

Pembuatan Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan Variasi Pasir Lokal untuk Beton *Precast* Pada Bangunan Pelengkap Jalan

Amiruddin¹, Indrayani^{1*}, Sukarman¹, Rio Marpen¹, Indah Permata², Marlana³

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya

²Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya

³Program Studi D4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

*Email: iin_indrayani@polsri.ac.id

Abstract

Self-Compacting Concrete (SCC) is a self-compacting concrete with a fairly high slump value. For the manufacture of Self Compacting Concrete (SCC) it will be faster and more economical so that it is able to produce precast concrete products that are planned for road complementary buildings. In this study, researchers used 3 variations of local sand from South Sumatra and added material in the form of superplasticizer ligno P-100 with levels of 1.5%, 2% and 2.5% by weight of cement. The sample consisted of 36 pieces used in the form of a cube with dimensions of 15 cm x 15 cm x 15 cm which was then tested for the physical properties of the fresh condition SCC concrete and testing the compressive strength of the concrete. From the test results, it was found that the variation of sand and the optimum superplasticizer content for the flow ability test on the coarse sand variation with the superplasticizer content of 2%, for passing ability, filling ability, and segregation resistance on the fine sand variation with the superplasticizer content of 2.5% with successive values. Followed by 750 mm, 0.95, 0.94 and 11 seconds. So from all these tests have met the four requirements for the properties of SCC concrete.

Keyword: Testing, SCC, Superplasticizer, Concrete, Precast

Abstrak

Self-Compacting Concrete (SCC) merupakan beton yang mampu memadat sendiri dengan nilai slump yang cukup tinggi. Untuk pembuatan Self Compacting Concrete (SCC) akan lebih cepat dan ekonomis sehingga mampu menghasilkan produk beton precast yang direncanakan untuk bangunan pelengkap jalan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan 3 variasi pasir lokal sumatera selatan dan bahan tambah berupa superplasticizer ligno P-100 dengan kadar 1,5%, 2% dan 2,5% dari berat semen. Sampel berjumlah 36 buah yang digunakan berbentuk kubus dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 15 cm yang kemudian dilakukan pengujian sifat fisik beton SCC kondisi segar dan pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengujian diperoleh variasi pasir dan kadar superplasticizer optimum untuk pengujian flow ability pada variasi pasir kasar dengan kadar superplasticizer 2%, untuk passing ability, filling ability, dan segregation resistance pada variasi pasir halus dengan kadar superplasticizer 2,5% dengan nilai berturut-turut 750 mm, 0.95, 0.94 dan 11 detik. Maka dari semua pengujian tersebut sudah memenuhi keempat persyaratan sifat beton SCC.

Kata kunci : Testing, SCC, Superplasticizer, Beton, Precast.

1. Pendahuluan

Pada saat ini banyak pembangunan prasarana jalan menggunakan beton sebagai perkerasannya dikarenakan beton memiliki kuat tekan yang tinggi walaupun disisi lain beton juga memiliki kelemahan yaitu memiliki nilai kuat tarik yang rendah [1]. Penelitian-penelitian terhadap beton telah banyak dilakukan diantaranya penelitian terhadap beton ringan dan beton *geopolymer* [2]-[6], hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dapat dibuat menggunakan bahan-bahan tambah lain seperti *fly ash*, abu sekam, dan abu sawit.

Proses pembuatan beton relatif mudah dan juga dinilai lebih ekonomis. Namun pada saat proses pengecoran beton normal, sering mengalami kendala disebabkan jarak antar tulangan yang terlalu dekat. Dampak yang terjadi adalah terjadinya pemisahan antara agregat halus, semen, air dengan agregat kasar (*segregasi*). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan pengembangan terhadap teknologi beton, diantaranya pengembangan beton jenis *Self Compacting Concrete* (SCC) [7]-[9].

Pembuatan Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan variasi pasir lokal untuk beton *precast* pada bangunan pelengkap jalan bertujuan untuk menganalisis perilaku *workability* dan menganalisis mutu kuat tekan *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan tambahan *superplasticizer ligno* P-100 dan variasi pasir (pasir halus, sedang dan kasar) untuk produk beton *precast* pada bangunan pelengkap jalan dengan manfaat sebagai referensi yang mengedukasi peneliti selanjutnya tentang pengaruh penambahan *superplasticizer ligno* P-100 dan variasi pasir (pasir halus, sedang dan kasar) untuk produk beton *precast* pada pembuatan beton SCC. Serta mengembangkan penelitian beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan *superplasticizer ligno* P-100 dan variasi pasir (pasir halus, sedang dan kasar) untuk produk beton *precast* [9]-[10].

