

PENGARUH VARIASI PENGURANGAN AIR DALAM CAMPURAN BETON Fc' 25 MPa PADA PEMBUATAN BETON SCC DENGAN PENAMBAHAN 1% SIKAMENT LN

Abdul Rahman,¹⁾., Crisna Djaja Mungok,²⁾., Asep Supriyadi²⁾

Abstrak

Dalam pembuatan benda uji metode yang digunakan yaitu Metode SNI, dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Semen yang digunakan adalah semen PCC. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan \varnothing 15 cm, dan tinggi 30 cm. Terdapat lima variasi sampel beton yaitu beton +sikament ln 1% -air 0%, beton +sikament ln 1% -air 5%, beton +sikament ln 1% -air 10%, beton +sikament ln 1% -air 15%, dan beton +sikament ln 1% -air 20%. Pengujian/pengetesan benda uji meliputi uji kuat tekan, uji tarik belah, dan uji modulus elastisitas. Dari hasil penelitian nilai kuat tekan karakteristik beton normal dan beton +sikament ln 1% -air 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada umur 28 hari, masing-masing menghasilkan kuat tekan karakteristik beton 33,19 MPa, 31,32 MPa, 26,97 MPa, 28,04 MPa, 37,30 MPa, dan 40,05 MPa. Kuat tarik belah rata-rata beton normal dan beton +sikament ln 1% -air 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% adalah 3,28 MPa, 4,05 MPa, 4,15 MPa, 4,41 MPa, 3,93 MPa, 4,19 MPa. Modulus Elastisitas rata-rata beton normal dan beton +sikament ln 1% -air 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% adalah 21715,142 MPa, 24199,677 MPa, 23506,673 MPa, 21680,005 MPa, 20626,130 MPa, 28326,195 MPa. Dapat disimpulkan bahwa pengurangan air pada penggunaan sikament ln dapat meningkatkan kuat tekan karakteristik beton.

Kata kunci: sikament ln, SCC, kuat tekan beton, tarik belah, modulus elastisitas.

1. PENDAHULUAN

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen berhidrasi, mengelem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti-batu. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, pondasi, jalan, jembatan penyeberangan, struktur parkiran, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair. Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot, beton fiber, beton berkekuatan tinggi, beton berkekuatan sangat tinggi, beton mampat sendiri (*self compacting concrete*) dll.

Beton memadat sendiri (tanpa penggetar) atau yang lebih sering dikenal dengan SCC (*Self Compacting Concrete*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini dicampur memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *admixture superplastiziser* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip grafitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton.

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.
- d. Proses pencetakannya jauh lebih cepat dari pada proses pencetakan beton konvensional.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Self Compacting Concrete (SCC) atau biasa disebut beton memadat mandiri adalah campuran beton yang mampu memadat sendiri tanpa menggunakan alat pemadat atau mesin penggetar (*vibrator*). SCC pertama kali diperkenalkan oleh Okamura pada tahun 1990-an, sebagai upaya mengatasi persoalan pengecoran di Jepang. Campuran SCC segar ini lebih cair daripada campuran beton konvensional. Campuran ini dapat mengalir dan memadat ke setiap sudut struktur bangunan yang sulit dijangkau oleh pekerja dan mengisi tinggi permukaan yang diinginkan dengan rata (*self leveling*) tanpa mengalami *bleeding*. Selain itu campuran ini mampu mengalir melalui celah-celah antar besi tulangan tanpa terjadi segregasi atau pemisahan materialnya. Walaupun sifatnya lebih cair daripada beton konvensional, porositas SCC cenderung lebih kecil daripada beton konvensional pada umumnya karena SCC menggunakan bahan tambah (*admixture*) berupa *superplasticizer*.

Fungsi bahan tambah ini adalah menambah tingkat *workability* campuran beton tanpa harus menambah nilai faktor air semen (*fas*) campuran beton. Nilai *fas* ini mempengaruhi porositas beton, semakin kecil nilai *fas* maka tingkat porositas beton akan cenderung semakin kecil. Tingkat porositas beton inilah yang mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Selain itu, komposisi agregat pada SCC berbeda dengan beton konvensional. Komponen halus pada SCC cenderung lebih banyak daripada

beton konvensional karena SCC memanfaatkan perilaku pasta yang dapat membantu mengalirkan beton segar.

