

STUDI PERANCANGAN BETON HEMAT ENERGI (*SELF COMPACTING CONCRETE*) UNTUK BETON NORMAL, $f_c' = 25\text{MPa}$ DENGAN METODE ACI MODIFIKASI

Irfani Asraar,¹⁾ Syahrudin imansyah,²⁾ dan Crisna Djaja Mungok²⁾

Abstrak

Penelitian ini merupakan perancangan beton hemat energi (*SELF COMPACTING CONCRETE*) SCC $f_c' = 25\text{ Mpa}$ dengan metode ACI Modifikasi. Setelah melakukan analisa bahan di Laboratorium Bahan Bangunan dan Konstruksi didapat hasil analisis agregat halus (pasir). Kadar organik didapat standar organik plate nomor 3, berwarna kecoklat-coklatan berdasarkan SII 0052 pasir dapat digunakan dalam campuran beton. Kadar lumpur pasir yang terkandung didalam pasir sebesar 0,12%, dari nilai tersebut memenuhi syarat ASTM C.33 yaitu $\leq 5\%$. Kadar air pasir didapat nilai 3,24%. Gradasi pasir diperoleh modulus kehalusan pasir sebesar 3.17. Berat jenis curah (kondisi kering) rata-rata 2,545, sedangkan untuk berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) rata-rata sebesar 2,564, untuk penyerapan (absorsi) 0,766%. Berat volume rata-rata yaitu 1,415 kg/liter. Untuk analisa agregat kasar (batu) didapat kadar air 0,836%. Hasil gradasi agregat kasar diperoleh modulus kehalusan butir sebesar 2,74. Berat jenis curah (kondisi kering) rata-rata 2,532, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) rata-rata sebesar 2,576, penyerapan air (absorsi) rata-rata sebesar 1,734%. Berat volume rata-rata sebesar 1,577kg/liter. Keausan agregat sebesar 22,05% < 40% ini berarti agregat kasar dapat digunakan dalam campuran beton. Kuat tekan beton diteliti pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Beton menggunakan semen PCC, campuran beton ditetapkan dalam perbandingan berat, antara semen : agregat halus : agregat kasar : aditif (*Sika Viscocrete*),

Kata Kunci : Self Compacting Concrete (SCC)

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Dengan semakin berkembangnya teknologi sekarang ini, berdampak pula dengan semakin berkembangnya teknologi beton yang diterapkan dibidang konstruksi. Penerapan metode-metode baru dilakukan demi memperoleh hasil yang maksimal. Di dalam suatu pembangunan gedung maupun infrastruktur lain tidaklah lepas dari peran penggunaan beton. Perkembangan teknologi beton semakin hari semakin pesat seiring dengan berbagai permasalahan yang timbul saat pengerjaan konstruksi. Berbagai macam penelitian telah dilakukan demi memperoleh mutu beton yang lebih baik dari segi kuat tekan (*compressive strength*), kemampuan pengerjaan (*workability*), kemampuan pengaliran (*flowability*), serta keawetannya (*durability*).

Jika dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain, beton mempunyai berbagai keunggulan, antara lain relatif lebih kuat menahan gaya tekan, mudah pengerjaan dan perawatannya, mudah dibentuk sesuai

dengan kebutuhan, tahan terhadap perubahan cuaca, lebih tahan terhadap api dan korosi. Namun demikian, beton juga memiliki berbagai kelemahan, antara lain kuat tarik yang rendah, dan pengerjaan yang terkadang tidak mudah.

Beton memadat sendiri (tanpa penggetar) atau yang lebih sering dikenal dengan SCC (*Self Compacting Concrete*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri tanpa alat pemadat pada saat proses pencetakan di bekisting. Sebagai beton segar, SCC mempunyai tingkat pengaliran yang lebih baik jika dibandingkan dengan tingkat pengaliran dari beton normal. Untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal, sampai dengan sekarang ini banyak sekali penelitian tentang SCC dengan faktor tinjauan yang berbeda-beda.

