

Formulasi Beton yang Mengalir Sendiri di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Suhendra, Fadlan

Prodi Teknik Sipil Universitas Batanghari
Correspondence email: domas573@gmail.com

Abstrak. Di bidang pekerjaan konstruksi beton, pemadatan beton dilakukan dengan alat penggetar atau menggunakan alat penusuk. Salah satu solusi dalam menghadapi permasalahan dalam pemadatan beton adalah dengan menggunakan metode Self Compacting Concrete (SCC) atau disebut juga Beton yang mengalir sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formula campuran/komposisi material pembuat SCC skala laboratorium yang memenuhi kriteria penerimaan SCC. Metode pencampuran dilakukan dengan cara coba-coba dengan mengacu pada nilai Flowability, Workability, dan Passing Ability. Mutu beton SCC yang direncanakan adalah $f_c' 35$ MPa. Bahan tambah yang digunakan adalah superplastisizer Sika Viscoflow 3660 LR variasi dosis 1,2%, 1,6% dan dosis 2% terhadap berat semen dan powder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi yang ditetapkan cukup baik dan memenuhi kriteria penerimaan beton SCC. Mutu rencana tercapai dengan penambahan sika viscoflow 2% untuk $f_c' 35$ MPa.

Kata kunci: SCC, Flowability, workability, Passing ability

Abstract. The compaction of concrete is carried out with a vibrating device or using an awl. One solution in facing problems in concrete compaction is to use the Self Compacting Concrete (SCC) method or also called self-flowing concrete. This study aims to obtain a mixture formula / composition of laboratory-scale SCC-making materials that meet the SCC acceptance criteria. The mixing method is carried out by trial and error by referring to the values of Flowability, Workability, and Passing Ability. The planned SCC concrete quality is $f_c' 35$ MPa. The added ingredients used are the superplasticizer Sika Viscoflow 3660 LR dose variations of 1.2%, 1.6% and doses of 2% against the weight of cement and powder. The results showed that the established composition was quite good and met the criteria for acceptance of SCC concrete. The quality of the plan was achieved with the addition of 2% sika viscoflow to $f_c' 35$ MPa.

Keywords: SCC, Flowability, workability, Passing ability

PENDAHULUAN

Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam teknik sipil hidro, beton digunakan untuk bangunan air seperti bendung, bendungan, saluran, dan drainase perkotaan. Beton juga digunakan dalam teknik sipil transportasi untuk pekerjaan rigid pavement (lapis keras permukaan yang kaku), saluran samping, gorong-gorong, dan lainnya.

Beton sebagai material komposit mempunyai banyak variabilitas. Beton terbuat dari campuran beberapa bahan penyusun seperti, air, semen, agregat kasar, dan agregat halus. Campuran beton tersebut tidak bisa langsung menjadi kaku (*set*). Proses reaksi hidrasi air dengan semen memakan waktu. Masing-masing unsur beratnya tidak sama sehingga yang berat seperti agregat cenderung bergerak kebawah sedangkan yang ringan seperti air cenderung naik ke atas.

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik dan sumber materialnya. Kualitas dan kuantitas material penyusun tersebut akan menyebabkan variasi mutu dari produk beton yang dihasilkan (Suhendra, 2018). Kriteria dasar perancangan beton adalah kekuatan tekan dan hubungannya dengan faktor air semen yang digunakan. Kriteria ini sebenarnya kontradiktif dengan kemudahan pengerjaan, karena untuk menghasilkan kekuatan yang tinggi penggunaan air yang digunakan sedikit, akan menimbulkan kesulitan dalam pengerjaan (Neville, 1987) yang mempertimbangkan pengaruh rongga (*voids*).

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perancangan beton (*mix design*). Hal ini dimaksudkan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Metode perancangan ini pada dasarnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

- 1) Metode *American Concrete Institute*
- 2) *Portland Cement Association*
- 3) *Road note no.4*
- 4) *British standard department of engineering*
- 5) Departemen pekerjaan umum

