

PENGARUH PENAMBAHAN *SILICA FUME* DAN *SUPERPLASTICIZER* PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Mhd Arief Rahady Nst¹, Mochamad Teguh²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: ariefnst.an@gmail.com

²Guru Besar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: m.teguh@uii.ac.id

Abstrack: Pengecoran beton secara konvensional pada komponen struktur utama bangunan bertingkat memerlukan pemadatan yang sempurna, antara lain dengan menggunakan alat bantu *vibrator*. Pada beberapa komponen struktur yang bertemu dalam satu titik buhul atau *joint*, misalnya sambungan balok kolom, biasanya detail penulangannya sangat rapat (jumlah tulangan yang bersilangan sangat banyak, karena tuntutan kebutuhan kekuatan pada komponen struktur tersebut), Dampak dari kondisi ini menimbulkan permasalahan baru dalam pengecoran beton. Kondisi ini perlu diatasi agar tidak terjadi kekroposan pasca pengecoran beton, karena jarak dan susunan tulangan terlalu rapat menyebabkan campuran beton tidak dapat mengisi rongga atau celah-celah antar tulangan. Ada beberapa solusi untuk mengatasi masalah ini antara lain: gradasi agregat kasar pada campuran beton dibuat ukuran lebih kecil dan menggunakan teknologi *self compacting concrete* (SCC), teknologi SCC saat ini sedang dikembangkan penggunaannya untuk berbagai ragam keperluan sebagai material konstruksi bangunan, oleh karena itu penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan teknologi tersebut dengan mensubstitusikan zat-tambah *silica fume* dan *superplasticizer* dengan komposisi tertentu ke dalam campuran beton.

Dari penelitian SCC didapatkan hasil kuat tekan optimum pada variasi tipe benda uji SCC-3 dengan nilai 43,063 MPa, hasil kuat tersebut tersebut lebih besar dari kuat tekan rencana yaitu 41,4 MPa. Sedangkan untuk hasil kuat tarik/belah optimum berada pada variasi tipe benda uji SCC-3 dengan nilai 11,172 MPa, dan jika dilihat dengan syarat pada SNI 03-2491-2002 hasil kuat tarik SCC-3 termasuk kedalam syarat tersebut.

Keyword: beton, *self compacting concrete* (SCC), *superplasticizer*, *silica fume*.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi dari tahun ke tahun semakin pesat, baik dari segi desain maupun metode-metode konstruksi yang dilakukan. Dalam pekerjaan konstruksi beton, pemadatan beton adalah pekerjaan yang mutlak dan harus dilakukan untuk suatu pekerjaan struktur beton bertulang konvensional. Tujuan dari pemadatan itu sendiri adalah meminimalkan udara yang terjebak di dalam beton segar, sehingga diperoleh beton yang homogen dan tidak

terjadi rongga-rongga di dalam beton (*honey-comb*). Konsekuensi dari beton bertulang yang tidak sempurna dalam pemadatan, diantaranya dapat menurunkan kuat tekan beton dan impermeabilitas beton sehingga mudah terjadi korosi pada besi tulangan (Sugiharto dan Kusuma, 2001).

Pada beberapa komponen struktur yang bertemu dalam satu titik buhul atau *joint*, misalnya sambungan balok kolom, biasanya detail penulangannya sangat rapat (jumlah tulangan yang bersilangan sangat banyak, karena tuntutan kebutuhan kekuatan pada

komponen struktur tersebut), Dampak dari kondisi ini menimbulkan permasalahan baru dalam pengecoran beton. Kondisi ini perlu diatasi agar tidak terjadi kekroposan pasca pengecoran beton, karena jarak dan susunan tulangan terlalu rapat menyebabkan campuran beton tidak dapat mengisi rongga atau celah-celah antar tulangan. Ada beberapa solusi untuk mengatasi masalah ini antara lain: gradasi agregat kasar pada campuran beton dibuat ukuran lebih kecil dan menggunakan teknologi *self compacting concrete* (SCC), teknologi SCC saat ini sedang dikembangkan penggunaannya untuk berbagai ragam keperluan sebagai material konstruksi bangunan, oleh karena itu penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan teknologi tersebut dengan mensubstitusikan zat-tambah *silica fume* dan *superplasticizer* dengan komposisi tertentu ke dalam campuran beton.

Dalam penelitian ini digunakan campuran persentase *silica fume* maksimum sebagaimana dianjurkan oleh PT. Sika Indonesia yaitu 10% dari berat semen, penggunaan persentase maksimum dilakukan untuk mengetahui pengaruh zat-tambah terhadap karakteristik SCC. Dan untuk *superplasticizer* menggunakan 5 variasi campuran dengan persentase yaitu: 0,8%, 1,0%, 1,2%, 1,4%, dan 1,6%. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari dengan maksud untuk melihat perkembangan kenaikan kekuatan beton di setiap komposisi campuran. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian SCC mutu tinggi perlu dilakukan.