Perilaku dari SCC yang mampu memadat sendiri sangat bermanfaat pada saat pengecoran dengan tulangan yang relatif rapat, karena sifat beton segar SCC yang lebih *workable*. Untuk mengurangi penggunaan air diperlukan penambahan zat aditif, dalam hal ini biasanya digunakan adalah

superplasticizer. Menurut As'ad (2009) keunggulan SCC dibandingkan dengan beton normal adalah :

a. Ditinjau dari keadaan segar, SCC memiliki kemampuan mengalir dan memadat mandiri.

b. Pencetakan beton dapat dilakukan tanpa menggunakan alat penggetar beton (vibrator), sehingga kondisi di proyek pada saat melakukan pemadatan beton tidak bising.

c. Beton dapat dicetak dengan ukuran yang tipis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Self-Compacting Concrete (SCC) merupakan beton inovatif yang tidak memerlukan getaran untuk penempatan dan pemadatannya. SCC dapat mengalir dengan beratnya sendiri, dapat mengisi bekisting sepenuhnya dan mencapai pemadatan penuh, bahkan pada struktur yang sesak. Beton yang telah mengeras padat, homogen dan memiliki sifat dan daya tahan yang sama dengan beton tradisional. Dikarenakan industrialisasi ada sejumlah besar lumpur merah dan pasir limbah pengecoran yang terbentuk.

Perkembangan teknologi baru dalam ilmu material maju pesat. Dalam tiga dekade terakhir, banyak penelitian dilakukan di seluruh dunia untuk meningkatkan kinerja beton dalam hal kekuatan dan kualitas ketahanan. Akibatnya beton tidak lagi menjadi bahan konstruksi yang terdiri dari semen, agregat, dan air saja, tetapi telah menjadi bahan yang disesuaikan dengan beberapa konstituen baru untuk memenuhi kebutuhan spesifik industri konstruksi. Meningkatnya penggunaan beton dalam konfigurasi arsitektur tertentu dan beton dengan tunjangan rapat telah membuat sangat penting untuk menghasilkan beton yang menjamin kemampuan mengisi yang tepat, kinerja struktural yang baik dan daya tahan yang memadai. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian telah dilakukan di seluruh dunia untuk meningkatkan kinerja sifat beton yang paling penting, dalam hal ini adalah kekuatan dan daya tahannya.

Studi teknologi beton dalam hal peningkatan kekuatan dan daya tahan telah menurun dari makro menjadi mikro sejak tahun 1980. Hingga tahun 1980 penelitian hanya fokus pada kemampuan beton mengalir, hingga meningkatkan kekuatan. Namun daya tahan tidak menarik banyak perhatian dari peneliti

beton. Jenis penelitian telah menghasilkan pengembangan pada SCC, sebuah revolusi yang sangat dibutuhkan dalam industri beton. SCC merupakan beton dengan fluiditas yang jauh lebih tinggi tanpa segregasi dan mampu mengisi setiap sudut dengan berat beton itu sendiri (Okamura 1997). SCC menghilangkan kebutuhan akan getaran baik eksternal maupun internal untuk pemadatan tanpa mengorbankan sifat dasarnya.

Beton ini pertama kali dikembangkan di Jepang pada akhir tahun 80-an untuk memerangi penurunan kualitas beton karena kurangnya tenaga kerja terampil, bersama dengan masalah di sudut mengenai homogenitas dan pemadatan dari cor beton di lokasi terutama dengan struktur yang rumit begitu juga untuk peningkatan daya tahan beton dan struktur. Setelah pengembangan SCC di Jepang pada tahun 1988, seluruh Eropa mulai menggunakan revolusi bebas kebisingan yang unik dalam bidang industri konstruksi.

