

PERANCANGAN CAMPURAN FLOW MORTAR UNTUK PEMBUATAN SELF-COMPACTING CONCRETE DENGAN FAS 0.5

MIX DESIGN FLOW-MORTAR FOR SELF-COMPACTING CONCRETE WITH WATER-CEMENT RATIO 0.5

Imam Maskur*, Iman Satyarno, M. Fauzie Siswanto

*Email: maskurmambang@gmail.com

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Abstrak— *Self-Compacting Concrete* adalah jenis beton mempunyai kemampuan mengalir dan mengisi ruang tanpa penggetaran. Banyak cara merancang *mix design* untuk SCC, pada penelitian ini perancangan *mix design* SCC dilakukan dengan melakukan *trial* terhadap variasi mortar dan variasi rasio volume mortar terhadap volume rongga agregat kasar. Penelitian ini mempunyai dua tahap perancangan, tahap pertama dengan merancang campuran mortar dengan *trial* pada dosis *super plasticizer*, tahap kedua dilakukan dengan *trial* terhadap rasio volume absolut mortar terhadap volume rongga agregat kasar. Hasil penelitian menunjukkan kadar optimum *super plasticizer* pada mortar adalah 0,3% dari berat semen, yang menghasilkan *flow* 27 cm dan kuat tekan 28 hari sebesar 55,34 MPa. Rasio 1,6 kali volume absolut mortar terhadap volume rongga agregat kasar menghasilkan kuat tekan beton sebesar 40,43 Mpa, sedangkan rasio 1.8 menghasilkan kuat tekan 53,16 MPa.

Kata kunci— *self-compacting concrete, flow mortar, mix design, kuat tekan beton*

Abstract— Self Compacting Concrete was a type of concrete that has the ability to flow and fill space without vibration. There were many ways to made a mix design for SCC. In this research the design of SCC mix design was done by trial on mortar variation and variation of the mortar volume ratio to coarse aggregate voids volume. This study has two design stages, the first stage by designing a mixture of mortar with trial in super plasticizer dose, the second stage is done by trial to the absolute ratio of mortar volume to the volume of aggregate voids. The results showed that the optimum level of super plasticizer on mortar was 0.3% of cement weight, which resulted in a 27 cm flow and a 28 day compressive strength of 55.34 MPa. The 1.6 absolute volume ratio of mortar to the coarse aggregate voids volume resulted in a concrete compressive strength of 40.43 MPa, while ratio of 1.8 resulted in a compressive strength of 53.16 MPa.

Keywords— *self-compacting concrete, flow mortar, mix design, concrete compressive strength*

I. PENDAHULUAN

Self Compacting Concrete (SCC) adalah tipe beton dengan kemampuan mengalir dan mengisi ruang tanpa memerlukan penggetaran. Karena karakteristik tersebut SCC mempunyai keunggulan dalam hal workabilitastinggi dan pematatan yang lebih baik.

Dalam beton SCC, pemegang kendali utama dari karakteristik utama terdapat pada mortar, jadi dalam beton SCC mortar mempunyai kemampuan mengalir (*flow mortar*). Kemampuan mengalir pada *flow mortar* ini meningkatkan kemampuan mengisi celah

antar agregat yang akan membuat kekuatan beton bertambah. Beton tipe SCC memerlukan FAS yang rendah atau sangat rendah, kekentalan beton SCC lebih ditentukan oleh kadar *super plasticizer* [1]. FAS 0,5 tergolong tinggi, namun paling umum digunakan dalam pembuatan beton, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut mengenai kadar *super plasticizer* yang akan digunakan dalam campuran dengan nilai FAS dimaksud.

Perbedaan SCC dengan beton normal utamanya terdapat pada penggunaan *powder* (*cementitious material*) yang lebih banyak dalam campuran

beton[1]. *Powder* pada penelitian ini adalah gabungan semen dengan *silica fume*. Sifat *pozzolanic* pada *silica fume* akan meningkatkan kepadatan dan ketahanan terhadap serangan kimia [2].

Agregat kasar mempunyai bentuk yang memungkinkan untuk terbentuknya ruang kosong antar agregat [3]. Rongga antar agregat ini dalam campuran beton akan diisi oleh mortar.

