

# Kajian Perancangan Komposisi Beton Memadat Mandiri dengan Menggunakan Batu Apung

C

**MOHAMAD MUGNI TAUFIK, BERNARDINUS HERBUDIMAN**

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

e-mail: mmugnitaufik@gmail.com

## ABSTRAK

*Beton ringan memadat mandiri atau Lightweight Self-Compacting Concrete (LWSCC) merupakan suatu inovasi teknologi beton. Memiliki kelecakan tinggi, bobot ringan dan kuat tekan struktural, penggunaan LWSCC diharapkan dapat memangkas biaya konstruksi secara signifikan. Bahan yang digunakan antara lain batu apung, RCC-15 serta superplasticizer. Komposisi yang digunakan adalah volume agregat kasar dari volume agregat total ( $V_{ca}/V_a$ ) sebesar 40 %; kadar RCC-15 17,5 %, 20 % dan 22,5 % dari powder; dosis superplasticizer 0,9 %, 0,95 %, 1,0 %, 1,05 % dan 1,1 % dari powder. Terdapat 15 mix design dengan 3 benda uji untuk setiap mix design. Pengujian yang dilakukan adalah uji slump flow, uji kuat tekan, dan penimbangan benda uji untuk mengetahui berat isi. Semua benda uji memenuhi syarat karakteristik SCC, dengan slump flow antara 53,5 cm hingga 74,5 cm, dan diketahui bahwa slump flow membesar apabila dosis superplasticizer ditambah. Semua mix design menghasilkan beton ringan, dengan berat isi maksimum 1.592 kg/m<sup>3</sup>. Namun kuat tekan seluruh benda uji tidak mencapai kuat tekan struktural, dengan kuat tekan yang dihasilkan maksimum sebesar 14,21 MPa.*

**Kata kunci:** beton memadat mandiri, perancangan komposisi, batu apung

## ABSTRACT

*Lightweight concrete that compact independently or Lightweight Self-Compacting Concrete (LWSCC) is an innovation in concrete technology. Having a high workability, light in weight, and structural compression strength, LWSCC expected to cut construction costs significantly. The materials used include pumice, RCC-15 and superplasticizer. Composition used is coarse agregat volume of total aggregate ( $V_{ca}/V_a$ ) is 40 %; RCC-15 level is 17.5 %, 20 % and 22.5 % of powder; superplasticizer dosage 0.9 %, 0.95 %, 1.0%, 1.05 % and 1.1 % of powder. There are 15 mix designs and 3 specimens for each mix design. Tests run are slump flow test, compression strength test, and weighing to determine bulk density of concrete. All specimens eligible the SCC characteristics, with slump flow of 53.5 cm to 74.5 cm, and it is known that the slump flow enlarged if the superplasticizer dose added. All mix designs produce lightweight concrete, with maximum bulk density 1,592.19 kg/m<sup>3</sup>. Nevertheless, no specimens reach structural compression strength, with maximum compression strength gained of 14.21 MPa.*

**Keywords:** self compacting concrete, mix design, lightweight aggregate

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi beton selalu mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Terdapat beberapa tantangan utama dalam konstruksi struktur beton masa kini antara lain kemudahan pelaksanaan dan biaya konstruksi yang ekonomis. Salah satu hal yang perlu dikembangkan adalah penelitian beton yang bertitik berat pada kemudahan pelaksanaan dan pengurangan beban mati sehingga diharapkan bermanfaat bagi semua pihak di bidang konstruksi karena mempermudah pelaksanaan dan memangkas biaya secara signifikan

Beton ringan memadat mandiri atau *Light weight Self-Compacting Concrete* (LWSCC) dapat menjadi salah satu jawaban tantangan tersebut. LWSCC adalah beton yang dapat mengalir dan memadat dalam tanpa bantuan alat vibrator dan memiliki berat isi yang rendah. LWSCC dapat dicapai dengan menambahkan *superplasticizer* dan *spent catalyst* dan dengan menggunakan agregat ringan. Pada penelitian ini, *superplasticizer* yang digunakan adalah *viscocrete*, dengan *spent catalyst* RCC-15 serta batu apung sebagai agregat ringan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi campuran LWSCC yang memenuhi syarat beton ringan dan struktural. Komposisi yang dimaksud adalah dosis *superplasticizer*, kadar RCC-15 serta komposisi agregat yang digunakan.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Beton Memadat Mandiri

Sebagai suatu material konstruksi yang inovatif, beton memadat mandiri atau *Self-Compacting Concrete* (SCC) memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan SCC adalah:

- 1) memangkas upah pekerja dan alat;
- 2) ramah lingkungan;
- 3) pengerjaan lebih mudah;
- 4) bermutu tinggi;
- 5) estetik.

