				4.970	
28	KL 10%SF.1				5.502	5.440
28	KL 10%SF.2				5.378	
7	KL 15%SF.1	15%	1.50%	1.00%	4.346	4.256
7	KL 15%SF.2				4.166	
14	KL 15%SF.1				4.555	4.728
14	KL 15%SF.2				4.902	
28	KL 15%SF.1				5.007	4.811
28	KL 15%SF.2				4.615	

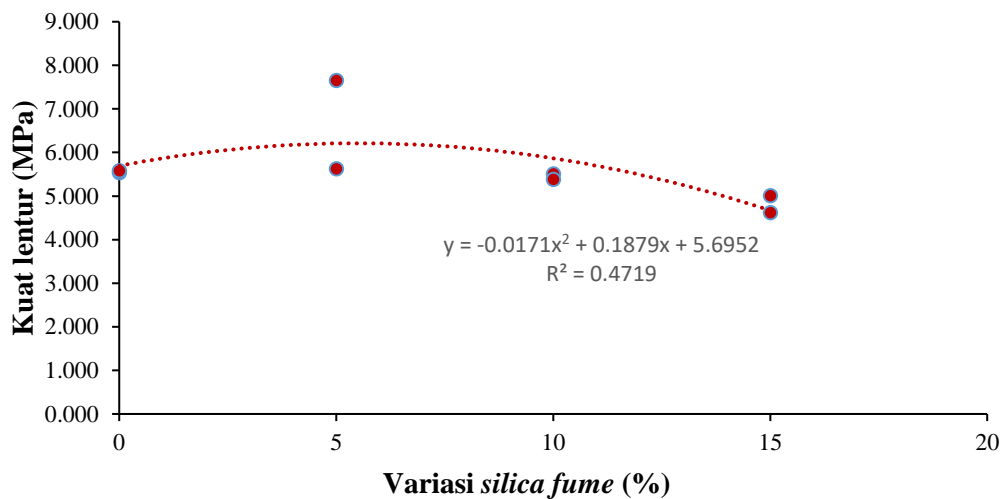
Beton dengan penambahan *silica fume* dalam campuran beton *self compacting concrete* berpengaruh terhadap kuat lenturnya. Beton dengan persentase *silica fume* 5% memiliki nilai kuat lentur paling tinggi dan beton dengan persentase *silica fume* 15% memiliki nilai kuat lentur paling rendah, hal ini disebabkan karena jika semakin bertambahnya persentase kadar *silica fume* maka kuat lentur akan semakin menurun.

Hubungan antara kuat lentur dan variasi *silica fume* dengan persentase *silica fume* 0%, 5%, 10%, 15% dan penambahan serat *nylon* sebanyak 1% dan *superplasticizer* 1.5% dengan umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.5.





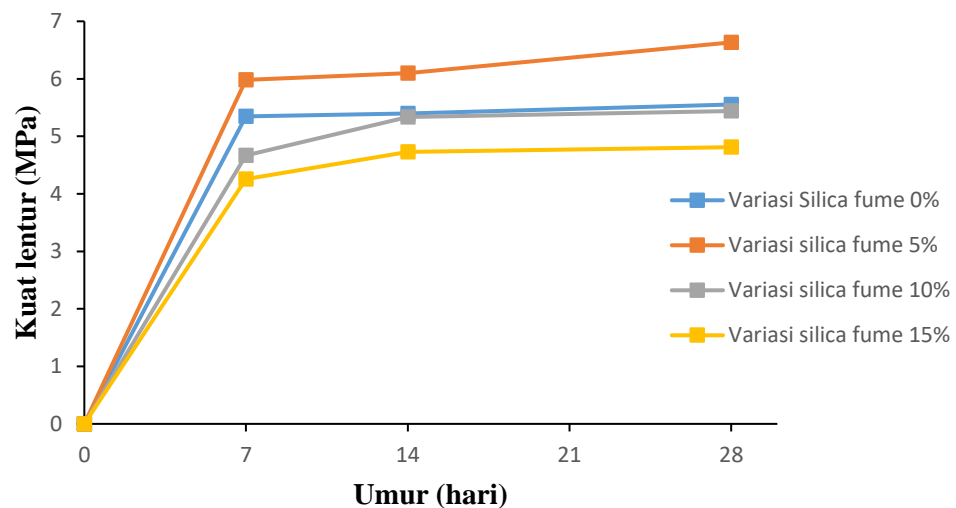
Gambar 4.5 Hubungan kuat lentur dan variasi *silica fume*