Untuk memperkaya pengetahuan mengenai *SCC* ini maka diperlukan perancangan *mix design* yang diharapkan mudah diaplikasikan di lapangan. Salah satu caranya adalah dengan melakukan *trial* terhadap variasi penggunaan *super plasticizer* dalam mortar dan variasi rasio volume mortar terhadap volume rongga agregat kasar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Flow Mortar

Sifat *flow mortar* mengacu pada sifat beton *SCC*. Mortar segar diuji dengan menggunakan kerucut kecil untuk mengetahui diameter *slump* pada mortar[4]. Target *slump flow* berkisar antara 24-26 cm [5].

B. SCC

Self Compacting Concrete (SCC) atau beton yang bisa memadat sendiri mempunyai nilai *slump* yang tinggi. Dalam proses pencetakan pada *framework* dan pematatannya, *SCC* tidak memerlukan penggetaran seperti halnya beton normal. *Flowability* yang tinggi menjadikan *SCC* mampu mengalir mengisi ruang di bekisting dan mencapai kepadatannya sendiri [5].



Gambar-1. Bahan campuran beton SCC [1].

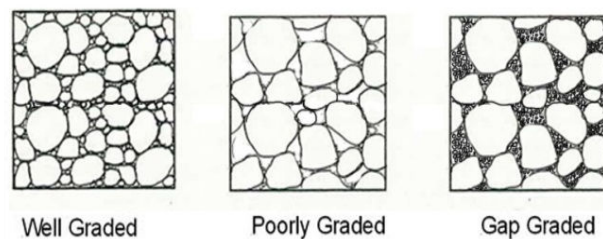
Komposisi agregat kasar pada beton konvensional menempati 70-75 % dari total volume beton. Sedangkan dalam *SCC* agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50 % dari total

volume beton sesuai pada Gambar-1. Pembatasan agregat ini bertujuan agar beton bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat pemadat [1].

Gambar-1 menjelaskan hubungan antara pembuatan mortar yang baik dan pembatasan jumlah kerikil. Jumlah kerikil yang dibatasi adalah 50% dari volume beton.

C. Agregat

Gradasi *Gap Graded* merupakan gradasi agregat dimana ukuran agregat yang digunakan tidak lengkap, terdapat fraksi yang dihilangkan atau dikurangi jumlahnya [6]. Ilustrasi *gap graded* dapat dilihat pada Gambar-2. Salah satu keuntungan penggunaan *gap graded* akan meningkatkan *workability* pada campuran beton [7].



Gambar-2. Tipe gradasi agregat.

Agregat kasar mempunyai bentuk yang memungkinkan untuk terbentuknya ruang kosong antar agregat, volume ruang kosong tersebut dapat dihitung untuk menentukan volume mortar sebesar volume rongga yang ada [3].

Berat satuan adalah berat agregat dibagi dengan volume tempatnya. Dalam perancangan campuran nilai berat satuan berfungsi untuk :

1. Menghitung berat agregat jika diketahui volumenya.
2. Menghitung volume agregat jika diketahui beratnya.

Berat jenis agregat adalah berat agregat dibagi dengan volume padat ataupun volume absolutnya. Dalam perancangan campuran nilai berat jenis berfungsi untuk :

1. Menghitung volume padat agregat jika diketahui beratnya.
2. Menghitung berat agregat jika diketahui volume padatnya.

Jika tidak ada pengujian laboratorium maka berat satuan diambil sebesar 1500 kg/m³ sedangkan berat jenis diambil nilai 2,5, baik untuk agregat halus maupun kasar [3].

III. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Waktu penelitian dilakukan antara bulan Maret sampai dengan Juni 2017.