Suatu beton dikatakan SCC apabila memenuhi syarat-syarat sebagai *flowability* atau kemampuan mengalir, *passingability* atau kemampuan melewati, *segregation resistance* atau kemampuan mencegah segregasi. Secara umum, SCC dicapai dengan cara menambahkan *admixture* berjenis *High Range Water Reducer* (HRWR) yang berfungsi untuk mengurangi kebutuhan air, memperkecil penggunaan agregat kasar, menambahkan penggunaan agregat halus, menambahkan bahan halus (*powder*) berupa *spent catalyst*.

#### **Powder**

*Powder* atau bahan tambah reaktif yang digunakan pada SCC menghasilkan dua tipe SCC seperti pada **Tabel 1**. Penggunaan *powder* bertujuan untuk meningkatkan dan menjaga kecacakan beton segar, juga mengurangi kadar semen sehingga mengurangi panas hidrasi. *Powder* tipe II dalam jangka waktu panjang dapat meningkatkan performa beton.

**Tabel 1. Klasifikasi SCC Menurut Powder yang Digunakan (Sumber: EFNARC, 2005)**

Tipe SCC	Sifat SCC	Jenis Powder
Tipe I	Semi lembam (semi tidak-bereaksi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mineral pengisi (kapur, dolomit dll)</li> <li>• Pigmen</li> </ul>
Tipe II	Pozzolanik atau hidraulik laten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fly ash</li> <li>• Silica fume</li> <li>• Tanah pasir terak tanur bubuk</li> </ul>

Penambahan bahan pozzolan pada campuran beton atau mengganti sebagian semen dengan unsur tersebut memicu reaksi pozzolanik pada pasta hasil hidrasi, merubah CH yang

merupakan “penyakit” pada campuran beton menjadi CSH tambahan yang merupakan unsur paling penting pada reaksi hidrasi. Bahan pozzolan adalah suatu material yang kandungan unsur kimia di dalamnya didominasi oleh silika atau silika dan alumina. *Spent Catalyst Residual Catalyc Cracker-15* (RCC-15) adalah suatu *spent catalyc* yang berfungsi sebagai *powder* pada SCC. Kandungan senyawa kimia yang terkandung di dalam RCC-15 disajikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Kandungan Senyawa pada Spent Catalyst RCC-15 (Sumber: Al Rasyid, H. D., 2003)**

Senyawa	Kandungan pada RCC-15 (%)
SiO <sub>2</sub>	63,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,11
CaO	2,74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,33
K <sub>2</sub> O	4,19
MgO	1,07
Na <sub>2</sub> O	3,02
LOI	4,13

SiO<sub>2</sub> pada RCC-15 adalah sebesar 63,93% sehingga RCC-15 juga dapat dikatakan bersifat pozzolan dapat digunakan sebagai *powder* pada SCC sehingga menghasilkan SCC Tipe II sesuai klasifikasi SCC.

### **Admixture**

*Admixture* adalah bahan tambahan yang diberikan pada campuran beton pada saat pencampuran bahan-bahan pembentuk beton. *Admixture* yang digunakan pada penelitian ini adalah *superplasticizer* Sika Viscocrete, yang merupakan *admixture* bersifat HRWR. *Superplasticizer* ini memiliki karakter utama yaitu mengurangi kadar air dalam campuran beton namun meningkatkan kekuatan, namun tetap memiliki permeabilitas yang rendah. Menurut EFNARC (2005), *superplasticizer* termasuk ke dalam jenis *admixture* yang merupakan komponen penting dari SCC untuk mencapai kelecakan yang diperlukan.

