

LAPORAN SKRIPSI

PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN *WASTE GLASS POWDER* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN *SELF-COMPACTING CONCRETE* TANPA *CURING*



**HARASA RAMDHANY PASIN
03011181419021**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN *WASTE GLASS POWDER* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN *SELF-COMPACTING CONCRETE* TANPA *CURING*

SKRIPSI

Dibuat Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh :

HARASA RAMDHANY PASIN
03011181419021

Palembang, Mei 2018

Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing I,

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. Gunawan Tanzil, M.Eng., Ph.D
NIP. 195601311987031002



Ir. Helmi Hakki, M.T.
NIP. 196107031991021001

HALAMAN PERSETUJUAN

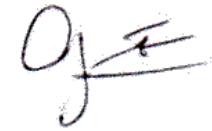
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Pengaruh Penggunaan *Fly ash* dan *Waste Glass Powder* sebagai Substitusi Semen pada Campuran *Self-Compacting Concrete* tanpa *Curing*" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Mei 2018.

Palembang, Mei 2018

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

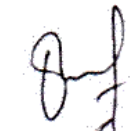
Ketua:

1. **Ir. Gunawan Tanzil, M.Eng., Ph.D.**
NIP. 195601311987031002

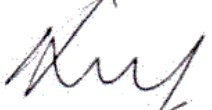
()

Anggota:

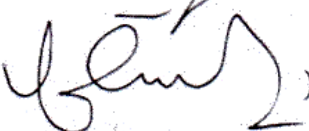
2. **Dr. Saloma, S.T., M.T.**
NIP. 197610312002122001

()

3. **Dr. Ir. Hanafiah, MS.**
NIP. 195603141985031020

()

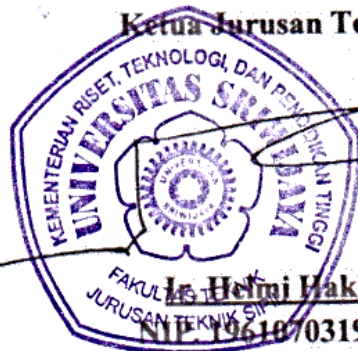
4. **Ir. H. Yakni Idris, MSCE**
NIP. 195504271987031002

()

5. **Ahmad Muhtarom, S.T., M.Eng.**
NIP. 198208132008121002

()

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. Helmi Hakki, M.T.
NIP. 196107031991021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Harasa Ramdhany Pasin

NIM : 03011181419021

Judul : Pengaruh Penggunaan *Fly ash* dan *Waste Glass Powder* sebagai Substitusi Semen pada Campuran *Self-Compacting Concrete* tanpa *Curing*

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



HALAMAN PERNYATAAN PESETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Harasa Ramdhany Pasin

NIM : 03011181419021

Judul : Pengaruh Penggunaan *Fly ash* dan *Waste Glass Powder* sebagai Substitusi Semen pada Campuran *Self-Compacting Concrete* tanpa *Curing*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Mei 2018

Yang membuat pernyataan,



Harasa Ramdhany Pasin

NIM. 03011181419021

RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Harasa Ramdhany Pasin
Tempat Lahir : Jakarta
Tanggal Lahir : 23 Januari 1996
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Warga Negara : Indonesia
Alamat : Jalan Perindustrian 1 Villa Sukarami Indah No.11 Blok C
Kelurahan Kebun Bunga Kecamatan Sukarami, Palembang
Alamat Tetap : Jalan Perindustrian 1 Villa Sukarami Indah No.11 Blok C
Kelurahan Kebun Bunga Kecamatan Sukarami, Palembang
Nama Orang Tua : Baharuddin Pasin
Aslamiyah, SE
Alamat Orang Tua : Jalan Perindustrian 1 Villa Sukarami Indah No.11 Blok C
Kelurahan Kebun Bunga Kecamatan Sukarami, Palembang
No. HP : 085383133062
E-mail : harasadhany@gmail.com

Riwayat Pendidikan

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Negeri 87 Palembang	-	-	-	2002-2008
SMP LTI IGM Palembang	-	-	-	2008-2011
SMA LTI IGM Palembang	-	IPA	-	2011-2014
Universitas Sriwijaya	Teknik	T. Sipil	S-1	2014-2018

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Harasa Ramdhany Pasin
NIM 03011181419021

RINGKASAN

PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN *WASTE GLASS POWDER* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN *SELF-COMPACTING CONCRETE* TANPA *CURING*