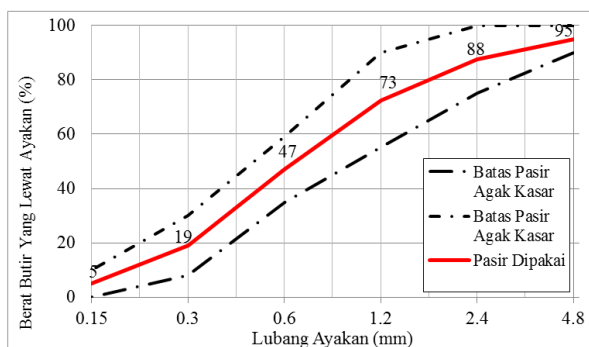
B. Bahan Penelitian

1. Semen yang digunakan adalah Semen tipe 1 (OPC).
2. Agregat halus berupa pasir ditentukan menggunakan gradasi daerah II (tertahan saringan 4.8 s/d 0.075 mm), yang berasal dari *quarry* Cangkringan, Sleman (Gambar-3 dan Gambar-4).
3. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran 10-20 mm, berasal dari Nanggulan, Kulon Progo (Gambar-5).
4. *Silica fume* dengan merk dagang Sika (Gambar-6 kiri). *Super plasticizer type F (high range water reducing)* dengan merk dagang Sika (Gambar-6 kanan).



Gambar-3. Agregat halus dari *quarry* cangkringan

Gambar-3 menunjukkan agregat halus dari *quarry* cangkringan. Sedangkan Gambar-4 ini menjelaskan tentang grafik gradasi antara pasir yang dipakai dan pasir agak kasar.



Gambar-4. Grafik gradasi daerah II.



Gambar-5. Agregat kasar dari *quarry* Nanggulan.



Gambar-6. *Silica Fume* dan *Super Plasticizer*.

C. Pengujian Bahan

Pengujian bahan dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Pengujian paling utama adalah mencari nilai berat jenis dan berat satuan, kemudian pengujian untuk mencari karakter agregat apakah memenuhi syarat jika digunakan untuk campuran beton seperti : kandungan lumpur dan zat organik agregat halus serta keausan dan kekerasan butiran agregat kasar.

Pengujian-pengujian tersebut dilakukan sesuai dengan metode yang terdapat pada SNI yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel-1.

Tabel-1. Standar pengujian bahan.

No	Pengujian	Standar
1	Berat satuan agregat	SNI 03-4804-1998 [13]
2	Berat jenis agregat kasar	SNI 1969:2008 [14]
3	Berat jenis agregat halus	SNI 1970:2008 [15]
4	Kadar lumpur agregat	SNI 03-4142-1996 [16]
5	Kandungan organik	SNI 03-2816-1992 [17]
6	Abrasi agregat kasar	SNI 2417:2008 [18]
7	Kekerasan butir agregat	SII 0052-80 [19]

Pengujian lainnya adalah mencari volume ronggga antar agregat, yang dilakukan dengan persamaan (1).

$$VR = \left(\frac{W_2 - W_1}{W_3} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

- VR = Volume rongga agregat kasar (%)
 W1 = Berat agregat dalam bejana (gram)
 W2 = Berat agregat dan air dalam bejana(gram)
 W3 = Berat air dalam bejana (gram)

D. Mix Design Mortar

Perhitungan untuk *mix design* mortar adalah sebagai berikut :

1. Penentuan berat material dalam 1 m³ mortar, menggunakan rumus campuran beton normal :

$$\left(\frac{W_s}{B_{js}.B_{sa}} + \frac{W_p}{B_{jp}.B_{sa}} + \frac{W_a}{B_{ja}.B_{sa}} + \frac{W_{sp}}{B_{jsp}.B_{sa}} + \frac{W_{sf}}{B_{jsf}.B_{sa}} \right) = 1$$

Persamaan yang digunakan dalam perancangan campuran beton normal [3].

- Wp = (s/p).Ws
 Wa = FAS (Dsf+1).Ws
 Wsp = Dsp.Ws
 Wsf = Dsf.Ws

Dimana:

- Ws = Berat semen(gram)
 Wa = Berat air (gram)
 Wp = Berat pasir (gram)
 Wsp = Berat *super plasticizer*(gram)
 Wsf = Berat *silica fume*(gram)
 s/p = Perbandingan semen terhadap pasir
 FAS = Faktor air semen
 Dsf = Kadar *silica fume*(%)
 Dsp = Kadar *super plasticizer*(%)
 Bsa = Berat satuan air
 Bjs = Berat jenis semen
 Bja = Berat jenis air
 Bjp = Berat jenis pasir
 Bjsp = Berat jenis *super plasticizer*
 Bjsf = Berat jenis *silica fume*