1.1 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. menentukan komposisi penambahan *silica fume* dan *superplasticizer* terhadap SCC,
2. menentukan hasil dari pengujian *slump* pada beton mutu tinggi dan *slump-flow* pada SCC,

3. menentukan hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik/belah pada beton mutu tinggi dan SCC pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari.

1.2 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan membuat model berupa benda uji silinder beton di laboratorium. Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian ini, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. kuat tekan beton rencana $f'_c = 41,4$ MPa (syarat minimal beton mutu tinggi menurut SNI 03-6468-2000),
2. umur pengujian kuat tekan, dan kuat tarik/belah beton mutu tinggi dan SCC yaitu 7, 14, 21, dan 28 hari,
3. *mix design* menggunakan metode SNI 03-6468-2000,
4. agregat halus diambil dari sungai Progo, Kab. Kulon Progo Provinsi DIY,
5. agregat kasar diambil dari Clereng, Kab. Kulon Progo Provinsi DIY,
6. *silica fume* dan *superplasticizer* menggunakan produk dari PT. Sika Indonesia,
7. pengujian karakteristik SCC dalam penelitian ini sebagai berikut :
 - a. pengujian *slump* pada beton mutu tinggi sebelum penambahan zat-tambah *silica fume* dan *superplasticizer*,
 - b. pengujian *slump-flow* pada campuran SCC,
 - c. pengujian kuat tekan beton mutu tinggi dan SCC,
 - d. pengujian kuat tarik/belah beton mutu tinggi dan SCC.
8. ukuran benda uji silinder beton yaitu diameter rata-rata 150 mm dan tinggi 300 mm,
9. Penelitian dilakukan di laboratorium bahan konstruksi teknik (BKT) prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Rusyandi dkk (2012) melakukan penelitian SCC dengan penambahan *fly ash* dan *structuro*, hasil dari penelitian tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. penggunaan *fly ash* ternyata dapat digunakan sebagai *filler* atau bahan pengganti semen dalam pembuatan rancangan SCC. Peneliti mendapatkan penggunaan *fly ash* yang optimum sebanyak 20% dari berat semen.
2. penggunaan *admixture structuro* dalam batas nilai tertentu sangat dominan pengaruhnya terhadap *workability* campuran SCC maupun kekuatan dan mutu beton yang dihasilkan. Sifat *water reducer* yang tinggi pada *structuro* dapat menjaga nilai factor air semen tetap rendah dengan tidak mengurangi *workabilitas* campuran beton yang diharapkan.
3. penggunaan *superplasticizer* melebihi 2,5% hendaknya dihindari karena selain penambahan dosis tersebut tidak efektif terhadap kemampuan mereduksi airnya, sebaliknya apabila penggunaan *superplasticizer* lebih kecil dari 0,8 %, maka akan timbul efek *bleeding* dan *segregation*.

Citrakusuma (2012) melakukan penelitian SCC dengan kadar *superplasticizer* yang bervariasi, hasil dari penelitian SCC tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. dari semua hasil pengujian SCC (pengujian *slump-flow* dan kuat tekan) dengan penambahan *superplasticizer* yang bervariasi (1,2%, 1,3%, 1,4%, 1,5% dan 1,6%) telah memenuhi persyaratan SCC yang telah ditetapkan.
2. pada penelitian ini didapat nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada persentase variasi *superplasticizer* 1,5% yaitu sebesar 1024,14 kg/cm² dengan nilai faktor air semen (FAS) 0,288.
3. bahan-tambah berupa *superplasticizer viscocrete-10* dapat berfungsi sebagai *high water reducer* dan dapat menurunkan kuat tekan rata-rata beton

terhadap pengujian kuat tekan pada umur 14 hari tiap penambahan *superplasticizer* dengan nilai FAS yang sama, hal ini dapat dilihat pada persentase 1,2% - 1,3% dengan kuat tekan rata-ratanya 737,21 kg/cm² dan 691,14 kg/cm², persentase 1,5% - 1,6% dengan kuat tekan rata-ratanya 1024,14 kg/cm² - 586,42 kg/cm².

4. komposisi SCC yaitu semen, pasir, kerikil dan air dapat diperoleh dengan menggunakan metode DoE dengan ukuran krikil maksimal 10 mm, faktor air semen maksimal 0,3 dan menggunakan bahan tambah berupa *superplasticizer viscocrete-10*.

Ekasanti dkk (2014) melakukan penelitian SCC dengan pengaruh variasi kadar *fly ash*, hasil penelitian SCC tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. semakin besar kadar *fly ash*, maka semakin kecil kebutuhan air.
2. semakin besar kadar *fly ash*, maka nilai kuat tekannya dapat semakin besar atau sebaliknya semakin kecil. Pada pengujian ini nilai kuat tekan yang paling tinggi yaitu pada kadar *fly ash* 70% dengan jumlah air 132 kg, umur pengujian 28 hari.