## **2.2 Beton Ringan**

Beton ringan didapatkan dengan mengganti seluruh atau sebagian agregat dengan menggunakan agregat ringan. Beton ringan memiliki kelebihan yang nyata, seperti rasio kuat/berat yang tinggi, kapasitas tegangan yang lebih baik, koefisien ekspansi termal yang lebih rendah, dan memiliki karakteristik sebagai peredam panas dan peredam suara yang sangat baik sehubungan dengan adanya pori pada agregat ringan (ACI 211.2 1998). Pada **Gambar 1** dapat dilihat klasifikasi beton ringan dan jenis agregat ringan yang digunakan.

### **Agregat Ringan**

Terdapat dua kategori utama agregat ringan (*Lightweight Aggregate* - LWA). Pertama meliputi agregat ringan buatan yang diproduksi secara artifisial seperti *expanded clay*, *expanded shale*, *expanded slate*, *expanded perlite*, *exfoliated vermiculite*, *sintered pulverized-fuel ash*, *foamed blast furnace slag*, *expanded glass* dan seterusnya. Kedua, material natural dan tipe lain termasuk *pumice*, *scoria*, *diatomite* juga partikel kayu dan plastik (Lofty, 2012). Membandingkan antara agregat ringan alami dan buatan, Lofty (2012) menyatakan bahwa agregat ringan buatan memiliki sifat yang lebih konsisten dan memiliki sifat mekanik yang lebih mudah diprediksi.

Akibat sifat alaminya yang berpori, agregat ringan menyerap air lebih banyak dibandingkan dengan agregat berat normal. Berdasar atas pengujian penyerapan 24 jam yang dilaksanakan

menurut prosedur ASTM C127 (2007) dan ASTM C128 (2007), agregat ringan grade-struktural akan menyerap cairan sebanyak 5 % hingga 25 % dari berat kering agregat. Sebaliknya, agregat normal menyerap kurang dari 2 % cairan.

Kandungan air pada agregat saat pencampuran dapat membantu mengurangi susut plastis (susut awal yang disebabkan kondisi pengeringan yang kurang baik) dan menyediakan air untuk perawatan internal (*internal curing*) yang memungkinkan terjadinya proses hidrasi semen yang lebih sempurna, menghasilkan pencapaian kuat jangka panjang yang lebih baik. Proses *internal curing* ini sangat efektif terutama ketika kadar air agregat ringan pada saat pencampuran melebihi kadar air yang dicapai pada perendaman 24 jam (Holm, 2004)

Pembasahan agregat sebelum pencampuran (*pre-wetting*) yang tepat diperlukan untuk mengendalikan *extended workability* dan rasio *water-binder* ( $w/b$ ). Jika permukaan agregat memiliki pori-pori yang kurang air, maka air bebas pada campuran akan diserap ketika terjadi perubahan sifat plastis dan memaksa semen berada pada  $w/c$  yang rendah saat hidrasi (Lofty, 2012).

### 2.3 Beton Memadat Mandiri Ringan

LWSCC diproduksi dengan tujuan khusus yaitu rasio air-semen ( $w/c$ ) yang rendah, *drying shrinkage* yang rendah bahkan pada lingkungan yang kering, berat jenis dan modulus elastisitas yang rendah. Dua tujuan yang terakhir sangat cocok untuk beton yang digunakan pada struktur beton bertulang yang beresiko terkena gempa. (Colleparidi, 2004)

### 2.4 Komposisi Campuran SCC dan LWSCC

Selain *mix design* yang dibuat oleh Omura di tahun 1980an, terdapat beberapa prosedur yang telah dipublikasi untuk mix design SCC. *European Guidelines for Self-Consolidating Concrete* (EFNARC), *American Concrete Institute* (ACI), dan *Japan Society of Civil Engineers* (JSCE) telah mempublikasi patokan untuk proporsi campuran SCC.

Kebanyakan campuran SCC dapat "dikonversi" menjadi campuran ringan dengan mengganti beberapa atau semua agregat normal menjadi agregat ringan. seringkali fraksi kasar diganti dengan agregat ringan dan fraksi halusya adalah pasir normal. untuk beberapa kasus, beberapa atau seluruh agregat halus menjadi agregat ringan (Lofty, 2012).

