

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DAN NaOH

TERHADAP KETAHANAN SULFAT

GEOPOLYMER FOAM CONCRETE



ATIKAH APRINDA
03011281520110

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

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DAN NaOH

TERHADAP KETAHANAN SULFAT

GEOPOLYMER FOAM CONCRETE

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



ATIKAH APRINDA
03011281520110

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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Atikah Aprinda

NIM : 03011281520110

Judul : Pengaruh Variasi Rasio Na₂SiO₃ dan NaOH Terhadap Ketahanan Sulfat
Geopolymer Foam Concrete

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.



Indralaya, Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Atikah Aprinda

NIM. 03011281520110

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI RASIO Na₂SiO₃ DAN NaOH TERHADAP KETAHAN SULFAT *GEOPOLYMER FOAM CONCRETE*

SKRIPSI

Dibuat Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh :

**ATIKAH APRINDA
03011281520110**

**Indralaya, 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 dan Perencanaan,**



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

TANDA PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : ATIKAH APRINDA

NIM : 03011281520110

JURUSAN : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

**JUDUL : PENGARUH VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DAN NaOH
TERHADAP KETAHAN SULFAT *GEOPOLYMER*
*FOAM CONCRETE***

Indralaya, Juli 2019

Ketua Jurusan Teknik Sipil

dan Perencanaan,



Ir. Helmi Hakki, M.T.

NIP. 196107031991021001

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

TANDA PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : ATIKAH APRINDA

NIM : 03011281520110

JURUSAN : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JUDUL : PENGARUH VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DAN NaOH

TERHADAP KETAHAN SULFAT *GEOPOLYMER*

FOAM CONCRETE

Indralaya, Juli 2019

Dosen Pembimbing I,



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

NIP.197610312002122001

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

TANDA PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : ATIKAH APRINDA

NIM : 03011281520110

JURUSAN : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JUDUL : PENGARUH VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DAN NaOH

TERHADAP KETAHAN SULFAT *GEOPOLYMER*

FOAM CONCRETE

Indralaya, Juli 2019

Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Hanafiah, MS

NIP.195603141985031020

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

TANDA PENGAJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : ATIKAH APRINDA
NIM : 03011281520110
JURUSAN : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JUDUL : PENGARUH VARIASI RASIO Na₂SiO₃ DAN NaOH
TERHADAP KETAHAN SULFAT *GEOPOLYMER FOAM CONCRETE*

Indralaya, Juli 2019

Penulis,



Atikah Aprinda

NIM. 03011281520110

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah ini berupa skripsi ini dengan judul "Pengaruh Variasi Rasio Na₂SiO₃ dan NaOH Terhadap Ketahanan Sulfat *Geopolymer Foam Concrete*" telah dipertahankan dihadapan tim penguji karya tulis ilmiah jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Juli 2019.

Palembang, 10 Juli 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa skripsi:

Ketua:

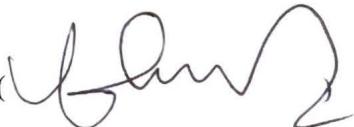
1. Dr. Saloma, S.T, M.T.
NIP. 197610312002122001

()

Anggota

1. Dr. Ir. Hanafiah, M.S.
NIP. 195603141985031002
2. Ir. Yakni Idris, M.Sc., MSCE
NIP. 195812111987031002

()

()

3. Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng.
NIP. 195604241990031001

()

4. Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan **Teknik Sipil** dan Perencanaan,



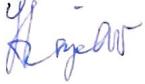
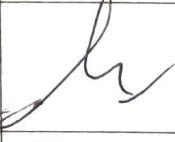
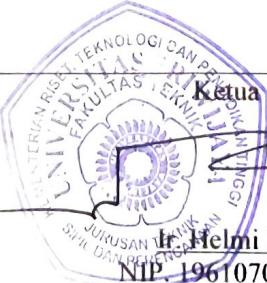
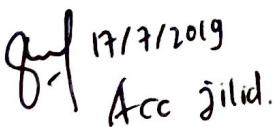
Ir. Helmi Haki, M.T.

NIP. 196107031991021001

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

HASIL SEMINAR LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : ATIKAH APRINDA
 NIM : 03011281520110
 JURUSAN : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JUDUL : PENGARUH VARIASI RASIO PENGARUH
 RASIO Na_2SiO_3 dan NaOH TERHADAP
 KETAHANAN SULFAT *GEOPOLYMER FOAM CONCRETE*.
 DOSEN PEMBIMBING : DR. SALOMA, S.T., M.T.
 DR. IR. HANAFIAH, M.S.