2. Perhitungan Volume Absolut

Perhitungan volume absolut material dilakukan dengan persamaan berikut :

- Vs = Ws/(Bjs.Bsa)
 Va = Wa/(Bja.Bsa)
 Vp = Wp/(Bjp.Bsa)
 Vsp = Wsp/(Bjsp.Bsa)
 Vsf = Wsf/(Bjsf.Bsa)

Dimana:

- Vs = Volume absolut semen
 Va = Volume absolut air
 Vp = Volume absolut pasir
 Vsp = Volume absolut *super plasticizer*
 Vsf = Volume absolut *silica fume*

Benda uji mortar dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 50x50x50mm. Sedangkan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel-2.

Tabel-2. Jumlah benda uji mortar.

Variasi	Jumlah Benda Uji			Total
	umur 1 hari	umur 7 hari	umur 28 hari	
1	3	3	3	9
2	3	3	3	9
3	3	3	3	9
Tota Benda Uji				27

E. Mix Design Beton

Mix design beton diawali dengan menghitung volume rongga agregat kasar seperti pada persamaan (1). Selanjutnya dilakukan perhitungan berat material dan volume absolutnya.

$$WS = RR \times VR \times W_s \quad (2)$$

$$WA = RR \times VR \times W_a \quad (3)$$

$$WP = RR \times VR \times W_p \quad (4)$$

$$WSF = RR \times VR \times W_{sf} \quad (5)$$

$$WSP = RR \times VR \times W_{sp} \quad (6)$$

Dimana :

WS = Berat semen(gram)

WA = Berat air(gram)

WP = Berat pasir(gram)

WSF = Berat *silica fume*(gram)

WSP = Berat *super plasticizer*(gram)

RR = Angka pengali (1.4, 1.6, 1.8)

VR = Volume rongga agregat kasar

Ws = Berat semen {dari perhitungan mortar} (gram)

Wa = Berat air {dari perhitungan mortar} (gram)

Wp = Berat Pasir {dari perhitungan mortar} (gram)

Wsf = Berat *silica fume* {dari perhitungan mortar} (gram)

Wsp = Berat *super plasticizer* {dari perhitungan mortar} (gram)

Selanjutnya dihitung volume absolut material dalam campuran beton ini

$$VS = \frac{WS}{(B_{js}.B_{sa})} \quad (7)$$

$$VA = \frac{WA}{(B_{ja}.B_{sa})} \quad (8)$$

$$VP = \frac{WP}{(B_{jp}.B_{sa})} \quad (9)$$

$$VSF = \frac{WSF}{(B_{jsf}.B_{sa})} \quad (10)$$

$$VSP = \frac{WSP}{(B_{jsp}.B_{sa})} \quad (11)$$

Dimana

- VS = Volume absolut semen
- VA = Volume absolut air
- VP = Volume absolut pasir
- VSF = Volume absolut *silica fume*
- VSP = Volume absolut *super plasticizer*

Tahap selanjutnya adalah menghitung volume absolut kerikil dan berat kerikilnya. Dalam metode ini kerikil merupakan sisa pengurangan volume absolut mortar per 1 m³ beton.

$$V_k = 1 - (VS + VA + VP + VSF + VSP) \quad (12)$$

$$W_k = V_k \cdot B_{jk} \cdot B_{sa} \quad (13)$$

Dimana

- V_k = Volume absolut kerikil
- W_k = Berat kerikil (gram)

Benda uji beton dibuat berbentuk silinder dengan diameter 100mm dan tinggi 200mm. Sedangkan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel-3.

Tabel-3. Jumlah benda uji beton.

Variasi	Jumlah Benda Uji		Total
	Umur 1 hari	Umur 28 hari	
1	3	3	6
2	3	3	6
3	3	3	6
Total Benda Uji			18

F. Pengujian Mortar

Untuk mortar segar, campuran mortar mortar kemudian dituangkan ke *mini slump flow test*. Diameter penyebaran ini kemudian diukur dengan *caliper*.