Campuran LWSCC yang digunakan oleh Cauberg & Kestemont (2007), kadar semen dan batu kapur (limestone) dibatasi berturut-turut sebesar  $354 \text{ kg/m}^3$  dan  $225 \text{ kg/m}^3$  sedangkan rasio  $w/c$  adalah sebesar 0,59 dan menghasilkan karakteristik beton baik dalam bentuk segar maupun keras memenuhi syarat sebagai SCC. Penelitian yang dilakukan oleh Papanicolaou & Kaffetzakis (2011) mengenai pengaruh rasio agregat kasar/halus pada LWSCC dengan pumice menggunakan metode Okamura dan Ozawa memiliki kadar agregat ringan *lightweight expanded clay aggregate* (leca) yang sama, yaitu  $175 \text{ kg/m}^3$ . *Trial mix* LWSCC yang digunakan oleh Lofty (2012), rasio  $w/b$  yang digunakan adalah antara 0,27 hingga 0,42, HRWRA yang digunakan antara 0,3 % hingga 1,2 % dari massa binder total, kadar binder total yang digunakan adalah antara  $380 \text{ kg/m}^3$  hingga  $550 \text{ kg/m}^3$ .

## 3. METODA PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan pada pelaksanaan penelitian ini adalah pengkajian literatur, persiapan bahan, pengujian bahan, *mix design*, pembuatan benda uji dan pengujian karakteristik SCC, pengujian beton keras, pengolahan data hingga mendapat kesimpulan. Pengkajian literatur dilakukan dari buku teks, spesifikasi dan penelitian terdahulu. Persiapan bahan dilakukan seperti memecahkan batu apung, menyiapkan semen, air, pemanasan dan pengayakan RCC-15 serta menyiapkan SP. Pengujian bahan antara lain melakukan pengujian berat jenis, berat

isi, penyerapan dan kadar lumpur untuk batu apung, serta kehalusan untuk semen. *Mix design* dilakukan dengan berpatokan pada studi terdahulu. Pembuatan benda uji termasuk pengecoran hingga perawatan, namun sebelum pengecoran dilakukan pengujian karakteristik SCC yaitu *slump flow*. Setelah selesai perawatan, dilakukan pengujian berat isi dan pengujian kuat tekan. Data yang didapat dari pengujian kemudian diolah dan dilakukan analisis hingga mendapat kesimpulan.

### 3.1 Bahan Dan Alat Yang Digunakan

Agregat kasar dan halus yang digunakan pada penelitian ini adalah batu apung. Secara visual, batu apung ini memiliki pori yang terlihat cukup jelas pada permukaannya dan berwarna coklat terang. Sebelum digunakan sebagai agregat pada campuran LWSCC, batu apung terlebih dahulu direndam selama setidaknya 24 jam untuk mendapatkan kondisi jenuh permukaan. Batu apung yang digunakan sebagai agregat kasar adalah batu apung yang lolos ayakan 3/4 in dan tertahan ayakan No. 4. Sedangkan batu apung yang digunakan sebagai agregat halus adalah batu apung yang lolos ayakan No. 4.

Semen yang digunakan pada penelitian kali ini adalah Semen Portland atau PC (*Portland Cement*) Tiga Roda. Air yang digunakan pada penelitian kali ini adalah air dengan kualitas standar yang diolah oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). RCC-15 yang digunakan sebagai *powder* pada penelitian ini telah dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 200 °C selama 24 jam dan lolos ayakan No. 100. *Superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah Sika Viscocrete yang merupakan produk PT. Sika Indonesia.

### 3.2 Pengujian Bahan

Sebelum melakukan pengecoran SCC, perlu dilakukan pengujian bahan pembentuk beton. Pengujian bahan ini hanya dilakukan untuk batu apung dan semen. Pengujian yang dilakukan pada batu apung sebagai agregat kasar maupun sebagai agregat halus adalah sama, yaitu berat jenis, berat isi, analisis ayakan, penyerapan air dan kadar lumpur. Pengujian yang dilakukan pada semen adalah berat jenis, berat isi, dan kehalusan.