Karya tulis ilmiah ini berupa skripsi, 28 Mei 2018

Harasa Ramdhany Pasin; Dibimbing oleh Gunawan Tanzil

xviii + 98 halaman, 47 gambar, 29 tabel, 8 lampiran

Beton merupakan teknologi bahan konstruksi yang paling sering digunakan dari dahulu hingga sekarang. *Self-Compacting Concrete* (SCC) merupakan teknologi beton mutakhir yang didesain dengan *workable* yang tinggi sehingga mempermudah dalam proses pengecoran tanpa diperlukan pemadatan eksternal maupun dengan alat vibrator. Dalam proses pelaksanaan konstruksi dilapangan, perawatan beton sering diabaikan oleh pekerja. Oleh karena itu, dalam penelitian ini SCC didesain tanpa proses perawatan dan dengan penggunaan *fly ash* dan *waste glass powder* (WGP) sebagai material pengganti semen pada campuran beton karena permasalahan pemanasan global akibat penggunaan bahan konstruksi yang tidak ramah lingkungan dimana 8% dari kadar emisi CO₂ dunia dihasilkan oleh pembakaran semen dengan suhu diatas 1000°C oleh industri manufaktur semen. Dengan demikian, pemanfaatan limbah seperti *fly ash* dan WGP diharapkan menjadi suatu inovasi beton ramah lingkungan yang dapat mengatasi berbagai masalah lingkungan karena berpotensi sebagai material pozzolan yang kaya akan SiO₂.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan *fly ash* yang semakin banyak dapat meningkatkan *workability* pada beton segar. Sedangkan penggunaan WGP yang semakin banyak dapat menurunkan *workability* beton segar SCC. Pada kadar *fly ash* sebesar 18% dan kadar WGP sebesar 7,5% dapat meningkatkan kekuatan sampai 29,17% dari kuat tekan rencana umur 28 hari. Berat beton mengalami penurunan sampai 2,87% bila semakin banyak kadar *fly ash* dan WGP yang digunakan. Dengan demikian dapat dikatakan penggunaan *fly ash* dan WGP dengan kadar optimum dapat memberikan peningkatan kuat tekan beton serta penurunan berat beton umur 28 hari. Pengujian *concrete prism test* disarankan untuk melihat ekspansi dari reaksi alkali silika (ASR) yang terjadi pada SCC *waste glass*.

Kata kunci : *self compacting concrete*, *waste glass powder*, *fly ash*, tanpa *curing*

SUMMARY

EFFECT OF USING FLY ASH AND WASTE GLASS POWDER AS CEMENT REPLACEMENT ON CSELF-COMPACTING CONCRETE WITHOUT CURING

This paper is for scription, 28 May 2018

Harasa Ramdhany Pasin; advised by Gunawan Tanzil

xviii + 98 page, 47 figure, 29 table, 8 attachment

Concrete is the most commonly used construction material technology from the past to present. Self-Compacting Concrete (SCC) is an advanced concrete technology that is designed with high workable making it easier in the casting process without the need for external compaction or vibrator tool. In the process of conducting the construction of the field, concrete maintenance is often ignored by workers. Therefore, in this study SCC is designed without any treatment process and with the use of fly ash and waste glass powder (WGP) as a cement replacement material in concrete mixture due to global warming problems due to the use of environmentally unfriendly construction materials where 8% of CO₂ emission the world is produced by burning cement with temperatures above 1000°C by the cement manufacturing industry. Thus, waste utilization such as fly ash and WGP is expected to be an environmentally friendly concrete innovation that can overcome various environmental problems because of potency as a pozzolan material rich in SiO₂.

The results showed that the increasing effect of fly ash can improve workability in fresh concrete. While the increasing use of WGP can reduce the workability of SCC fresh concrete. At fly ash rate of 18% and WGP levels of 7.5% can increase the strength up to 29.17% of the compressive strength of 28 day plan. The weight of the concrete has decreased to 2.87% when more fly ash and WGP levels are used. Thus it can be said the use of fly ash and WGP with optimum levels can provide increased compressive strength of concrete and weight reduction of 28 days old concrete. Testing of concrete prism test is suggested to see expansion of alkaline silica reaction (ASR) occurring on SCC waste glass.

Keywords : self compacting concrete, waste glass powder, fly ash, without curing

PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN *WASTE GLASS POWDER* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN *SELF-COMPACTING CONCRETE* TANPA *CURING*

Harasa Ramdhany Pasin^{1*}, Gunawan Tanzil²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknk, Universitas Sriwijaya

² Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknk, Universitas Sriwijaya

*Korespondensi Penulis: harasadhany@gmail.com

ABSTRAKSI

Beton merupakan teknologi bahan konstruksi yang paling sering digunakan dari dahulu hingga sekarang. *Self-Compacting Concrete* (SCC) merupakan teknologi beton mutakhir yang didesain dengan *workable* yang tinggi sehingga mempermudah dalam proses pengecoran tanpa diperlukan pemadatan eksternal maupun dengan alat vibrator. Dalam proses pelaksanaan konstruksi dilapangan, perawatan beton sering diabaikan oleh pekerja. Oleh karena itu, dalam penelitian ini SCC didesain tanpa proses perawatan dan dengan penggunaan *fly ash* dan *waste glass powder* (WGP) sebagai material pengganti semen pada campuran beton karena permasalahan pemanasan global akibat penggunaan bahan konstruksi yang tidak ramah lingkungan dimana 8% dari kadar emisi CO₂ dunia dihasilkan oleh pembakaran semen dengan suhu diatas 1000°C oleh industri manufaktur semen. Dengan demikian, pemanfaatan limbah seperti *fly ash* dan WGP diharapkan menjadi suatu inovasi beton ramah lingkungan yang dapat mengatasi berbagai masalah lingkungan karena berpotensi sebagai material pozzolan yang kaya akan SiO₂.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan *fly ash* yang semakin banyak dapat meningkatkan *workability* pada beton segar. Sedangkan penggunaan WGP yang semakin banyak dapat menurunkan *workability* beton segar SCC. Pada kadar *fly ash* sebesar 18% dan kadar WGP sebesar 7,5% dapat meningkatkan kekuatan sampai 29,17% dari kuat tekan rencana umur 28 hari. Berat beton mengalami penurunan sampai 2,87% bila semakin banyak kadar *fly ash* dan WGP yang digunakan. Dengan demikian dapat dikatakan penggunaan *fly ash* dan WGP dengan kadar optimum dapat memberikan peningkatan kuat tekan beton serta penurunan berat beton umur 28 hari. Pengujian *concrete prism test* disarankan untuk melihat ekspansi dari reaksi alkali silika (ASR) yang terjadi pada SCC *waste glass*.