Pembuatan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan variasi pasir lokal

untuk beton *precast* pada bangunan pelengkap jalan memiliki beberapa pembatasan masalah yaitu dilakukan pengujian *filling ability*, *passing ability*, *flow ability* dan *segregation resistance* pada saat beton kondisi segar. Rencana campuran menggunakan *Mix design* sebagaimana riset sebelumnya oleh okamura [11].

2. Metode Penelitian

Penelitian *Self Compacting Concrete* (SCC) meliputi beberapa tahapan-tahapan, antara lain studi literatur, persiapan alat dan bahan, pengujian material/bahan, perhitungan rencana campuran, pembuatan benda uji, pengujian beton SCC segar, perawatan benda uji, pengujian kuat tekan, serta analisa data.

Kebutuhan sampel penelitian ada 36 buah yang terdiri dari 9 benda uji Beton *Self Compacting Concrete* normal (BSCC 0); 9 benda uji Beton *Self Compacting Concrete* dengan bahan tambah *superplasticizer* 1,5% (BSCC 1,5), 9 benda uji Beton *Self Compacting Concrete* dengan bahan tambah *superplasticizer* 2% (BSCC 2), 9 benda uji Beton *Self Compacting Concrete* dengan bahan tambah *superplasticizer* 2,5% (BSCC 2,5). Setiap variasi akan diuji pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Seluruh perancangan dan pengujian beton berpedoman pada SNI [12]-[16]. Uraian jumlah benda uji dapat dilihat pada pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Benda Uji Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji			Total
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	
BSCC 0	3	3	3	9
BSCC 1,5	3	3	3	9
BSCC 2	3	3	3	9
BSCC 2,5	3	3	3	9
Total	12	12	12	36

Analisa data dalam penelitian ini meninjau dari parameter rencana campuran beton *Self Compacting Concrete* berdasarkan peneliti sebelumnya yang telah dilakukan Ouchi [5], mencari rencana campuran yang paling sesuai dengan variasi pasir lokal di Provinsi Sumatera Selatan. Selanjutnya analisa

yang dilakukan berupa pembuatan benda uji dengan penambahan *Superplasticizer Ligno P-100*.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu *Spesifikasi Khusus-Interim Beton Memadat Sendiri* bahwa variasi optimum *superplasticizer* 1,2% dan percobaan campuran beton dilakukan untuk memastikan beton sudah memenuhi kriteria sehingga pada penelitian ini kami menggunakan bahan tambah *Superplasticizer Ligno P-100* dengan variasi sebesar 1,5%; 2%; dan 2,5%.

Untuk kondisi beton SCC segar dilakukan pengujian *filling ability* dengan *blocking ratio* berkisar antara 0,8-1,0, *passing ability* dengan *blocking ratio* berkisar antara 0,8-1,0, *flow ability* dengan diameter antara 550-850 mm dan *segregation resistance* besaran waktu antara 6 -12 detik.

3. Hasil Penelitian

3.1. Hasil Pengujian Bahan

Berdasarkan hasil pengujian bahan didapatkan rekapitulasi hasil pengujian seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Jenis Pengujian	Hasil					Sat.
	Agregat Halus			Agregat Kasar		
	Halus	Sedang	Kasar	Batu 1/1	Abu Batu	
Analisa Saringan Berat Jenis Kering	2,094	3,016	3,421	6,76	4,85	-
Berat Jenis SSD	2,56	2,59	2,54	2,53	2,51	-
Penyerapan	2,63	2,66	2,59	2,60	2,56	-
Kadar Air	2,67	2,88	2,25	2,74	1,94	%
Kadar Lumpur Bobot Isi Gembur	11,40	6,94	2,31	3,17	-	%
Bobot Isi Padat	6,75	2,09	2,64	5,77	-	%
Bobot Isi Gembur	1,20	1,37	1,34	1,31	-	gr/cm ³
Bobot Isi Padat	1,29	1,50	1,50	1,48	-	gr/cm ³

3.2. Rencana Campuran Beton SCC

Perhitungan susunan campuran beton SCC berdasarkan penelitian yang dilakukan Ouchi, et al (2003) dengan mengacu pada Mix J2 (*VMA-type*) dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