### 3.3 Pembuatan Komposisi Campuran

Mengacu pada penelitian SCC dan LWSCC yang telah dilakukan terlebih dahulu, maka komposisi campuran yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- 1) rasio  $w/b$  sebesar 0,28;
- 2) *high range water reducer agent* (% dari massa binder total) antara 0,9 % hingga 1,1 %;
- 4) kadar air 155 kg/m<sup>3</sup>;
- 5) perbandingan antara volume agregat kasar dengan volume agregat total ( $V_{ca}/V_a$ ) yang digunakan adalah 0,4.

### 3.4 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji secara garis besar terdiri atas persiapan bahan, pencampuran, pencetakan, serta perawatan atau *curing*. Namun untuk SCC, sebelum pencetakan perlu diperiksa karakteristik SCC yaitu *slump flow*.

Beberapa hal yang unik dan sangat menjadi perhatian pada pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah agregat direndam setidaknya 24 jam untuk mencapai kondisi SSD, cetakan yang digunakan adalah silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm, dan sebelum pengecoran dilakukan pengujian karakteristik SCC, dan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 14 hari.

### 3.5 pengujian

#### Beton Segar

*Slump-flow test* dapat dipakai untuk menentukan *filling ability*, dan dengan pengujian ini dapat diperoleh kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu diatas 50 cm.

### Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah pembuatan dan perendaman, dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan mesin UTM. Benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Prinsip kerja pengujian kuat tekan beton seperti pada **Persamaan 1**.

$$f = \frac{P}{A} \quad \dots (1)$$

dengan:

- $f$  = gaya yang diberikan pada benda uji,
- $P$  = tekanan yang diterima oleh benda uji,
- $A$  = luas penampang benda uji yang menerima beban.

## 4. DATA DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1 Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar dilakukan pada saat pembuatan benda uji, tepatnya setelah mencampur semua bahan menjadi satu dan sebelum dicor ke dalam cetakan. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian *slump flow*. Data hasil pengujian *slump flow* untuk 15 *mix design* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

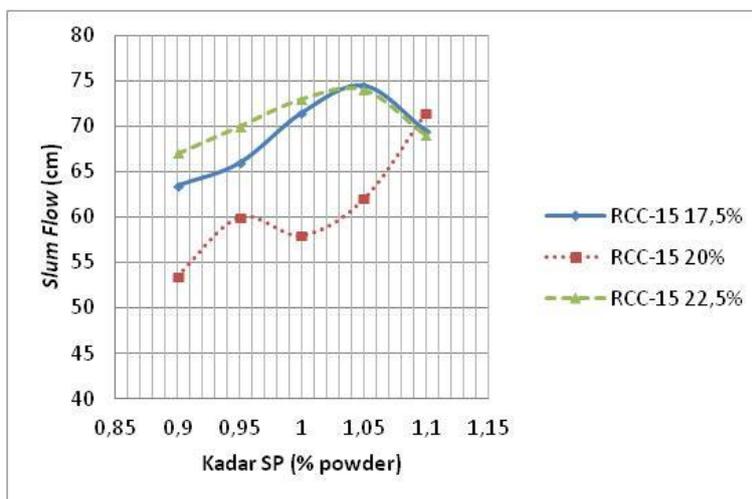
**Tabel 3. Hasil Pengujian Beton Segar**

Mix	RCC-15 [% Powder]	PC	SP	Slump flow		
				1	2	Rerata
				[cm]		
LW03	20	80	1	50	66	58
LW04	20	80	1,05	64	60	62
LW05	20	80	0,95	60	60	60
LW06	20	80	0,9	57	50	53,5
LW07	20	80	1,1	72	71	71,5
LW08	17,5	82,5	0,9	63	64	63,5
LW09	17,5	82,5	0,95	66	66	66
LW10	17,5	82,5	1	70	73	71,5
LW11	17,5	82,5	1,05	74	75	74,5
LW12	17,5	82,5	1,1	69	70	69,5
LW13	22,5	77,5	0,9	65	69	67
LW14	22,5	77,5	0,95	70	70	70
LW15	22,5	77,5	1	72	74	73
LW16	22,5	77,5	1,05	73	75	74
LW17	22,5	77,5	1,1	68	70	69

Selain pengujian *slump flow* dilakukan pula pengamatan secara visual dan didapat hasil pengamatan bahwa seluruh beton segar yang dibuat memiliki *flow* yang cukup untuk memadat mandiri, namun pengecoran harus dilakukan seperlahan mungkin dan diketahui bahwa tidak terjadi segregasi.