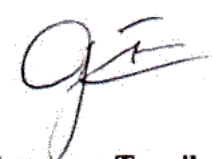
Kata kunci : *self compacting concrete*, *waste glass powder*, *fly ash*, tanpa *curing*

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. Helmi Hakki, M.T.
NIP. 196107031991021001

Palembang, Mei 2018
Dosen Pembimbing I



Ir. Gunawan Tanzil, M.Eng., Ph.D
NIP. 195601311987031002

EFFECT OF USING FLY ASH AND WASTE GLASS POWDER AS CEMENT REPLACEMENT ON SELF-COMPACTING CONCRETE WITHOUT CURING

Harasa Ramdhany Pasin^{1*}, Gunawan Tanzil²

¹Student of Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Sriwijaya

²Lecturer of Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Sriwijaya

*Authors Correspondence: harasadhany@gmail.com

ABSTRACT

Concrete is the most commonly used construction material technology from the past to present. Self-Compacting Concrete (SCC) is an advanced concrete technology that is designed with high workable making it easier in the casting process without the need for external compaction or vibrator tool. In the process of conducting the construction of the field, concrete maintenance is often ignored by workers. Therefore, in this study SCC is designed without any treatment process and with the use of fly ash and waste glass powder (WGP) as a cement replacement material in concrete mixture due to global warming problems due to the use of environmentally unfriendly construction materials where 8% of CO₂ emission the world is produced by burning cement with temperatures above 1000°C by the cement manufacturing industry. Thus, waste utilization such as fly ash and WGP is expected to be an environmentally friendly concrete innovation that can overcome various environmental problems because of potency as a pozzolan material rich in SiO₂.

The results showed that the increasing effect of fly ash can improve workability in fresh concrete. While the increasing use of WGP can reduce the workability of SCC fresh concrete. At fly ash rate of 18% and WGP levels of 7.5% can increase the strength up to 29.17% of the compressive strength of 28 day plan. The weight of the concrete has decreased to 2.87% when more fly ash and WGP levels are used. Thus it can be said the use of fly ash and WGP with optimum levels can provide increased compressive strength of concrete and weight reduction of 28 days old concrete. Testing of concrete prism test is suggested to see expansion of alkaline silica reaction (ASR) occurring on SCC waste glass.

Keywords : self compacting concrete, waste glass powder, fly ash, without curing

Known/Approved,
Head of Civil Engineering Department,



Palembang, May 2018
Advisor,

Ir. Gunawan Tanzil, M.Eng., Ph.D
NIP. 195601311987031002

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan kesehatan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* dan *Waste Glass Powder* Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran *Self-Compacting Concrete* tanpa *Curing*”** ini tepat pada waktunya. Tugas akhir ini merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya untuk memenuhi syarat pendidikan Sarjana Strata 1 (S-1).


Saya menyadari akan keterbatasan waktu pelaksanaan dan kemampuan pengetahuan. Oleh karena itu, laporan ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala usaha dan bantuan yang telah diberikan hingga selesainya laporan tugas akhir ini, kepada:

1. Allah SWT, Syukur Alhamdulillah untuk semua petunjuk dan nikmat sehatnya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dari awal sampai akhir.
2. Kedua Orang tua, Bapak Baharuddin Pasin dan Ibu Aslamiyah, S.E. yang senantiasa mendoakan dan memberi semangat dan dukungan moril kepada penulis dalam menyusun laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Prof. Ir. Subryer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah turut membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Gunawan Tanzil, M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing utama penulis dalam mendukung dan menyusun laporan tugas akhir ini.
7. PT. Waskita Beton *Precast* Plant Jakabaring II dan Soekarno Hatta untuk izin penggunaan laboratorium dan penggunaan material untuk keperluan penelitian tugas akhir penulis.

8. Teman – teman seperjuangan dalam penelitian SCC *waste glass*; Afif, Afifah, Bonita, Fachry, Indri, Monika dan Nizmah yang selalu membantu dan memberi motivasi kepada penulis hingga laporan ini dapat selesai.
9. Seluruh rekan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya yang memberikan saran dan semangat kepada penulis.

Akhir kata penulis sangat menyadari bahwa laporan yang telah dibuat ini jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran dari pembaca sangat diperlukan. Semoga laporan tugas akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Palembang, Juni 2018



Harasa Ramdhany Pasin

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pernyataan Integritas	iv
Halaman Persetujuan Publikasi	v
Riwayat Hidup	vi
Ringkasan.....	vii
Summary	viii
Abstraksi	ix
Abstract	x
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Tabel	xvii
Daftar Gambar	xix
Daftar Lampiran	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5. Metode Pengumpulan Data	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Self-Compacting Concrete</i>	6
2.2. <i>Komposisi Self-Compacting Concrete</i>	7
2.2.1. <i>Ordinary Portland Cement</i>	7