Campuran mortar dibuat kemudian dicetak ke dalam kubus berukuran 50x50x50 mm. Setelah berumur satu hari maka cetakan dibuka, kemudian diambil sampel untuk uji tekan 1 hari, sampel untuk kuat tekan umur 7 dan 28 hari dilakukan perendaman (*curing*).

Nilai kuat tekan kubus mortar yang telah mengeras didapat dari bacaan beban pada *Compression Machine Test*, dibagi luas permukaan kubus beton dirumuskan dengan persamaan (14).

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \quad (14)$$

Dimana

- σ_m = kuat tekan mortar (Mpa)
- P = beban tekan maksimum (N)
- A = luas penampang benda uji (mm²)

G. Pengujian Beton

Untuk beton segar, pengujian yang dilakukan adalah :

1. *Slump Flow Test (workability & flowability)*
2. *V Funnel Test (viscosity & flowability)*
3. *L Box Test (compactibility & passing ability)*

Model pengujian 1 sampai 3 mengacu pada EFNARC 2005 [8]. Uji terhadap beton setelah mengeras dilakukan pada umur silinder beton 1 hari dan 28 hari. Untuk umur 1 hari setelah cetakan dibuka kemudian diukur dimensinya lalu diuji dengan *Compression Testing Machine* dan catat pembebanannya. Untuk beton umur 28 hari setelah cetakan dibuka kemudian dilakukan perendaman (*curing*) kemudian diangkat dan didiamkan sampai kandungan air di dalamnya hilang secara alami, kemudian diuji di *Compression Testing Machine* dan catat pembebanannya. Kuat tekan dihitung dengan persamaan (15) [10].

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (15)$$

Dimana :

- f_c : kuat tekan (MPa)
- P : Bacaan dial *CTM(N)*
- A : Luas alas silinder (mm²)

Dimensi standar untuk silinder beton adalah D = 50 mm dan L = 300 mm. Beton dengan dimensi lain dikonversi untuk nilai kuat tekannya [10]. Faktor koreksi tersebut dapat dilihat pada Tabel-4.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel-5.

Tabel-5. Hasil pengujian agregat.

No	Pengujian	Hasil	Syarat SNI
1	Berat satuan agregat halus	1630 kg/m ³	1500 – 1800 kg/m ³
2	Berat jenis agregat halus kondisi SSD	2,76	≤ 2,5
3	Kadar lumpur gregat	3,21%	≤ 5%
4	Kandungan organik	Warna cerah	Warna cerah menandakan kandungan organik rendah
5	Berat satuan agregat kasar	1570 kg/m ³	1500 – 1800 kg/m ³
6	Berat jenis agregat kasar kondisi SSD	2,60	≤ 2,5
7	Keausan dengan Los Angeles (%)	17,06 %	Untuk beton mutu tinggi maksimal 27%
8	Kekerasan Butir (<i>Rudeloff</i>)	11,25	< 16%

Tabel-4. Faktor Koreksi Silinder Beton [10].

Diameter (D) mm	Tinggi (L) mm	Faktor Koreksi (Pembagi)
50	100	1,09
75	150	1,06
100	200	1,04
125	250	1,02
150	300	1
175	350	0,98
200	400	0,96

B. Mix Design Mortar

Perhitungan *mix design* mortar menggunakan rumus (2) – (6). Nilai-nilai lain ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} FAS &= 0,5 \\ D_{sf} &= 5\% \\ s/p &= 1:1,75 \\ D_{sp} &= 0,3\% \text{ (trial-3)} \\ B_{sa} &= 1000 \\ B_{js} &= 3,15 \\ B_{ja} &= 1 \\ B_{jp} &= 2,76 \\ B_{jsp} &= 1,06 \\ B_{jsf} &= 2,2 \end{aligned}$$

Tabel-6. *Mix Design* Mortar.

No	Berat Material (gram)				
	Semen	SF	Air	Pasir	SP
1	667,00	33,35	350,18	1167,25	0,00
2	666,58	33,33	349,96	1166,52	0,67
3	666,16	33,31	349,74	1165,79	1,33
4	665,75	33,29	349,51	1172,12	2,00
5	665,33	33,27	349,30	1164,32	2,66

Dari perhitungan didapatkan hasilnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_s &= 665,745 \text{ gram} \\ W_p &= 1165,054 \text{ gram} \\ W_a &= 349,516 \text{ gram} \\ W_{sp} &= 1,997 \text{ gram} \\ W_{sf} &= 33,287 \text{ gram} \end{aligned}$$

Tabel-6 menjelaskan perhitungan selanjutnya dengan cara yang sama dengan variasi nilai D_{sp} yaitu 0,0%; 0,1%; 0,2% dan 0,4%.