6) Cara coba-coba

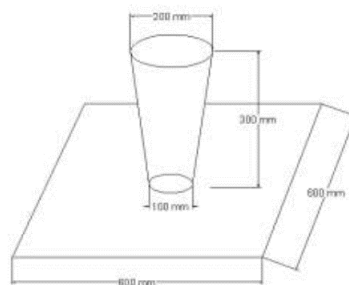
Di bidang pekerjaan konstruksi pada beton, biasanya vibrasi beton atau yang lebih dikenal dengan istilah pemadatan beton sering dilakukan dengan berbagai cara seperti dengan alat penggetar atau dengan menggunakan alat penusuk. Hal ini dilakukan agar beton dapat lebih mudah untuk menjangkau bagian-bagian dari tulangan yang sulit dijangkau oleh campuran beton. Selain itu dengan adanya proses pemadatan, dapat diperoleh beton yang homogen dengan kata lain tidak terdapat rongga-rongga udara di dalam beton. Tetapi dalam proses pemadatan dilakukan, terkadang cara yang dilakukan tidak sesuai dengan prosedur sehingga akan menurunkan kualitas dari beton itu sendiri (Abd. Karim Hadi et. al., 2021). Konsekuensi dari beton bertulang dan non bertulang yang tidak sempurna pemadatannya, diantaranya dapat menurunkan kuat tekan beton dan kekedap-airan beton sehingga mudah terjadi korosi pada tulangan (Sulaiman & Suppa, 2019 dalam Abd. Hadi et. al., 2021).

Salah satu solusi dalam menghadapi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan metode Self Compacting Concrete (SCC) atau disebut juga Beton yang mengalir sendiri, bahkan melalui tulangan yang rapat tanpa mengalami segregasi ataupun bleeding (Sasanipour & Aslani, 2020). SCC. Selain tingkat kelecakan atau workabilitas yang tinggi pada beton segar, Self Compacting Concrete (SCC) setelah mengeras (*hardened concrete*) juga memiliki kekuatan yang tinggi disebabkan pengurangan kadar air sehingga porositas menjadi minimum, memiliki kemampuan kedap air yang tinggi, serta deformasi susut yang rendah. Keawetan jangka panjang juga lebih baik. Tetapi semua hal tersebut hanya dapat dicapai apabila pada campuran mengalami deformability yang tinggi dan tidak mengalami segregasi (Yogie Risdianto, 2010).

Workabilitas *Self Compacting Concrete* (SCC)

1. *Slump Cone*

Pengujian *Slump Cone* berbeda dengan pengujian *Slump* yang digunakan pada beton konvensional, pada pengujian *Slump Cone* ini alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil diletakkan dibawah dan diameter yang besar terletak diatas. Pengujian dengan *Slump Cone* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (*Filling ability*).



Gambar 1. Slump Cone

2. *V-Funnel Test*.

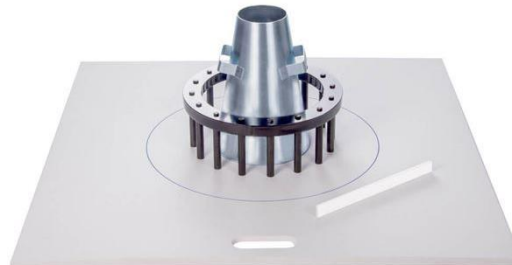
Metode ini dikembangkan pertama kali di Jepang dan digunakan oleh Ozawa. Alat ini terdiri dari corong berbentuk V yang dapat dilihat pada gambar 3. Pengujian dengan menggunakan *V-Funnel* berguna untuk mengukur flowabilitas dari campuran beton, dimana kemampuan campuran beton untuk mengisi ruang (*Filling Ability*) dapat dilihat. Selain itu pengujian dengan menggunakan *V-Funnel Test* dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan campuran beton untuk menahan *segregasi* (*Segregation Resistance*).



Gambar 2 Alat V-Funnel

3. J-Ring Test

Pengujian J-Ring test digunakan untuk mengetahui kemampuan passing ability beton segar SCC. Alat uji berupa lingkaran tulangan baja terbuka dengan tulangan baja vertikal. Lingkaran tulangan baja tersebut 33 dikombinasikan dengan peralatan slump flow test T50 sehingga dalam satu alat dapat digunakan untuk mengukur filling ability dan passing ability. Pengujian J-Ring digunakan untuk mengetahui luas aliran oleh beton segar SCC dalam melewati hambatan (tulangan). Luas aliran berdiameter 500 mm dalam rentang waktu 2-5 detik, sementara diameter akhir pada pengujian J-Ring ± 10 mm.



