



Terbit online pada laman web jurnal :  
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

**Sainstek**  
(e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



## Studi Eksperimental *Recycled Concrete Aggregate* pada *Self Compacting Concrete*

Shanti Wahyuni Megasari<sup>a</sup>, Gusneli Yanti<sup>b</sup>, Pandu Febryan Anugrah<sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup>Universitas Lancang Kuning, Jalan Yos Sudarso KM. 8 Rumbai, Pekanbaru 28265, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 30 Desember 2022

Revisi Akhir: 22 Mei 2023

Diterbitkan Online: 30 Juni 2023

### KATA KUNCI

Faktor Air Semen,

Kuat Tekan,

*Normal Concrete Aggregate*,

*Recycled Concrete Aggregate*,

*Self Compacting Concrete*

### KORESPONDENSI

Telepon: 081275254771

E-mail: [shanti@unilak.ac.id](mailto:shanti@unilak.ac.id)

### A B S T R A C T

*Self compacting concrete* (SCC) merupakan beton dengan fluiditas yang tinggi, memiliki kemampuan untuk mengalir serta mengisi celah-celah di dalam cetakan sehingga tidak perlu dilakukan proses pemadatan. *Recycled concrete aggregate* merupakan agregat kasar yang diperoleh dengan memanfaatkan limbah beton yang dipecahkan untuk dijadikan sebagai pengganti material agregat kasar. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan pada *self compacting concrete* dengan memvariasikan nilai faktor air semen (fas) yakni 0,40; 0,45; 0,50; 0,55 dan 0,60. Metode pelaksanaan adalah studi eksperimental di laboratorium dengan menggunakan perbandingan antara *recycled concrete aggregate* (RCA) dengan *normal concrete aggregate* (NCA) sebesar 50% : 50% terhadap berat agregat kasar. Bahan tambah berupa *MasterGlenium ACE 8595* sebanyak 1,2% dari berat semen. Benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Dari hasil pengujian didapat nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada fas 0,40 dengan *slump-flow* 650 mm yaitu sebesar 33,272 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata terendah pada fas 0,60 dengan *slump-flow* 760 mm yaitu sebesar 24,130 MPa. Dari hasil analisis hubungan (r) antara fas dengan *slump-flow* diperoleh sebesar +0,9779, antara fas dengan *slump-flow time* T-50 atau *viscosity* diperoleh sebesar -0,9967 dan antara fas dengan kuat tekan SCC diperoleh sebesar -0,9817. Hasil menunjukkan bahwa terjadinya hubungan berbanding lurus yang sangat kuat antara variasi fas dengan *slump-flow* SCC serta terjadi hubungan berbanding terbalik yang sangat kuat antara variasi fas dengan kuat tekan dan *slump-flow time* T-50 SCC. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi fas sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan, *slump-flow* dan *slump-flow time* T-50 pada *self compacting concrete*.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang teknik sipil terus mengalami kemajuan seiring dengan perkembangan era globalisasi. Pelaksanaan pembangunan antara lain pada gedung, jalan, jembatan, saluran irigasi, bendungan, bangunan tempat tinggal dan bangunan-bangunan lainnya banyak menggunakan material beton [1].

Peningkatan penggunaan beton akan menyebabkan peningkatan penggunaan agregat alam serta akan dilakukan ekstraksi untuk memenuhi kebutuhannya, sehingga akhirnya menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan terkait ketersediaan agregat tersebut di alam. Dalam upaya untuk mengurangi intensitas penggunaan agregat alam maka dimanfaatkan *recycled concrete aggregate* sebagai salah satu alternatif bahan pengisi campuran beton. Selain itu, dengan dimanfaatkannya *recycled concrete aggregate* maka dapat menghindari

penumpukan limbah yang nantinya akan berdampak buruk terhadap lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh [2] tentang pemanfaatan *recycled concrete aggregate*, hasil penelitian diperoleh nilai rata-rata tertinggi pada kuat tekan dengan campuran 25% (RCA) dan 75% (NCA) sebesar 5,93 MPa. Kemudian pada penelitian [3] didapat kuat tekan pada beton yang memanfaatkan limbah beton sebagai agregat kasar yakni sebesar 23,83 MPa. Oleh karena itu, beberapa penelitian telah dilakukan yang bertujuan untuk memperoleh beton dengan mutu yang terbaik dari segi kuat tekan, *workability*, kehalusan dan *durabilitasnya*.