Penelitian SCC di Eropa sangat aktif pada paruh dekade terakhir 1991-2000. Itulah sebabnya, Eropa telah lebih maju dari USA dalam penerbitan spesifikasi dan pedoman untuk SCC (EFNARC 2002). Saat ini, banyak penelitian yang sedang dilakukan di seluruh dunia untuk mengoptimalkan fluiditas beton beserta sifat kekuatan dan daya tahannya tanpa peningkatan yang signifikan dalam biaya. Konferensi Amerika Utara pertama tentang desain dan penggunaan SCC diselenggarakan pada bulan November 2002.

Pada saat ini banyak peneliti yang bekerja diberbagai universitas dan divisi litbang organisasi pemerintah dikarenakan manfaat dari penggunaan beton ini.

SCC pada dasarnya adalah beton yang mampu mengalir ke bekisting, tanpa segregasi, mengisi secara merata dan sepenuhnya disetiap sudut dengan beratnya sendiri tanpa penerapan getaran atau energi lain selama penempatan. Tidak ada beton SCC yang standar. Oleh karena itu, setiap SCC harus dirancang khusus untuk struktur yang akan dibangun. Namun bekerja pada parameter yang mempengaruhi sifat dasar SCC seperti viskositas, deformabilitas, flowabilitas dan ketahanan terhadap segregasi, SCC mungkin proporsional untuk hampir semua jenis struktur beton.

Untuk membentuk sebuah proporsi campuran beton yang sesuai untuk SCC, persyaratan kinerja harus didefinisikan dengan mempertimbangkan kondisi struktural seperti bentuk, dimensi, kepadatan rangka dan kondisi konstruksi. Dimana kondisi konstruksi meliputi metode transportasi, penempatan, finishing dan curing. Kebutuhan spesifik dari SCC adalah kemampuannya untuk pepadatan sendiri, tanpa getaran, dalam kondisi segar. Kemampuan lainnya seperti kekuatan dan daya tahan harus dapat mencapai kekuatan yang sama dengan beton normal.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja beton, berikut tiga jenis SCC yang tersedia.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berupa percobaan yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Setelah dilakukan analisa bahan, maka dapat dilakukan perhitungan campuran beton

- a. SCC tipe Powder : Proporsional untuk mendapatkan self-compactability yang dibutuhkan dengan mengurangi rasio air-bubuk (material < 0.1mm) dan memberikan daya tahan segregasi yang memadai. *Super plasticizer* dan *air entraining admixtures* memberikan yang deformabilitas dibutuhkan.
- b. SCC tipe Viskosity agent : Tipe ini proporsional untuk mendapatkan self-compactation dengan menggunakan admixtures yang memodifikasi viskositas untuk memberikan daya tahan terhadap segregasi. *Super plasticizer* dan *air entraining admixtures* memberikan yang deformabilitas dibutuhkan.
- c. SCC tipe Kombinasi : Tipe ini proporsional untuk mendapatkan self-compactability juga terutama dengan mengurangi rasio bubuk-air, seperti dalam tipe Powder, dan admixtures yang memodifikasi viskositas ditambahkan untuk mengurangi fluktuasi kualitas dari beton segar karena variasi kelembaban permukaan agregat dan gradasi mereka selama produksi. Hal ini memudahkan kontrol produksi beton.

berdasarkan metode ACI Modifikasi. Metode ACI Modifikasi ini dalam perancangannya sama seperti ACI tapi terdapat koreksi Agregat sesuai dengan kondisi lapangan, jadi agregat tidak dalam kondisi SSD.

Pekerjaan penelitian meliputi:

- a. Pemeriksaan material
- b. Pembuatan sampel silinder berdiameter $\varnothing 15$ cm dan tinggi 45 cm dengan jumlah sampel sebanyak 30 benda uji. Yaitu beton normal 15 buah, 15 buah beton normal + sika viscorete 1 % dan 15 buah beton normal + sika viscorete 2 %

c. Pengadukan Campuran

Adukan beton yang telah merata dituang ke dalam tempat cetakan yang telah disiapkan, sebelumnya cetakan telah diolesi dengan Oli, dalam hal ini cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran $\varnothing 15$ cm dan tinggi 30 cm.

