

SKRIPSI

**DURABILITAS *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER*
CONCRETE TERHADAP LARUTAN H_2SO_4 5%
DENGAN KONSENTRASI NaOH 14 M**



**MUHAMMAD RAFLY
03011381520074**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

SKRIPSI
DURABILITAS *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER*
***CONCRETE* TERHADAP LARUTAN H₂SO₄ 5%**
DENGAN KONSENTRASI NaOH 14 M

**Dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



MUHAMMAD RAFLY
03011381520074

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

HALAMAN PENGESAHAN

**DURABILITAS *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER*
CONCRETE TERHADAP LARUTAN H₂SO₄ 5%
DENGAN KONSENTRASI NaOH 14 M**

SKRIPSI

Dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

MUHAMMAD RAFLY
03011381520074

Palembang, Juli 2019
Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing 1,



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

Dosen Pembimbing 2,



Dr. Ir. Hanafiah, M.S.
NIP. 195603141985031002

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Durabilitas *Lightweight Geopolymer Concrete* terhadap Larutan H₂SO₄ 5% dengan Konsentrasi NaOH 14 M" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 29 Juni 2019.

Palembang, Juli 2019

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

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

()

2. **Dr. Ir. Hanafiah, M.S.**
NIP. 195603141985031002

()

Anggota:

3. **Ir. Yakni Idris, M.Sc., MSCE**
NIP. 195812111987031002

() 29/7/19

4. **Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng.**
NIP. 195604241990031001

()

5. **Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.**
NIP. 197705172008012039

()

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. Helmi Hakki, M.T.

NIP. 196107031991021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rafly

NIM : 03011381520074

Judul : Durabilitas *Lightweight Geopolymer Concrete* terhadap Larutan H_2SO_4 5% dengan Konsentrasi NaOH 14 M

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.



Palembang, Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Rafly

NIM. 03011381520074

HALAMAN PERNYATAAN PESETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rafly

NIM : 03011381520074

Judul : Durabilitas *Lightweight Geopolymer Concrete* terhadap Larutan
H₂SO₄ 5% dengan Konsentrasi NaOH 14 M

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, Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Rafly

NIM. 03011381520074

RIWAYAT HIDUP

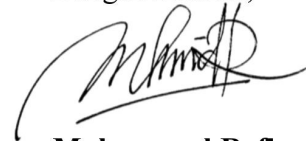
Nama Lengkap : Muhammad Rafly
Tempat Lahir : Palembang
Tanggal Lahir : 2 Mei 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Warga Negara : Indonesia
Alamat : Jl. Perumahan Rakyat No.51 RT. 022 RW. 003, Sei Buah,
Kec. Ilir Timur II, Palembang, Sumatera Selatan
Alamat Tetap : Jl. Perumahan Rakyat No.51 RT. 022 RW. 003, Sei Buah,
Kec. Ilir Timur II, Palembang, Sumatera Selatan
Nama Orang Tua : Ir. Muhammad Taufik, M.Si.
Dra. Ganesya Hartikawati, M.M.
Alamat Orang Tua : Jl. Perumahan Rakyat No.51 RT. 022 RW. 003, Sei Buah,
Kec. Ilir Timur II, Palembang, Sumatera Selatan
No. HP : (+62) 813 6885 2282
E-mail : muhammadraflyyy@gmail.com

Riwayat Pendidikan

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Yayasan IBA Palembang	-	-	-	2003-2009
SMP YSP Pusri Palembang	-	-	-	2009-2012
SMA Negeri 5 Palembang	-	IPA	-	2012-2015
Universitas Sriwijaya	Teknik	T. Sipil	S-1	2015-2019

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Muhammad Rafly
NIM. 03011381520074

RINGKASAN

DURABILITAS *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* TERHADAP LARUTAN H₂SO₄ 5% DENGAN KONSENTRASI NaOH 14 M

