

KUAT TEKAN *SELF COMPACTING CONCRETE* MENGUNAKAN *GROUND GRANULATED BLAST FURNACE* *SLAG*

Anni Susilowati¹, Pratikto², Dennis Yudha Praditya³, Kusno Wijayanto⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Prodi Teknik Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, 16424

¹anni_susilowati@sipil.pnj.ac.id, ²pratikto@sipil.ac.id, ³densyp14@gmail.com, ⁴kusnowjy@gmail.com,

Abstract

Self Compacting Concrete (SCC) as one type of concrete that is mostly used in building construction has good workability and can be obtained by adding filler instead of cement. Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) has a chemical composition similar to the content in cement. Therefore, the study of the use of GGBFS was used as a partial substitute for cement in the SCC to examine the influences and quality of GGBFS on fresh concrete and to obtain SCC with the best compressive strength.

This research method uses an experimental method by making SCC concrete specimens with an initial fas of 0.4 according to ACI 211.4R-93. The specimens were worked using GGBFS levels of 0%, until 80%, and using 1,4% superplasticizer, and 2% accelerator by weight of cement.

The use of GGBFS at SCC can increase the value of compressive strength of about 4,27%-25,64 compared to SCC without using GGBFS. The resulted are known that GGBFS can influence compression strength. Based on the testing of fresh and hard concrete, it concluded that the best quality of SCC used 20% of GGBFS.

Keywords: *SCC, GGBFS, cement substitute, influence*

Pendahuluan

Self Compacting Concrete (SCC) adalah salah satu jenis beton yang banyak digunakan pada konstruksi bangunan gedung (Rusyandi, Mukodas 2012).

SCC mulai banyak diaplikasikan pada konstruksi sejak tahun 1990 (Okamura and Ozawa 1996). Hal ini dikarenakan SCC memiliki workabilitas yang baik yang diperoleh dengan cara menambahkan *filler* sebagai pengganti semen seperti *fly ash* dan *silica fume* (Sugiharto and Kusuma 2001). Selain *fly ash* dan *silica fume*, bahan lain yang dapat digunakan sebagai pengganti semen adalah slag (Rose, 2000). SCC dengan workabilitas yang baik juga dapat diperoleh dengan menggunakan FAS yang kecil dan menggunakan *superplastisizer* (Okamura and Ouchi 2007). SCC adalah suatu beton yang ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir melalui tulangan dan memenuhi seluruh ruang yang ada didalam cetakan secara padat tanpa ada bantuan pemadatan manual atau getaran mekanik (Rusyandi, Mukodas 2012). Beton SCC sering digunakan untuk mengatasi

kesulitan campuran beton masuk ke bagian sambungan balok-kolom karena jarak pembesian yang terlalu sempit (Hamdani 2018).

Kelebihan-kelebihan dalam penggunaan SCC antara lain: a) tidak memerlukan penggetaran dengan vibrator, b) meminimalisir tenaga kerja, c) mengurangi kebisingan, d) memudahkan pengecoran pada elemen struktur beton yang sulit dipadatkan, e) mempercepat waktu pelaksanaan proyek, dan f) meningkatkan durabilitas struktur (Herbudiman, 2013).

Salah satu contoh penggunaan SCC pada konstruksi di Indonesia adalah pada Menara Jembatan Grand Wisata, Bekasi (Sampebulu and Ahmad, 2009.). Klasifikasi beton SCC dapat dibedakan berdasarkan kelas *slump flow*nya (Concrete, Guidelines, and Concrete 2005). Klasifikasinya dapat dijelaskan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Klasifikasi SCC berdasarkan *slump flow*

Kelas	Slump-flow (mm)	Kegunaan
SF1	550 – 650	Struktur beton dengan sedikit ditajukhkan dari atas, seperti pelat lantai, pelapis terowongan, tiang pancang
SF2	660 – 750	Aplikasi normal seperti dinding, kolom
SF3	760 – 850	Aplikasi vertikal pada struktur padat dan kompleks