Gambar 3 Alat J-ring

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui komposisi *Mix Design SCC* secara optimal pada beton mutu 35 MPa.
2. Mengetahui tingkat *Flowability*, *Workability*, dan *Passing Ability*, dengan penambahan admixture Sika Viscoflow 3660 LR terhadap campuran beton.
3. Mengetahui kuat tekan yang dihasilkan dari penambahan admixture sika viscoflow 3660 LR terhadap *Mix Design SCC*.
4. Mengetahui penggunaan dan penerapan metode *SCC*

Manfaat yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai informasi dalam mendesain beton SCC dalam skala laboratorium, dan diharapkan dari penelitian ini juga dapat berkembang penerapannya pada pekerjaan beton SCC di lapangan.

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian formulasi *SCC* dimulai dari tahapan penyiapan agregat, pemeriksaan agregat, design campuran, percobaan campuran, uji kuat tekan sampel uji, pembahasan, dan kesimpulan serta saran.

Agregat yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat kasar dari quarry bungo, agregat halus quarry bungo, semen tiga roda tipe I, bahan *additive super plasticizer* sika viscoflow 3660LR, silikafume, dan air pencampur dari air PDAM tirta mayang kota Jambi.

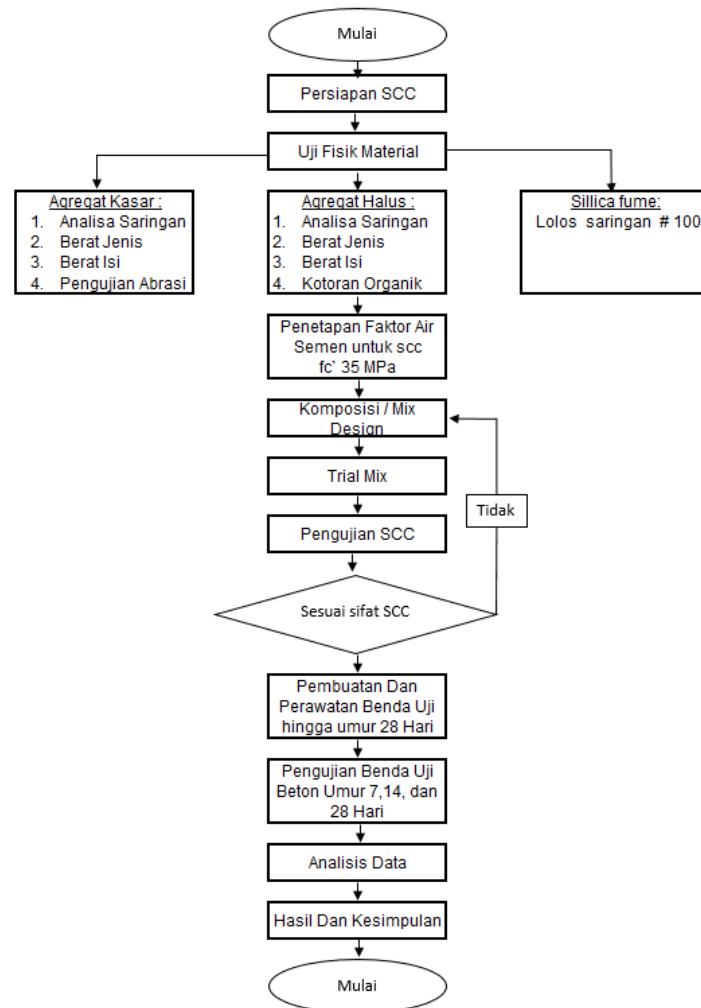
Benda uji beton silinder dibuat 6 sampel. Pengujian kuat tekan umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari .Untuk mengetahui sifat karakter *SCC* dilakukan pengujian sebagai berikut :

Tabel 1 Karakter Sifat *SCC*

Karakter Sifat <i>SCC</i>	Pengujian Yang dilakukan
Kemampuan Mengisi (<i>Filling Ability</i>)	Slump Flow
Kemampuan Melewati (<i>Passing Ability</i>)	J-Ring
Viskositas (<i>Viscosity</i>)	T-500 Slump Flow V-Funnel
Ketahanan Segregasi (<i>Segregation Resistance</i>)	V-Funnel At 5 Minutes

Sumber: Spesifikasi Khusus-Interim direktorat jenderal bina marga tahun 2017

Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah seperti bagan alir berikut:



Gambar 4 Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Agregat

Hasil uji agregat kasar sebagaimana terlihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Ringkasan hasil Pengujian Agregat Kasar