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2019

Muhammad Rafly; dibimbing oleh Saloma dan Hanafiah

xx + 68 halaman, 49 gambar, 21 tabel, 1 lampiran

Beton geopolimer ringan merupakan salah satu inovasi material konstruksi. Beton ini merupakan modifikasi beton geopolimer yang ramah lingkungan dengan berat jenis rendah (*lightweight*). Bahan penyusun beton geopolimer ringan meliputi, *fly ash* sebagai prekursor, agregat halus, larutan NaOH 14 M dan Na₂SiO₃ sebagai aktivator, *superplasticizer*, dan *foam*. Rasio yang digunakan antara lain, 1:2 untuk *fly ash* dan agregat halus, 1:2 untuk aktivator dan prekursor, 1:40 untuk *foam agent* dan air dengan persentase *foam* adalah 50% dari volume benda uji. Untuk *plasticizer*, digunakan sejumlah 3% dari berat prekursor. *Curing* benda uji dilakukan menggunakan oven dengan suhu 60° C selama 24 jam. Metode *curing* dilanjutkan dengan melapisi benda uji yang telah keras menggunakan plastik tipis selama 28 hari, untuk mencapai kuat tekan maksimum. Setelah melalui masa *curing*, benda uji memiliki kuat tekan sebesar 27,96 MPa dengan berat jenis senilai 1.701,84 kg/m³. Pada penelitian ini dilakukan pengujian durabilitas terhadap serangan asam dengan mengacu pada ASTM dan penelitian terdahulu. Media pengujian yang digunakan adalah larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 5%. Kondisi yang diterapkan pada benda uji, antara lain didiamkan pada suhu ruangan, direndam secara penuh pada larutan asam, dan direndam secara siklik pada larutan asam. Pengaruh perlakuan terhadap perubahan tampak visual, kandungan kimia, berat jenis, dan kuat tekan benda uji diamati pada pengujian hari ke-28 dan 56. Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi pengujian dan kondisi lingkungan perendaman yang agresif pada benda uji berpengaruh pada perubahan berat jenis dan kuat tekan benda uji beton geopolimer ringan.

Kata kunci: beton geopolimer ringan, durabilitas, geopolimer, dan serangan asam

SUMMARY

DURABILITY OF *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* AGAINST 5% H₂SO₄ SOLUTION WITH 14 M NaOH CONCENTRATION

A thesis, July 2019

Muhammad Rafly; advised by Saloma dan Hanafiah

xx + 68 pages, 49 figures, 21 tables, 1 appendix

Lightweight geopolymer concrete claimed as an eco-friendly material compared to the concrete with OPC usage. Huge CO₂ emissions on the making process of OPC cement was the ultimate reason. Lightweight geopolymer concrete is a modification of geopolymer concrete with low density. Mixture of lightweight geopolymer is composed of fly ash, fine aggregate, Na₂SiO₃ and NaOH solution as activator, superplasticizer, and foam. Ratio used are 1:2 for precursor and fine aggregate, 2.5:1 for 14 M NaOH concentration and Na₂SiO₃ solution, 1:2 for activator and precursor, 1:40 for foam agent and water with percentage of foam is 50% of the volume. For plasticizer, it used 3% to weight of precursor. Specimens were carried out to oven under temperature of 60° C for 24 hours. Optimum condition of specimen peaked on the age of 28 days after wrapped in thin plastic for curing purpose, with compressive strength of 27.96 MPa and density of 1,701.84 kg/m³. Several previous researches have studied the acid resistance of geopolymer concrete. In this experiment, 5% H₂SO₄ solution is used as immersion media. For durability test, specimens are conditioned under ambient temperature, continuous immersion, and wet-dry cycle. The influence for each condition towards visual appearance, chemical composition, density and compressive strength change was investigated on test day of 28 and 56. The results showed that, test duration and aggressive environment condition affect the loss of density and compressive strength on lightweight geopolymer concrete.

Kata kunci: acid resistance, durability, geopolymer, and lightweight geopolymer concrete

DURABILITAS *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* TERHADAP LARUTAN H₂SO₄ 5% DENGAN KONSENTRASI NaOH 14 M

Muhammad Rafly^{1*}, Saloma², Hanafiah³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

²Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

³Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

*Korespondensi Penulis: muhammadraflyyy@gmail.com

Abstrak

Lightweight geopolymer concrete merupakan salah satu inovasi material konstruksi. Beton ini merupakan modifikasi beton geopolimer yang ramah lingkungan dengan berat jenis rendah (*lightweight*). Bahan penyusun *lightweight geopolymer concrete* meliputi, *fly ash* sebagai prekursor, agregat halus, larutan NaOH 14 M dan Na₂SiO₃ sebagai aktivator, *superplasticizer*, dan *foam*. Rasio yang digunakan antara lain, 1:2 untuk *fly ash* dan agregat halus, 1:2 untuk aktivator dan prekursor, 1:40 untuk *foam agent* dan air dengan persentase *foam* adalah 50% dari volume benda uji. Untuk *plasticizer*, digunakan sejumlah 3% dari berat prekursor. *Curing* benda uji dilakukan menggunakan oven dengan suhu 60° C selama 24 jam. Metode *curing* dilanjutkan dengan melapisi benda uji yang telah keras menggunakan plastik tipis selama 28 hari, untuk mencapai kuat tekan maksimum. Setelah melalui masa *curing*, benda uji memiliki kuat tekan sebesar 27,96 MPa dengan berat jenis senilai 1.701,84 kg/m³. Pada penelitian ini dilakukan pengujian durabilitas terhadap serangan asam dengan mengacu pada ASTM dan penelitian terdahulu. Media pengujian yang digunakan adalah larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 5%. Kondisi yang diterapkan pada benda uji, antara lain didiamkan pada suhu ruangan, direndam secara penuh pada larutan asam, dan direndam secara siklik pada larutan asam. Pengaruh perlakuan terhadap perubahan tampak visual, kandungan kimia, kondisi mikrostruktur, berat jenis, dan kuat tekan benda uji diamati pada pengujian hari ke-28 dan 56. Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi pengujian dan kondisi lingkungan perendaman yang agresif pada benda uji berpengaruh pada perubahan berat jenis dan kuat tekan benda uji *lightweight geopolymer concrete*.

Kata kunci: beton geopolimer ringan, durabilitas, geopolimer, dan serangan asam

Palembang, Juli 2019

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing 1,



Dr. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

Dosen Pembimbing 2,



Dr. Ir. Hanafiah, M.S.

NIP. 195603141985031002

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. Helmi Haki, M.T.

NIP. 1964107031991021001

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan hasil yang baik. Pada proses penulisan skripsi ini, dukungan telah diberikan oleh berbagai pihak. Adapun ucapan terima kasih dihaturkan kepada:

1. Keluarga besar, orangtua dan saudara kandung atas semangat dan doa dalam kelancaran penulisan proposal skripsi.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Ir. Subryer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Saloma, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Ir. Hanafiah, M.S., selaku dosen pembimbing atas bimbingan dalam penyusunan skripsi.
6. Ibu Ratna Dewi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan atas ilmu dan pengajaran yang telah diberikan.
8. PT. Semen Baturaja atas izin penggunaan laboratorium sebagai fasilitas penelitian.
9. Teman-teman dari Teknik Sipil angkatan 2015, serta pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas dukungan tiada henti dalam proses penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, disadari bahwa skripsi yang telah dibuat ini jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran dari pembaca sangat diperlukan. Semoga skripsi yang telah dibuat ini dapat menjadi manfaat bagi pembaca.

Palembang, Juli 2019



Muhammad Rafly

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul	i
Halaman Judul	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Persetujuan	iv
Halaman Pernyataan Integritas	v
Halaman Persetujuan Publikasi.....	vi
Riwayat Hidup	vii
Ringkasan.....	viii
<i>Summary</i>	ix
Abstrak.....	x
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Gambar.....	xvii
Daftar Tabel	xvi
Lampiran	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5. Metode Pengumpulan Data	4
1.6. Rencana Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Geopolymer Concrete</i>	5
2.2. <i>Lightweight Concrete</i>	6
2.3. <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>	6

2.4.	Material Penyusun <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>	7
2.4.1.	Prekursor.....	7
2.4.2.	Agregat Halus	8
2.4.3.	Larutan Alkali.....	8
2.4.4.	<i>Foam Agent</i>	9
2.4.5.	<i>Admixture</i>	10
2.5.	Faktor yang Mempengaruhi <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>	12
2.5.1.	Konsentrasi NaOH.....	12
2.5.2.	Rasio Na ₂ SiO ₃ dan NaOH	13
2.5.3.	Rasio Larutan Alkali dan Prekursor	14
2.5.4.	<i>Foam</i>	15
2.5.5.	Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	16
2.6.	Pengujian Beton Segar.....	16
2.6.1.	Pengujian <i>Slump Flow</i>	16
2.6.2.	Pengujian <i>Setting Time</i>	17
2.7.	Pengujian Beton Keras	18
2.7.1.	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	18
2.7.2.	Durabilitas terhadap Asam	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		23
3.1.	Studi Literatur	23
3.2.	Alur Penelitian.....	24
3.3.	Material Penyusun <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>	25
3.3.1.	<i>Fly Ash</i>	25
3.3.2.	Aktivator Alkali.....	26
3.3.3.	Agregat Halus	27
3.3.4.	<i>Admixture</i>	28
3.3.4.	<i>Foam Agent</i>	28
3.4.	Peralatan	29
3.4.1.	Bejana logam	29
3.4.2.	Neraca digital.....	29
3.4.3.	Gelas ukur.....	30