### Pengaruh Variasi Dosis SP terhadap *Slump Flow*

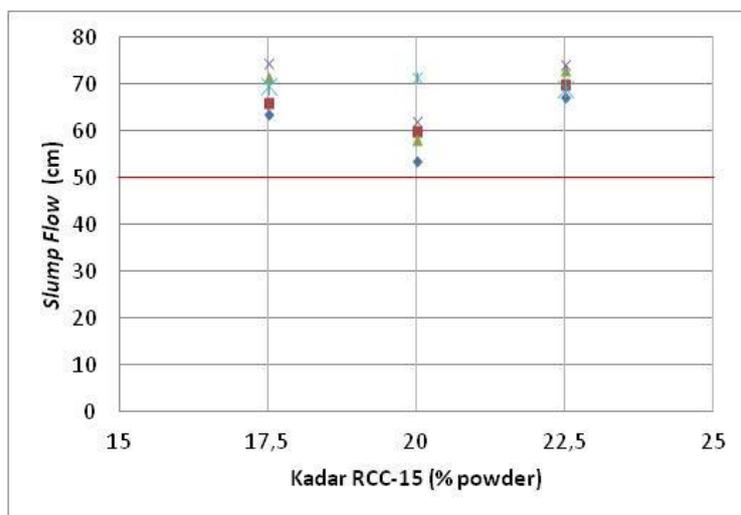
Dari semua kadar SP yang digunakan, syarat *slump flow* memenuhi syarat karakteristik SCC yaitu *slump flow* > 50 cm. Dapat dilihat pada **Gambar 1** bahwa secara umum semakin banyak kadar SP pada campuran maka semakin besar *slump flow* yang dihasilkan, dengan kata lain kelecakan semakin tinggi atau campuran semakin encer. Penggunaan SP pada campuran LWSCC mengakibatkan peningkatan kelecakan, namun belum dapat diketahui berapa kadar SP yang menghasilkan kelecakan optimum karena kurva yang dihasilkan untuk penggunaan SP dengan kadar 0,9% - 1,1 % dari *powder* masih menghasilkan *slump flow* yang membesar sebanding dengan naiknya kadar SP.



**Gambar 1. Grafik kadar SP terhadap *Slump Flow***

### Pengaruh Variasi Kadar RCC-15 terhadap *Slump Flow*

Pengaruh variasi RCC-15 pada campuran SCC terhadap *slump flow* dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Grafik Kadar RCC-15 terhadap *Slump Flow***

Penggunaan RCC-15 pada LWSCC dengan kadar antara 17,5 % hingga 22,5 % dari *powder* tidak menunjukkan pengaruh pada *slump flow* yang dihasilkan. Namun **Gambar 2** menunjukkan bahwa seluruh campuran LWSCC memenuhi syarat karakteristik SCC, yaitu *slump flow* minimum 50 cm.

## 4.2 Pengujian Beton Keras

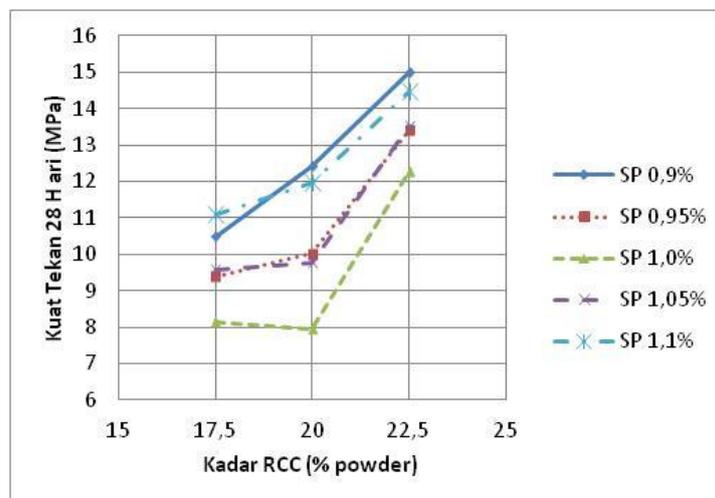
Setelah pengecoran dan *curing*, maka dilakukan pengujian beton keras pada campuran LWSCC berupa pengujian berat isi dan kuat tekan. Data pengujian beton keras dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Beton Keras**