No	MACAM PENGUJIAN	HASIL UJI	SYARAT MUTU	METODE UJI / STANDARD	
1	Berat Jenis Gr/cc				
	- BJ Kering / Oven Dry	2,580 gr/cc		AASHTO T-85-74	
	- BJ JKP / SSD	2,623 gr/cc	Min 2,1	(ASTM C-127-68)	
	- BJ Semu/Apparent	2,697 gr/cc			
2	- Peresapan / Absorption (%)	1,685 %	Maks. 2,5%		
	Ketahanan Agregat thdp Keausan / Abrasi Test	14,28 %	Maks. 40 %	ASTM C-31-69	
3	Berat Isi / Unit Weight :				
	- Lepas / Gembur (Kg/Liter)	1,310 Kg/L	Min. 1,2	ASTM C-29/29M-91a	
4	- Padat	1,406 Kg/L			
	Analisa Saringan(Persentase Lolos)	1/2 "	100,00 %	100	Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Div.7
		3/8"	99,66 %	90-100	
	No. 4	38,29 %	20-55		
	8	2,87 %	5-30		
	16	0,00 %	0-10		
50	0,00	0-5			

Tabel 3 menunjukkan hasil uji agregat halus memenuhi syarat mutu yang ASTM C-33-03 dan spesifikasi bina marga tahun 2018.

Tabel 3 Ringkasan hasil Pengujian Agregat Halus

No	MACAM PENGUJIAN	HASIL UJI PASIR	SYARAT MUTU	METODE UJI / STANDARD
1	Berat Jenis			
	- Over Dry	2,477 gr/cc		AASHTO T-84
	- SSD	2,538 gr/cc	Min. 2,1	(ASTM C-128-93)
	- Semu/Apparent	2,638 gr/cc		
	- Absorption	2,459 %	Maks. 5%	
2	Berat Isi			
	- Gembur	1,537 Kg/L	Min, 1,2	ASTM C-29/29M-91a
	- Padat	1,614 Kg/L		
3	Organic Impurities	No.3	Standar No.3	ASTM C-40-04
4	Analisa Saringan / Gradasi	Persen Lolos	Persen Lolos	
	3/8 "	100,000 %	100,00	
	N0. 4	100,000 %	95-100	
	N0. 8	93,731 %	80-100	
	N0. 16	73,306 %	50-85	Spesifikasi Bina Marga Tahun
	N0. 30	43,782 %	25-60	2018 Div.7
	N0. 50	22,447 %	5-30	
	N0. 100	1,719 %	0-10	
	Modulus Kehalusan (MK)	2,650	2,4 - 3,0	ASTM C-33

Formula SCC

Perencanaan campuran beton di Indonesia mengacu pada SNI 03-2843-2000 atau SNI 7656:2012. Perencanaan SCC perlu penyesuaian terhadap komposisi material. Penyesuaian penggunaan air karena adanya efek superplastisizer dan perbandingan agregat halus terhadap agregat kasar. Pada beton konvensional proporsi agregat halus sama atau lebih sedikit dibandingkan agregat kasar sedangkan pada beton SCC proporsi agregat halus harus lebih besar dibandingkan dengan agregat kasar agar kemampuan mengalir lebih baik.

SCC sebagai suatu varian beton yang memiliki karakteristik sebagai beton yang memiliki tingkat *workabilitas* yang baik mesti memenuhi kriteria penerimaan seperti pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4 Kriteria Beton SCC

No.	Metode Pengujian	Satuan	Kriteria Penerimaan	
			Minimum	Maksimum
1	Slump Flow	Mm	550	850
2	V Funnel	Detik	6	12
3	L-Box	H2/H1	0.8	1.0
4	J-Ring		0	1
5	T-500 Slump Flow	Detik	2	5
6	GTM Screen Avility	%	0	1

Sumber: Spesifikasi Khusus-Interim direktorat jenderal bina marga tahun 2017

Trial and error dilakukan untuk mendapatkan formula yang tepat dalam pembuatan beton SCC. Mulai dari *trial* menentukan FAS, proporsi agregat halus terhadap agregat kasar, penambahan *powder*, hingga variasi persentase bahan tambah (*additive*) superplastisizer. Dari sekian banyak *trial and error* yang dilakukan, tiga diantaranya ditampilkan seperti tabel dibawah ini :