d. Pengetesan Sampel

Pengetesan sampel terbagi menjadi 2 yaitu

1. Pengetesan beton segar yaitu pengujian slump flow dan pengetesan L Box

1. Pengujian Slump Flow (ASTM C1611) – Memberikan informasi kemampuan dalam mengisi (mengalir) dan kemampuan melalui (untuk campuran stabil, tingginya kemampuan mengalir berbanding lurus dengan kemampuan melalui). Prosedur: Secara umum, pengujian *slump flow* mirip dengan pengujian *slump* standar (ASTM C143/C143M). Slump cone diletakkan di tengah pelat *slump flow* dengan bukaan besar menghadap ke bawah. *Slump cone* diisi SCC dalam satu kali tuang (tanpa dirojok).

Slump cone kemudian diangkat dengan ketinggian $\pm 7,5$ cm agar pasta beton dapat mengalir di atas papan slump. *Slump flow* adalah diameter dari rata-rata diameter yang diambil dari dua arah. Besar perbedaan antara dua diameter yang didapat menandakan tidak meratanya tingkat permukaan. SCC umumnya mempunyai *slump flow* antara 50 cm sampai 70 cm. Dikarenakan sifat yang cair dari SCC, maka pada saat proses pengisian slump cone harus ditekan ke bawah dengan erat untuk mencegah agar pasta beton tidak mengalir keluar.



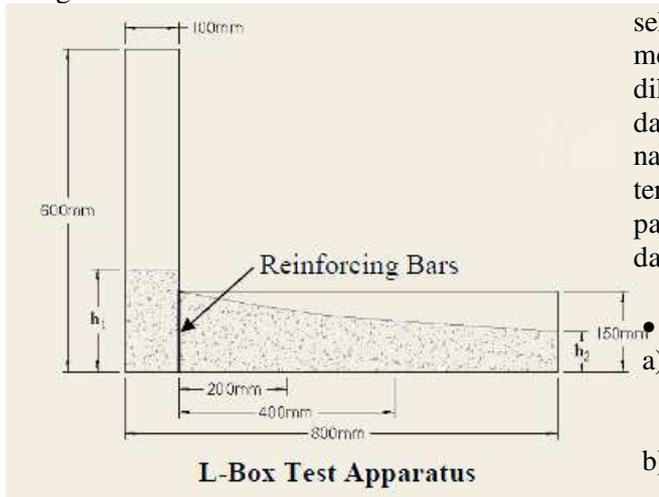
Gambar 1. Pengujian slump flow

2. Uji L-Box

Uji ini, didasarkan pada desain Jepang untuk penerapan beton bawah air. Pengujian ini menilai aliran beton, dan juga sejauh mana beton mengalami dihalangi oleh tulangan. Alat ini tersusun dari kotak bagian persegi panjang dalam bentuk 'L', dengan bagian vertikal dan horisontal, dipisahkan oleh gerbang yang dapat digerakkan. Bagian vertikal diisi dengan beton, dan kemudian pintu gerbang diangkat untuk membiarkan aliran beton ke bagian horisontal. Ketika aliran berhenti, ketinggian beton pada akhir bagian horisontal dinyatakan sebagai proporsi yang tersisa di bagian vertikal (H_2/H_1 dalam diagram). Hal ini

menunjukkan kemiringan beton ketika pada aliran berhenti. Ini merupakan indikasi kemampuan melewati.

Bagian horizontal kotak dapat ditandai pada 200 mm dan 400 mm dari gerbang dan waktu yang diperlukan untuk mencapai titik-titik diukur. Ini dikenal sebagai waktu T20 dan T40 dan merupakan indikasi untuk kemampuan mengisi.



Gambar 2. L Box

Pada bagian rangka diameternya dapat berbeda-beda dan rangka dengan interval yang berbeda: sesuai dengan pertimbangan tulangan normal, 3x ukuran agregat maksimum adalah ukuran yang umum digunakan.

Prinsipnya rangka dapat ditetapkan pada jarak apapun untuk menguji kemampuan melalui beton.