Sumber : *The European Guidelines for SCC (2005)*

Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) adalah produk sampingan dari pengolahan besi yang memiliki kandungan kalsium dan silica yang tinggi (Topcu, 2013). GGBFS memiliki komposisi kimia mirip dengan kandungan pada semen Portland, sehingga dapat menggantikan fungsi semen portland pada rentang yang luas dengan rasio perbandingan massa tertentu (Krakatau Semen Indonesia, n.d.). Seiring dengan upaya pelestarian lingkungan GGBFS terus dikembangkan untuk menjadi alternatif bahan pembuat beton (Randi Yuzti Ramadhan, Alex Kurniawandy 2016). Penggunaan GGBFS pada SCC pada variasi 0% sampai 80% menghasilkan peningkatan kuat tekan sampai variasi 40% dibandingkan tanpa penggunaan GGBFS (Dinakar, Sethy, and Sahoo 2013). Komposisi kimia GGBFS yang diproduksi oleh PT. Krakatau Semen Indonesia dijelaskan melalui **Gambar 1**.

Gambar 1. Komposisi kimia GGBFS PT KSI

Semen Portland atau *Ordinary Portland Cement* adalah semen hidrolis yang diperoleh dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis kemudian digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004 2004). Perbandingan komposisi kimia dan fisik semen OPC dan PCC dapat dilihat pada **Tabel 2** (Sianturi et. al 2017).

Tabel 2. Perbandingan komposisi kimia dan fisik

Komposisi (%)	OPC	PCC
Al2O3	5,49	7,40
CaO	65,21	57,38
SiO2	20,92	23,04
Fe2O3	3,78	3,36
Kehalusan	4,00	2,00
Berat isi (Kg/l)	1,29	1,15

Sumber : Alit, 2009 dalam Sianturi, dkk, 2017

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ramanathan et.al (2013) (Ramanathan et al. 2013), SCC dengan GGBFS 30% memiliki nilai *slump flow* yang lebih besar dibandingkan penggunaan GGBFS 40%. Penggunaan GGBFS 30% menghasilkan *slump flow* sebesar 680 mm sedangkan penggunaan 40% GGBFS menghasilkan *slump flow* sebesar 670 mm. Sedangkan hasil penelitian Dinakar, et. al (2013) (Dinakar, Sethy, and Sahoo 2013), SCC yang dirancang untuk kekuatan 100 MPa menghasilkan kuat tekan optimum pada penggunaan GGBFS 20% pada umur pengujian 28 hari. Penggunaan GGBFS 20% menghasilkan kuat tekan sebesar 94 MPa, lebih besar dibandingkan SCC tanpa GGBFS dan penggunaan GGBFS 40% yang menghasilkan kuat tekan sebesar 92 MPa dan 90 MPa.

Contoh Konstruksi Bangunan Gedung di dunia yang sudah menggunakan GGBFS sebagai substitusi semen (PT. Krakatau Semen Indonesia) sebagai berikut :

The Guardian Towers Abu Dhabi adalah sebuah Menara kompleks hunian serba guna bertingkat 18, Menara perkantoran komersial 18 lantai dan 2 tingkat ritel podium yang menggunakan substitusi GGBFS sebesar 70%.

Gedung Ronald Reagan dan International Trade Center adalah bangunan pemerintah terbesar di Washington, DC. Merupakan rumah bagi lebih dari 5.000 karyawan federal dan pusat konfrensi. Konstruksi gedung ini menggunakan substitusi GGBFS sebesar 50%.

Dalam penelitian ini menggunakan GGBFS sebagai pengganti sebagian semen pada beton

SCC dengan tujuan meneliti karakteristik beton segar SCC dengan dan tanpa GGBFS serta untuk memperoleh GGBFS yang optimum untuk mendapatkan SCC dengan kuat tekan yang paling baik.

Metodelogi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta. Waktu penelitian dimulai pada bulan Februari sampai Bulan Juli 2019.