	Halaman
2.2.2. Agregat	9
2.2.3. Air	12
2.2.4. <i>Admixture</i>	13
2.3. Karakteristik <i>Self-Compacting Concrete</i>	15
2.4. Prosedur Kerja Pengujian <i>Self-Compacting Concrete</i>	16
2.4.1. <i>Slump Flow Test</i>	17
2.4.2. <i>V-Funnel Test</i>	17
2.4.3. <i>L-Box Test</i>	18
2.5. Penelitian Terdahulu	18
2.5.1. Pengaruh WGP sebagai substitusi semen	18
2.5.2. Pengaruh Penambahan <i>Fly Ash</i>	23
2.5.3. Karakteristik SCC Tanpa Perawatan	25
2.5.4. Reaksi Alkali Silika (ASR)	26
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 33
3.1. Pendahuluan	33
3.2. Studi Literatur	34
3.3. Alur Penelitian	34
3.4. Material Penyusun <i>Self-Compacting Concrete</i>	36
3.5. Peralatan	39
3.6. Tahapan Pengujian di Laboratorium	45
3.6.1. Tahapan Persiapan	45
3.6.2. Pemeriksaan Karakteristik Material	47
3.6.3. Perencanaan Campuran SCC	51
3.6.4. <i>Trial Mix Awal</i>	52
3.6.5. Pembuatan Benda Uji	53
3.6.6. Pengujian Karakteristik SCC Segar	53
3.6.7. Penimbangan Berat Benda Uji	55
3.6.8. Pengujian Kuat Tekan	56
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 57

	Halaman
4.1. Hasil Pengujian Agregat Halus	57
4.1.1. Modulus Kekhalusan	57
4.1.2. Kadar Organik	58
4.1.3. Berat Jenis dan Penyerapan	58
4.1.4. Kadar Air	59
4.1.5. Berat Volume.....	59
4.1.6. Material Lolos Saringan No.200	59
4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar	59
4.2.1. Modulus Kekhalusan	59
4.2.2. Berat Jenis dan Penyerapan	60
4.2.3. Kadar Air	61
4.2.4. Berat Volume.....	61
4.2.5. Material Lolos Ayakan No.200	61
4.3. Berat Jenis <i>Binder</i>	62
4.4. Hasil Pemeriksaan <i>Waste Glass Powder (WGP)</i>	62
4.4.1. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	62
4.4.2. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	63
4.4.3. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	64
4.5. Hasil Pemeriksaan <i>Fly Ash</i>	66
4.5.1. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	66
4.5.2. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	67
4.5.3. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	67
4.6. Hasil Pengujian Karakteristik SCC <i>Waste Glass Segar</i>	68
4.6.1. Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i>	68
4.6.2. Hasil Pengujian <i>V-Funnel</i>	70
4.6.3. Hasil Pengujian <i>L-Box Shape</i>	72
4.7. Berat Beton SCC <i>Waste Glass</i>	74
4.7.1. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash 0%</i>	74
4.7.2. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash 9%</i>	75
4.7.3. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash 18%</i>	76
4.7.4. Penurunan Berat Beton.....	77

	Halaman
4.8. Berat Jenis SCC <i>Waste Glass</i>	80
4.9. Hasil Pengujian Kuat Tekan SCC <i>Waste Glass</i>	81
4.9.1. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash</i> 0%	81
4.9.2. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash</i> 9%	82
4.9.3. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash</i> 18%	83
4.9.4. Pengaruh <i>Fly Ash</i> pada variasi WGP 0%	84
4.9.5. Kuat Tekan Optimum	85
4.10. Hubungan Kuat Tekan Beton dengan XRD	87
4.11. Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Berat Beton	87
4.11.1. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash</i> 0%	88
4.11.2. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash</i> 9%	88
4.11.3. Pengaruh WGP pada variasi <i>Fly Ash</i> 18%	89
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 91
5.1. Kesimpulan.....	91
5.2. Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	96

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Senyawa kimia utama dalam semen <i>Portland</i>	7
Tabel 2.2. Gradasi ukuran saringan agregat kasar.....	
11	
Tabel 2.3. Gradasi ukuran saringan agregat halus.....	
11	
Tabel 2.4. Kandungan Senyawa Kimia Abu Terbang.....	
15	
Tabel 2.5. Rekomendasi Batasan alat uji.....	16
Tabel 2.6. Persentase Komposisi Senyawa Kimia dari Semen dan Kaca.....	
19	
Tabel 2.7. <i>Physical properties</i> dari semen OPC dan <i>waste glass powder</i>	
21	
Tabel 2.8. Kuat tekan beton rata-rata	
26	
Tabel 2.9. Batas syarat maksimum kandungan alkali	
27	
Tabel 2.10. Tipe silika reaktif yang dapat memicu ASR	
28	

Tabel 3.1.	Persentase variasi WGP dan <i>fly ash</i> terhadap semen.....	33
Tabel 3.2.	Jenis dan syarat uji properties agregat halus.....	47
Tabel 3.3.	Jenis dan syarat uji properties agregat kasar	48
Tabel 3.4.	Berat jenis <i>binder</i> berdasarkan beberapa referensi	49
Tabel 3.5.	Prosedur perhitungan campuran beton dengan standar ACI	51
Tabel 3.6.	Proporsi campuran SCC.....	52
Tabel 3.7.	Perbandingan komposisi sebelum dan sesudah <i>trial mix</i> awal.....	53
Tabel 3.8.	Komposisi campuran <i>Self-Compacting Concrete</i>	53
Tabel 4.1.	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.....	58
Tabel 4.2.	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.....	61
Tabel 4.3.	Hasil pengujian berat jenis <i>binder</i>	62