SCC merupakan salah satu kemajuan dalam bidang teknologi beton dengan kondisi yang sangat cair sehingga bisa mengalir dan mengisi celah-celah dalam bekisting sehingga tidak perlu dilakukan pemadatan. SCC merupakan pilihan untuk aplikasi konstruksi dengan proses pemadatan yang sulit. SCC pada mulanya diperkenalkan di akhir abad ke-20 di Eropa. SCC merupakan konsep inovatif untuk memperoleh beton yang memiliki kualitas tinggi yang dapat mengalir namun tetap dalam kondisi yang kohesif [1].

SCC dapat menyelesaikan permasalahan pekerjaan beton yang membutuhkan kondisi keenceran yang tinggi sehingga bisa dipompa dengan mudah. Selain memiliki *workability* yang baik, SCC juga memiliki kekuatan yang tinggi setelah pengerasan. Semakin besar faktor air semen (fas), maka semakin besar porositas namun kuat tekan justru semakin rendah. Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat dipergunakan bahan tambahan untuk meminimalkan porositas. Bahan tambah merupakan bahan aditif yang ditambahkan pada campuran SCC untuk mempercepat atau memperlambat pengikatan beton serta meningkatkan kekuatan beton.

*MasterGlenium ACE 8595* merupakan *superplasticizer* dengan mekanisme yang unik untuk dapat meningkatkan efisiensi dispersi semen [4]. Berdasarkan kondisi tersebut dilakukanlah penelitian untuk mengetahui pengaruh dari *recycled concrete aggregate* sebagai material pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan SCC.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. *Self Compacting Concrete (SCC)*

*Self compacting concrete* (SCC) merupakan inovasi beton yang dapat dipadatkan tanpa getaran, memiliki kemampuan mengalir dengan sendirinya dan dapat mengisi celah pada bekisting sepenuhnya serta mencapai pemadatan maksimal bahkan untuk struktur yang sempit [5].

Menurut [6], dalam studi eksperimental terhadap sifat mekanis *self compacting concrete* (SCC) dan beton konvensional (CC), diperoleh bahwa SCC menunjukkan kekuatan tekan dan *fracture energy* yang lebih tinggi daripada CC.

### 2.2. *Material Bahan Penyusun Beton Self Compacting Concrete*

#### 2.2.1. *Semen Portland*

*Semen portland* dapat diartikan sebagai semen hidraulik yang tersusun atas komponen penting seperti kalsium silikat [7]. *Semen portland* terbagi dalam 5 jenis berdasarkan penggunaannya yakni [8]:

1. Semen Tipe I, penggunaannya umum dan tanpa persyaratan khusus.
2. Semen Tipe II, penggunaannya pada kondisi yang membutuhkan daya tahan terhadap sulfat atau panas sedang.
3. Semen Tipe III, membutuhkan kekuatan tinggi di awal setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Tipe IV, penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Semen Tipe V, penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

#### 2.2.2. *Air*

Menurut [9], fungsi air pada pembuatan beton adalah untuk mereaksikan semen sehingga mengikat dengan agregat serta untuk mempermudah pembuatan beton. Air yang digunakan dalam kondisi bebas dari senyawa-senyawa berbahaya yang dapat menurunkan kualitas beton.

#### 2.2.3. *Agregat Kasar*

Berdasarkan [9], standar ukuran butir agregat kasar adalah minimal sebesar 5 mm dan untuk agregat kasar maksimal berukuran 40 mm. Ukuran maksimum beton ditentukan sesuai dengan persyaratan agregat, agar dapat dengan mudah mengisi bekisting dan celah di antara tulangan.

*Recycled concrete aggregate* (RCA) merupakan agregat kasar yang diperoleh dari limbah beton bekas dan kemudian dihancurkan kembali untuk digunakan sebagai agregat dalam campuran beton. Sumber utama agregat sekunder adalah limbah konstruksi dan pembongkaran.

Sebagian besar sampah dibuang begitu saja sebagai sampah. Dengan demikian, penggunaan beton lama merupakan cara yang efisien untuk menghasilkan beton untuk bangunan baru [10].

2.2.4. Agregat Halus

Berdasarkan [11], agregat halus merupakan agregat dengan butirannya lolos pada saringan 4,75 mm atau no.4, dimana ukuran partikel bervariasi dari 0,15 hingga 5 mm. Pasir dibagi menjadi tiga kondisi, yaitu:

1. Pasir dari atas bumi
2. Pasir sungai dari sungai
3. Pasir laut dari pantai

2.2.5. MasterGlenium ACE 8595

MasterGlenium ACE 8595 merupakan *superplasticizer* berbasis *polycarboxylate ether* (PCE) yang ideal untuk aplikasi cor dan *premix*. MasterGlenium ACE 8595 diformulasikan secara khusus dengan bahan aktif untuk memberikan retensi udara yang rendah dari produk beton pracetak, ketahanan kelembaban yang sangat baik dan dispersibilitas semen yang sangat baik.