3.4.4. Mesin pencampur	30
3.4.5. <i>Foam generator</i>	31
3.4.6. <i>Concrete mold</i>	32
3.4.7. <i>Flow table</i>	33
3.4.8. Penetrometer	33
3.4.9. Alat uji kuat tekan	34
3.5. Tahapan Pengujian di Laboraturium	34
3.5.1. Tahap 1	34
3.5.2. Tahap 2	35
3.5.3. Tahap 3	36
3.5.4. Tahap 4	40
3.5.5. Tahap 5	40
3.6. Analisis dan Pembahasan	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Hasil Pengujian <i>Fly Ash</i>	42
4.1.1. Pengujian <i>X-ray Fluorescence</i>	42
4.1.2. Pengujian <i>X-ray Diffraction</i>	43
4.1.3. Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i>	43
4.2. Hasil Pengujian Beton Segar	44
4.2.1. Pengujian <i>Slump Flow</i>	45
4.2.2. Pengujian <i>Setting Time</i>	46
4.3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan Kontrol Benda Uji	46
4.4. Hasil Pengujian Durabilitas <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i> terhadap Larutan H ₂ SO ₄ 5%	47
4.4.1. Perubahan Tampak Visual	47
4.4.1. Perubahan Kandungan Kimia	48
4.4.2. Perubahan Berat	50
4.4.2. Perubahan Berat Jenis dan Kuat Tekan	54
BAB 5 PENUTUP	62
5.1. Kesimpulan	62

5.2. Saran	63
------------------	----

DAFTAR PUSTAKA.....	64
----------------------------	-----------

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Proporsi campuran beton geopolimer (Rangan, 2014)	5
Tabel 2.2. Komposisi kimia <i>fly ash</i> Kelas F (Heah dkk., 2017)	7
Tabel 2.3. Penjabaran <i>mix design</i> pada rasio <i>fly ash</i> dan aktivator alkali serta Na_2SiO_3 dan NaOH (Abdullah dkk., 2011).....	9
Tabel 2.4. Contoh asam kuat dan asam lemah (Nusro, 2010)	19
Tabel 3.1. <i>Job mix formula</i> untuk <i>lightweight geopolymer concrete</i>	35
Tabel 4.1. Hasil pengujian <i>X-ray Fluorescence</i> pada <i>fly ash</i>	42
Tabel 4.2. Rekapitulasi pengukuran diameter <i>slump flow</i> pada mortar <i>lightweight geopolymer concrete</i>	45
Tabel 4.3. Kriteria nilai <i>workability</i> pada mortar geopolimer (Mermerdas, dkk., 2017)	45
Tabel 4.4. Data pengujian berat jenis dan kuat tekan kontrol benda uji dengan konsentrasi NaOH 14 M.....	46
Tabel 4.5. Data perubahan berat benda uji terhadap kondisi I.....	51
Tabel 4.6. Data perubahan berat benda uji terhadap kondisi II	52
Tabel 4.7. Data perubahan berat benda uji terhadap kondisi III	53
Tabel 4.8. Rekapitulasi persentase perubahan berat benda uji.....	54
Tabel 4.9. Data perubahan berat jenis benda uji kondisi I.....	55
Tabel 4.10. Data perubahan berat jenis benda uji kondisi II.....	55
Tabel 4.11. Data perubahan berat jenis benda uji kondisi III	55
Tabel 4.12. Rekapitulasi persentase perubahan berat jenis benda uji	56
Tabel 4.13. Data perubahan kuat tekan benda uji kondisi I.....	58
Tabel 4.14. Data perubahan kuat tekan benda uji kondisi II.....	59
Tabel 4.15. Data perubahan kuat tekan benda uji kondisi III	60
Tabel 4.16. Rekapitulasi persentase perubahan kuat tekan benda uji	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap kuat tekan beton geopolimer (Memon dkk., 2013)	12
Gambar 2.2. Pengaruh rasio antara Na_2SiO_3 dan NaOH terhadap kuat tekan beton geopolimer (Parthasarathy et al., 2016)	13
Gambar 2.3. Pengaruh rasio antara larutan alkali dan prekursor berupa <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan beton geopolimer (Joshi dan Kadu, 2012)	14
Gambar 2.4. Pengaruh penambahan <i>foam</i> dengan rongga udara yang terbentuk pada beton geopolimer ringan (Zhang dan Wang, 2016)	15
Gambar 2.5. Pengaruh suhu pada proses <i>curing</i> dengan oven terhadap kuat tekan beton geopolimer (Nagrak dkk., 2014)	16
Gambar 2.6. Pengaruh molaritas larutan alkali terhadap nilai <i>workability</i> beton geopolimer (Arafa dkk., 2018).....	17
Gambar 2.7. <i>Setting time</i> pada mortar geopolimer (Hardjito dkk., 2008)	18
Gambar 2.8. Perubahan tampak visual beton geopolimer akibat serangan asam (Lavanya dan Jegan, 2015)	20
Gambar 2.9. Variasi perubahan massa pada beton geopolimer terhadap paparan larutan sulfat (Mehta dan Siddique, 2017)	21
Gambar 2.10. Perbandingan persentase perubahan kuat tekan beton geopolimer terhadap durasi paparan larutan sulfat (Thokchom dkk., 2010).....	22
Gambar 3.1. Diagram alur penelitian.....	24
Gambar 3.2. <i>Fly ash</i>	25
Gambar 3.3. Natrium hidroksida	26
Gambar 3.4. Natrium silikat	26
Gambar 3.5. Akuades.....	27
Gambar 3.6. Pasir Tanjung Raja	27
Gambar 3.7. <i>Superplasticizer</i>	28