Tabel 4.4.	Hasil		pemeriksaan				XRF	
	WGP	.....					
	63							
Tabel 4.5.	Hasil		pemeriksaan		XRF		<i>fly</i>	
	<i>ash</i>	.....					
	66							
Tabel 4.6.	Hasil		pengujian				<i>slump</i>	
	<i>flow</i>	.....					
	69							
Tabel 4.7.	Hasil		pengujian				V-	
	<i>Funnel</i>	.....					
	71							
Tabel 4.8.	Hasil		pengujian				<i>L-Box</i>	
	<i>shape</i>	.....					
	73							
Tabel 4.9.	Hasil	pengujian	berat	beton	variasi	<i>fly</i>	<i>ash</i>	
	0%	.....					
	75							
Tabel 4.10.	Hasil	pengujian	berat	beton	variasi	<i>fly</i>	<i>ash</i>	
	9%	.....					
	76							
Halaman								
Tabel 4.11.	Hasil	pengujian	berat	jenis	beton	variasi	<i>fly</i>	<i>ash</i>
	18%	.....					
	77							
Tabel 4.12.	Penurunan	berat	beton	untuk	setiap	variasi	<i>fly</i>	
	<i>ash</i>	.....					
		..... 78						
Tabel 4.13.	Penurunan	berat	beton	untuk	setiap	variasi	WGP	
	79							
Tabel 4.14.	Berat	jenis	SCC	<i>waste</i>	<i>glass</i>			
	79							

Tabel 4.15.	Hasil pengujian kuat tekan beton variasi <i>fly ash</i> 0%	80
Tabel 4.16.	Hasil pengujian kuat tekan beton variasi <i>fly ash</i> 9%	81
Tabel 4.17.	Hasil pengujian kuat tekan beton variasi <i>fly ash</i> 18%	82
Tabel 4.18.	Hasil pengujian kuat tekan beton variasi WGP 0%	83
Tabel 4.19.	Pengaruh WGP pada kuat tekan beton normal.....	84
Tabel 4.20.	Hubungan kuat tekan beton dengan berat beton	85

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Hasil pengujian XRD pada OPC dan WGP	19
Gambar 2.2. Struktur micro hasil pengujian SEM.....	20
Gambar 2.3. Waktu ikat dari setiap sampel.....	21
Gambar 2.4. Bentuk partikel hasil uji SEM.....	24
Gambar 2.5. Hasil pengujian <i>setting time</i>	25
Gambar 2.6. Zona transisi tanpa dan setelah penambahan natural pozolan	32
Gambar 3.1. Diagram tahap metodologi penelitian	35
Gambar 3.2. <i>Ordinary Portland Cement</i>	36
Gambar 3.3.....Air	36

Gambar 3.4. <i>Waste</i>	<i>Glass</i>
<i>Powder</i>	
37	
Gambar 3.5. <i>Fly</i>	
<i>Ash</i>	
37	
Gambar 3.6. Agregat	
Kasar.....	
38	
Gambar 3.7. Agregat	
Halus.....	
38	
Gambar	
3.8.....	<i>Superplasticizer</i>
.....	39
Gambar 3.9. <i>Sieve</i>	<i>shaker</i>
dan	saringan
agregat	
40	
Gambar	
3.10.....	Timbangan
.....	40
Gambar	
3.11.....	<i>Mixer</i>
.....	41
Gambar 3.12. Gelas	
ukur.....	
41	
Gambar	
3.13.....	<i>Bekisting</i>
.....	42

Gambar 3.14.	<i>Slump</i>			
	<i>cone</i>			
	42.....			
Gambar 3.15.	<i>L-Box</i>			
	<i>shape</i>			
	43			
Gambar 3.16.	<i>V-</i>			
	<i>Funnel</i>			
	43			
Gambar	3.17.	<i>Vertical</i>	<i>cylinder</i>	<i>capping</i>
	<i>set</i>			
	44			
Gambar 3.18.	<i>Compression</i>			<i>Testing</i>
	<i>Machine</i>			
	44			
Gambar 3.19.	Proses	pembuatan	<i>waste</i>	<i>glass</i>
	<i>powder</i>			
	46			
Gambar 3.20.	Proses	pembersihan		agregat
	kasar.....			
	47			
Gambar 3.21.	Pengujian			<i>Slump</i>
	<i>flow</i>			
	54			
Gambar 3.22.	Pengujian			<i>V-</i>
	<i>Funnel</i>			
	54			
				Halaman
Gambar 3.23.	Pengujian			<i>L-Box</i>
	<i>shape</i>			
	55			

Gambar 3.24. Penimbangan	berat	benda	uji.....
			55
Gambar 3.25. Pengujian		kuat	tekan
			56
Gambar 4.1. Kurva	analisa	saringan	agregat
			halus.....
			57
Gambar 4.2. Kurva	analisa	saringan	agregat kasar ukuran maks 10
			mm.....
			60
Gambar 4.3. Hasil	<i>X-Ray</i>	<i>Diffraction</i>	(XRD)
			WGP
			64
Gambar 4.4. Hasil		pengujian	SEM
			WGP
			65
Gambar 4.5. Hasil	pengujian	<i>X-Ray</i>	<i>Diffraction</i> (XRD) <i>fly</i>
			<i>ash</i>
			67
Gambar 4.6. Hasil		pengujian	SEM <i>fly</i>
			<i>ash</i>
			68
Gambar 4.7. Hubungan	antara	nilai <i>slump</i>	dengan kadar <i>fly</i>
			<i>ash</i>
			69
Gambar 4.8. Hubungan	antara	nilai <i>slump</i>	dengan kadar
			WGP
			70