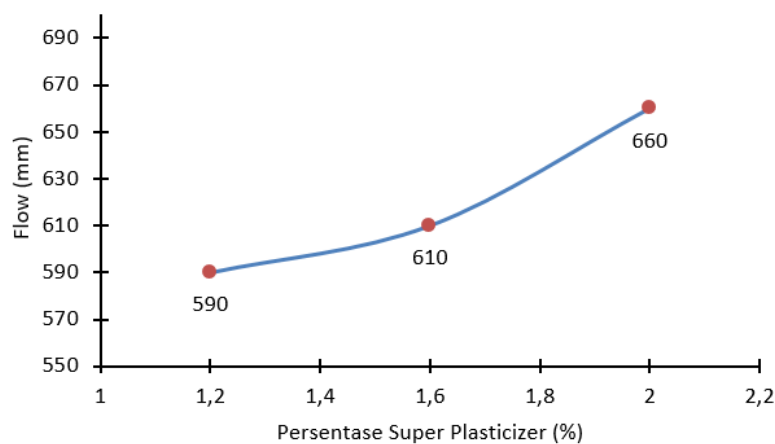
Tabel 5 Tabel Formula Percobaan beton SCC

Formula	Komposisi/m ³ (Kg)	Slump Flow (mm)	J-Ring (mm)	T-500 Slump Flow (detik)
Formula 1				
Air	183			
Semen Tipe I	485			
Agregat Kasar	734	580	550	13
Agregat Halus	868			
Silikafume	24,3			
Sika Viscoflow 3660 LR	8,15			
Formula 2				
Air	179			
Semen Tipe I	485			
Agregat Kasar	734	650	570	9
Agregat Halus	868			
Silikafume	24,3			
Sika Viscoflow 3660 LR	9,17			
Formula 3				
Air	169			
Semen Tipe I	485			
Agregat Kasar	734	660	640	4
Agregat Halus	868			
Silikafume	24,3			
Sika Viscoflow 3660 LR	10,2			

Dari beberapa formula pada tabel di atas, formula 3 adalah formula yang cukup baik dan memenuhi kriteria penerimaan beton SCC untuk f_c' 35 MPa. Kemampuan mengisi dari uji *slump flow*, kemampuan melewati dari uji J-Ring, dan kemampuan mengalir dari uji t-500 slump flow memenuhi kriteria penerimaan beton SCC berdasarkan spesifikasi khusus-interim direktorat jenderal bina marga tahun 2017 tentang beton memadat sendiri.

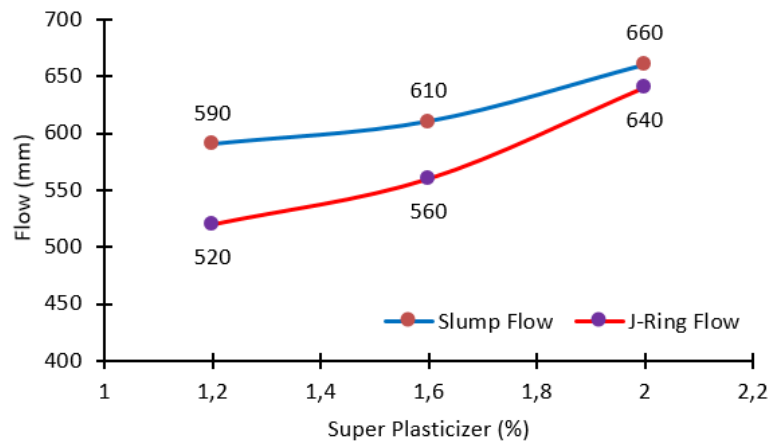
Filling Ability dan Passing Ability

Dari pengujian *Filling ability* yang sudah dilakukan, dapat diamati bahwa penggunaan campuran SCC dengan memakai superplastisizer dosis 1,2% ; 1,6%, 2% tidak berpengaruh terhadap *Filling Ability* dari campuran beton segar. Dalam hal ini *filling ability* campuran beton segar sudah dalam kondisi yang memenuhi kriteria sebagai *Self Compacting Concrete* yang amat baik dilihat dari nilai *flow* yang memenuhi syarat (550-850 mm) seperti ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Flowability SCC

Dari pengujian metode *Slump flow* dan J-ring persentase/dosis superplastisizer sangat berpengaruh terhadap *Passing ability* campuran beton segar SCC. Selisih nilai *slump flow* dan J-ring flow pada dosis superplastisizer 2% < 25 mm, dibandingkan 50 mm pada dosis 1,6% dan 70 mm pada dosis 1,2% (Gambar 6).