Meningkatnya penggunaan beton dalam konfigurasi arsitektur tertentu dan beton dengan tulangan 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 peningkatan 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.

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 pemadatan 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.

- a. SCC tipe Powder : Proporsional untuk mendapatkan self-compactability yang dibutuhkan dengan mengurangi rasio air-bubuk

3. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini merupakan studi eksperimental, dimana definisi studi eksperimental adalah suatu penelitian yang berusaha untuk mencari pengaruh variable tertentu terhadap variabel yang lain dalam kondisi terkontrol secara ketat dan dilakukan di laboratorium dengan urutan kegiatan yang sistematis dalam memperoleh data sampai data tersebut berguna sebagai dasar pembuatan keputusan/kesimpulan.

Pekerjaan penelitian meliputi:

3.1. Pemeriksaan material.

- a. Pembuatan sampel silinder berdiameter $\varnothing 15$ cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah sampel sebanyak 126 benda uji. Yaitu beton normal 21 buah, 21 buah beton normal + sikament ln 1 % -air 0%, 21 buah beton normal + sikament ln 1 % -air 5%, 21 buah beton normal +

(material < 0.1 mm) 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.

sikament ln 1 % -air 10%, 21 buah beton normal + sikament ln 1 % -air 15%, dan 21 buah beton normal + sikament ln 1 % -air 20%

3.2. Pengadukan Campuran

Adukan beton yang telah merata dituang kedalam 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.

3.3. Pengetesan Sampel

Pengetesan sampel terbagi menjadi 2 yaitu :

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

- Secara umum, pengujian *slump flow* mirip dengan pengujian *slump* standar (ASTM C143/C143M). Slump cone

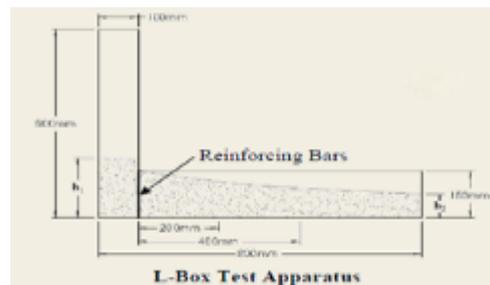
diletakkan di tengah pelat *slump flow* dengan bukaan besar menghadap ke bawah. *Slump cone* diisi SCC dalam satu kali tuang (tanpa dirojok), pastikan sampel tercampur dengan rata dalam proses pencampuran. *Slump cone* kemudian diangkat dengan ketinggian $\pm 7,5$ cm agar pasta beton dapat mengalir di 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.



a. Slump flow

- 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 horisontal 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. 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.



b. L Box

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 horisontal 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 pelaksanaan L-Box Test adalah :

- a) Sekitar 14 liter beton diperlukan untuk melakukan tes, sampel normal.
- b) Tempatkan aparatus dipermukaan lantai yang kokoh, pastikan bahwa pintu geser dapat membuka dan menutup dengan leluasa.
- c) Lembabkan permukaan di dalam aparatus, buang kelebihan air.

- d) Isi bagian vertikal aparatus dengan sampel beton.
- e) Biarkan untuk berdiri selama 1 menit.
- f) Angkat pintu geser dan biarkan beton mengalir keluar ke bagian horisontal.
- g) 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.

1. 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), kuat tarik belah umur 28 hari dan modulus elastisitas umur 28 hari.

4. ANALISIS HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Pengujian Beton segar

Slump Flow

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

Tabel 1. Hasil pengujian flow table self compacting concrete

No	Benda Uji	Slump	Waktu	Kecepatan
		Flow (mm)	(dt)	(mm/dt)
1	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 0 %	600.00	5.00	120
2	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 5 %	523.33	5.00	105
3	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 10 %	390.00	5.00	78
4	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 15 %	365.00	4.00	91
5	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 20 %	223.33	4.00	56
ICAR		≥ 500	2 - 7	

sangat berpengaruh terhadap diameter *flow* beton. Hasil menunjukkan bahwa

Untuk mencapai jarak dengan diameter 500 mm *self compacting concrete* Beton Normal + *Sikament Ln* 1% - Air 0% memiliki kecepatan dan diameter paling besar dibandingkan dengan penggunaan variasi *Sikament Ln* yang lainnya. Pengurangan air juga

dengan pengurangan air maka diameter *flow* yang dihasilkan semakin kecil. Syarat *flow table test* SCC mempunyai waktu t_{500} adalah 6-9 detik dan mempunyai diameter sebaran sebesar 500-628 mm (As'ad,2006). Dari hasil

yang telah diperoleh dalam pengujian *flow table* maka beton dengan

pengurangan air 0% dan 5% memenuhi syarat sebagai SCC.