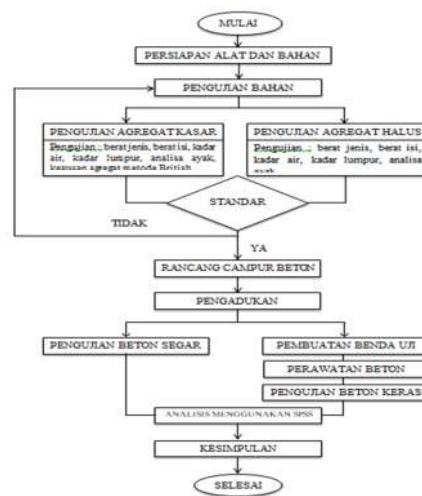
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Semen tipe I yaitu *Ordinary Portland Cement* (OPC).
- b. Agregat kasar berupa kerikil dengan diameter maksimum 20 mm
- c. Agregat halus berupa pasir Bangka
- d. Air Laboratorium Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
- e. *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS)
- f. *Superplastisizer* Naptha 511P
- g. *Accelerator* Naptha C6312

Benda uji beton SCC dengan variasi perbandingan Semen : GGBFS yaitu 100% : 0%, 90% : 10%, 80% : 20%, 70% : 30%, 60% : 40%, 50% : 50%, 40% : 60%, 30% : 70%, dan 20% : 80% dari berat semen. dengan FAS awal sebesar 0,4. Masing-masing variasi dilakukan pengujian sebanyak 3 (tiga) kali Untuk meneliti perkembangan kekuatan beton dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari.

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan metode eksperimen, dengan membuat benda uji beton SCC dengan FAS awal sebesar 0,4. Kemudian FAS menjadi 0,22 setelah penambahan superplastisizer dengan kadar 1,4% dari berat semen.

Tahapan-tahapan penelitian digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2. *Flow chart* Penelitian

Hasil Pembahasan

Sebelum melakukan *mix design*, peneliti melakukan pengujian terhadap agregat kasar dan halus diperoleh hasil pengujian agregat sebagai berikut dapat dilihat pada **Tabel 3** sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Agregat

Sifat Bahan	Satuan	Ag. Kasar	Ag. Halus
Berat Jenis		2,28	2,58
Berat Jenis SSD		2,30	2,59
Berat Isi Padat	Kg/m3	1484,12	1703,22
Berat Isi Lepas	Kg/m3	1339,63	1565,71
Penyerapan Air	%	0,92	0,67
Kadar Air	%	0,96	5,78
Kadar Lumpur	%	0,17	1,15
Modulus halus butir		6,40	3,1
Analisa ayak		Max 20mm	Zona 1
<i>Crush value</i>	%	19,50	-

Berdasarkan *mix design* menggunakan ACI 211.4R-93 (American Concrete Institute (ACI) 1998) diperoleh komposisi campuran SCC per m3 tanpa bahan pengganti semen dapat dilihat pada **Tabel 4-5** sebagai berikut.

Tabel 4. Rancangan Campuran SCC tanpa *Admixture* (Untuk 1 m3)

Bahan	Jumlah	Satuan
Semen	519,9	kg/m3
Agregat Kasar	939,6	kg/m3
Agregat Halus	652,1	kg/m3
Air	208,0	kg/m3
TOTAL	2243,6	kg/m3

Tabel 5. Rancangan Campuran SCC dengan *Superplastisizer* dan *Accelerator*

Bahan	Jumlah	Satuan
Semen	519,9	kg/m ³
Agregat Kasar	939,6	kg/m ³
Agregat Halus	652,1	kg/m ³
Air	114,4	kg/m ³
<i>Superplastisizer</i> (1,4% berat semen)	7,3	kg/m ³
<i>Accelerator</i> (2% berat semen)	10,4	kg/m ³
TOTAL	2243,6	kg/m³

Rancangan campuran beton dihitung berdasarkan FAS awal (sebelum penambahan *superplastisizer*) sebesar 0,4. Penggunaan *superplastisizer* 1,4% berdasarkan *trial mix* sedangkan penggunaan *accelerator* 2% berdasarkan studi literatur terhadap penelitian Putri (2018) (Putri 2018). Selain penelitian tersebut, pada penelitian terdahulu oleh Fadillah, dkk (2018), penggunaan *accelerator* 2% menghasilkan kuat tekan paling tinggi pada umur 14 dan 28 hari (Fadillah 2017).