Dari parameter yang telah diketahui sebelumnya, dapat menghasilkan volume absolut.

$$\begin{aligned} V_s &= 0,2113 \\ V_a &= 0,3496 \\ V_p &= 0,4221 \\ V_{sp} &= 0,0019 \\ V_{sf} &= 0,0151 \end{aligned}$$

Nilai volume absolut selengkapnya dapat dilihat pada Tabel-7.

Tabel-7. Volume Absolut *Mix Design* Mortar.

No	Volume Absolut					Σ
	Semen	SF	Air	Pasir	SP	
1	0,2117	0,0152	0,3502	0,4229	0,0000	1
2	0,2116	0,0151	0,3500	0,4227	0,0006	1
3	0,2115	0,0151	0,3497	0,4224	0,0013	1
4	0,2113	0,0151	0,3495	0,4221	0,0019	1
5	0,2112	0,0151	0,3493	0,4219	0,0025	1

Dari *mix design* mortar ini kemudian dibuat sampel kubus berukuran 50x50x50mm.

C. Mix Design Beton

Dari perhitungan dengan rumus (1) didapat volume rongga (VR) sebesar 43,4%. Untuk RR diambil variasi pertama sebesar 1,4. Hasil perhitungan menggunakan persamaan (2) – persamaan (6) didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} WS &= 404,545 \text{ gram} \\ WA &= 212,386 \text{ gram} \\ WP &= 707,954 \text{ gram} \\ WSF &= 20,227 \text{ gram} \\ WSP &= 1,213 \text{ gram} \end{aligned}$$

Volume absolut material dalam campuran beton ini diihitung dengan persamaan (7) – persamaan (11). Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VS &= 0,1284 \\ VA &= 0,2124 \\ VP &= 0,2565 \\ V_{SF} &= 0,0092 \\ V_{SP} &= 0,0011 \end{aligned}$$

Volume absolut kerikil dan berat kerikil dihitung menggunakan persamaan (12) dan persamaan (13). Nilai B_{sk} pada penelitian ini adalah 2,6; kemudian dimasukkan ke dalam rumus dan didapatkan hasil :

$$\begin{aligned} V_k &= 0,3923 \\ W_k &= 1020,24 \end{aligned}$$

Mix design beton selengkapnya disajikan pada Tabel-8, Tabel-9, dan Tabel-10.

Tabel-8. *Mix Design* beton untuk 1m³.

R	Berat Material (gram)					
	Semen	SF	Air	Pasir	SP	Kerikil
1,4	404,51	20,23	212,37	707,89	1,21	1020,24
1,6	404,51	23,11	242,70	809,01	1,39	794,56
1,8	520,08	26,00	273,04	910,14	1,56	568,88

Tabel-9. Perbandingan agregat *mix design* beton untuk 1 m³.

RR	Perbandingan Agregat Halus : Agregat Kasar	
	1,4	41%
1,6	50%	50%
1,8	62%	38%

Tabel-10. Volume absolut *mix design* beton untuk 1 m³.

R	Volume Absolut						Σ
	Semen	SF	Air	Pasir	SP	Kerikil	
1,4	0,1284	0,0092	0,2124	0,2565	0,0011	0,3923	1
1,6	0,1468	0,0105	0,2427	0,2931	0,0013	0,3055	1
1,8	0,1651	0,0118	0,2731	0,3298	0,0015	0,2187	1

Dari *mix design* beton ini kemudian dibuat sampel silinder beton berukuran D = 100 mm dan L = 200 mm.

D. Hasil Pengujian Mortar

Tabel-11. Pemeriksaan *Slump Flow Mortar*.