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



Gambar 3. Uji L-Box

Tabel 2. Hasil pengujian L-Box self compacting concrete

No	Benda Uji	L-Box Test				
		t200 (dt)	t400 (dt)	h1 (mm)	h2 (mm)	(h2/h1)
1	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 0 %	2.00	5.00	8.00	6.50	0.81
2	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 5 %	1.50	5.00	7.50	3.00	0.40
3	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 10 %	1.00	5.00	6.00	1.00	0.17
4	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 15 %	1.00	4.00	4.00	0.00	0.00
5	Beton Normal + Sikament Ln 1 % - Air 20 %	1.00	3.00	4.00	0.00	0.00
ICAR						0,80 - 0,85

Hasil L-Box untuk Beton Normal + *Sikament Ln* 1% - Air 15% dan Beton Normal + *Sikament Ln* 1% - Air 20% memiliki nilai perbandingan h1 dan h2 sebesar 0 karena sampel tidak mengalir melewati t₂₀₀ dan t₄₀₀ sehingga tidak diperoleh data yang diinginkan. Hasil L-

Box untuk Beton Normal + *Sikament Ln* 1% - Air 0%,5%,dan 10% memiliki nilai perbandingan h1 dan h2 masing – masing sebesar 0,81,0,40,dan 0,17. Ha. Standar ICAR yaitu 0,80 – 0,85 sehingga Beton Normal + *Sikament Ln* 1% - Air 0% dengan nilai 0,81 memenuhi standar ICAR.

4.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian dari kuat tekan dari masing-masing campuran *self compacting concrete* dapat dilihat pada table

Tabel 3. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Normal + *Sikament Ln*

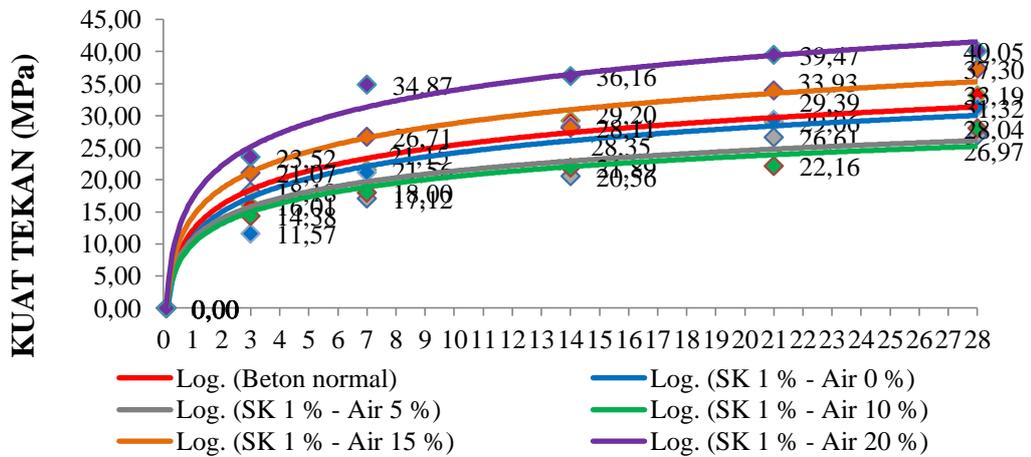
Umur	Kuat Tekan Karakteristik (MPa) Rata-Rata					
	Normal	Sika 1 % - Air 0 %	Sika 1 % - Air 5 %	Sika 1 % - Air 10 %	Sika 1 % - Air 15 %	Sika 1 % - Air 20 %
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	16.01	11.57	18.18	14.38	21.07	23.52
7	21.56	21.15	17.12	18.00	26.71	34.87
14	29.20	28.35	20.56	21.89	28.11	36.16
21	29.06	29.39	26.61	22.16	33.93	39.47
28	33.19	31.32	26.97	28.04	37.30	40.05