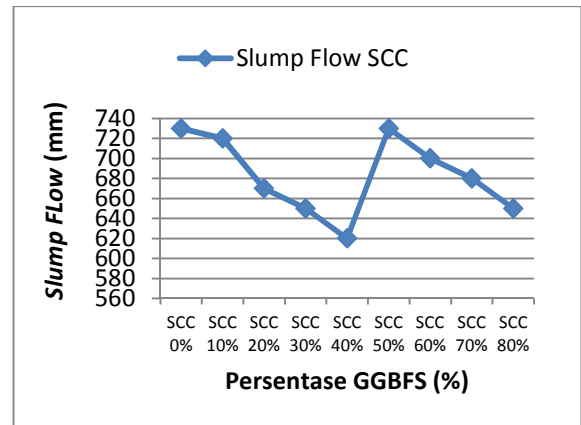
FAS setelah penambahan *superplastisizer* menjadi 0,22. Berdasarkan jumlah per m³ campuran tanpa GGBFS pada **Tabel 5**, dihitung jumlah bahan per m³ tiap variasi penggunaan GGBFS pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rancangan Campuran SCC Tiap Variasi

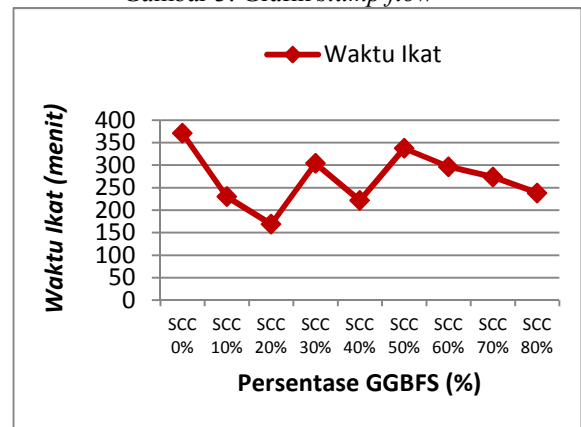
Presentase GGBFS	<i>Slump flow</i> mm	Waktu Ikat menit	Berat Isi kg/m ³
SCC 0%	730	370,91	2352,1
SCC 10%	720	230,00	2338,0
SCC 20%	670	168,75	2323,9
SCC 30%	650	304,00	2309,8
SCC 40%	620	221,63	2295,8
SCC 50%	730	337,50	2253,3
SCC 60%	700	296,67	2246,5
SCC 70%	680	273,75	2239,4
SCC 80%	650	238,33	2225,4

Hasil pengujian beton segar dapat dilihat pada **Tabel 7** dan **Gambar 3-5** sebagai berikut

Tabel 7. Hasil Pengujian Beton Segar



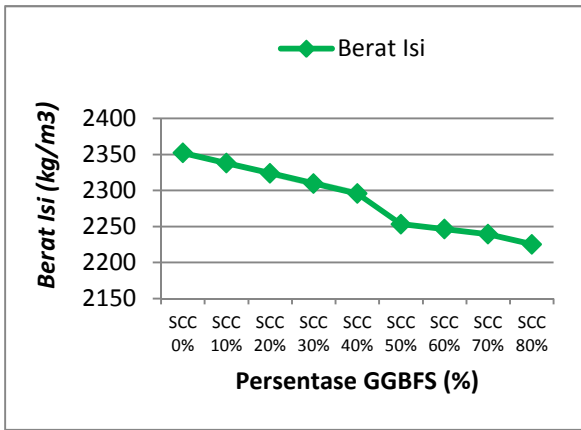
Gambar 3. Grafik *slump flow*



Bahan	Presentase GGBFS				
	0%	10%	20%	30%	40%
Semen	519,9	467,9	415,9	363,9	311,9
Air	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4
Agregat Kasar	939,6	939,6	939,6	939,6	939,6
Agregat Halus	652,1	652,1	652,1	652,1	652,1
SP	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
AC	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
GGBFS	0,0	52,0	104,0	156,0	208,0