Gambar 3.9. Bejana logam	29
Gambar 3.10. Neraca digital	30
Gambar 3.11. Gelas ukur	30
Gambar 3.12. Mesin pencampur	31
Gambar 3.13. <i>Foam generator</i>	32
Gambar 3.14. <i>Concrete mold</i>	31
Gambar 3.15. <i>Flow table</i>	33
Gambar 3.16. Penetrometer	33
Gambar 3.17. Alat uji kuat tekan beton	34
Gambar 3.18. Pencampuran material penyusun mortar	36
Gambar 3.19. Pembuatan <i>foam</i>	37
Gambar 3.20. Pencampuran mortar dan <i>foam</i>	38
Gambar 3.21. Pengujian <i>slump flow</i>	38
Gambar 3.22. Pengujian <i>setting time</i>	39
Gambar 3.23. Pengecoran benda uji	40
Gambar 3.24. Perendaman benda uji pada larutan H ₂ SO ₄ 5%	41
Gambar 4.1. Grafik difraktogram hasil pengujian XRD pada <i>fly ash</i>	43
Gambar 4.2. Foto hasil pengujian SEM pada <i>fly ash</i> dalam berbagai variasi perbesaran	44
Gambar 4.3. Hasil pengujian <i>setting time</i>	46
Gambar 4.4. Kondisi permukaan luar benda uji setelah pengujian	46
Gambar 4.5. Kondisi penampang struktur dalam benda uji setelah perendaman	48
Gambar 4.6. Hasil pengujian XRD pada benda uji tanpa paparan H ₂ SO ₄	49
Gambar 4.7. Hasil pengujian XRD pada benda uji dengan paparan H ₂ SO ₄ .	49
Gambar 4.8. Perubahan benda uji kondisi I	50
Gambar 4.9. Perubahan berat benda uji kondisi II	51
Gambar 4.10. Perubahan berat benda uji kondisi III	53
Gambar 4.11. Perbandingan perubahan berat jenis benda uji pada tiap kondisi pengujian	56
Gambar 4.12. Perubahan tekan benda uji kondisi I	57
Gambar 4.13. Perubahan kuat tekan benda uji kondisi II	58

Gambar 4.14. Perubahan kuat tekan benda uji kondisi III.....	59
Gambar 4.15. Perbandingan perubahan kuat tekan benda uji pada tiap kondisi pengujian.....	60

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Berita acara hasil seminar tugas akhir

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan turut berdampak pada kemajuan teknologi material konstruksi. Berbagai pembaruan terus dilakukan untuk menghasilkan material konstruksi yang bersifat lebih praktis dan efektif. Salah satu elemen struktural yang kerap dijadikan objek penelitian adalah beton. Hingga saat ini, inovasi terbaru pada beton secara konstan terus dikembangkan untuk mendukung konsep pembangunan berkelanjutan. Beton geopolimer (*geopolymer concrete*) yang dikembangkan oleh Davidovits pada tahun 1978, merupakan contoh inovasi beton yang dianggap lebih ramah lingkungan.