Gambar 4. Kuat tekan



Gambar 5. Berat sampel

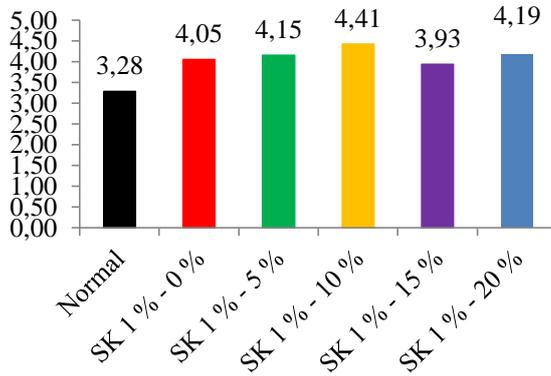


Gambar 6. Perbandingan Kuat Tekan Beton dan umur beton

4.3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian dari kuat tarik belah dari masing-masing campuran *self*

compacting concrete dapat dilihat pada grafik



Gambar 7. Kuat Tarik Belah Beton Normal dan Tarik Belah Beton Normal + *SikamentLn*

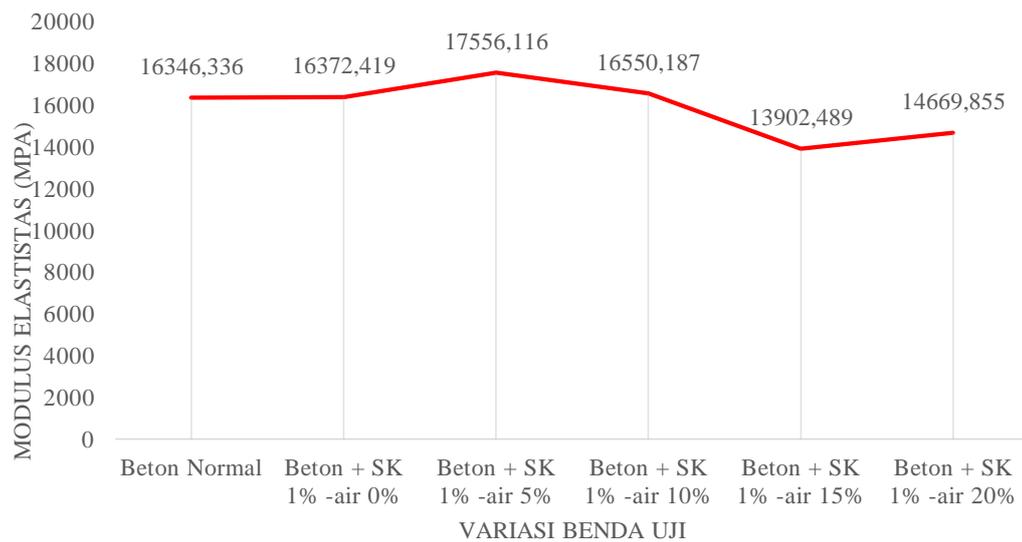
4.4. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Hasil pengujian dari Modulus Elastisitas dari masing-masing campuran