Gambar 4.9. Hubungan antara waktu <i>v-funnel</i> dengan kadar <i>fly ash</i>	71
Gambar 4.10. Hubungan antara waktu <i>v-funnel</i> dengan kadar WGP	72
Gambar 4.11. Hubungan antara rasio <i>L-box</i> dengan kadar <i>fly ash</i>	73
Gambar 4.12. Hubungan antara rasio <i>L-box</i> dengan kadar WGP	74
Gambar 4.13. Hubungan kadar WGP dengan berat beton untuk FA 0%.....	75
Gambar 4.14. Hubungan kadar WGP dengan berat beton untuk FA 9%.....	76
Gambar 4.15. Hubungan kadar WGP dengan berat beton untuk FA 18%.....	77
Gambar 4.16. Hubungan kadar WGP dengan berat beton untuk setiap FA.....	78
Gambar 4.17. Hubungan kadar FA dengan berat beton untuk setiap WGP	79
Gambar 4.18. Hubungan kadar WGP dengan kuat tekan untuk FA 0%.....	81

Gambar 4.19. Hubungan kadar WGP dengan kuat tekan untuk FA 9%	82
Gambar 4.20. Hubungan kadar WGP dengan kuat tekan untuk FA 18%	83
Gambar 4.21. Hubungan kadar FA dengan berat beton untuk WGP 0%	84
Gambar 4.22. Hubungan kadar WGP dengan kuat tekan untuk setiap FA	86
Gambar 4.23. Hubungan kadar FA dengan kuat tekan untuk setiap WGP	87
Gambar 4.24. Hubungan antara kuat tekan dan berat beton untuk FA 0%	88
Gambar 4.25. Hubungan antara kuat tekan dan berat beton untuk FA 9%	89
Gambar 4.26. Hubungan antara kuat tekan dan berat beton untuk FA 18%	90

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1.	Spesifikasi	contoh	material		
	agregat				96
Lampiran 2.	Rekapitulasi	hasil	pengujian	agregat	
	halus				96
Lampiran 3.	Hasil	pengujian	modulus	kehalusan	agregat
	halus				96
Lampiran 4.	Hasil	pegujian	kadar	organik	agregat
	halus				97
Lampiran 5.	Hasil	pegujian	berat	jenis dan penyerapan	agregat
	halus				97
Lampiran 6.	Hasil	pegujian	kadar	air	agregat
	halus				97
Lampiran 7.	Hasil	pegujian	berat	volume	agregat
	halus				98
Lampiran 8.	Hasil	pegujian	material	lolos saringan no.200	agregat
	halus				98
Lampiran 9.	Rekapitulasi	hasil	pengujian	agregat	
	kasar				98
Lampiran 10.	Analisa	saringan		agregat	
	kasar				99
Lampiran 11.	Hasil	pegujian	berat	jenis dan penyerapan	agregat
	kasar				99
Lampiran 12.	Hasil	pegujian	berat	volume	agregat
	kasar				99
Lampiran 13.	Hasil	pegujian	material	lolos saringan no.200	agregat
	kasar				100
Lampiran 14.	Rekapitulasi	hasil	pengujian	berat jenis	
	<i>binder</i>				100
Lampiran 15.	Hasil	pegujian	berat	jenis	semen
	OPC				100

Lampiran 16. Hasil <i>ash</i>	101	pegujian	berat	jenis	<i>fly</i>
Lampiran 17. Hasil WGP	101	pegujian	berat	jenis	
Lampiran 18. Prosedur beton	101	perhitungan	desain	komposisi	campuran
Lampiran 19. Hasil WGP	106	pengujian	<i>X-Ray</i>	<i>Diffraction</i>	(XRD)
Lampiran 20. Hasil hari	107	pengujian	kuat tekan	7, 14, 21, dan	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan material yang paling sering dipakai didunia konstruksi. Beberapa hal yang menjadikan material ini populer dikarenakan beton dapat digunakan untuk berbagai hal dan dicetak dalam berbagai ragam ukuran dan bentuk sesuai dengan fungsi dan kebutuhan pemakainya. Material ini sangat mudah dalam pengerjaannya dibanding dengan material lain sehingga beton dapat dibuat oleh siapapun, kapanpun dan dimanapun. Beton hanya membutuhkan sedikit pemeliharaan untuk mencapai kualitas yang diinginkan. Dari segi ketahanan beton juga tahan terhadap api saat terjadi kebakaran. Selain itu, dari segi harga beton lebih ekonomis dibanding material lainnya.

Sesuai dengan perkembangan zaman, ilmu pengetahuan dan teknologi beton pun terus berkembang dengan pesat. Beton mutu tinggi dengan berbagai kinerja yang diinginkan berhasil dicapai. Salah satunya yaitu beton yang dapat mengalir dan memadat dengan sendiri atau yang lebih dikenal dengan *Self Compacting Concrete* atau yang disingkat SCC. Teknologi beton ini bertujuan agar beton segar dapat mengalir dan mengisi ruang yang tidak dapat atau sulit dicapai oleh beton konvensional apabila tidak menggunakan vibrator atau alat pemadat semacamnya pada struktur bangunan yang sangat kompleks sehingga beton ini bisa terpadatkan dengan sendiri tanpa membutuhkan tenaga kerja yang banyak pada pekerjaan konstruksi dan hasil pengecoran lebih terjamin kualitasnya. Selain itu polusi suara yang dihasilkan beton SCC lebih sedikit dibanding dengan beton konvensional. Dengan demikian pekerjaan konstruksi dengan menggunakan beton SCC menjadi lebih cepat dan mudah.