Beton geopolimer tersusun dari material amorf-semi kristalin yang dihasilkan melalui proses geosintesis aluminosilikat dan alkali-silikat. Senyawa penyusun ikatan geopolimer pada umumnya kerap terkandung pada limbah hasil industri, seperti abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara, abu sekam padi, ampas tebu, dan lain-lain. Reaksi ikatan geopolimer akan terjadi apabila ikatan aluminosilikat teraktivasi oleh alkali. Aktivator yang umumnya digunakan adalah campuran Na_2SiO_3 dan NaOH dengan konsentrasi 8 M hingga 14 M. Rasio antara Na_2SiO_3 dan NaOH bisa diambil antara 0,4 – 2,5 (Hardjito dan Wallah, 2018).

Aspek lain yang dapat menunjang mutu beton turut dijadikan pertimbangan. Dengan konsep tersebut, inovasi teknologi dalam mengembangkan mutu *geopolymer concrete* semakin giat dilakukan, salah satunya adalah modifikasi beton geopolimer dengan berat jenis ringan atau *lightweight geopolymer concrete*. Modifikasi ini, dilakukan untuk mendapatkan keunggulan beton geopolimer dengan berat jenis beton berkisar dibawah 2.400 kg/m^3 . Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap *lightweight geopolymer concrete* dengan menggabungkan mortar geopolimer dan busa yang dibuat menggunakan *foam agent*. Untuk membuat mortar geopolimer, digunakan *fly ash* sebagai prekursor serta larutan Na_2SiO_3 dan NaOH dengan konsentrasi 14 M sebagai aktivator alkali. Dengan komposisi tersebut, diharapkan *lightweight geopolymer concrete* dapat menghasilkan kekuatan optimal serta memiliki berat jenis yang ringan dengan penambahan *foam*. Adapun secara

spesifik dalam pengujian ini, dipaparkan kajian mengenai ketahanan beton modifikasi geopolimer dan *foam agent* terhadap konsentrasi sulfat.

Provinsi Sumatra Selatan yang berlokasi di dataran rendah, dikenal memiliki kondisi tanah gambut dengan kandungan sulfat masam (Ananto, 2010). Untuk dapat menyesuaikan *lightweight geopolymer concrete* dengan karakteristik tersebut, perlu dilakukan kajian mengenai durabilitas beton terhadap serangan asam. Maka dari itu, dilakukan perendaman sampel beton pada larutan (H_2SO_4) 5% yang dikondisikan sebagai air gambut. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memaparkan hasil pembahasan mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan H_2SO_4 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dari penelitian mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap H_2SO_4 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M adalah:

1. Bagaimana pengaruh durasi perendaman benda uji pada larutan H_2SO_4 5% terhadap durabilitas *lightweight geopolymer concrete*?
2. Bagaimana pengaruh perubahan kondisi lingkungan terhadap durabilitas *lightweight geopolymer concrete*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap H_2SO_4 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M adalah:

1. Memahami dan menganalisis pengaruh durasi perendaman benda uji pada larutan H_2SO_4 5% terhadap durabilitas *lightweight geopolymer concrete*
2. Memahami dan menganalisis pengaruh perubahan kondisi lingkungan terhadap durabilitas *lightweight geopolymer concrete*

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap H_2SO_4 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M adalah, memiliki ruang lingkup sebagai berikut:

1. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PT. Pupuk Sriwidjaja dengan lolos saringan No.16. *Fly ash* digunakan sebagai *precursor*.
2. Agregat halus yang digunakan yaitu pasir yang berasal dari Tanjung Raja.
3. Aktivator menggunakan larutan Na_2SiO_3 dan NaOH .
4. *Foam agent* yang dipakai merupakan jenis surfaktan sintesis dalam bentuk *gel*.
5. Konsentrasi NaOH sebesar 14 M.
6. Persentase *foam* yang digunakan yaitu 50% dari volume benda uji beton dan persentase mortar geopolimer sebesar 50% dari volume benda uji beton.
7. Cetakan benda uji yang digunakan berbentuk kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm dan volume tampung maksimal 125 m^3 .
8. Pengujian beton segar yang dilakukan adalah *slump flow* dan *setting time*.
9. Perawatan benda uji menggunakan oven dan *wrapping*.
10. Beton diuji dalam 3 kondisi yaitu, direndam di dalam larutan H_2SO_4 dengan persentase 5%, direndam secara siklik (*wet dry*), dan tidak direndam selama 28 dan 56 hari.
11. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah proses *curing* selama 28 dan 56 hari setelah proses *curing*.
12. Pengujian material pada penelitian ini berdasarkan standar ASTM (*American Standard Testing and Material*).