Menurut [12], kelebihan MasterGlenium ACE® 8595 :

1. Kemampuan pengurangan air yang tinggi dibandingkan konvensional.
2. Permeabilitas rendah dan beton daya tahan tinggi.
3. Kekuatan *self compact* dan tingkat *flowability* yang tinggi untuk kemudahan penempatan dan pemadatan
4. Mengoptimalkan siklus *curing* dengan memperpendek *curing*

Menurut [4], penggunaan *superplasticizer* MasterGlenium ACE 8595 pada beton akan meningkatkan *workability*, kuat tekan dan perubahan koefisien umurnya.

3. METODOLOGI

Metode penelitian adalah studi eksperimental yang dilakukan di laboratorium dengan acuan metode [13], serta material yang digunakan sebagai berikut :

1. Semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* (PCC) produksi PT. Semen Padang.
2. Air yang digunakan adalah air dari sumur Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning.
3. Agregat kasar merupakan batu olahan *crusher* yakni batu pecah (*split*) yang sudah dicuci terlebih dahulu yang berasal dari Batu Besurat, Candi Muara Takus dan *recycled concrete aggregate* yang merupakan limbah beton pecah yang berasal dari Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning.
4. Agregat halus yang digunakan adalah pasir *crusher* yang bersumber dari Batu Besurat, Candi Muara Takus.
5. MasterGlenium ACE 8595

3.1. Rancangan Benda Uji

Pembuatan benda uji ini diawali dengan menghancurkan limbah pecahan beton lalu diayak dengan saringan sehingga didapat ukuran agregat kasar berukuran 9,5-20. Perbandingan agregat kasar 50% (RCA) dan 50% (NCA) dengan variasi fas yakni 0,40; 0,45; 0,50; 0,55 dan 0,60. Bahan tambah atau aditif berupa MasterGlenium ACE 8595 dengan dosis 1,2% dari berat semen. Rancangan benda uji dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Benda Uji

Komposisi Agregat Kasar (%)		Fas	Master Glenium (%)	Jumlah Benda Uji
Recycled Concrete Aggregate (RCA)	Normal Concrete Aggregate (NCA)			
50	50	0,40	1,2	3
50	50	0,45	1,2	3
50	50	0,50	1,2	3
50	50	0,55	1,2	3
50	50	0,60	1,2	3
Total Benda Uji				15

3.2. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dibuat untuk mengetahui nilai *slump-flow* dan kuat tekan beton SCC. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 15 sampel dengan benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Setelah dilakukan pembuatan benda uji selanjutnya dilakukan perawatan atau *curing* yakni dengan cara merendam benda uji selama 28 hari untuk kemudian dilakukan pengujian tekan.



Gambar 1. Benda Uji

3.3. Pengujian Benda Uji

3.3.1. Slump-flow

Pengujian *Slump-flow* merupakan pemeriksaan utama bahwa konsistensi dari beton segar sesuai dengan spesifikasi [5] :

1. SF 1 (550 – 650 mm), cocok untuk struktur beton bertulang atau ringan, coran dengan sistem pompa injeksi dan bagian yang relatif kecil untuk menghindari sirkulasi horizontal yang panjang.

2. SF 2 (660 – 750 mm), cocok untuk banyak aplikasi umum seperti dinding dan kolom.
3. SF 3 (760 – 850 mm), biasanya diproduksi dengan ukuran agregat maksimum 16 mm dan pengaplikasiannya secara vertikal pada struktur yang sangat kompleks dan padat

3.3.2. Pengujian *Slump-flow Time T-50*

*Slump-flow time T-50* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh kerucut ketika mulai terlepas dari pelat dasar hingga SCC menyentuh batas lingkaran diameter 500 mm. *Viscosity* atau kekentalan beton dapat dinilai dengan nilai *slump-flow time T-50* selama pengujian *slump-flow*. Pada *slump-flow time T-50* mempunyai standar untuk dimasukkan dalam kategori beton SCC yakni dalam waktu 2-5 detik [5].