Gambar 4.6 Hubungan kuat lentur dan variasi *silica fume*

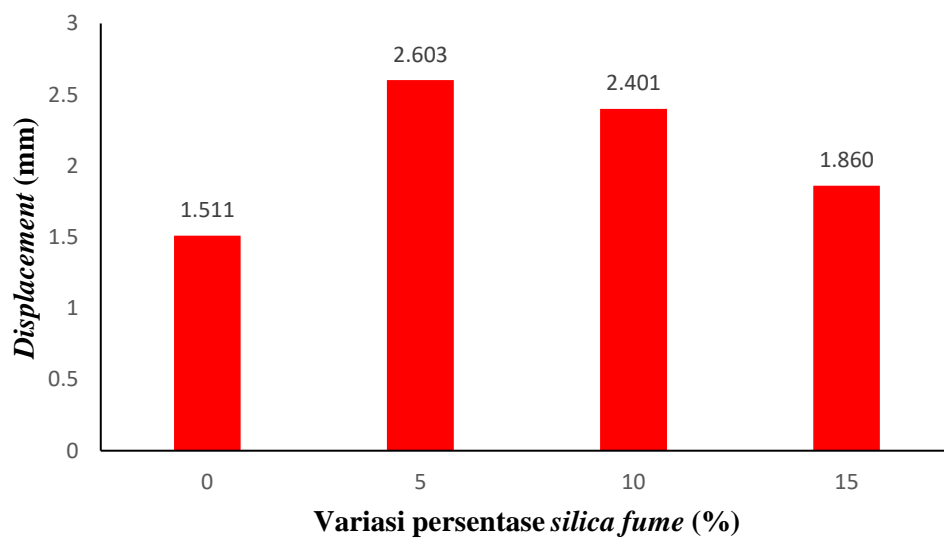
Pada Gambar 4.6 dengan persamaan  $y = -0,0171x^2 + 0,1879x + 5,6952$ , berdasarkan persamaan tersebut diperoleh nilai dari kuat lentur optimum dengan variasi *silica fume* 0%, 5%, 10% dan 15% yaitu pada variasi 5% dengan nilai kuat lentur 6,21 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar *silica fume* yang digunakan maka semakin rendah nilai kuat lentur yang didapatkan.

Hubungan antara kuat lentur dan umur beton dapat dilihat pada Gambar 4.7. Hasil pengujian dapat disimpul bahwa umur beton benda uji dapat mempengaruhi nilai kuat lentur pada semua variasi *silica fume* dan serat *nylon*. Jadi jika semakin bertambahnya umur beton maka semakin tinggi nilai kuat lentur tersebut.

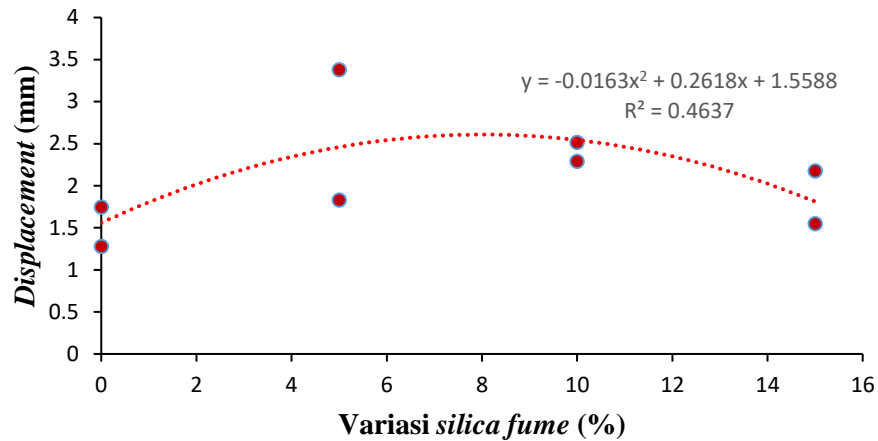


Gambar 4.7 Hubungan kuat lentur dan umur beton

Hubungan antara *displacement* dengan variasi *silica fume* pada beton *self fiber compacting concrete* (SFCC) dengan variasi *silica fume* 0%, 5%, 10% dan 15% dan juga penambahan serat *nylon* dan *superplasticizer* pada umur beton 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.8. Hasil yang didapatkan pada beton dengan variasi *silica fume* 5% memiliki nilai *displacement* paling tinggi dengan nilai 2,603 mm, sedangkan hasil yang didapat pada beton tanpa *silica fume* memiliki nilai *displacement* paling rendah dengan nilai 1,511 mm.