Mix	RCC-15	SP	Massa				Berat Isi	Kuat Tekan (14 Hari)				28 Hari
			1	2	3	Rerata		1	2	3	Rerata	
			[kg]					[kg/m <sup>3</sup> ]	[MPa]			
LW03	20	1	2,47	2,36	2,40	2,41	1532,13	6,98	7,33	6,68	7,00	7,95
LW04	20	1,05	2,42	2,39	2,50	2,43	1549,53	8,07	7,85	9,86	8,59	9,77
LW05	20	0,95	2,45	2,46	2,44	2,45	1560,14	9,31	7,97	8,86	8,71	9,90
LW06	20	0,9	2,42	2,41	2,45	2,43	1544,44	11,34	10,47	10,99	10,93	12,42
LW07	20	1,1	2,56	2,50	2,44	2,50	1592,19	10,88	10,66	10,02	10,52	11,95
LW08	17,5	0,9	2,45	2,47	2,44	2,45	1560,14	6,48	9,79	10,37	8,88	10,09
LW09	17,5	0,95	2,43	2,44	2,44	2,44	1552,29	6,75	8,00	9,10	7,95	9,03
LW10	17,5	1	2,48	2,43	2,35	2,42	1539,98	5,88	7,74	5,90	6,51	7,39
LW11	17,5	1,05	2,46	2,45	2,52	2,48	1577,97	7,86	8,26	6,09	7,40	8,41
LW12	17,5	1,1	2,38	2,49	2,44	2,43	1548,47	8,89	8,73	8,56	8,73	9,92
LW13	22,5	0,9	2,45	2,43	2,49	2,46	1564,39	13,06	11,63	12,75	12,48	14,18
LW14	22,5	0,95	2,47	2,47	2,46	2,46	1569,06	12,55	10,42	11,47	11,48	13,05
LW15	22,5	1	2,44	2,44	2,45	2,44	1554,63	10,87	11,59	12,78	11,75	13,35
LW16	22,5	1,05	2,45	2,52	2,46	2,48	1576,91	13,14	14,84	9,53	12,50	14,21
LW17	22,5	1,1	2,43	2,45	2,43	2,44	1551,44	12,72	8,91	10,60	10,74	12,21

### Pengaruh Variasi Kadar RCC-15 terhadap Kuat Tekan

Pengaruh variasi RCC-15 pada campuran SCC terhadap kuat tekan dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3. Grafik Kadar RCC-15 terhadap Kuat Tekan**

Terlihat sangat jelas pada **Gambar 3** bahwa peningkatan RCC-15 pada campuran menghasilkan kuat tekan beton yang meningkat pula. Karena kuat tekan pada grafik terlihat kecenderungan naik seiring dengan naiknya kadar RCC-15 yang digunakan, maka dapat diperkirakan bahwa kuat tekan akan semakin tinggi lagi bila kadar RCC-15 dinaikkan lebih dari

22,5 %. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi pozzolan yang diakibatkan RCC-15 memang benar-benar terjadi sehingga menambah kuat tekan LWSCC.

Namun demikian, kuat tekan LWSCC tidak mencapai kuat tekan struktural. Kuat tekan struktural menurut SNI adalah 17 MPa, sedangkan kuat tekan maksimal benda uji hanya sebesar 14,21 MPa. Hal tersebut antara lain diakibatkan oleh perhitungan *mix design* yang didasari pada SNI dengan syarat agregat halus maksimum 50 %, sedangkan komposisi agregat yang digunakan adalah  $V_{ca}/V_a$  sebesar 40 %. Selain itu kekuatan batu apung yang memiliki pori sangat besar menyebabkan kekuatan menurun.