3. LANDASAN TEORI

SCC adalah suatu campuran beton yang mempunyai karakteristik dapat memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan alat pemadat (*vibrator*). Salah satu keunggulan dari SCC adalah dapat menjangkau ke setiap sudut bangunan dan dapat mengisi tinggi permukaan yang diinginkan dengan rata tanpa mengalami *bleeding* dan *segregation*, sehingga dapat meminimalkan adanya air yang masuk ke dalam beton (Campion dan Josh, 2000).

3.1 Material Pembentuk SCC

Material pembentuk SCC dengan zat-tambah *silica fume* dan *superplasticizer* ini tidak berbeda dengan material penyusun beton pada umumnya, yaitu terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Secara umum, SCC merupakan varian yang

memiliki tingkat pengerjaan (*workability*) tinggi dan juga memiliki kekuatan awal yang besar, sehingga membutuhkan faktor air semen yang rendah. Menurut Sugiharto dkk (2001), untuk mendapatkan campuran beton dengan tingkat *workability* dan kekuatan awal yang tinggi, perlu diperhatikan persyaratan material berikut ini.

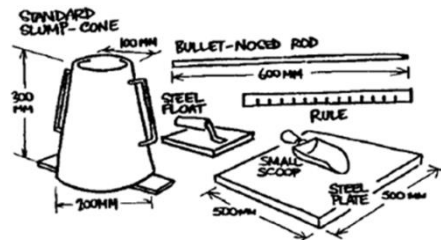
1. Agregat halus dibatasi jumlahnya kurang lebih 40% dari volume beton.
2. Agregat kasar dibatasi jumlahnya kurang lebih 50% dari campuran beton.
3. Gradasi agregat kasar yaitu 5-20 mm yang berfungsi untuk tingkat penyebaran pada campuran SCC dan kekuatan pada beton.
4. Ditambahkan bahan pengisi (*filler*) pada campuran beton, antara lain *fly ash* dan *silica fume* untuk menggantikan sebagian komposisi semen, hal ini ditujukan untuk meningkatkan keawetan (*durabilitas*) dan kekuatan tekan beton.
5. Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton berfungsi untuk meningkatkan *workability* dan menekan faktor air semen agar mendapatkan kekuatan awal yang besar.

Dari penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pada pembuatan campuran SCC harus teliti dalam pemilihan dan pencampuran material terutama dalam pembuatan benda uji silinder beton.

3.2 Pengujian SCC Mutu Tinggi

1. Slump

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecekan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). berikut ini gambar kerucut Abrams yang digunakan dapat dilihat Gambar 2.



Gambar 2 Kerucut *abrams*
(Sumber : PBI, 1971)

Workability dapat diamati dengan mengukur nilai *slump* yang didapatkan dari pengujian di laboratorium. Menurut Murdock (1991), membuat suatu hubungan antara tingkat *workability*, nilai *slump* yang digunakan untuk mengontrol tingkat *workability* dapat dilihat pada Tabel 2.

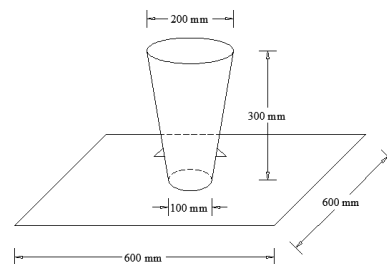
Tabel 2 *Workability* nilai *slump* pada beton tanpa zat-tambah

No.	Tingkat <i>workability</i>	Nilai <i>slump</i> (mm)
1.	Sangat rendah	0 – 25
2.	Rendah sampai sedang	25 – 50
3.	Sedang sampai tinggi	50 – 100
4.	Tinggi	100 – 175

Sumber: Murdock (1991)

2. Slump-flow

Menurut Ouchi (2003), pengujian *slump-flow* bertujuan untuk menguji kemampuan SCC mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan dengan memanfaatkan berat sendirinya (*filling ability*). Peralatan yang digunakan pada pengujian *slump-flow* sama dengan peralatan yang digunakan pada pengujian *slump* yaitu kerucut *abrams* pada Gambar 3. Adapun letak posisi alat dalam pengujian *slump-flow* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Posisi alat pada pengujian *slump-flow*
(Sumber: Ouchi, 2003)

3. Kuat tekan beton

Menurut Mulyono (2006), kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Menurut SNI 1974-2011 rumus kuat tekan beton dari hasil pengujian di laboratorium dengan sampel beton menggunakan Persamaan 1.

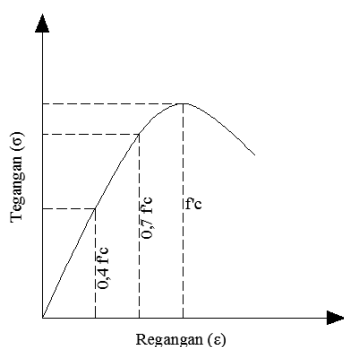
$$f'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

dengan: $f'c$ = kuat tekan (MPa), P = beban tekan (N), dan A = luas penampang benda uji (mm^2).