Bahan	Presentase GGBFS				Satuan
	50%	60%	70%	80%	
Semen	259,9	208,0	156,0	104,0	Kg
Air	114,4	114,4	114,4	114,4	Lt
Agregat Kasar	939,6	939,6	939,6	939,6	Kg
Agregat Halus	652,1	652,1	652,1	652,1	Kg
SP	7,3	7,3	7,3	7,3	Lt
AC	10,4	10,4	10,4	10,4	Lt
GGBFS	259,9	311,9	363,9	415,9	kg

Gambar 4. Grafik waktu ikat



Berdasarkan **Tabel 7** dan **Gambar 3**, bahwa penambahan GGBFS menghasilkan penurunan *slump flow*. Setiap penambahan 10% sampai penggunaan GGBFS 40%. Penggunaan GGBFS pada variasi tersebut mampu menurunkan nilai *slump flow* 1,37%-6,94%. Tren *slump flow* hasil pengujian serupa dengan hasil pengujian (Ramanathan et al. 2013). Hal ini dikarenakan nilai *slump flow* SCC dengan GGBFS 30% lebih besar dibandingkan *slump flow* GGBFS 40%. Namun, nilai *slump flow* meningkat signifikan pada penggunaan GGBFS 50% yaitu sebesar 17,74% kemudian kembali menurun pada penggunaan GGBFS 60% sampai 80%.

Berdasarkan **Tabel 7** dan **Gambar 4-5**, penambahan GGBFS menghasilkan nilai fluktuatif terhadap waktu ikat. Waktu ikat tercepat dicapai pada variasi GGBFS 20% yaitu 168,75 menit, sedangkan waktu ikat paling lambat dicapai pada variasi GGBFS 0% yaitu selama 370,91 menit. Sedangkan untuk pengujian berat isi beton segar, penambahan GGBFS menurunkan nilai berat isi secara linier. Penambahan 10% GGBFS menurunkan berat isi beton segar 0,3%-1,9% sampai berat isi paling ringan pada GGBFS 80% sebesar 2225,4 kg/m³.

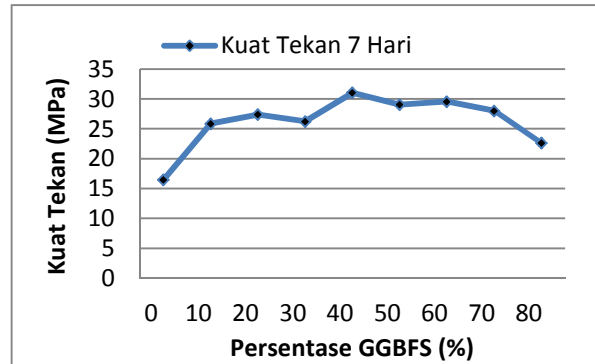
Berdasarkan hasil pengujian beton segar dan analisis diketahui bahwa penggunaan GGBFS berpengaruh terhadap berat isi beton segar.

Hasil pengujian kuat tekan SCC dapat dilihat pada **Tabel 7** dan **Gambar 6-9** sebagai berikut.

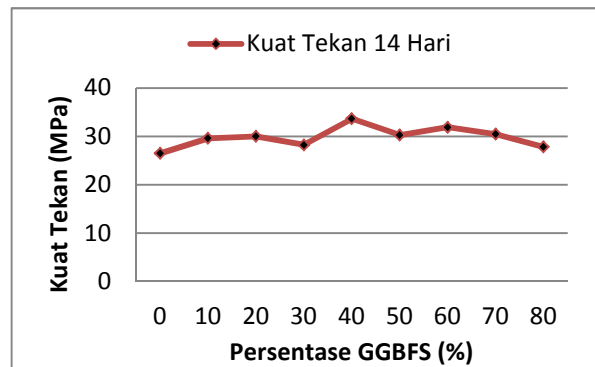
Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Presentase GGBFS	Kuat Tekan MPa		
	7 hari	14 hari	28 hari
	SCC 0%	16,49	26,52
SCC 10%	25,86	29,63	34,54
SCC 20%	27,40	30,01	41,61
SCC 30%	26,25	28,27	37,18
SCC 40%	31,05	33,67	37,65
SCC 50%	29,06	30,29	35,29
SCC 60%	29,57	31,89	34,82