### **Berat isi**

Seluruh campuran yang dibuat pada penelitian ini menghasilkan beton dengan berat isi yang memenuhi syarat beton ringan. Nilai berat isi minimum sebesar 1.532,13 kg/m<sup>3</sup> didapat pada campuran LW 03 dan tertinggi sebesar 1.577 kg/m<sup>3</sup> pada campuran LW16 masih memenuhi syarat sebagai beton ringan.

## **5. KESIMPULAN**

1. Penambahan dosis SP menaikkan kelecakan yang ditunjukkan melalui pengujian *slump flow*. Hal ini sesuai dengan fungsi SP yang berfungsi untuk mengurangi kebutuhan air, sehingga semakin banyak dosis SP maka semakin encer campuran. Penelitian ini menggunakan batasan dosis SP sebesar 0,9 % hingga 1,1 % *powder*, dan dari dosis tersebut belum didapat dosis SP optimum baik terhadap beton segar maupun beton keras.
2. Semua campuran LWSCC pada penelitian ini memenuhi syarat karakteristik SCC yaitu *slump flow* > 50 cm, bahkan data *slump flow* yang dihasilkan pada penelitian ini jauh di atas nilai tersebut. Pada beton keras, penambahan kadar RCC-15 yang digunakan memperbesar kuat tekan beton. Sehingga dari dua parameter tersebut (beton segar dan beton keras) tersebut didapat kadar RCC-15 paling baik pada penelitian ini adalah sebesar 22,5 % dari *powder*.
3. *Mix design* yang digunakan pada pengujian ini yaitu  $V_{ca}/V_a$  sebesar 40%, kadar RCC-15 antara 17,5 % hingga 22,5 % dari *powder*, kadar air sebesar 155 l/m<sup>3</sup> seluruhnya menghasilkan beton dengan berat isi dari 1.524 kg/m<sup>3</sup> hingga 1.577 kg/m<sup>3</sup> yang memenuhi syarat sebagai beton ringan.
4. *Mix design* yang digunakan pada penelitian ini menghasilkan LWSCC dengan kuat tekan yang tidak memenuhi syarat sebagai beton struktural yaitu 17 MPa. Kuat tekan yang dihasilkan campuran LWSCC pada penelitian ini maksimal sebesar 14,21 MPa. Hal ini antara lain disebabkan oleh perhitungan *mix design* yang didasari pada SNI dengan syarat agregat halus maksimum 50 %, sedangkan komposisi agregat yang digunakan adalah  $V_{ca}/V_a$  sebesar 40 %, sehingga masih terbuka kemungkinan untuk memperkecil  $V_{ca}/V_a$  untuk menaikkan kuat tekan.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- ACI. (1998). Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211.2-98).
- Al Rasyid, H. D. (2003). Kajian Awal Pengujian Mekanik Semen Spent Catalyst RCC-15 Pertamina UP VI Balongan. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- ASTM. (2007). ASTM C127 - 07 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.
- ASTM. (2007). ASTM C128 - 07a Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate.

- Cauberg, N. & Kestemont, X. (2007). *Lightweight SCC: Systematic Approach And Case Study*. Brussel: RILEM.
- Collepari, A. & Collepari, M. & Collepari, S. & Troli, R. (2004). *Recent Developments of Special Self-Compacting Concretes*. Ponzano Veneto: Enco.
- EFNARC. (2005). *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete, Spesification, Production and Use*.
- Holm, Thomas A. & Ooi, O. S. & Bremner, T. W. (2004). *Moisture Dynamics in Lightweight Aggregate and Concrete*, Publication No. 9349. Salt Lake City: ESCSI
- Lofty, A. (2012). *Lightweight Self-consolidating Concrete: Statistical Modelling, Mixture Design And PerformanceEvaluation*, Thesis dan Disertasi, Ontario: Ryerson University.
- Papanicolaou, C. G. & Kaffetzakis, M. I. (2011). *Lightweight Aggregate Self Compacting Concrete: State of the Art & Pumice Application*. Journal. Rio: University of Patras.