4. Modulus elastisitas beton

Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material, sehingga semakin besar nilai modulus elastisitas bahan, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya dan semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku (SNI 2826-2008).

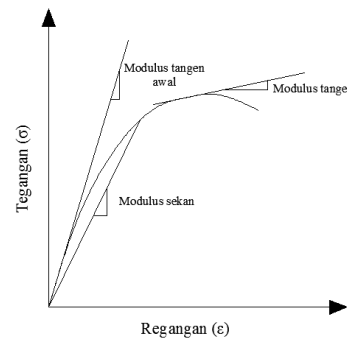
Menurut Nawy (1990) hubungan tegangan regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan Persamaan-Persamaan analisis dan desain serta prosedur-prosedur pada struktur beton. Hubungan tegangan regangan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Kurva tegangan regangan beton (Sumber: Nawy, 1990)

Kurva tegangan regangan pada Gambar 4 merupakan kurva linier pada taraf pembebanan awal, maka modulus elastisitas (modulus young) pada kurva tersebut yaitu garis singgung pada kurva tegangan regangan dari titik pusat. Kemiringan garis

singgung ini didefinisikan sebagai modulus tangen awal, bila dibuat modulus tangen pada titik pusat dengan tegangan sekitar $0,4.f'c$ disebut modulus elastisitas sekan dari beton, pada modulus elastisitas sekan ini merupakan hasil modulus elastisitas yang ditinjau. untuk lebih jelasnya dari penjelasan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Modulus sekan dan modulus tangen beton (Sumber: Nawy, 1990)

Penjelasan tersebut untuk analisis modulus elastisitas dari kurva tegangan regangan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$Ec = \frac{\sigma(0,4.f'c)}{\epsilon(\sigma,4)} \tag{2}$$

dengan: Ec = modulus elastisitas beton (MPa), σ = tegangan, ϵ = regangan, dan $f'c$ = kuat tekan (MPa).

Untuk perhitungan tegangan dapat menggunakan Persamaan 1 dan untuk perhitungan regangan menggunakan Persamaan 3.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \tag{3}$$

dengan: ϵ = regangan, ΔL = perubahan panjang akibat beban P , P = beban yang diberikan (kN), dan L = panjang semula (mm).

Menurut SNI 03-2847-2013, perhitungan modulus elastisitas pada beton yang sudah diketahui beratnya dapat dihitung dengan rumus Persamaan 4.

$$Ec = Wc^{1,5} \cdot 0,043 \cdot \sqrt{f'c} \tag{4}$$

Untuk W_c yaitu : $1440 \leq W_c \leq 2560 \text{ kg/m}^3$
 dengan: E_c = modulus elastisitas beton (MPa), W_c = berat volume beton normal atau berat volume ekivalen beton ringan (kg/m^3), dan f'_c = kuat tekan (MPa).
 Apabila berat beton belum diketahui, maka perhitungan modulus elastisitas dapat menggunakan Persamaan 5.

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (5)$$

dengan: E_c = modulus elastisitas beton (MPa), dan f'_c = kuat tekan (MPa).

5. Kuat tarik/belah beton

Kuat tarik/belah pada benda uji silinder beton dilakukan untuk menentukan nilai kuat tarik/belah dari benda uji tersebut yang diperoleh dari hasil pembebanan dengan cara meletakkan benda uji secara mendatar/sejajar dengan permukaan meja mesin uji tekan (SNI 03-2491-2002). rumus yang digunakan dalam perhitungan kuat tarik/belah menggunakan Persamaan 6.

$$f_{ct} = \frac{2 \cdot P}{D \cdot L} \quad (6)$$

dengan: f_{ct} = Kuat tarik/belah beton pada umur 28 hari (MPa), P = Beban maksimum (N), L = Tinggi silinder beton (mm), dan D = diameter silinder beton (mm).

Suatu perkiraan kasar dapat dipakai, bahwa kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9-15 % dari kuat tekannya.

4. METODE PENELITIAN

4.1 Persiapan

Pada tahap ini dimulai dengan pengadaan barang dan material dan penyiapan alat yang akan digunakan. Bahan dan material harus melalui pemeriksaan sesuai peraturan yang berlaku agar mendapatkan kualitas yang baik.

4.2 Pembuatan Benda Uji

Perancangan campuran/*mix design* penelitian ini menggunakan metode SNI 03-6468-2000, yang umum dipakai di Indonesia untuk perancangan campuran beton mutu tinggi. Dalam penyusunan komposisi bahan untuk *mix design* lebih

disederhanakan dengan menentukan variabel tetap dan variabel yang berubah, dapat dilihat berikut ini.