1.5. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan H_2SO_4 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M digunakan beberapa metode pengumpulan data, antara lain:

1. Data primer

Data primer pada penelitian ini adalah data yang dihasilkan secara langsung dalam pengujian yang dilakukan di laboratorium dan hasil konsultasi langsung dengan dosen pembimbing.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan secara tidak langsung dari objek penelitian dan *literature review* yang ada. Dalam penelitian ini data sekunder berupa studi pustaka sebagai referensi yang berkaitan dengan pembahasan.

1.6. Rencana Sistematika Penulisan

Adapun rencana sistematika penulisan pada laporan tugas akhir mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan H₂SO₄ 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M dibagi menjadi lima bagian.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan dari penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis menguraikan tentang kajian literatur yang menjelaskan mengenai teori dari pustaka dan literatur tentang definisi, material penyusun, dan karakteristik *lightweight geopolymer concrete*, komposisi campuran, dan pengujian beton serta berisi penelitian terdahulu yang dijadikan acuan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini penulis membahas tentang spesifikasi material dan alat uji yang digunakan, pelaksanaan penelitian meliputi pengujian material, pembuatan benda uji, dan pengujian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis membahas mengenai pengolahan data mengenai pengujian durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan H₂SO₄ 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini penulis memuat kesimpulan mengenai hasil penelitian dan saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bab ini penulis memuat daftar pustaka dari berbagai referensi yang digunakan pada laporan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A.M.A., Kamarudin, H., Mohammed, H., Nizar, I.K., Rafiza, A.R., dan Zarina, Y. 2011. 'The Relationship of NaOH Molarity: $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ Ratio, Fly Ash/Alkaline Activator Ratio and Curing Temperature to The Strength of Fly Ash-Based Geopolymer'. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. 140:1476-1482.
- Albitar, M., dkk. 2017. 'Durability Evaluation of Geopolymer and Conventional Concretes'. *Construction and Building Materials* Vol.136: 374-385.
- Arafa, S.A., Ali, A.Z.M., Awal, A.S.M.A., dan Loon, L.Y., 2018. 'Optimum Mix for Fly Ash Geopolymer Binder based on Workability and Compressive Strength'. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 140: 1-10.
- 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 40, 2011. *Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Agregate for Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 128, 2015. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*, 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 267, 2012. *Standard Test Method for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic Surfacing and Polymer Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 403, 2016. *Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.

- ASTM C 566, 2013. *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 618-12a, 2014. *Coal Fly Ash and Raw Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 796, 2013. *Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM D 2419, 2014. *Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- Bakkali, H., Ammari, M., dan Frar, I. 2016. 'NaOH Alkali-activated Class F Fly Ash: NaOH Molarity, Curing Conditions and Mass Ratio Effect'. *Journal of Material and Environment Science* Vol. 7: 397-401.
- Bignozzi, M.C., Manzi, S., Natali, M.E., Rickard, W.D.A., dan Riessen, A.V. 2014. 'Room Temperature Alkali Activation of Fly Ash: The Effect of Na₂O/SiO₂ Ratio'. *Construction and Building Materials* Vol.69: 262-270.
- Gao, K., Lin, K.L., Wang, D.Y., Hwang, C.L., Shiu, H.S., Chang, Y.M., dan Cheng, T.W. 2014. 'Effect SiO₂/Na₂O Molar Ratio on Mechanical Properties and The Microstructure of Nano-SiO₂ Metakaolin-Based Geopolymer. International Journal of Material Science and Engineering'. *Construction and Building Materials* Vol.53: 503-510.
- Gopal, M.K., dan Kiran, B.N. 2013. 'Investigation on Behaviour of Fly Ash Based Geopolymer Concrete in Acidic Environment'. *International Journal of Modern Engineering* Vol.3: 580 – 586.
- Hardjito, D., dan Wallah, S.E. 2009. 'On The Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete'. *ACI Materials Journal*: 467 – 472.
- Heah, C.Y., Liew, Y.M., Abdullah, M.M.A., dan Hussin K. 2017. 'Thermal Resistance Variations of Fly Ash Geopolymers: Foaming Responses'. *Science Report* Vol.7: 1-11.