3.3. Pengujian Beton SCC Segar

Hasil analisa keseluruhan sifat beton SCC per variasi pasir sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Agregat Halus pada Campuran Beton [6][7]

Superplasticizer (%)	Agregat Halus (kg/m ³)		
	Halus	Sedang	Kasar
0	13,05	13,05	13,05
1,5	13,05	13,05	13,05
2	13,05	13,05	13,05
2,5	13,05	13,05	13,05

Tabel 4. Hasil Perhitungan Agregat Kasar, Semen, Abu Batu, Air pada Campuran Beton [6][7]

Superplasticizer (%)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Abu Batu (kg/m ³)	Air (kg/m ³)
0	12,375	3,3	3,3	2,475
1,5	12,375	3,3	3,3	2,475
2	12,375	3,3	3,3	2,475
2,5	12,375	3,3	3,3	2,475

a. Variasi Pasir Halus

Untuk pasir halus pada penambahan 0,5% *superplasticizer* pertama nilai *flow ability* menurun sebesar 6,25%, tetapi pengujian lainnya mengalami peningkatan, dengan nilai antara 0,15 - 0,85 yaitu *passing ability* 1,11%, *filling ability* 7,06% dan *segregation resistance* 11,11%. Dan untuk penambahan 0,5% *superplasticizer* kedua meningkatkan nilai *flow ability* 8,33%, *passing ability* 1,10%, *filling ability* 3,30% dan *segregation resistance* 10%. Sedangkan pada penambahan 0,5% *superplasticizer* terakhir meningkatkan nilai *flow ability* sebesar 1,54%, *passing ability* 3,26%, untuk *filling ability* dan *segregation resistance* nilainya stabil.

b. Variasi Pasir Sedang

Untuk pasir sedang pada penambahan 0,5% *superplasticizer* pertama nilai *flow ability* menurun sebesar 9,09%, tetapi pengujian lainnya mengalami peningkatan, dengan nilai antara 0,15-0,85 yaitu *passing ability* 5,88%, *filling ability* 1,19% dan *segregation resistance* 14,29%. Dan untuk penambahan 0,5% *superplasticizer* kedua meningkatkan nilai *flow ability* 8,33%, *passing ability* nilainya stabil, *filling ability* 3,30% dan *segregation resistance* 12,50%. Sedangkan pada penambahan 0,5% *superplasticizer* terakhir meningkatkan nilai *flow ability* sebesar 1,54%, *passing ability* 3,26%, *filling ability* 3,41% dan *segregation resistance* nilainya stabil.

c. Variasi Pasir Kasar

Untuk pasir kasar pada penambahan 0,5% *superplasticizer* pertama nilai *flow ability* menurun sebesar 18,92%, tetapi pengujian lainnya mengalami peningkatan, dengan nilai antara 0,8-1,5 yaitu *passing ability* 3,75%, *filling ability* 1,23% dan *segregation resistance* 16,67%. Dan untuk penambahan 0,5% *superplasticizer* kedua meningkatkan nilai *flow ability* 25%, *passing ability* 1,20%, *filling ability* 3,66% dan *segregation resistance* nilainya stabil. Sedangkan pada penambahan 0,5% *superplasticizer* terakhir nilai *flow ability* menurun sebesar 4%, tetapi pengujian lainnya mengalami peningkatan, yaitu *passing ability* 1,19%, *filling ability* 5,88% dan *segregation resistance* 14,29%.

3.4. Kuat Tekan Variasi Pasir Lokal

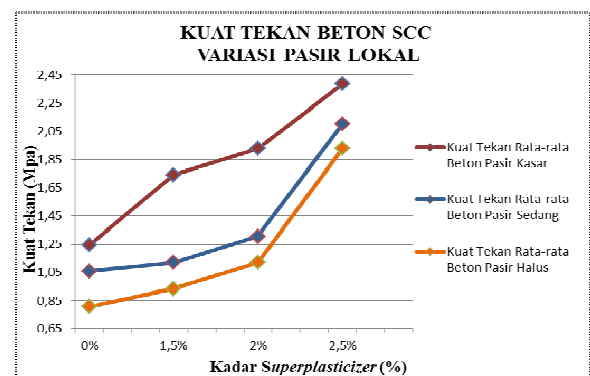
Hasil kuat tekan pada variasi pasir lokal dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 1.