- *Penilaian tes*

Ini pengujian yang secara luas digunakan, cocok untuk pengujian di laboratorium, dan

mungkin pengujian di lokasi. Pengujian ini menilai kemampuan mengisi dan melewati SCC, dan kekurangan stabilitas (segregasi) yang serius dapat dideteksi secara visual. Segregasi juga dapat terdeteksi dengan melihat dan memeriksa bagian horizontal dari beton. Sayangnya tidak ada kesepakatan tentang bahan, dimensi, atau pengaturan rangka tulangan, sehingga sulit untuk membandingkan hasil tes. Tidak diketahui pengaruh dinding aparatus dan 'efek dinding' pada aliran beton, namun pengaturan ini, sampai batas tertentu, meniru apa yang terjadi pada beton di lokasi bila terkurung dalam bekisting.

- *Prosedur*

- Sekitar 14 liter beton diperlukan untuk melakukan tes, sampel normal.
- Tempatkan aparatus di permukaan lantai yang kokoh, pastikan bahwa pintu geser dapat membuka dan menutup dengan leluasa.
- Lembabkan permukaan di dalam aparatus, buang kelebihan air.
- Isi bagian vertikal aparatus dengan sampel beton.
- Biarkan selama 1 menit.
- Angkat pintu geser dan biarkan beton mengalir keluar ke bagian horizontal.
- Bersamaan, memulai stopwatch dan catat waktu yang diperlukan beton untuk mencapai tanda 200 dan 400 mm.

- h) Ketika beton berhenti mengalir, jarak "H1" dan "H2" diukur.
- i) Hitung H2/H1, Rasio halangan.
- j) Seluruh tes harus dilakukan dalam waktu 5 menit.

- 2. Setelah melewati masa perawatan atau perendaman, benda uji perlu dikeluarkan untuk dipersiapkan guna test tekan silinder sesuai umur harinya (3, 7, 14, 21 dan 28 hari).

4. ANALISIS HASIL PENELITIAN

1. Hasil Pengujian Beton segar

a. Slump Flow

Hasil pengujian dari *flow table* atau *slump flow* dari masing-masing campuran *self compacting concrete* dapat dilihat pada Tabel

Tabel 1. Hasil pengujian *flow table self compacting concrete*

No	Nama Sampel	Diameter (mm)	t ₅₀₀ (dt)	Kecepatan (mm/dt)
1	ACI Modifikasi + Visco 1%	500	3,00	166,67
2	ACI Modifikasi + Visco 2%	595	2,00	297,50
ICAR ¹		≥ 500	2 - 7	

Untuk mencapai jarak dengan diameter 500 mm *self compacting concrete* ACI Modifikasi + Visco 2% memiliki kecepatan dan diameter paling besar dibandingkan dengan *self compacting concrete* ACI Modifikasi + Visco 1%. Jumlah Visco yang tinggi mempengaruhi dari kecepatan pengaliran atau *flowability* dari beton tersebut.

Penambahan Viscocrete juga sangat berpengaruh terhadap diameter *flow* beton. Hasil menunjukkan bahwa dengan penambahan Sika Viscocrete. meningkatnya *flowability* beton, maka besarnya diameter *flow* yang dihasilkan semakin besar pula.

b. L-Box

Hasil pengujian dari *L-Box* dari masing-masing campuran *self compacting concrete* dapat dilihat pada Tabel

Tabel 2. Hasil pengujian *L-Box self compacting concrete*

No	Nama Sampel	<i>L-Box test</i>				
		t ₂₀₀ (dt)	t ₄₀₀ (dt)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₂ /h ₁
1	ACI Modifikasi + Visco 1%	2	6	60	50	0,833
2	ACI Modifikasi + Visco 2%	2	4	85	55	0,647
Standart ICAR ¹						0,80 - 0,85