No	Kadar Super plasticizer (%)	Flow (cm)	Keterangan
1	0	10	Tidak terjadi <i>flow</i>
2	0,1	14	
3	0,2	19	
4	0,3	27	
5	0,4	-	pemisahan material

Hasil pengujian mortar segar menggunakan *Flow Table Test* dengan variasi kadar *Super Plasticizer* dapat dilihat pada Tabel-11.

Tabel-11 di atas menunjukkan peningkatan nilai sebar mortar seiring dengan peningkatan prosentase penggunaan kadar *super plasticizer* terhadap berat semen. Ketika kadar *super plasticizer* ditingkatkan, terjadi pemisahan material pada proses pencampuran. Untuk mortar dengan kadar *super plasticizer* 0% dan 0,4 % tidak dilakukan pengujian selanjutnya.

Pengujian kuat tekan terhadap mortar setelah mengeras bisa dilihat pada Tabel-12.

Tabel-12. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar.

Kadar Super plasticizer (%)	Kuat Tekan Mortar (MPa)		
	1 hari	7 hari	28 hari
0,1	14,48	36,23	47,61
0,2	10,67	42,01	48,08
0,3	21,11	37,20	55,34

Dari Tabel-12 dapat dilihat bahwa kuat tekan tertinggi didapat pada campuran dengan kadar *super*

plasticizer 0,3 %. Dosis tersebut akan digunakan pada *mix design SCC*.

E. Hasil Pengujian Beton

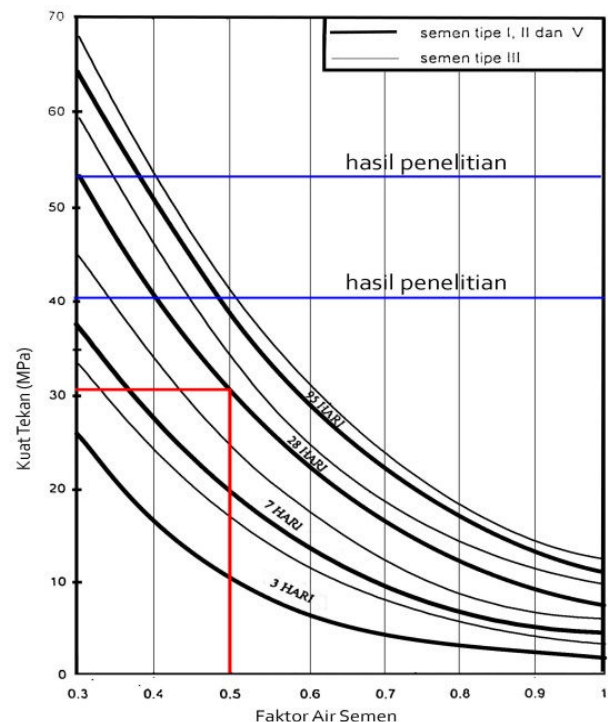
Hasil pengujian terhadap beton segar dilakukan dengan *slump flow test*, *v-funnel test* dan *l-box test* yang hasilnya terdapat pada Tabel-13.

Tabel-13. Hasil Pengujian Beton Segar.

RR	Flow (cm)	L Box	V Funnel (detik)
1,4x	48	blocking	18
1,6x	57	0,89	4
1,8x	60	0,88	3

Berpatokan pada EFNARC 2005 [8], untuk variasi 1,4x tidak memenuhi syarat *SCC* yaitu *flow* minimal sebesar 550 mm dan terjadi *blocking* atau campuran beton tidak bisa melewati tulangan vertikal yang terpasang dalam lubang pada uji *L Box*.

Jadi untuk variasi ini tidak dilanjutkan ke tahap berikutnya. Jadi, untuk memenuhi syarat *SCC* perbandingan agregat halus : agregat kasar dalam penelitian ini adalah minimal 50%:50%, hal ini sesuai dengan penelitian Nan Su, 2001 [12].



Gambar-7. Grafik hubungan kuat tekan dengan FAS untuk beton normal.

Pengujian kuat tekan dilakukan pada sampel berumur 1 dan 28 hari. Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel-14.

Tabel-14. Uji Tekan Beton.