3.3.3. *Kuat Tekan Beton*

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah sampel SCC berumur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan mesin uji tekan. Dari hasil pengujian akan diperoleh nilai kuat tekan pada SCC. Kekuatan beton didapat dari pembebanan dengan gaya tertentu sampai benda uji hancur. Nilai kekuatan terhadap tekan dihitung berdasarkan [14] sesuai dengan persamaan (1) berikut:

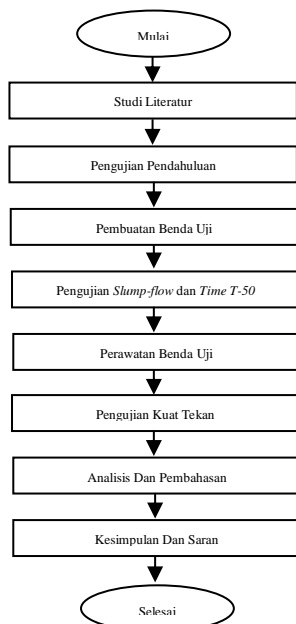
$$f'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Keterangan :

- F’c = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas benda uji (mm<sup>2</sup>)

3.4. **Bagan Alir Penelitian**

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

4. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. *Perancangan Campuran (Mix Design)*

Dari hasil uji pendahuluan agregat yang dilakukan laboratorium, maka direncanakan campuran beton SCC untuk 1 m<sup>3</sup>. Mengacu pada [5], desain campuran SCC dalam penelitian ini menggunakan metode *trial and error*.sesuai tabel 2.

Tabel 2. Campuran Beton

Semen (kg)	Agregat Kasar		Agregat Halus (kg)	Air (kg)	Aditif (%)
	NCA (kg)	RCA (kg)			
488	501,725	501,725	641,550	195	1,2
433	510,000	510,000	680,000	195	1,2
390	514,185	514,185	714,630	195	1,2
355	511,290	511,290	771,420	195	1,2
325	503,515	503,515	816,970	195	1,2

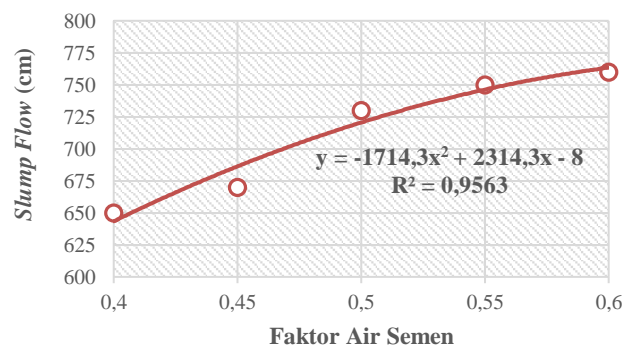
4.2. *Pengujian Slump-flow dan Slump-flow Time T-50*

Hasil pengujian *slump-flow* dan *slump-flow time T-50* dapat dilihat pada tabel 3, gambar 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Slump-flow* dan *Slump-flow Time T-50*

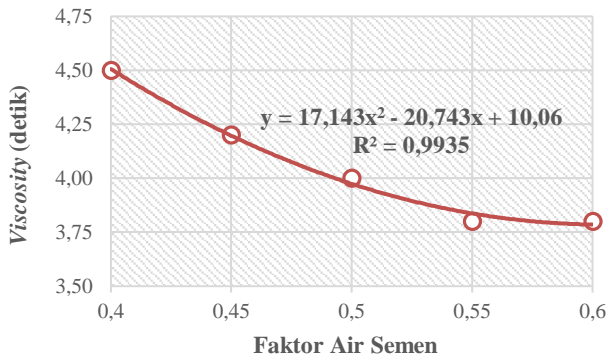
Komposisi Agregat		Faktor Air Semen	<i>Slump-flow</i> (mm)	T-50 (detik)
Kasar (%)				
RCA	NCA			
50	50	0,40	650	4,5
50	50	0,45	670	4,2
50	50	0,50	730	4,0
50	50	0,55	750	3,8
50	50	0,60	760	3,8

Dari hasil pengujian didapatkan didapat nilai *slump-flow* yang sesuai dengan syarat beton SCC berdasarkan pada [13] yaitu berkisar antara 650 – 760 mm. Nilai *slump-flow* tertinggi terdapat pada variasi faktor air semen 0,60. Hubungan variasi faktor air semen dengan *slump-flow* dapat di lihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Variasi Faktor Air Semen dengan *Slump-flow*

Dari gambar 3, dengan menggunakan analisa regresi polynomial orde 2 diperoleh persamaan  $y = -1714,3x^2 + 2314,3x - 8$  dengan nilai  $r^2 = 0,9563$  dan  $r = +0,9779$ . Hubungan variasi faktor air semen dengan *slump-flow time T-50* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Variasi Faktor Air Semen dengan *Slump-flow Time T-50*

Pada gambar 4, dengan menggunakan analisa regresi polynomial orde 2 diperoleh persamaan  $y = 17,143x^2 - 20,743x + 10,06$  dan didapat nilai  $r^2 = 0,9935$  dan  $r = -0,9779$ .