NO.	Tanggapan/Saran	Tanda Tangan dan Nama	
		Dosen Pembimbing/ Narasumber	
		Seminar	Revisi
1	- Data penelitian selanjutnya dg referensi		
2	- Jelaskan hubungan sifat amorf pd fly ash dengan ketahanan sulfat geopolymers formed concrete		
3	- Standar yg dipakai utk pengujian utk geopolymers concrete - Definisi secon keuntungan dari geopolymers foam concrete		 8/7/2019
4	by design report begin		
5			
Kesimpulan		 Ir. Helmi Haki, M.T. NIP. 196107031991021001	Ketua Jurusan
			

HALAMAN PERNYATAAN PESETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Atikah Aprinda
NIM : 03011281520110
Judul : Pengaruh Variasi Rasio Na₂SiO₃ dan NaOH Terhadap Ketahanan
Sulfat Geopolymer Foam Concrete

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.

Indralaya, Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Atikah Aprinda
NIM. 03011281520110

RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap	:	Atikah Aprinda
Tempat Lahir	:	Palembang
Tanggal Lahir	:	27 April 1997
Jenis Kelamin	:	Perempuan
Agama	:	Islam
Status	:	Belum Menikah
Warga Negara	:	Indonesia
Alamat	:	Villa Nusa Indah, Jalan Karimata I, Blok U 17 no. 4. RT 008 RW 020. Kecamatan Gn. Putri, Kelurahan Bojong Kulur, Kabupaten Bogor. Jawa Barat.
Nama Orang Tua	:	Agusdin Gustri Yeti
Alamat Orang Tua	:	Villa Nusa Indah, Jalan Karimata I, Blok U 17 no. 4. RT 008 RW 020. Kecamatan Gn. Putri, Kelurahan Bojong Kulur, Kabupaten Bogor. Jawa Barat.
No. HP	:	+6285287203928
E-mail	:	aprindatikah@gmail.com

Riwayat Pendidikan

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Islam Al-Fajar Bekasi	-	-	-	2003-2009
SMP Negeri 12 Bekasi	-	-	-	2009-2012
SMA Negeri 42 Jakarta	-	IPA	-	2012-2015
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil dan Perencanaan	S-1	2015-2019

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Atikah Aprinda

NIM 03011281520110

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DAN NaOH TERHADAP KETAHAAN SULFAT *GEOPOLYMER FOAM CONCRETE*

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2019

Atikah Aprinda; dibimbing oleh Dr. Saloma, S.T.,M.T. dan Dr.Ir. Hanafiah, M.S.

Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

xxii + 77 halaman

Geopolymer foam concrete menggabungkan kedua jenis beton yaitu beton geopolimer dan beton busa. *Geopolymer foam concrete* sebagai inovasi material konstruksi memberikan keuntungan karena tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga ringan dan ekonomis. Seperti kita ketahui, Sumatera Selatan memiliki lahan rawa sekitar 87.017 km^2 yang mengandung komponen asam dan sulfat. Penelitian ini bermaksud untuk menunjukkan pengaruh rasio alkali aktivator (Na_2SiO_3 : NaOH) pada campuran GFC terhadap ketahanan sulfat. Parameter yang diamati adalah penurunan berat, perubahan kuat tekan, pengamatan makrostruktur dan mikrostruktur akibat perendaman GFC dalam larutan asam sulfat. Penelitian ini menyajikan hasil eksperimen pada GFC dalam rasio alkali aktivator yang berbeda dengan variasi 1,5; 2,0; dan 2,5. Pengujian durabilitas meliputi perendaman sampel selama 28 hari hingga 56 hari dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi 5%. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin kecil rasio alkali aktivator, maka semakin besar nilai penurunan berat jenis dan kuat tekan akibat perendaman sampel dalam larutan asam sulfat. Hal ini ditunjukkan dengan rasio alkali aktivator 1,5 yang memiliki berat jenis terendah, yaitu 1.347 kg/m^3 dan kuat tekan 8,81 MPa setelah direndam selama 28 hari. Sedangkan, setelah 56 hari perendaman, rasio alkali aktivator 1,5 memiliki berat jenis terendah 1.276 kg/m^3 dan kekuatan tekan 4,99 MPa. Hal ini menunjukkan rasio 1,5 memiliki berat jenis dan kuat tekan yang lebih rendah diantara kedua rasio lainnya.

Kata kunci: *Geopolymer foam concrete*, alkali aktivator, asam sulfat, durabilitas, perendaman.

SUMMARY

THE EFFECT OF Na_2SiO_3 AND NaOH RATIO VARIATION ON SULFATE DURABILITY OF GEOPOLYMER FOAM CONCRETE

A thesis, July 2019

Atikah Aprinda; supervised by Dr. Saloma, S.T.,M.T. and Dr.Ir. Hanafiah, M.S.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Sriwijaya.