Gambar 6 Pengujian J-Ring Flow dan Slump Flow.

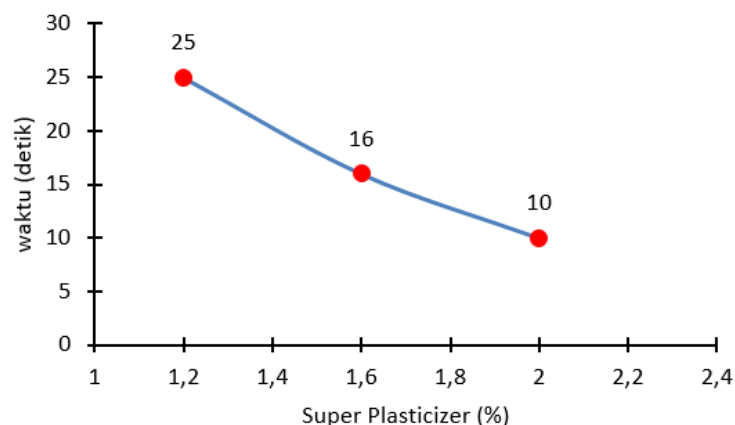
Selisih antara J-ring flow dan slump flow kurang dari 2,5 cm memenuhi kriteria sebagai *Self Compacting Concrete (SCC)*. ASTM C-1621 memberikan kriteria nilai selisih pengujian J-Ring dan Slump Flow terhadap kemampuan melewati elemen struktur tulangan yang rapat dimana 0-25 mm dikategorikan tidak terlihat pemblokiran, > 25-50 mm dikategorikan terlihat adanya pemblokiran, >50 mm dikategorikan terlihat pemblokiran yang ekstrim (Tabel 6)

Tabel 6 Kriteria perbedaan nilai flow dan J-ring Flow

Dosis	Difference Between Slump Flow And J-Ring (mm)	Blocking Assesment
2,0	20	0 to 25 mm <i>No Visible blocking</i>
1,6	50	>25 to 50 mm <i>Minimal to Noticeable blocking</i>
1,2	70	> 50 mm <i>noticeable to extreme Blocking</i>

Viscositas

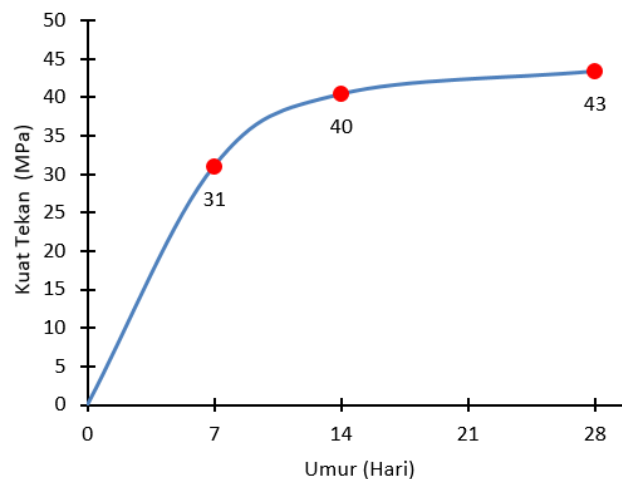
Viscositas adalah kemampuan beton SCC untuk menjaga kondisi adukan beton tetap homogen. Dari hasil penelitian pada Gambar 7 menunjukkan semakin bertambahnya persentase/dosis superplastisizer sika viscoflow 3660 LR campuran beton SCC akan semakin cepat mengalir. Pada dosis superplastisizer 1,2% waktu mengalir lebih lambat 11 detik daripada dosis 1,6%. Dosis 1,6% waktu mengalir lebih lambat 4 detik daripada dosis 2%. Semakin cepat campuran beton SCC mengalir berarti viscositas campuran SCC semakin kecil. Dari 3 pengujian hanya pada dosis 2% yang memenuhi kriteria beton SCC.