self compacting concrete dapat dilihat pada grafik



Gambar 8. Kuat tarik belah dan modulus elastisitas



Gambar 9. Perbandingan Modulus Elastisitas Pengujian dan Perhitungan Teoritis

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton normal yang telah dilaksanakan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil kuat tekan beton rata-rata tertinggi pada semua variasi campuran untuk umur 3, 7, 14, dan 28. Yaitu, (*Sikament Ln* 1% -air 20%) dengan kuat tekan rata-rata
 - b. umur 3 hari 23,52 MPa, umur 7 hari 34,87 MPa, umur 14 hari 36,16 MPa, umur 21 hari 39,47, umur 28 hari 40,05 MPa. Hasil ini memenuhi kuat tekan rencana yaitu f_c' 25 MPa, sehingga hipotesa dari penelitian ini dapat dipenuhi.
- a. Variasi 1 dan 2 yaitu *sikament ln* 1% -air 0%, 5%, memenuhi syarat sebagai beton SCC, sedangkan variasi 3, 4 dan 5 yaitu *sikament ln* 1% -air 10%, 15% dan 20% tidak memenuhi syarat sebagai beton SCC. Akan tetapi, kuat tekan beton jauh lebih tinggi dengan pengurangan air sebesar 15% dan 20%.
- c. Variasi beton +*sikament ln* -air 0%, 5%, dan 10% memiliki nilai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari
 - d. Turunnya mutu beton pada variasi beton +*sikament ln* -air 0%, 5%, dan 10% dikarenakan pada saat pembuatan benda uji atau pengecoran agregat yang digunakan dalam keadaan basah, tidak lagi dilakukan koreksi pada penggunaan airnya.
 - e. Nilai kuat tarik belah rata-rata untuk variasi *sikament ln* 1% -air 10% menghasilkan kuat tarik belah akhir yang paling baik bila di dibandingkan dengan variasi lainnya dengan rata-rata sebesar 4,41 MPa. Sedangkan variasi *sikament ln* 1% -air 0% menghasilkan kuat tarik belah rata-rata sebesar 4,05 MPa, variasi *sikament ln* 1% -air 5% menghasilkan kuat tarik belah rata-rata sebesar 4,15, variasi *sikament ln* 1% -air 15% menghasilkan kuat tarik belah rata-rata sebesar 3,93 Mpa, variasi *sikament ln* 1% -air 20% menghasilkan kuat tarik belah rata-rata sebesar 4,19 MPa.
 - f. Dari hasil perhitungan nilai modulus elastisitas rata-rata beton normal sebesar 21715,142 MPa, *sikament ln* 1% -air 0% sebesar 24199,677 MPa, *sikament ln* 1% -air 5% sebesar 31,32 MPa, 26,97 MPa, 28,04 MPa, nilai tersebut dibawah kuat tekan karakteristik beton normal yaitu 33,19 MPa.

23506.673 MPa, *sikamen ln 1% -air 10%* sebesar 21680.005 MPa, *sikamen ln 1% -air 15%* sebesar 20626.130 MPa, *sikamen ln 1% -air 20%* sebesar 28326.195 MPa.

- g. Dari hasil perhitungan berdasarkan rumus SNI nilai modulus elastisitas rata-rata beton normal sebesar 27396,25 MPa, *sikament ln 1% -air 0%* sebesar 26303,985 MPa, *sikament ln 1% -air 5%* sebesar 29162,733 MPa, *sikament ln 1% -air 10%* sebesar 27546,17 MPa, *sikament ln 1% -air 15%* sebesar 28565,794 MPa, *sikament ln 1% -air 20%* sebesar 23635,907 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

As'ad, Sholihin (2009), *Pengembangan Kanal Fleksibel Berbahan Beton Memadat Mandiri Berserat Limbah Kaleng dan Limbah Plastik*, Usulan Penelitian Hibah Bersaing, Surakarta

Anonim, SNI 03 – 2834 – 2000, Metode Perhitungan Campuran Beton, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

ASTM, 2002, *Concrete and Aggregate*, Annual Book of ASTM Standards 2002, Vol. 04.02, American Society for Testing and Materials, Philadelphia

Anonim, Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, Penerbit Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik, Bandung

ASTM, 2002, *Concrete and Aggregate*, Annual Book of ASTM Standards 2002, Vol. 04.02, American Society for Testing and Materials, Philadelphia

Anonim, SNI 03 – 2834 – 2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian Dan pengembangan, Jakarta

Anonim, SNI 03 – 1974 – 1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian Dan pengembangan, Jakarta

Anonim, SNI 03 – 2491 – 2002, Metode Pengujian Kuat Tarik Belah, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian Dan pengembangan, Jakarta

Anonim, SNI 03 – 2816 – 1992, Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar Atau Beton, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

Anonim, 1990, SNI 03 – 1971 – 1990, Metode Pengujian Kadar Air Agregat, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

- Anonim, 1990, SNI 03 – 1968 – 1990, Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta (ASTM C - 33 dan ASTM C - 136)
- Anonim, 1989, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, SK SNI M – 10 – 1989 – F, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1991, SNI 03 – 2417 – 1991, Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin *Abrasi Los Angeles*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1990, SNI 03 – 1972 – 1990, Metode Pengujian *Slump* Beton, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1991, SNI 03 – 2491 – 1991, Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 2000, SNI 06 – 6369 – 2000, Tata Cara Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Chrisna Djaja Mungok, Lusiana, 1998, *Buku Ajar / Handout Teknologi Beton*, Fakultas Teknik, Universitas Tanjung Pura, Pontianak
- Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992, *Teknologi Beton*, UGM, Yogyakarta
- Okamura, H and Ouchi, M. (2003) *Self Compacting Concrete*, Vol.1, No.1, 5-15, April 2003, Japan Concrete Institute