Tabel 5. Hasil Keseluruhan Kuat Tekan

Kadar <i>Superplasticizer</i>	Rata-rata Kuat Tekan Benda Uji (Mpa)		
	Pasir Halus	Pasir Sedang	Pasir Kasar
0%	0,808	1,057	1,243
1,5%	0,932	1,119	1,740
2%	1,119	1,305	1,927

2,5%	1,927	2,101	2,387
------	-------	-------	-------

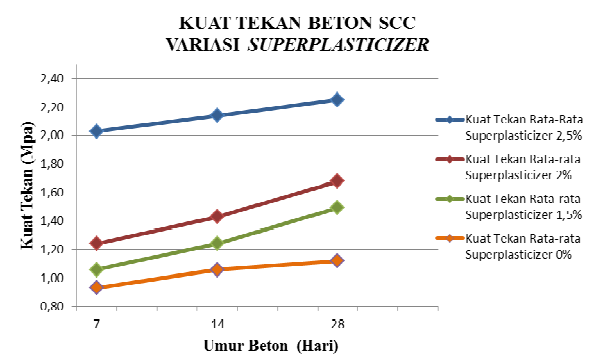
Dari data pada Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton SCC variasi pasir lokal maksimum didapatkan pada pasir kasar dengan kadar *superplasticizer* 2,5% nilai kuat tekan 2,387 Mpa, hasil kuat tekan yang kecil dipengaruhi material yang kurang bagus. Dimana standar kuat tekan beton SCC, yaitu 50 Mpa berdasarkan penelitian Ouchi [5], hal ini menunjukkan bahwa jenis pasir lokal Sumatera Selatan tidak memenuhi SNI untuk pembuatan beton SCC.



Gambar 1. Grafik Kuat Tekan Variasi Pasir

3.5. Kuat Tekan Variasi *Superplasticizer*

Hasil kuat tekan pada variasi *superplasticizer* dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan *Superplasticizer*

Sedangkan dalam bentuk tabel ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Keseluruhan Kuat Tekan

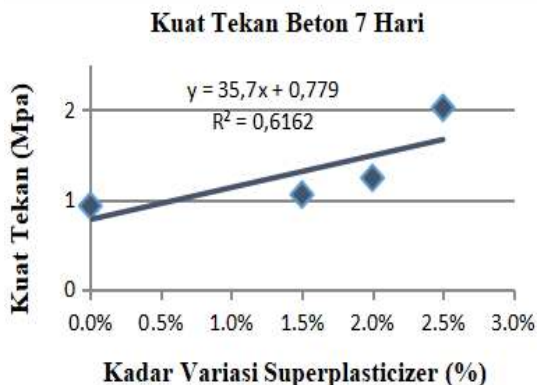
Umur Benda Uji (Hari)	Rata-rata Kuat Tekan Beton SCC (Mpa)			
	BSCC 0%	BSCC 1,5%	BSCC 2%	BSCC 2,5%
7	0,932	1,057	1,243	2,026
14	1,057	1,243	1,430	2,138
28	1,119	1,492	1,678	2,250

Dari data pada Gambar 2, dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton SCC variasi *superplasticizer* maksimum didapatkan dari campuran beton SCC dengan kadar *superplasticizer* 2,5% pada beton umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 2,250 Mpa. Yang menunjukkan bahwa semakin lama perawatan benda uji dan semakin besar kadar *superplasticizer* yang digunakan maka nilai kuat tekan beton yang di dapatkan akan semakin tinggi.

3.6. Analisa Regresi Kuat Tekan

a. Analisa regresi beton 7 hari

Pada beton SCC 0% *superplasticizer* dan penambahan 0,5% *superplasticizer* pada umur 7 hari, nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan. Setelah penambahan *superplasticizer* tiap 0,5% yaitu pada kadar 2% dan 2,5% nilai kuat tekan beton juga mengalami peningkatan yang signifikan.

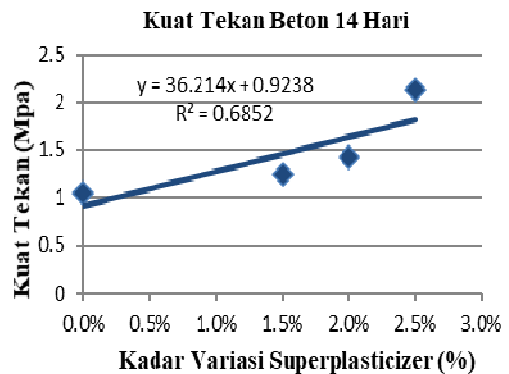


Gambar 3. Grafik Analisa Regresi Beton 7 Hari

Ketepatan penyebaran data dengan persamaan $y = 35,7x + 0,779$ dengan keakuratannya $R^2 = 0,6162$. Jadi, ketepatan validasi data sebesar 61,62%. Hasil dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 3.