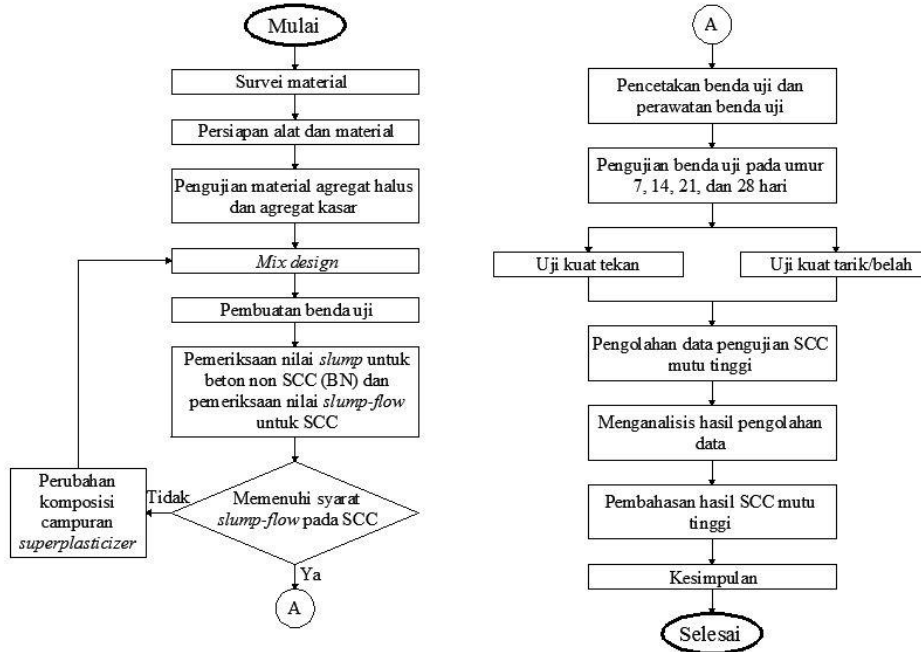
1. Variabel tetap, sebagai berikut :
 - a. pasir,
 - b. kerikil,
 - c. persentase penggunaan *silica fume*, yaitu 10 % dari berat semen,
 - d. Faktor air semen (FAS) maksimal 0,3.
2. Variabel berubah, berikut ini :
 - a. Semen,
 - b. persentase penggunaan *viscocrete* 1003, yaitu 0,8%, 1,0%, 1,2%, 1,4%, dan 1,6% dari berat semen.

Benda uji silinder beton yang digunakan berukuran rata-rata diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Tahap pembuatannya adalah sebagai berikut :

1. menyiapkan alat-alat yang diperlukan dalam pembuatan silinder beton,
2. menyiapkan masing-masing bahan sesuai ukuran yang ditentukan,
3. memasukkan kerikil ditambah air kedalam mesin *mixer*/pengaduk, aduk sampai merata,
4. memasukkan semen ditambah air kedalam mesin pengaduk, aduk sampai merata,
5. kemudian masukkan pasir ditambah sisa air yang ada,
6. berikutnya, masukkan *superplasticizer*. pengadukan dilakukan sampai adukan merata/homogen, untuk menghindari terjadinya segregasi,
7. setelah pengadukan selesai, untuk campuran beton mutu tinggi dilakukan pengecekan nilai *slump*,
8. kemudian dilakukan pengujian nilai *slump-flow* untuk mengukur diameter sebaran SCC,
9. mencetak benda uji silinder beton dapat dilakukan setelah pengecekan persyaratan nilai *slump* pada beton mutu tinggi dan *slump-flow* pada SCC,
10. mendinginkan beton yang sudah dicetak selama 24 jam, apabila sudah 24 jam benda uji silinder beton sudah dapat dibongkar dari cetakan,

perawatan beton mutu tinggi dan SCC sama seperti beton normal, yaitu dengan cara merendam benda uji sampai umur yang telah ditentukan dan dilaksanakan pengujian kuat tekan dan kuat tarik/belah.

Dari penjelasan tersebut dapat digambarkan skema penelitian megikuti alur *flow chart* yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 *Flow chart* tahapan pelaksanaan penelitian

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Agregat

1. Agregat halus (pasir sungai Progo)
 Pengujian agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisa saringan, dan pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat). Hasil pengujian pasir disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian agregat halus

No.	Uraian	Hasil pengujian	satuan
1.	Berat jenis curah	2,377	-
2.	Berat jenis(SSD)	2,513	-
3.	Berat jenis semu	2,749	-
4.	Penyerapan air	5,686	%
5.	Berat isi padat	1,566	gr/cm ³
6.	Modulus kehalusan	2,606	-
7.	Kandungan lumpur	4,76	%

2. Agregat kasar (kerikil Clereng)
 Pengujian terhadap agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisa saringan, dan pengujian abrasi/keausan agregat dengan mesin *los angeles*. Hasil pengujian kerikil disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengujian agregat halus

No.	Uraian	Hasil pengujian	satuan
1.	Berat jenis curah	2,507	-
2.	Berat jenis (SSD)	2,560	-
3.	Berat jenis semu	2,648	-
4.	Penyerapan air	2,135	%
5.	Berat isi padat	1,330	gr/cm ³
6.	Modulus kehalusan	3,687	-
7.	Nilai keausan	33,587	%

5.2 Pengujian SCC Mutu Tinggi

Hasil dari pengujian SCC mutu tinggi terbagi beberapa pengujian yang dapat dilihat berikut ini.