Gambar 7 Viscositas V-Funnel SCC

Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton (*Compression Test*) merupakan pengujian beton keras dengan cara destruktif dimana pengujian berfungsi untuk mengetahui kuat tekan beton yang dihasilkan di setiap umur beton yang dikehendaki. Pada beton SCC kuat tekan hanya untuk sebagai bagian kontrol kualitas. Kuat tekan dilakukan terhadap 6 benda uji silinder ukuran 15 x 30 cm. Untuk umur benda uji 7 hari, 14 hari, dan 28 hari masing-masing umur 2 benda uji. Hasil kuat tekan ditampilkan pada gambar berikut :



Gambar 8 Kuat Tekan Beton SCC

Hasil pengujian menunjukkan pada umur 7 hari kuat tekan sudah mencapai berkisar 72% dari nilai kuat tekan rata-rata rencana (f_{cr} 43 MPa) yaitu 31 MPa. Pada umur 14 hari kuat tekan mengalami kenaikan hingga 40 MPa, lalu pada umur 28 hari mengalami kenaikan lagi hingga mencapai 43 MPa. Kuat tekan beton SCC pada umur 28 hari memenuhi kuat tekan rata-rata rencana.

Setelah memperoleh hasil dari penelitian ini rencana tahapan berikutnya adalah melaksanakan penelitian skala lapangan mengenai beton SCC dengan pihak-pihak terkait seperti produsen beton Ready Mix. Penelitian skala lapangan ini sangat penting agar pedoman beton SCC yang telah diperoleh dari penelitian ini dapat diterapkan untuk pelaksanaan beton SCC di lapangan.

SIMPULAN

1. Formula yang cukup baik untuk SCC $f_{c'}$ 35 MPa yaitu air 169 kg/m³, semen tipe I : 485 kg/m³, agregat kasar : 734 kg/m³, agregat halus : 868 kg/m³, silikafume : 24,3 kg/m³, dan sika viscoflow 3660 LR : 10,2 kg/m³.
2. Semakin banyak penambahan *super plasticizer* sika viscoflow 3660 LR tingkat workability pada campuran SCC akan semakin baik. Penambahan *super plasticizer* sika viscoflow 3660 LR 2% lebih memenuhi syarat *self compacting* pada SCC.
3. Kuat tekan SCC $f_{c'}$ 35 MPa pada umur 7 hari : 31 MPa, 14 hari : 40 MPa, dan 28 hari : 43 MPa memenuhi target kuat tekan yang direncanakan (sama atau lebih besar dari 35 MPa).
4. Dalam penggunaan SCC dapat meningkatkan *Workability* pada campuran beton sehingga lebih memudahkan dalam proses pengecoran beton misalnya pada penulangan yang rapat adukan beton dapat dengan mudah mengalir dan mengisi ruang-ruang kosong tanpa perlu dilakukan proses pemadatan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada LPPM Universitas Batanghari atas bantuan biaya penelitian dan PT. Citra Prasasti Konsorindo serta PT Marta Teknik Tunggal atas bantuan material pembuat beton.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Manual of Concrete Practice Part 1, 1995
- ASTM. Concrete and Aggregates. Annual Book of ASTM Standard Vol. 04.02. American Society for Testing and Aggregats. Philadelphia. 1993
- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. Pengendalian Mutu Pekerjaan Beton. Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan. Bandung.
- EFNARC. Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. 2002
- Hadi, A.K., Supardi, S., Maruddin, M., Yusuf, A.A.A., Samsuddin, R. H., 2021. Metode *Self Compacting Concrete* (Scc) Terhadap Sifat Mekanis Beton. PENA TEKNIK. Vol. 6 no. 1. Maret 2021.
- Mulyono Tri. 2003. Teknologi Beton. Penerbit Andi Offset. Jakarta.
- Neville, A.M, JJ Brooks. 2010. Concrete Technology. 2nd edition. Pearson Education Limited. England
- Risdianto, Y. 2010. Penerapan Self Compacting Concrete (SCC) pada beton mutu normal. Jurnal Teknik WAKTU. Volume 08 nomor 02.
- Sasanipour, H., & Aslani, F. (2020). Durability Properties Evaluation Of Self-Compacting Concrete Prepared With Waste Fine And Coarse Recycled Concrete Aggregates. Construction And Building Materials, 236, 117540.
- SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton

SNI 03-2834-2000. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal

Spesifikasi Khusus-Interim Direktorat Jenderal Bina Marga. Beton Mamadat Sendiri

Suhendra. 2018. Kajian Pengaruh Variasi Material terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Civronit* Volume 3 No. 1

Sutriono. 2018. Pengaruh silika fume sebagai substitusi semen terhadap nilai resapan dan kuat tekan mortar. Surabaya.