b. Analisa regresi beton 14 hari

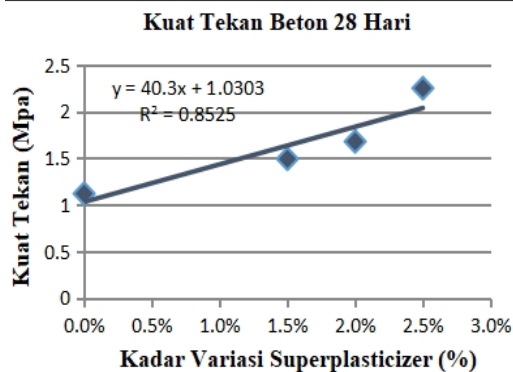
pada beton SCC 0% *superplasticizer* dan penambahan 0,5% *superplasticizer* pada umur 14 hari, nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan. Dan Setelah adanya penambahan *superplasticizer* tiap 0,5% yaitu pada kadar 2% dan 2,5% nilai kuat tekan beton juga mengalami peningkatan yang signifikan. Ketepatan penyebaran data dengan persamaan $y = 36,214x + 0,9238$ dengan keakuratannya $R^2 = 0,6852$. Jadi, ketepatan validasi data sebesar 68,52%. Hasil dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Analisa Regresi Beton 14 Hari

c. Analisa regresi beton 28 hari

Pada beton SCC 0% *superplasticizer* dan penambahan 0,5% *superplasticizer* pada umur 28 hari, nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan yang signifikan, baik pada pada kadar 2% dan 2,5%. Ketepatan penyebaran data dengan persamaan $y = 40,3x + 1,0303$ dengan keakuratannya $R^2 = 0,8525$. Jadi, ketepatan validasi data sebesar 85,25%. Hasil dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Analisa Regresi 28 Hari

3.7. Analisa Beton SCC Terhadap Beton Precast pada Bangunan Pelengkap Jalan

Penelitian ini mengadaptasi *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan variasi pasir lokal Sumatera Selatan untuk implementasi beton *precast* pada bangunan pelengkap jalan, yaitu *box culvert*. Berdasarkan hasil dari data penelitian yang telah kami lakukan dari variasi pasir lokal dan bahan tambah *Superplasticizer Ligno P-100* didapatkan analisa bahwa untuk membuat *box culvert* itu dibutuhkan beton yang sangat *workability* atau cair karena *box culvert* dan yang lainnya itu memiliki dimensi yang tipis. Untuk itu sangat cocok sekali beton hasil penelitian ini digunakan pada pembuatan *box culvert* dan yang lainnya yang berdimensi tipis.

Kemudian dari material yang telah kami uji dapat disimpulkan bahwa penerapan rencana campuran jurnal Okamura Jepang dengan menggunakan variasi pasir lokal belum bisa digunakan, dikarenakan hasil kuat tekan untuk beton belum memenuhi standar kuat tekan beton SCC yaitu sebesar 40-80 Mpa. Berbeda dengan penelitian beton SCC di Jepang yang menggunakan bahan yang berasal dari Jepang yang memungkinkan hasil kuat tekan beton SCC yang sesuai standar. Hal inilah yang memungkinkan perlunya penelitian lebih lanjut terkait rencana campuran dengan menggunakan bahan lokal.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian, penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi pasir lokal terhadap kuat tekan beton SCC dengan penambahan *Superplasticizer Ligno P-100*, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Pada pengujian sifat beton SCC kondisi segar didapatkan nilai maksimum *workability* beton SCC disetiap penambahan 0,5% *superplasticizer* pada variasi pasir yaitu:
 - Pasir halus, kemampuan mengalir 660 mm; kemampuan melewati 0,95; kemampuan mengisi 0,94; dan kemampuan pemisahan agregat 11 detik pada penambahan *superplasticizer* 2,5%.
 - Pasir Sedang, kemampuan mengalir 660 mm; kemampuan melewati 0,93; kemampuan mengisi 0,91; dan kemampuan pemisahan agregat 9 detik pada penambahan *superplasticizer* 2,5%.
 - Pasir Kasar, kemampuan mengalir 740 mm pada penambahan *superplasticizer* 0%, kemampuan melewati 0,85; kemampuan mengisi 0,9; dan kemampuan pemisahan agregat 8 detik pada penambahan *superplasticizer* 2,5%.
- Pada pengujian kuat tekan beton SCC didapatkan persentase nilai disetiap penambahan 0,5% *superplasticizer* pada variasi pasir, yaitu:
 - Pasir Halus, setiap penambahan 0,5% *superplasticizer* nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan yaitu 15,35%; 20,06% dan 72,21%
 - Pasir Sedang, setiap penambahan 0,5% *superplasticizer* nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan yaitu 5,87%; 16,62% dan 61%.
 - Pasir Kasar, setiap penambahan 0,5% *superplasticizer* nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan yaitu 39,98%; 10,75% dan 23,87%.