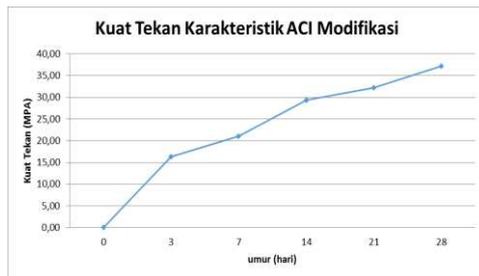
Hasil *L-Box* untuk ACI Modifikasi + Sika Viscocrete 2 % memiliki nilai nilai perbandingan h₁ dan h₂ yaitu sebesar 0,647 lebih rendah dibandingkan dengan ACI Modifikasi + Sika Viscocrete 1% yaitu sebesar 0,833 sedangkan standar ICAR yaitu 0,80 - 0,85 sehingga ACI Modifikasi + Sika Viscocrete 2% tidak memenuhi standr ICAR

2. Hasil Kuat Tekan
1. Hasil Kuat Tekan ACI Modifikasi

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton

Umur	Kuat Tekan Karakteristik (MPa) Rata-Rata
3	16.25
7	20.99
14	29.40
21	32.25
28	37.19

Dari Tabel diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan pengaruh Beton normal dengan menggunakan metode ACI pada Grafik



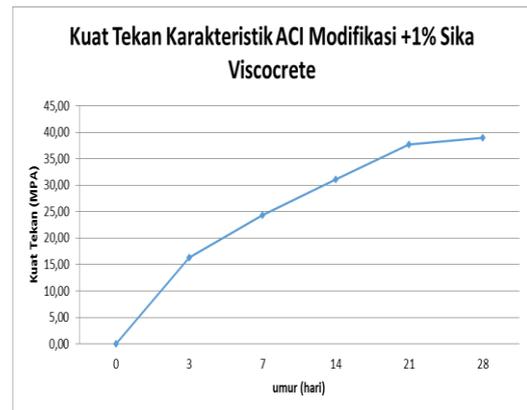
Grafik 3. Kuat tekan karakteristik ACI Modifikasi

2. Hasil Kuat Tekan ACI Modifikasi + Sika Viscocrete 1%

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan beton

Umur	Kuat Tekan Karakteristik (MPa) Rata-Rata
0	0.00
3	16.26
7	24.30
14	31.11
21	37.74
28	38.95

Diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan pengaruh Beton normal dengan menggunakan metode ACI pada Grafik



Grafik 4. Kuat tekan karakteristik ACI Modifikasi + 1% Sika Viscocrete

3. Hasil Kuat Tekan ACI Modifikasi + 2% Sika Viscocrete

3.1. Pengujian kuat tekan

Tabel 5. kuat tekan beton

Umur	Kuat Tekan Karakteristik (MPa) Rata-Rata
0	0.00
3	15.80
7	17.76
14	20.61
21	21.85
28	23.31

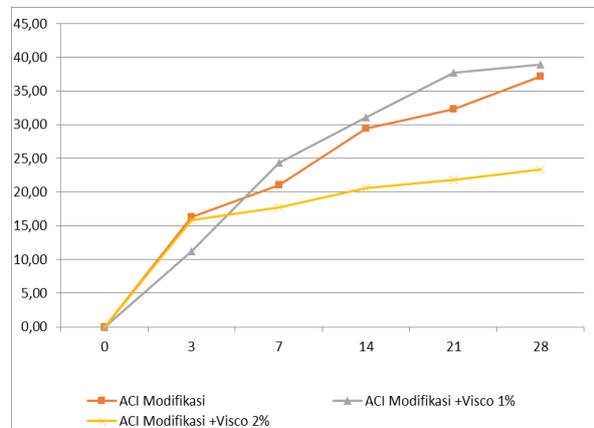
Dari Tabel diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan pengaruh Beton normal dengan menggunakan metode ACI pada Grafik