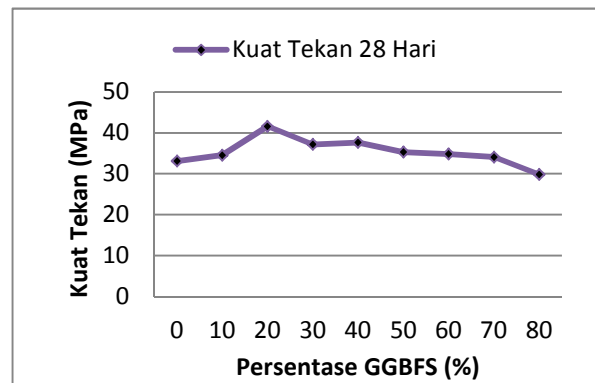
SCC 70%	28,02	30,48	34,07
SCC 80%	22,63	27,84	29,82



Gambar 7. Grafik Kuat Tekan 7 Hari



Gambar 8. Grafik Kuat Tekan 14 Hari



Gambar 8. Grafik Kuat Tekan 28 Hari

Berdasarkan **Tabel 8** dan **Gambar 6-8**, menunjukkan bahwa penggunaan GGBFS mampu meningkatkan nilai kuat tekan SCC dibandingkan tanpa penggunaan GGBFS. Penambahan GGBFS sampai 20% mampu meningkatkan kuat tekan. kemudian nilai kuat tekan menurun pada penggunaan GGBFS 30%

dan kembali meningkat nilainya pada penggunaan GGBFS 40%, kemudian terus turun sampai ada penggunaan GGBFS 80%. Pada pengujian umur 7 dan 14 hari nilai kuat tekan terbesar dicapai pada penggunaan GGBFS 40%, yaitu sebesar 31,05 MPa dan 33,67 MPa. Sedangkan pada pengujian umur 28, nilai kuat tekan paling besar dicapai pada penggunaan GGBFS 20%, yaitu sebesar 41,61 MPa. Pada pengujian kuat tekan SCC pada umur 7 dan 14 penggunaan GGBFS 10%-80% mampu meningkatkan kuat tekan jika dibandingkan tanpa penggunaan GGBFS. Namun pada umur 28 hari penggunaan GGBFS sebesar 80% dapat menurunkan 9,9% kuat tekannya dibandingkan dengan SCC tanpa tanpa penggunaan GGBFS. Hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Dinakar, Sethy, and Sahoo 2013), yaitu kuat tekan SCC terbesar ada pada penggunaan GGBFS sebesar 20%

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh GGBFS terhadap pengganti sebagian semen pada *self compacting concrete* disimpulkan

1. Penggunaan GGBFS sampai 80% kecenderungannya dapat menurunkan nilai slump flow dan berat isi namun pada waktu ikat nilainya fluktuatif.
2. SCC dengan kualitas paling baik adalah SCC dengan penggunaan GGBFS 20% karena menghasilkan nilai kuat tekan pada umur umur 28 hari paling tinggi dibandingkan SCC tanpa penggunaan GGBFS dan penggunaan GGBFS pada variasi lainnya
3. Pada penelitian ini penulis memiliki keterbatasan waktu dan alat penelitian. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan pengujian beton segar dengan *L-box shape* dan *V funnel* serta melakukan pengujian terhadap kuat tarik lentur, kuat tarik belah, dan kuat tekan beton pada umur lebih dari 28 hari.

Daftar Pustaka

American Concrete Institute (ACI). 1998. "Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash, ACI 211.4R-93." *Manual of Concrete Practice* 93 (Reapproved): 13.