1. Slump

Campuran adukan beton non SCC atau beton tanpa zat-tambah pada penelitian ini dilakukan pengujian *slump*. pengambilan data nilai *slump* pada saat campuran material beton sudah tercampur merata. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Slump beton non SCC (BN)

Nilai *slump* berguna untuk mengetahui tingkat *workability* dari campuran beton. Tingkat *workability* nilai *slump* dari hasil pengujian di laboratorium disajikan pada Tabel 2 tentang *workability* nilai *slump* pada beton normal atau beton tanpa zat-tambah. Hasil pengujian nilai *slump* beton non SCC dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil pengujian nilai *slump*

No.	Nama sampel	Nilai <i>slump</i> (cm)	Tingkat <i>workability</i>
1.	Mix 1 beton non SCC (BN) untuk umur 7 hari	10	sedang - tinggi
2.	Mix 2 beton non SCC (BN) untuk umur 14 hari	9,5	sedang - tinggi
3.	Mix 3 beton non SCC (BN) untuk umur 21 hari	10	sedang - tinggi
4.	Mix 4 beton non SCC (BN) untuk umur 28 hari	10	sedang - tinggi

Pengadukan campuran material di laboratorium menggunakan mesin

pengaduk yang berkapasitas 8 silinder, untuk memenuhi kebutuhan silinder beton sesuai dengan jumlah yang direncanakan, maka pengadukan dilakukan sebanyak 4 kali dengan kapasitas 1 kali pengadukan bisa mendapatkan 6 silinder beton.

2. Slump-flow

Slump-flow merupakan pengujian campuran beton yang sudah diaduk merata dan belum dimasukkan ke dalam cetakan silinder. Pengujian *slump-flow* ini dilakukan untuk mengetahui tingkat penyebaran campuran material SCC, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Slump-flow penelitian SCC

Dari Gambar 8 dapat dilihat tingkat penyebaran SCC dengan menggunakan zat-tambah *silica fume* dan *superplasticizer*. Hasil pengujian *slump-flow* pada penelitian SCC dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil pengujian nilai *slump-flow* SCC

No.	Tipe benda uji	Nilai <i>slump-flow</i> (cm)	Keterangan
1.	SCC-1	56	Tidak memenuhi
2.	SCC-2	59	Tidak memenuhi
3.	SCC-3	62	Memenuhi
4.	SCC-4	65	Memenuhi
5.	SCC-5	68	Memenuhi

Hasil penelitian *slump-flow* pada campuran SCC dari Tabel 7 dapat dilihat untuk nilai SCC-1 dan SCC-2 tidak memenuhi persyaratan, sedangkan SCC-3 sampai SCC-5 memenuhi persyaratan *slump-flow*. Nilai persyaratan tersebut yaitu 60-80 cm

yang umum dipakai pada awal menentukan *workability* SCC.

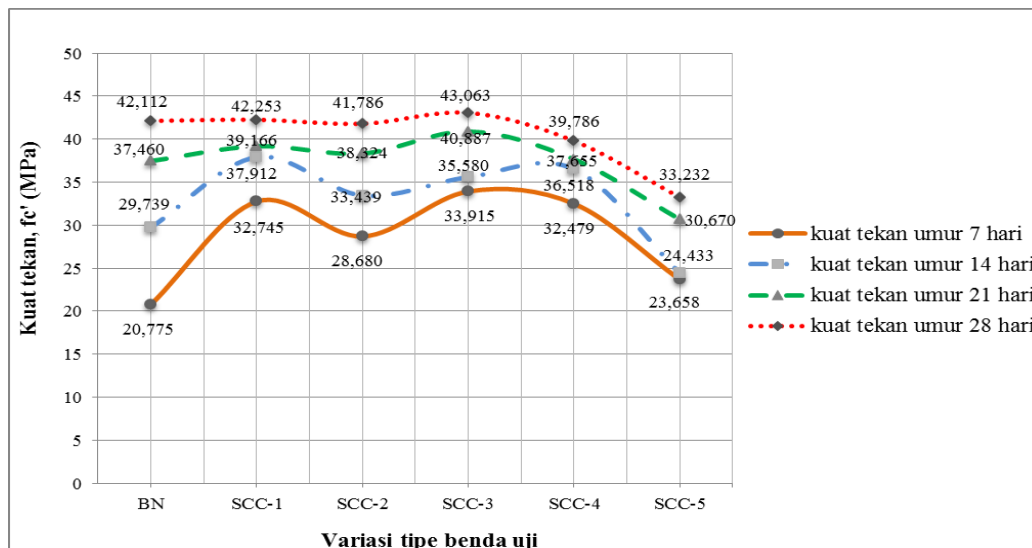
3. Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk menentukan kemampuan beton tersebut dalam memikul beban yang bekerja di atasnya. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain yaitu jenis semen, kualitas agregat halus dan kasar, kelengkapan alat dalam pengerjaan. Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Pengujian kuat tekan beton