- Herwani, Pane, I., Imran, I., dan Budiono, B. 2017. 'Compressive Strength of Fly Ash-based Geopolymer Concrete with a Variable of Sodium Hydroxide (NaOH) Solution Molarity'. *MATEC Web of Conferences* Vol.147: 1-5.
- Jayaraman, A., Pradeepa, S., Soni, L., dan Rakhsit, K. 2016. 'Influence of Admixtures on Behavior of Concrete'. *International Journal of Research in Advent Technology* Vol.4 (11): 16-23.
- Joshi, S.V., dan Kadu, M.S. 2012. 'Role of Alkaline Activator in Development of Eco-friendly Fly Ash Based Geo Polymer Concrete'. *International Journal of Environmental Science and Development* Vol.3 (5): 417-421.
- Karthikeyan, B., Selvaraj R., dan Saravanan, S. 2015. 'Mechanical Properties of Foam Concrete'. *International Journal of Earth Sciences and Engineering* Vol.8 (2): 115-119.
- Kurtoglu, A.E., dkk. 2018. 'Mechanical and Durability Properties of Fly Ash and Slag Based Geopolymer Concrete'. *Advance in Concrete Construction* Vol.6 (4): 345-362.
- Lavanya, G., dan Jegan, J. 2015. 'Durability Study on High Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete'. *Advance Materials Science and Engineering* Vol. 2015: 1-7.
- Mermerdas, K., Manguri, S., Nassani D.E., dan Oleiwi, S.E. 2017. 'Effect of Aggregate Properties on The Mechanical and Absorption Characteristics of Geopolymer Mortar'. *Engineering Science and Technology, an International Journal: 1-11*.
- Lukowski, P. 2016. 'Influence of Temperature on Efficiency of Superplasticizing Admixtures for Concrete'. *Journal of Building Chemistry* Vol.1: 31-37.
- Mehta, A., dan Siddique, R. 2017. 'Sulfuric Acid Resistance of Fly Ash based Geopolymer Concrete'. *Construction and Building Materials* Vol.146: 134-143.
- Memon, F.A., Nuruddin, M.F., Khan, S., Shafiq, N., dan Ayub, T. 2013. 'Effect of Sodium Hydroxide Concentration on Fresh Properties and Compressive Strength of Self Compacting Geopolymer'. *Journal of Engineering Science and Technology* Vol.8 (1): 44-56.

- Nagral, M.R., Ostwal T., dan Chitawadagi. 2016. 'Effect of Curing Temperature and Curing Hours on The Properties of Geo-Polymer Concrete'. *International Journal of Computational Engineering Research* Vol.4 (9): 1-10.
- Pavithran, G. 2017. 'Experimental Investigation on Geopolymer Concrete Under Different Modes of Curing'. *International Journal of Engineering Research & Technology* Vol.5 (8): 1-3.
- Punmatharith, T., Rachakornkij, M., Imyim, A., Wecharatana, M. 2010. 'Co-processing of Grinding Sludge as Alternative Raw Material in Portland Cement Clinker Production'. *Journal of Applied Science* Vol.10 (15): 1525-1535.
- Ramasamy, S., Husin, K., Abdullah, M.M.A., Ghazali, C.M.R., Binhussain, M., dan Sandu, A.V. 2016. 'Interrelationship of Kaolin, Alkaline Liquid Ratio and Strength of Kaolin Geopolymer'. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* Vol.133: 1-8.
- Rangan, B.V. 2014. 'Geopolymer Concrete for Environmental Protection'. *The Indian Concrete Journal*: 1-59.
- Richard, A.O., dan Ramli, M. 2013. 'Experimental Production of Sustainable Lightweight Foamed Concrete'. *British Journal of Applied Science and Technology* Vol.3 (4): 994-1005.
- Somna, K., Jaturapitakul, C., Kajitvichyanukul, P., dan Chindapasirt, P. 2011. 'NaOH-activated Ground Fly Ash Geopolymer Cured at Ambient Temperature'. *Fuel* Vol.90: 2118-2124.
- Temuujin, J., Williams, R.P., dan Riessen, A.V. 2009. 'Effect of Mechanical Activation on Fly Ash on the Properties of Geopolymer Cured at Ambient Temperature'. *Journal of Material Processing Technology* Vol.209: 5276-5280.
- Thakrele, M.H., 2014. 'Experimental Study on Foam Concrete'. *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development*: 145-158.
- Thokchom, S., Ghosh, P., Ghosh, S. 2010. 'Performance of Fly Ash based Geopolymers Mortars in Sulphate Solution'. *Journal of Engineering Science and Technology Review* Vol.3 (1): 36-40.

Varghese, S. dkk. 2014. 'A Study on Properties of Foamed Concrete with Natural and Synthetic Foaming Agent'. *International Research Journal of Engineering and Technology* Vol.4 (3): 2009-2011.

Zhang, Z., dan Wang, H. 2016. 'The Pore Characteristics of Geopolymer Foam Concrete and Their Impact on The Compressive Strength and Modulus'. *Frontiers in Materials* Vol.3 (38): 1-10.