Dengan demikian, penelitian modern SCC terus berlanjut dan berkembang yang berfokus pada beton dengan kinerja yang tinggi atau *high performance*, kualitas beton yang lebih baik dan dapat dipercaya atau *better and more reliable quality*, tekstur permukaan yang padat dan seragam atau *dense and uniform surface texture*, Peningkatan ketahanan atau *improved durability*, kekuatan yang tinggi atau *high strength*, dan pengaplikasian konstruksi yang lebih cepat *faster*

construction. Hasil penelitian dari berbagai studi literatur, pemanfaatan material tambahan yang dicampurkan ke dalam SCC segar seperti *mineral additive*, *chemical additive*, dan *waste material* dapat meningkatkan kinerja SCC sesuai dengan yang diharapkan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, pemanfaatan limbah padat seperti *waste glass* dan *fly ash* dapat meningkatkan kinerja dari SCC, terlebih lagi material limbah tersebut dapat mensubstitusi dan mereduksi jumlah penggunaan semen yang memiliki kadar emisi CO₂ akibat pembakaran semen dengan suhu diatas 1000 °C, sehingga dapat dikatakan beton yang saat ini merupakan teknologi bahan konstruksi yang tidak ramah lingkungan karena 8% dari kadar emisi CO₂ dunia dihasilkan oleh industri manufaktur semen (Mehta, 1998b). Sedangkan, limbah kaca dalam jumlah besar dapat menjadi sumber berbagai masalah terutama masalah lingkungan. Sehingga, untuk mengatasi masalah lingkungan yang diakibatkan oleh emisi semen dan limbah kaca tersebut, berbagai inovasi beton ramah lingkungan terus berkembang, salah satunya beton alir serbuk kaca atau lebih dikenal dengan *Self-Compacting Concrete Waste Glass* karena serbuk kaca berpotensi sebagai material pozzolan (Herbudiman dan Januari, 2011).

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi semen dengan substitusi limbah bubuk kaca atau *waste glass powder* dan *fly ash* terhadap kuat tekan dan *slump flow* pada *Self-Compacting Concrete*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *flowability* beton segar dengan penggunaan *fly ash* dan *waste glass powder* sebagai pengganti *ordinary portland cement* pada SCC *waste glass*?
2. Bagaimana pengaruh berat beton dengan penggunaan *fly ash* dan *waste glass powder* sebagai pengganti *ordinary portland cement* pada SCC *waste glass* ?

3. Bagaimana pengaruh kuat tekan dengan penggunaan *fly ash* dan *waste glass powder* sebagai pengganti *ordinary portland cement* pada SCC *waste glass* tanpa perawatan ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dan memahami pengaruh *flowability* beton segar dengan penggunaan *fly ash* dan *waste glass powder* sebagai pengganti *ordinary portland cement* pada SCC *waste glass*.
2. Untuk mengetahui dan memahami pengaruh berat beton dengan penggunaan *fly ash* dan *waste glass powder* sebagai pengganti *ordinary portland cement* pada SCC *waste glass*.
3. Untuk mengetahui dan memahami pengaruh kuat tekan dengan penggunaan *fly ash* dan *waste glass powder* sebagai pengganti *ordinary portland cement* pada SCC *waste glass* tanpa perawatan.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Berikut ini merupakan ruang lingkup mengenai masalah penelitian tentang *Self-Compacting Concrete Waste Glass* yaitu diantaranya:

1. Rasio air semen yang digunakan pada benda uji yaitu 0,38.
2. Persentase penggunaan *fly ash* sebagai substitusi semen yaitu 0%, 9%, dan 18%.
3. Persentase penggunaan *waste glass powder* sebagai substitusi semen yaitu 0%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5%.
4. Ukuran *bekisting* silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
5. Standar yang digunakan dalam membuat benda uji berdasarkan *American Concrete Institute (ACI)*.
6. Pengujian *flowability* pada campuran beton segar *Self-Compacting* yaitu dengan pengujian *slump flow test*, *V-Funnel Test*, dan *L-Box test*.
7. Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari.

8. Standar yang digunakan dalam pengujian material berdasarkan *American Standard Testing and Material* (ASTM).
9. Standar yang digunakan dalam kuat tekan benda uji berdasarkan *American Standard Testing and Material* (ASTM).
10. Serbuk limbah kaca (*waste glass powder*) yang digunakan adalah serbuk limbah kaca lolos saringan no.200.
11. Perawatan (*Curing*) pada benda uji tidak dilakukan dalam penelitian ini.

1.5. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menemukan pengaruh antar variabel. Data yang didapatkan berupa data primer dan data sekunder.

1. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh peneliti secara langsung dari objek penelitian di laboratorium. Data primer pada penelitian ini adalah percobaan dan pengamatan langsung yang dilakukan di laboratorium dan data yang didapatkan saat pengujian.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat dari studi literatur mengenai pembahasan objek penelitian secara tidak langsung, baik lisan yang meliputi bimbingan dengan dosen terkait maupun tulisan berupa jurnal dan buku dari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan susunan atau tahapan dalam menulis suatu karya ilmiah. Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini terdiri atas lima bab, yang meliputi :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai uraian umum dari masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yang diantaranya yaitu definisi *Self-Compacting Concrete* (SCC), komposisi campuran penyusun SCC, faktor-faktor yang mempengaruhi SCC, pengujian SCC, serta berisi penelitian terdahulu yang menjadi acuan berkaitan dengan penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai alur penelitian, alat dan bahan yang digunakan, tahap pelaksanaan penelitian meliputi pengujian material, pembuatan benda uji, dan pengujian *slump flow*, *V-Funnel Test*, *L-Box test*, kuat tekan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil analisis pengolahan data dan pembahasan berupa hasil pengujian SCC yaitu *slump flow*, *V-Funnel Test*, *L-Box test*, kuat tekan umur 7, 14, 21, dan 28 hari.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini membahas kesimpulan tentang hasil analisis pengolahan data penelitian dan saran yang berguna untuk penelitian di masa yang mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211.1, 2009. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete*. USA: American Concrete Institute.
- ACI 221.1R, 1998. *State of the Art Report on Alkali-Aggregate Reactivity*. USA: American Concrete Institute.
- Alhasanah, Mahmoud Bashir, 2016. *Addition of Waste Glass to Self-Compacted Concrete: Critical Review*. Ma'an: Canadian Center of Science and Education.
- Angjaya, Novi. 2013. *Perbandingan Kuat Tekan Antara Beton dengan Perawatan pada Elevated Temperature & Perawatan dengan Cara Perendaman Serta Tanpa Perawatan*. Manado: Universitas Samratulangi.
- ASTM C 29, 2016. *Standard Test Method of Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 33, 2003. *Standard Specification for Ready-Mixed Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 127, 2015. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 188, 2016. *Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 136, 2014. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 150, 2012. *Standard Specification for Portland Cement*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 494, 2005. *Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 618, 2015. *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.