Untuk hasil pengujian kuat tekan beton dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Untuk hasil perhitungannya disajikan dalam komparasi hubungan kuat tekan beton dan variasi tipe benda uji pada umur pengujian 7, 14, 21, dan 28 hari disajikan pada Gambar 9.

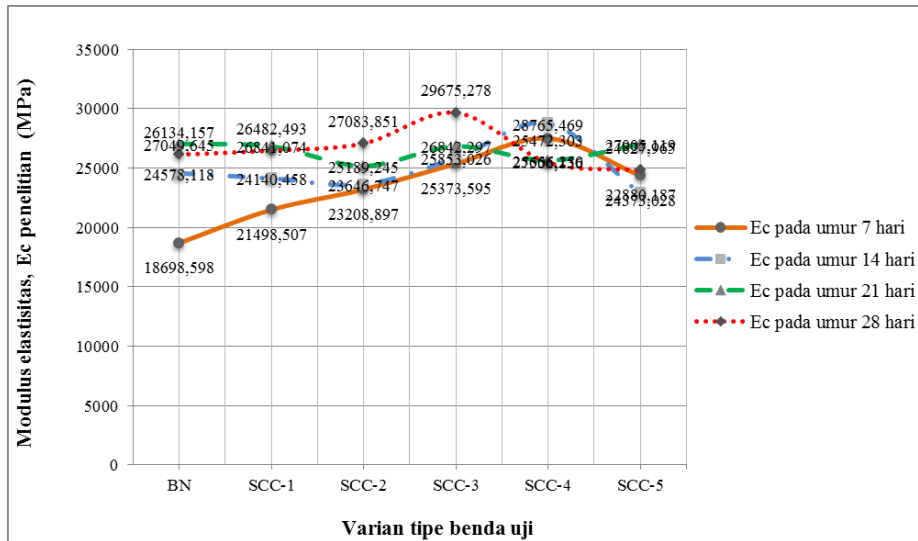


Gambar 9 Komparasi grafik hubungan kuat tekan beton dan variasi tipe benda uji pada umur pengujian 7, 14, 21, dan 28 hari

4. Modulus elastisitas beton

Analisis modulus elastisitas beton merupakan peninjauan pada benda uji silinder beton yang mengalami perubahan bentuk akibat diberi beban. Apabila perubahan bentuk tersebut terjadi, maka gaya internal didalam sampel silinder akan menahannya, gaya internal ini disebut gaya dalam. Bila suatu bahan mengalami tegangan, maka bahan itu akan mengalami perubahan bentuk yang dikenal dengan regangan (Smith, 1985). Untuk mengetahui

peningkatan daktilitas beton dilakukan pengujian tegangan regangan. Kurva tegangan regangan dapat dianalisis dengan cara memplotkan data-data tegangan setiap kenaikan 10 kN beban aksial dengan regangan. Analisis hasil modulus elastisitas beton menggunakan analisis regresi linear pada *microsoft excel*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada grafik komparasi hubungan kuat tekan beton dan variasi tipe benda uji pada umur pengujian 7, 14, 21, dan 28 hari disajikan pada Gambar 10.

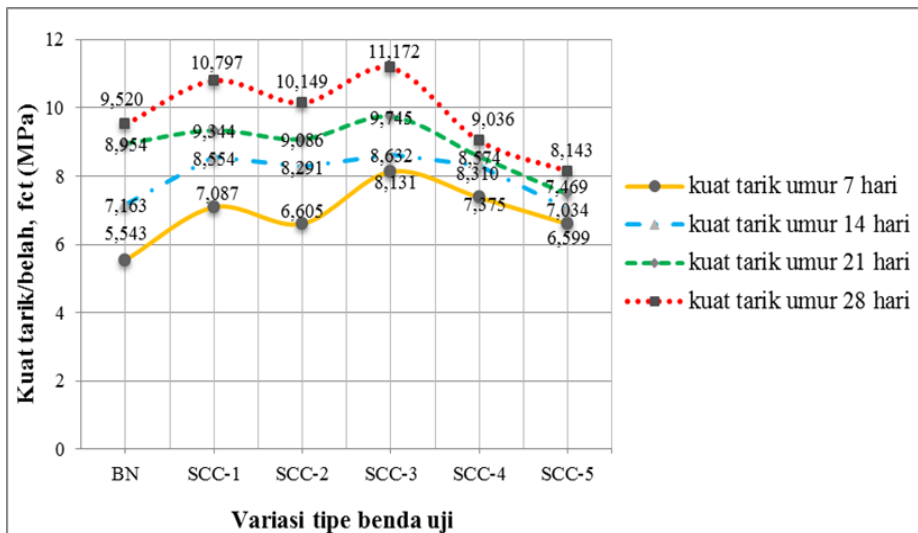


Gambar 10 Komparasi grafik hubungan modulus elastisitas beton dan variasi tipe benda uji