- <https://doi.org/10.1080/14675980802632941>.
- Concrete, Self-compacting C, The European Guidelines, and Self-compacting C Concrete. 2005. "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete." *The European Guidelines for Self Compacting Concrete*, no. May: 63. <http://www.efnarc.org/pdf/SCCGuidelinesMay2005.pdf>.
- Dinakar, P., Kali Prasanna Sethy, and Umesh C. Sahoo. 2013. "Design of Self-Compacting Concrete with Ground Granulated Blast Furnace Slag." *Materials and Design* 43: 161–69. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.06.049>.
- et. al, Sianturi. 2017. "Kuat Tekan Dan Sifat Fisik Beton OPC, OPC Pofa Dan PCC Menggunakan Air Gambut Sebagai Air Pencampur Beton." *Jom FTEKNIK* 4 (No.1): 1–8.
- Fadillah, Yuda. 2017. "Kajian Pengaruh Variasi Penambahan Bahan Accelerator Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri Dan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi," 1435–41.
- Hamdani, Dkk. 2018. "Aplikasi Beton SCC Pada Sambungan Balok-Kolom Akibat Beban Vertikal." *Spektrum Sipil* 5 (1): 58–69.
- Herbudiman, Bernardinus, Jurusan Teknik Sipil, and Jurusan Teknik Sipil. 2013. "Kajian Interval Rasio Air-Powder Beton Self-Compacting Terkait Kinerja Kekuatan Dan Flow Self Compacting Concrete (Scc)" 7 (KoNTeKS 7): 24–26.
- Krakatau Semen Indonesia, PT. n.d. "Ground Granulated Blast Furnace Slag." <http://krakatausemenindonesia.com/blastfurnaceslag>.
- Kukun Rusyandi, Jamul Mukodas, Yadi Gunawan. 2012. "PERANCANGAN BETON SELF COMPACTING CONCRETE (BETON MEMADAT SENDIRI) Dengan PENAMBAHAN FLY ASH Dan STRUCTURO" 10 (01): 1–11.
- Okamura, Hajime, and Masahiro Ouchi. 2007. "Self-Compacting Concrete." *Journal of Advanced Concrete Technology* 1 (1): 5–15. <https://doi.org/10.3151/jact.1.5>.
- Okamura, Hajime, and Kazumasa Ozawa. 1996. "Self-Compacting High Performance Concrete." *Structural Engineering International: Journal of the International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE)* 6 (4): 269–70.

- <https://doi.org/10.2749/101686696780496292>.
- Putri, Vindy Cynthia. 2018. "Pengaruh Accelerator Terhadap Perkerasan Kaku Sebagai Upaya Mempercepat Laju Perkerasan."
- Ramanathan, P., I. Baskar, P. Muthupriya, and R. Venkatasubramani. 2013. "Performance of Self-Compacting Concrete Containing Different Mineral Admixtures." *KSCE Journal of Civil Engineering* 17 (2): 465–72. <https://doi.org/10.1007/s12205-013-1882-8>.
- Randi Yuzti Ramadhan, Alex Kurniawandy, Zulfikar Jauhari. 2016. "PENGARUH PENAMBAHAN STEEL SLAG DAN ABU TERBANG (FLY ASH) TERHADAP SEBAGIAN SIFAT BETON SEGAR DAN BETON KERAS Randi Yuzti Ramadhan 1)," 3 (2): 1–8.
- Rose, D. 2000. "Granulated Blast Furnace Slag Grinding." *World Cement* 24 (September): 51–56.
- Sampebulu, Victor, and Abdul Gani Ahmad. n.d. "Pengaruh Penambahan Admixture Terhadap Karakteristik Self Compacting Concrete (Scc)."
- SNI 15-2049-2004. 2004. "Semen Portland." *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–128.
- Sugiharto, Handoko, and Gideon Hadi Kusuma. 2001. "Penggunaan Fly Ash Dan Viscocrete Pada Self Compacting Concrete." *Civil Engineering Dimension* 3 (1): 30–35.
- Topcu, I.B. 2013. "High Volume Ground Granulated Blast Furnace Slag Concrete." *Eco-Efficient Concete*, 218–40. <https://doi.org/10.1553/9780857098993.2.218>.