### 4.3. Kuat Tekan

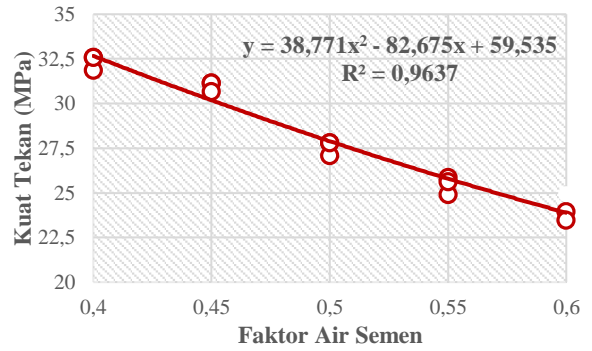
Untuk mengetahui nilai kuat tekan benda uji maka dilakukan pembebanan uji tekan. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Komposisi Agregat Kasar (%)		Faktor Air Semen	Benda Uji	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
RCA	NCA					
50	50	0,40	1	680	32,570	32,331
			2	665	31,852	
			3	680	32,570	
50	50	0,45	1	650	31,133	30,974
			2	650	31,133	
			3	640	30,654	
50	50	0,50	1	580	27,781	27,541
			2	565	27,062	
			3	580	27,781	
50	50	0,55	1	520	24,907	25,466
			2	540	25,865	
			3	535	25,625	
50	50	0,60	1	500	23,949	24,108
			2	520	24,907	
			3	490	23,470	

Pada tabel 5 diperoleh hasil bahwa kuat tekan rata – rata yang paling tinggi terdapat pada fas 0,40 yakni sebesar 33,272 MPa dan kuat tekan rata – rata terendah terdapat pada fas 0,60 yakni sebesar 24,130 MPa. Grafik hubungan hasil pengujian kuat tekan beton dengan nilai fas seperti

terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Variasi Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan

Dari Gambar 5 diperoleh persamaan  $y = 38,771x^2 - 82,675x + 59,535$  dengan nilai  $r^2 = 0,9637$  dan  $r = -0,9817$ .

### 4.4. Pembahasan

Dari hasil pengujian didapatkan didapat nilai *slump-flow* yang sesuai dengan syarat beton SCC berdasarkan pada [13] dimana pada variasi fas 0,40 nilai *slump-flow* termasuk pada spesifikasi SF 1 yaitu berkisar antara 550 – 660 mm yang sesuai untuk struktur beton bertulang atau ringan, coran dengan sistem pompa injeksi. Sedangkan pada variasi fas 0,45 – 0,55 nilai *slump-flow* termasuk pada spesifikasi SF 2 yaitu berkisar antara 670 – 750 mm yang sesuai untuk dinding dan kolom. Pada nilai *slump-flow* tertinggi pada variasi fas 0,60 termasuk pada spesifikasi SF 3 yaitu berkisar antara 760 – 850 mm yang biasanya diproduksi dengan ukuran agregat maksimum 16 mm dan pada struktur yang sangat kompleks dan padat.

Berdasarkan hubungan variasi fas dengan *slump-flow* persamaan  $y = -1714,3x^2 + 2314,3x - 8$  dengan nilai  $r^2 = 0,9563$  dan  $r = +0,9779$ . Sesuai dengan [15] nilai koefisien korelasi ( $r$ ) positif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang berbanding lurus antara variabel bebas yaitu variasi fas dengan nilai *slump-flow*, dimana semakin rendah fas maka semakin kecil nilai *slump-flow*, begitu sebaliknya, dengan meningkatnya nilai fas maka semakin besar pula nilai *slump-flow*. Nilai  $r$  yang berkisar diantara 0,80 – 1,00 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara variasi faktor air semen dengan *slump-flow*.