5. Kuat tarik/belah beton

Pengujian kuat tarik/belah silinder beton pada penelitian ini yaitu menguji silinder beton sampai terbelah sehingga menghasilkan kekuatan maksimum dengan menggunakan alat mesin uji desak. Melalui pengujian ini dapat

diketahui seberapa besar perkembangan kekuatan kuat tarik/belah dari variasi tipe benda uji. Untuk hasil dari pengujian kuat tarik/belah dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Komparasi grafik hubungan kuat tarik/belah beton dan variasi tipe benda uji pada umur pengujian 7, 14, 21, dan 28 hari

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian SCC mutu tinggi, maka ada beberapa kesimpulan dari hasil penelitian berikut ini.

1. Komposisi penambahan zat-tambah *superplasticizer* digunakan persentase sebesar 0,8%, 1,0%, 1,2%, 1,4%, dan 1,6% dari berat semen.
2. Dari hasil pengujian SCC mutu tinggi dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

- a. Nilai *slump* pada campuran material beton non SCC (BN) diperoleh hasil rerata yaitu 9,875 cm.
- b. Untuk nilai *slump-flow* pada campuran material SCC pada variasi tipe benda uji SCC-1 diperoleh nilai rerata sebesar 56 cm, SCC-2 diperoleh nilai rerata sebesar 59 cm, SCC-3 diperoleh nilai rerata sebesar 62 cm, SCC-4 diperoleh nilai rerata sebesar 65 cm, dan SCC-5 diperoleh nilai rerata sebesar 68 cm.
- c. Nilai optimum kuat tekan beton berada pada variasi benda uji SCC-3 dengan nilai 43,063 MPa.
- d. Hasil optimum pada kuat tarik/belah berada pada variasi tipe benda uji SCC-3 dengan nilai = 11,172 MPa.

6.2 Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian TA, maka hal-hal yang harus diperhatikan sebagai berikut ini.

1. Mencoba melakukan pencampuran zat-tambah *silica fume* dan *superplasticizer* dengan nilai persentase yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan zat-tambah yang berbeda akan tetapi memiliki fungsi yang sama dengan penelitian ini.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan agregat kasar diatas 10 mm, apakah beton segar jenis SCC bisa mengalir sesuai dengan syarat *slump-flow* atau tidak.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2000), SNI 03-6468-2000 *Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Semen Portland dan Abu Terbang*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2002), SNI 03-2491-2002 *Metode Pengujian Kuat Tarik/Belah beton*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2008), SNI 2826-2008 *Cara Uji Modulus Elastisitas Batu Dengan Tekanan Sumbu Tunggal*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2013), SNI 03-2847-2013 *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.
- Campion, Michael J dan Philippe Josh, (2000), “*Self Compacting Concrete Expanding the Possibilities of Concrete Design and Placement*”, *Concrete Internasional* April 31-34.
- Citrakusuma, J.L., (2012), *Kuat Tekan Self Compacting Concrete Dengan Kadar Superplasticizer Yang Bervariasi*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember, Jember.
- Ekasanti, A.F., Kristiawan, S.A., Sunarmasto, (2014), *Pengaruh Kadar Fly Ash Terhadap Kebutuhan Air dan Kuat Tekan High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete (Hyfa – Scc)*, e-Jurnal Matrik Teknik Sipil, Vol. 2, No. 2, Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.
- Mulyono, T., (2006), *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L. J., dan Brook, K.M., (1999). *Bahan dan Praktek Beton*, terjemahan Hindarko, S, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E. G., (1990), *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Ouchi, M., (2003). “*Self-Compacting Concrete-Development, Applications and Investigations*”, *Nordic Concrete Rearch Publication* 23, 29-34.
- Rusyandi, K., Mukodas, J., Gunawan, Y., (2012), *Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash dan Structuro*, *Jurnal Konstruksi Teknik Sipil*, ISSN:2302-7312 Vol. 10, No. 01, Sekolah Tinggi Teknologi Garut, Garut.
- Sugiharto, H. dan Kusuma, G.H., (2001), *Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete pada Self Compacting Concrete*, *Dimensi Teknik Sipil*, Vol.3, No.1, Universitas Kristen Petra, Surabaya.