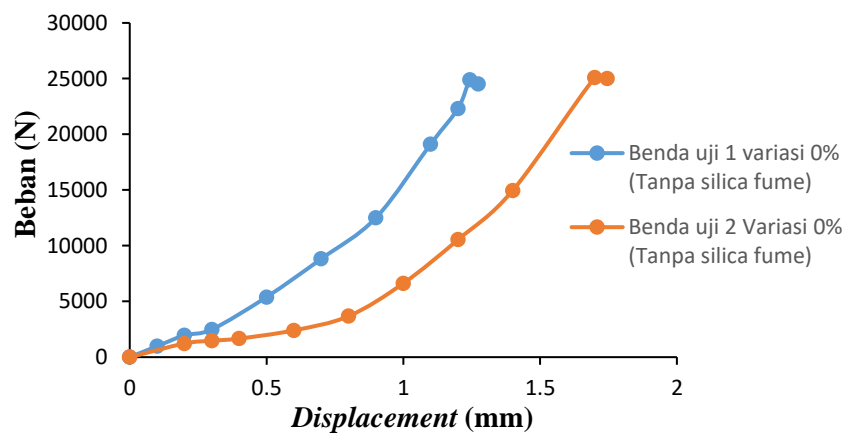
Gambar 4.8 Hubungan *displacement* dan variasi *silica fume*



Gambar 4.9 Hubungan *displacement* dan variasi *silica fume*

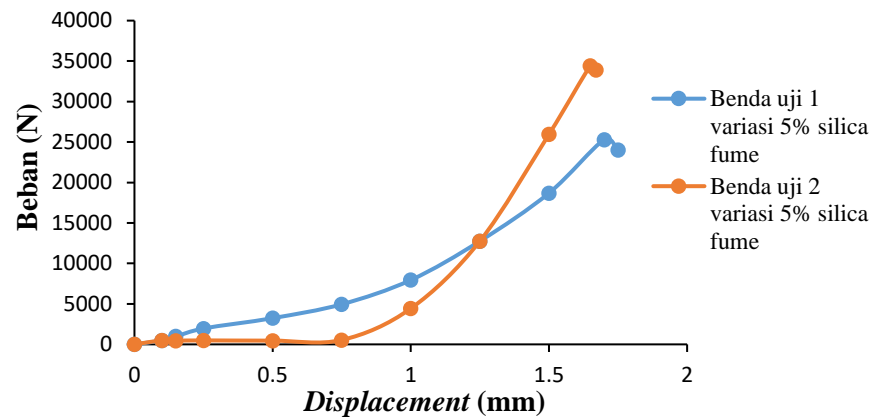
Hubungan antara *displacement* dengan variasi *silica fume* yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 dengan persamaan  $y = -0,0163x^2 + 0,2618x + 1,5588$ , berdasarkan persamaan tersebut dapat diperoleh nilai *displacement* optimum dari variasi *silica fume* 0%, 5%, 10% dan 15% yaitu pada variasi 8% dengan nilai *displacement* 2,61 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa jika semakin tinggi variasi *silica fume* yang digunakan maka akan semakin rendah nilai *displacement* yang didapatkan.

Hubungan antara beban dan *displacement* pada beton *self fiber compacting concrete* dengan variasi persentase *silica fume* 0% (beton normal) dengan penambahan serat *nylon* dan *superplasticizer* pada umur beton 28 hari. Didapatkan hasil *displacement* dari dua benda uji sebesar 1,746 mm, dapat dilihat pada Gambar 4.10.



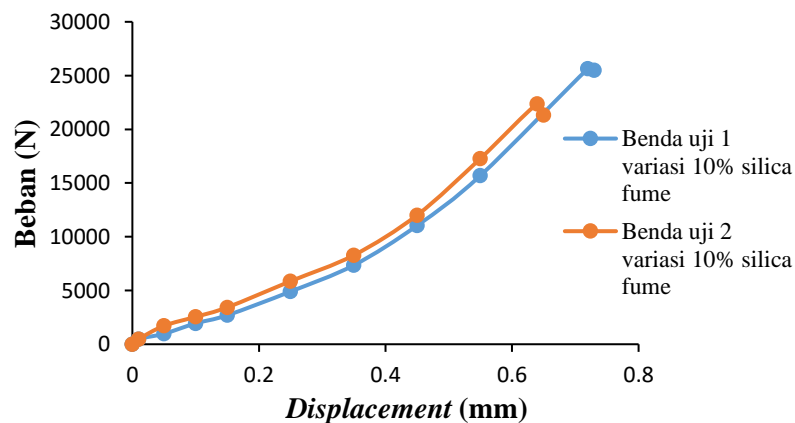
Gambar 4.10 Hubungan beban dan *displacement* variasi 0%

Hubungan antara beban dan *displacement* pada beton *self fiber compacting concrete* dengan variasi persentase *silica fume* 5% dengan penambahan serat *nylon* dan *superplasticizer* pada umur beton 28 hari. Didapatkan hasil *displacement* dari dua benda uji sebesar 1,750 mm, dapat dilihat pada Gambar 4.11.