Sedangkan pada hubungan variasi fas dengan *slump-flow time T-50* diperoleh persamaan  $y = 17,143x^2 - 20,743x + 10,06$  dan didapat nilai  $r^2 = 0,9935$  dan  $r = -0,9779$  sedangkan pada hubungan variasi fas dengan kuat tekan SCC diperoleh persamaan  $y = 38,771x^2 - 82,675x + 59,535$  dengan nilai  $r^2 = 0,9637$  dan  $r = -0,9817$ . Sesuai dengan [15] nilai koefisien korelasi ( $r$ ) negatif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara variabel bebas yaitu variasi fas dengan nilai *slump-flow time T-50* dan kuat tekan SCC, dimana semakin rendah fas maka semakin kecil nilai *slump-flow time T-50* dan kuat

tekan SCC, begitu sebaliknya, dengan meningkatnya nilai fas maka semakin besar pula nilai *slump-flow time T-50* dan kuat tekan SCC. Kedua nilai *r* juga berkisar diantara 0,80 – 1,00 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara variasi faktor air semen dengan *slump-flow time T-50* dan kuat tekan SCC.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dari pengujian mengenai studi eksperimental *recycled concrete aggregate* pada *self compacting concrete* diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian diperoleh nilai *slump-flow* pada *self compacting concrete* dengan limbah beton memenuhi atau sesuai dengan syarat [12]
2. Terdapat hubungan yang berbanding lurus antara variasi faktor air semen (fas) dengan nilai *slump-flow* serta hubungan yang berbanding terbalik antara variasi faktor air semen (fas) dengan nilai *slump-flow time T-50* dan kuat tekan SCC.
3. Variasi faktor air semen (fas) berpengaruh sangat kuat terhadap nilai *slump-flow*, *slump-flow time T-50* dan kuat tekan *self compacting concrete* (SCC).

### 5.2. Saran

Saran dari penelitian adalah studi dapat dilanjutkan dengan memvariasikan persentase penggunaan *recycled concrete aggregate* (RCA) dengan *normal concrete aggregate* (NCA), jenis dan persentase bahan aditif yang berbeda serta pada pengujian karakteristik *self compacting concrete* (SCC) lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Hadi, S. Supardi, M. Maruddin, A. A. A. Yusuf, and R. H. Samsuddin, "Pengaruh Metode Self Compacting Concrete (Scc) Terhadap Sifat Mekanis Beton," *PENA Tek. J. Ilm. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 32–38, 2021, doi: 10.51557/pt\_jiit.v6i1.642.
- [2] H. Zen, G. Yanti, and S. W. Megasari, "Pemanfaatan Recycled Concrete Aggregate Pada Beton Porous," *J. Rekayasa Konstr. Mek. Sipil*, vol. 04, no. September, pp. 85–90, 2021, doi: 10.54367/jrkms.v4i2.1363.
- [3] K. Kusumawardhana and T. Teguh, "Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton Limbah Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Normal," *J. Univ. Pertamina*, vol. 53, no. 9, 2013.
- [4] R. Simanullang and T. Sitorus, "Pengaruh Penambahan Superplasticizer Masterglenium ACE 8595 Terhadap Kuat Tekan dan Koefisien Umur Beton".
- [5] EFNARC, BIBM, CEMBUREAU, EFCA, ERMCO, 2005, *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*.
- [6] M. Arezoumandi, M. Ezzell, and J. S. Volz, "A Comparative Study of The Mechanical Properties, Fracture Behavior, Creep, and Shrinkage of Chemically Based Self-Consolidating Concrete," *Front. Struct. Civ. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 36–45, 2014, doi: 10.1007/s11709-014-0243-0.
- [7] ASTM C150/C150M, "Astm C 150," *ASTM C 150/ C150M-15 Stand. Specif. Portl. Cement*.
- [8] Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2015, SNI 2049:2015. Semen Portland. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [9] S. Latjemma, S. Tahir, and Haris, "Studi Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang sebagai Agregat Kasar pada Beton Normal," *Simo Eng.*, vol. 4, pp. 29–38, 2020.
- [10] K. Ramadevi and R. Chitra, "Concrete using recycled aggregates," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 9, pp. 413–419, 2017.
- [11] A. Mahendra, "Pengaruh Limbah Katalis dan Terak Logam Sebagai Substitusi Semen dan Pasir Terhadap Self Compacting Concrete," Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2019.
- [12] G. Ace and G. Stream, "MasterGlenium ACE 391 MasterGlenium ACE 391.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, 2008, SNI 1972:2008. Cara Uji Slump Beton, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [14] Badan Standardisasi Nasional, 2011, SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [15] R. Ananda and M. Fadhli, *Skatistik Pendidikan*. Medan: CV. Widya Puspita, 2018.