5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa saran yang perlu dilakukan jika melakukan penelitian serupa, yaitu sebagai berikut:

1. Penggunaan *superplasticizer* diperlukan untuk mempermudah proses pengecoran beton SCC dan dapat menambah nilai *workability* beton SCC tersebut.
2. Sebaiknya kadar penggunaan *superplasticizer* tidak melebihi dari nilai 2,5%, karena pada penambahan 2,5% *superplasticizer* telah memenuhi ke empat sifat fisik beton SCC tersebut.
3. Perlu kiranya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai beton SCC, terutama pada rencana campuran yang efektif digunakan untuk *Trial Mix* sesuai dengan bahan lokal provinsi Sumatera Selatan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Indrayani, Herius, A., Mirza, A., Ravsyah, A.R., 2021. Comparison of the Use of Fly Ash dan Rice Husk Ash in the Making of Geopolymer Concrete. *Proceedings of the 4th Forum in Research, Science and Technology (FIRST-T1-T2-2020). Atlantis Highlights in Engineering*, 2021, Vol. 7.
- [2] Aldi Nauri Islami, Monita Wibisono, Edy Saputra, *Sifat-sifat Fisik Mortar Geopolimer dengan Bahan Dasar Campuran Abu Terbang (Fly Ash) dan Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash)*. Jurnal Teknik, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, 2015.
- [3] Indrayani, *Fly Ash sebagai Alternatif Pengganti Semen pada Beton Geopolimer Ramah Lingkungan*. Jurnal Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia, 2019.
- [4] Ika Sulianti, Indrayani, Agus Subrianto, Efrilia Rahmadona, Oktri Yanti, Arista Widya Iryani, *Analisis Kuat Beton Geopolimer Menggunakan Fly Ash dan Abu Sekam Padi*. Bentang Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 2021, Vol. 9, No. 2, pp 63 – 70.
- [5] Qomaruddin, M., Munawaroh, M., Sudarno, T.H., *Studi Komperasi Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Berton Konvensional, Prosiding SNST, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Magelang, 2018, Vol. 1, No.1.*
- [6] Indrayani, A. Herius, A. Hasan, A. Mirza, *The Effect of Addition of Pumice and Fiber on Compressive and Flexural Strength Precast Lightweight Concrete*, Science and Technology Indonesia, 2020, Vol. 5 No 1, DOI: <https://doi.org/10.26554/sti.2020.5.1.14-17>.
- [7] Direktorat Jenderal Bina Marga. *Spesifikasi Khusus-Interim Beton Memadat Sendiri*. Departemen Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017.
- [8] EFNARC. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete : Specification, Production and Use*. European Project Group, 2005.
- [9] Herbudiman, Bernardinus, dan Sofyan Ependi Siregar, *Kajian Interval Rasio Air-Powder Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terkait Kinerja Kekuatan dan Flow*, Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2013.
- [10] Kusuma, Permadijati, *Analisis Karakteristik Fisik dan Mekanik Self Compacting Concrete (SCC) dengan Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu (Molase)*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah. 2017.
- [11] Ouchi, Nakamura, Osterson, Hallberg, and Lwin. *Applications of Self-Compacting Concrete in Japan, Europe and The United States*. In: ISHPC, 2003.
- [12] SNI 834, *Metode Passing-Ability Beton Memadat Sendiri dengan L-Box*. Badan Standarisasi Nasional, 2007.
- [13] SNI ASTM C 494, Type F. *Specific Water-reducing, High-range Admixtures*. Badan Standarisasi Nasional, 2004.
- [14] SNI 03-2834-1993: *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, BSNI, Jakarta.
- [15] SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. BSNI, Jakarta.
- [16] SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. BSNI, Jakarta.