Grafik 5. Kuat tekan karakteristik ACI Modifikasi + 2% Sika Viscocrete

Tabel 6. Pengaruh penggunaan Sika Viscocrete terhadap kuat tekan beton

Umur	Kuat Tekan Karakteristik (MPa) Rata-Rata ACI Modifikasi	Kuat Tekan Karakteristik (MPa) Rata-Rata ACI Modifikasi + Visco 1%	Kuat Tekan Karakteristik (MPa) Rata-Rata ACI Modifikasi + Visco 2%
3	16.25	16.26	15.80
7	20.99	24.30	17.76
14	29.40	31.11	20.61
21	32.25	37.74	21.85
28	37.19	38.95	23.31



Grafik 6. hasil kuat tekan dengan berbagai variasi benda uji pada tabel

Pemakaian Sika Viscocrete sebanyak 1% mempunyai nilai kuat tekan yang lebih tinggi di bandingkan dengan pemakaian Sika Viscocrete 2% dan beton normal ACI Modifikasi

5. KESIMPULAN

1. Studi perancangan beton hemat energi (*self compacting concrete*) untuk beton normal, $f_c' = 25\text{MPa}$ dengan metode aci modifikasi berdasarkan hasil yang didapat memenuhi syarat – syarat beton self compacting concrete (SCC) untuk benda uji yang menggunakan metode ACI Modifikasi dengan penambahan Sika Viscocrete 1 % yaitu :
 - a) Nilai slump flow yang di dapat lebih 50 cm
 - b) Kuat tekan yang direncanakan 25MPa tercapai
2. Dari hasil pemeriksaan yang telah dilaksanakan di labolatorium, bahwa untuk penambahan Sika Viscocrete yang baik adalah penambahan Sika Viscocrete sebanyak 1% dari semen di bandingkan dengan Sika Viscocrete sebanyak 2%
3. Kuat tekan karakteristik ACI Modofikasi + 1% Sika Viscorete mempunyai nilai yang lebih tinggi di bandingkan dengan ACI Modifikasi, ACI dan ACI Modifikasi + 2% Sika Viscocrete.
4. Berdasarkan hasil kuat tekan karakteristik ACI modifikasi + 2% Sika Viscocrete, pemakaian Sika Viscocrete sebanyak 2% tidak mencapai nilai kuat tekan rencana $f_c' = 25\text{ MPa}$
5. Berdasarkan perhitungan biaya pembedaan ACI Modifikasi dan ACI Modifikasi + 1% Sika Viscocrete terdapat peningkatan harga sebesar 12,87% untuk ACI Modifikasi + 1% Sika Viscocrete dibandingkan dengan ACI Modifikasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- As'ad, Sholihin (2009), *Pengembangan Kanal Fleksibel Berbahan Beton Memadat Mandiri Berserat Limbah Kaleng dan Limbah Plastik*, Usulan Penelitian Hibah Bersaing, Surakarta.
- Chrisna Djaja Mungok, Lusiana, 1998, *Buku Ajar / Handout Teknologi Beton*, Fakultas Teknik, Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Pedoman Beton 1989*, Badan Peneliti dan Pengembangan PU, Jakarta.
- Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen PU, April 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Depertemen PU.
- Edward G Nawy, 1998, *Fundamentals OF Hight Performance Concrete, Civil Engineering and Environmental Rutgers University, The State University Of New Jersey*, Prentice Hall New Jersey.

- Hanafiah, M.Ali, Petunjuk Praktikum, 1995, *Merencanakan Komposisi Campuran Beton Struktural*, Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala Darussalam, Banda Aceh.
- Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992, *Teknologi Beton*, UGM, Yogyakarta.
- Kumar, P. (2006), *Self Compacting Concrete : Methods of Testing and Design*, February 2006, Pp. 86.
- Ludwing, H-M., Weise, F., Hemrich, W. and Ehrlich, N.(2001) Der neue Beton – Selbstverdichtender Beton – Grundlagen und Praxis, Beton Fertigteil (BHF), No. 7, July 2001
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.
- Okamura, H and ouchi, M. (2003) *Self Compacting Concrete*, Vol.1, No.1, 5-15, April 2003, Japan Concrete Institute.