- ASTM C 1157, 2017. *Standard Performance Specification for Hydraulic Cement*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 1602, 2006. *Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- Bachtiar, Erniati, 2016. *Karakteristik Self-Compacting Concrete Tanpa Curing*. Makassar: Universitas Fajar.
- Dali, J.S, dan S.N. Tande, 2012. *Performance Of Concrete Containing Mineral Admixtures Subjected to High Temperature*. Singapore: 37th Conference on Our World in Concrete & Structures.
- Deepika, A, et al, 2014. *Study On Properties Of Self-Consolidating Concrete With Fly Ash and Silica Fume*. Tamil Nadu: Kongu Engineering College.
- Du, Hongjian, dan Kiang Hwee Tan, 2014. *Waste Glass Powder as Cement Replacement in Concrete*. Tokyo: Japan Concrete Institute.
- EFNARC, 2005. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use*. European: The European Guidelines for Self-Compacting Concrete.
- Fikkriansyah & Tanzil, 2013. *Pengaruh Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Semen dengan w/c 0,6 dan 0,65*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Kara, P, 2015. *The Next Generation Ecological Self-Compacting Concrete with Glass Waste Powder as a Cement Component in Concrete and Recycled Concrete Aggregates*. Riga: Institute of Materials and Structures Latvia.
- Ling, Tung-Chai, Chi-Sun Poon, dan Hau-Wing Wong, 2012. *Management and recycling of waste glass in concrete products: Current situations in Hong Kong*. Hong Kong: Department of Civil and Environmental Engineering The Hong Kong Polytechnic University.
- Matos, Ana Mafalda et al, 2016. *Durability Enhancement Of SCC With Waste Glass Powder*. Porto: University of Porto.
- Meena, Ankur dan Randheer Singh, 2012. *Comparative Study of Waste Glass Powder as Pozzolanic Material in Concrete*. India: National Institute of Technology Rourkela.
- Lee, Neil, 2006. *Alkali-Silica Reactivity in Concrete*. New Zealand: The Building Research Association of New Zealand.

- NZRMCA, 2004. *Alkali Content of Concrete Mix Water and Aggregates*. New Zealand: The New Zealand Ready Mixed Concrete Association.
- Okumura, Hajime, & Masahiro Ouchi. 2013. *Self-Compacting Concrete*. Tokyo: Japan Concrete Institute.
- Olofinnade *et al*, 2017. *Sustainable Green Environment through Utilization of Waste Soda-Lime Glass for Production of Concrete*. Oujda: University of Mohammed Premier.
- Olutoge, F.A, 2016. *Effect of Waste Glass Powder (WGP) on the Mechanical Properties of Concrete*. Ibadan: University of Ibadan Nigeria.
- Pade, Claus, 2005. *Self-Compacting Concrete: Test Methods for SCC*. Danish: Danish Technological Institute.
- Sakale, Rakesh, *et al*, 2015. *Experimental Investigation on Strength of Glass Powder Replacement by Cement in Concrete with Different Dosages*. Bhopal: International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering.
- Sameer, SK, *et al*, 2016. *Experimental study on Self-Compacting Concrete Using Fly ash with Glass Powder*. Mumbai: Mumbai University.
- Shah, Suraj, *et al*, 2014. *Application Of Industrial Waste-In the Manufacturing Of Self-Compacting Concrete*. Karad: Govt. College of Engineering.
- Tariq, Samia, 2016. *High Volume Utilization of Waste Glass Powder as a Cement Replacement in the Composition of Self-Compacting Concrete*.
- Upadhyay, Hardik, *et al*, 2011. *Testing and Mix Design Method of Self-Compacting Concrete*. Gujarat: Gujarat Technological University.
- Vaganov, Victor, *et al*, 2017. *Effect of CNT on Microstructure and Minearological Composition of Lightweight Concrete with Granulated Foam Glass*. Russia: Modern Buildin Material, Structures and Techniques.
- Vanjare, Mayur B., Shriram H. Mahure, 2012. *Experimental Investiation on Self-Compacting Concrete Using Glass Powder*. India: International Journal of Engineerin Research and Application.
- Varghese, Shibi, *et al*, 2014. *Performance Study of Self-Compacting FlyAsh Concrete*. Kothamangalam: Mar Athanasius College of Engineering.
- Wattanapornprom, Rungrawee, & Boonchai Stitmannaitum, 2015. *Comparison of Properties of Fresh and Hardened Concrete Containing Finely Ground Glass Powder, Fly Ash, or Silica Fume*. Bangkok: Chulalongkorn University.