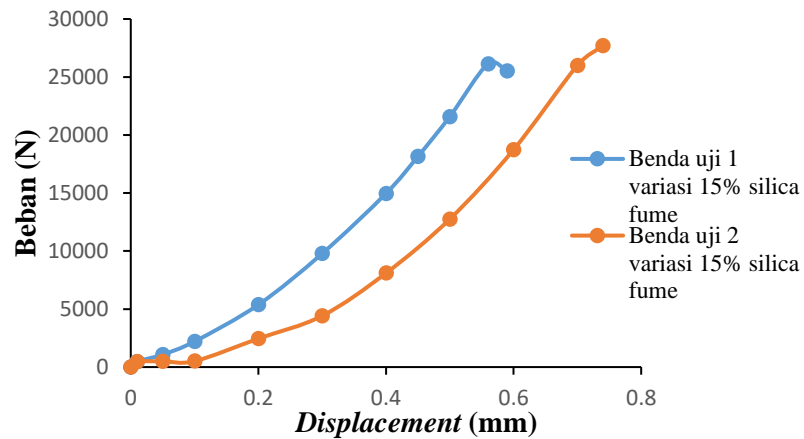
Gambar 4.11 Hubungan beban dan *displacement* variasi 5%

Hubungan antara beban dan *displacement* pada beton *self fiber compacting concrete* dengan variasi persentase *silica fume* 10% dengan penambahan serat *nylon* dan *superplasticizer* pada umur beton 28 hari. Didapatkan hasil *displacement* dari dua benda uji sebesar 0,730 mm, dapat dilihat pada Gambar 4.12.











Gambar 4.12 Hubungan beban dan *displacement* variasi 10%

Hubungan antara beban dan *displacement* pada beton *self fiber compacting concrete* dengan variasi persentase *silica fume* 15% dengan penambahan serat *nylon* dan *superplasticizer* pada umur beton 28 hari. Didapatkan hasil *displacement* dari dua benda uji sebesar 0,740 mm, dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Hubungan beban dan *displacement* variasi 15%

Tabel 4.4 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah diuji lentur

Variasi	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
0%			Benda uji patah karena akibat tidak adanya ikatan
5%			Benda uji (posisi terbalik) retak pada bagian tengah betang
10%			Benda uji (posisi terbalik) retak tipis pada tengah bentang
15%			Benda uji (posisi terbalik) retak tipis di tengah bentang.

Berdasarkan pada Tabel 4.4 benda uji tanpa penambahan serat *nylon* setelah diuji kuat lentur beton ternyata mengalami patah pada bagian tengah bentang, hal ini terjadi karena beton tidak mempunyai daya ikat yang tinggi akibatnya beton mengalami patah. Benda uji dengan penambahan serat *nylon* setelah diuji kuat lentur beton mengalami retak pada bagian tengah bentang, hal ini terjadi karena beton mempunyai daya ikat yang tinggi sehingga beton tidak patah.

Tabel 4.5 Perbandingan hasil pengujian terahulu dan sekarang

penelitian	Judul	Kuat Lentur		
		5 %	10 %	15 %
Terdahulu	Efek Gabungan dari Limbah Partikel PET dan Bahan Tambah <i>Pozzolan</i> dengan Sifat dari <i>Self Compacting Concrete</i> (Sadrmtazi dkk., 2015).	6,13	5,54	5,22
Sekarang	<i>Fresh Properties</i> dan Kuat Lentur <i>Self Fiber Compacting Concrete</i> (SFCC) dengan Bahan Tambah <i>Silica fume</i> dan Serat <i>Nylon</i> .	6,63	5,44	4,81

Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa perbandingan antara nilai kuat lentur penelitian terdahulu dengan judul “Efek gabungan dari limbah partikel PET dan bahan tambah *pozzolan* dengan sifat dari *self compacting concrete*” dengan penelitian sekarang yaitu berjudul “*Fresh properties* dan kuat lentur *self fiber compacting concrete* (SFCC) dengan bahan tambah *silica fume* dan serat *nylon*” didapatkan hasil dari nilai kuat lentur ternyata lebih rendah pada variasi *silica fume* 10% dan 15% yang digunakan. Hal ini terjadi karena penelitian terdahulu melakukan penggantian agregat halus dengan berat yang sama dari limbah agregat PET dan variasi *silica fume* hanya digunakan 10%. Sedangkan penelitian sekarang jika terlalu banyak penambahan *silica fume* maka nilai kuat lentur akan menurun, tetapi seiring bertambahnya umur pada beton kuat lentur menjadi meningkat. Penelitian ini masih harus dikembangkan lagi supaya mendapatkan hasil yang lebih baik.