RR	Uji Tekan (Mpa)	
	1 hari	28 hari
1,6x	17,30	40,43
1,8x	13,93	53,16

Dari tabel di atas kuat tekan umur 28 hari untuk SCC dengan FAS 0,5 menghasilkan nilai 40,43 MPa dan 53,16 Mpa. Nilai ini lebih tinggi daripada kuat tekan beton normal dengan FAS yang sama menurut SNI [11]. Hal ini membuktikan bahwa penambahan *silica fume* ke dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekannya [20]. Perbandingan kuat beton tekan hasil pengujian dengan kuat tekan beton normal dapat dilihat pada Gambar 3.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mortar dan beton SCC dengan FAS 0,5, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *Mix design* mortar dengan nilai FAS sebesar 0.5 menghasilkan kadar *super plasticizer* optimum sebesar 0,3% dari berat semen, dengan diameter aliran 27 cm dan menghasilkan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 55,34.
2. Perancangan campuran beton SCC dengan FAS 0,5 menggunakan rasio volume absolut mortar terhadap volume rongga agregat kasar sebesar 1.6 dan 1,8 memenuhi persyaratan SCC yang mengacu pada EFNARC 2005.
3. Beton SCC dengan FAS 0,5 pada umur 28 hari untuk rasio volume absolut mortar terhadap volume rongga agregat kasar sebesar 1,6 dan 1,8 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 40,43 MPa (rasio 1,6) dan 53,16 MPa (rasio 1,8). Kuat tekan ini lebih tinggi daripada kuat tekan beton normal dengan nilai FAS yang sama yaitu 0,5 yang berkisar antara 30-31 MPa.

B. Saran

1. Dengan FAS sebesar 0,5, campuran mortar sangat sensitif terhadap penambahan *super plasticizer*, dalam proses pencampuran perlu ditambah ketelitiannya.
2. Pada proses produksi *Self-Compacting Concrete* dengan FAS 0,5 sebaiknya digunakan agregat halus dengan proporsi antara 50% - 62% dari total berat agregat yang digunakan agar bisa mencapai persyaratan untuk beton SCC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Okamura H. Self Compacting Concrete, *Journal of Advance Concrete Technology*. 2003; 1(1): 5-15.
- [2]. Tjokrodinuljo. *Teknologi Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Biro Penerbit. 2015.
- [3]. Satyarno I. *Perancangan Praktis Campuran Beton Dengan Pengerjaan dan Persyaratan Khusus*. Yogyakarta. 2015.
- [4]. Dubey R . Effect Of Superplasticizer Dosages On Compressive Strength Of Self Compacting Concrete. *International Journal Of Civil And Structural Engineering*. 2012; 3(2).
- [5]. EFNARC. *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*. UK: Achieving the Highest Standards. 2002.
- [6]. Nugraha PA. *Teknologi Beton*. Surabaya: Andi. 2007.
- [7]. Koehler EP. *Role of Aggregates in Self-Consolidating Concrete, ICAR Report 108-F*. International Center for Aggregates Research Austin TX. 2007.
- [8]. EFNARC. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use*. UK: Achieving the Highest Standards. 2005.
- [9]. Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-6825-2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: BSN. 2002.
- [10]. Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 1974-2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder Yang Dicitak*. Jakarta: BSN. 2011.
- [11]. Badan Standardisasi Nasional. SNI-03-2834-1993. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: BSN. 1993.
- [12]. Su Nan. *A Simple Mix Design Method For Self-Compacting Concrete, Cement and Concrete Research* 31. 2001; 1799-1807.
- [13]. Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-4804-1998. *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Jakarta: BSN. 1998.
- [14]. Badan Standardisasi Nasional. SNI 1969-2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: BSN. 2008
- [15]. Badan Standardisasi Nasional. SNI 1970-2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: BSN. 2008
- [16]. Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-4142-1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No.200 (0,075mm)*. Jakarta: BSN. 2003.
- [17]. Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-2816-1992. *Metode Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Mortar atau Beton*. Jakarta: BSN. 1992
- [18]. Badan Standardisasi Nasional. SNI 2417-2008. *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Jakarta: BSN. 2008.
- [19]. Standar Industri Indonesia. SII 0052-80. *Mutu dan Cara Uji Agregat*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia. 1980.
- [20]. Yogendran V. 1 Silica Fume In High Strength Concrete. *ACI Material Journal*. 1982; 84: 124-129.