xxii + 77 pages

Geopolymer foam concrete (GFC) combine two types of concrete, geopolymer concrete and foam concrete. Geopolymer foam concrete (GFC) as an innovation for construction material is advantageous because it is not only eco-friendly, but also lightweight and economic. As we know, South Sumatra has an area about 87.017 km^2 of swamp that contain acid and sulfuric components. This study intends to show the effect of alkali activator ratio ($\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$) on sulfate resistance on GFC mixture. The parameters observed were weight loss, changes in compressive strength, macrostructure and microstructure observation results of immersion GFC in sulfuric acid solution. This study presents the experimental results on GFC in different alkali activator ratio with variation of 1,5 ; 2,0 ; and 2,5. Durability test include the immersion of samples for 28 days up to 56 days in sulfuric acid solution with 5% concentration. From the result of the tests has shown that the smaller ratio of alkali activator, the greater values in decreasing of density and compressive strength due to immersion in sulfuric acid solution. This is indicated by the test of GFC with an alkali activator ratio of 1,5 had the lowest density, which is 1.347 kg/m^3 and compressive strength of 8,81 MPa after being immersed for 28 days. On the other hand, after 56 days of immersion, the alkali activator ratio of 1,5 had the lowest density 1.276 kg/m^3 and compressive strength of 4,99 MPa. From the results, we knew that ratio of 1,5 has lower density and compressive strength than the other alkali activator ratio.

Keywords: *Geopolymer foam concrete, alkali activator, sulfuric acid, durability, immersion.*

PENGARUH VARIASI RASIO Na_2SiO_3 DAN NaOH TERHADAP KETAHAAN SULFAT *GEOPOLYMER FOAM CONCRETE*

Atikah Aprinda^{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: aprindatikah@gmail.com

Abstrak

Geopolymer foam concrete menggabungkan kedua jenis beton yaitu beton geopolimer dan beton busa. *Geopolymer foam concrete* sebagai inovasi material konstruksi memberikan keuntungan karena tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga ringan dan ekonomis. Seperti kita ketahui, Sumatera Selatan memiliki luas rawa sekitar 87.017 km² yang mengandung komponen asam dan sulfat. Penelitian ini bermaksud untuk menunjukkan pengaruh rasio alkali aktivator (Na_2SiO_3 : NaOH) pada campuran GFC terhadap ketahanan sulfat. Parameter yang diamati adalah penurunan berat, perubahan kuat tekan, pengamatan makrostruktur dan mikrostruktur akibat perendaman GFC dalam larutan asam sulfat. Penelitian ini menyajikan hasil eksperimen pada GFC dalam rasio alkali aktivator yang berbeda dengan variasi 1,5; 2,0; dan 2,5. Pengujian durabilitas meliputi perendaman sampel selama 28 hari hingga 56 hari dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi 5%. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin kecil rasio alkali aktivator, maka semakin besar nilai penurunan berat jenis dan kuat tekan akibat perendaman sampel dalam larutan asam sulfat. Hal ini ditunjukkan dengan rasio alkali aktivator 1,5 yang memiliki berat jenis terendah, yaitu 1.347 kg/m³ dan kuat tekan 8,81 MPa setelah direndam selama 28 hari. Sedangkan, setelah 56 hari perendaman, rasio alkali aktivator 1,5 memiliki berat jenis terendah 1.276 kg/m³ dan kekuatan tekan 4,99 MPa. Hal ini menunjukkan rasio 1,5 memiliki berat jenis dan kuat tekan yang lebih rendah diantara kedua rasio lainnya.

Kata kunci: *Geopolymer foam concrete*, alkali aktivator, asam sulfat, durabilitas, perendaman

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 dan Perencanaan,



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

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan proposal laporan tugas akhir ini dengan hasil yang baik. Penulis merasa sangat terbantu pada saat penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua dan saudara penulis karena telah memberi semangat dan doa dalam kelancaran penulisan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah turut membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Saloma, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Ir. Hanafiah, M.S., selaku dosen pembimbing penulis dalam menyusun laporan tugas akhir ini.
4. Serta teman dari Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya angkatan 2015 yang telah mendukung dan memberi semangat dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
5. Pihak lain yang turut andil dalam membantu penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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 menjadi manfaat bagi pembaca.

Indralaya, Juli 2019



Atikah Aprinda

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan Integritas	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Persetujuan.....	viii
Berita Acara	ix
Halaman Persetujuan Publikasi.....	x
Riwayat Hidup	xi
Ringkasan.....	xii
<i>Summary</i>	xiii
Abstrak	xiv
Kata Pengantar	xv
Daftar Isi.....	xvi
Daftar Tabel	xix
Daftar Gambar.....	xx
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5. Metode Pengumpulan Data.....	3
1.6. Sistematika Penelitian.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Definisi <i>Geopolymer Concrete</i>	6
2.2. Definisi <i>Foam Concrete</i>	6
2.3. Definisi <i>Geopolymer Foam Concrete (GFC)</i>	8
2.4. Material Penyusun <i>Geopolymer Foam Concrete (GFC)</i>	10
2.4.1. <i>Fly Ash</i>	10

2.4.2. Agregat Halus.....	13
2.4.3. Larutan Alkali	13
2.4.4. <i>Foaming Agent</i>	14
2.4.5. Air.....	14
2.4.6. <i>Admixture</i>	15
2.5. Faktor yang Mempengaruhi Campuran <i>Geopolymer Foam Concrete</i>	16
2.5.1. Konsentrasi Larutan NaOH.....	16
2.5.2. Rasio Alkali Aktivator ($\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$)	17
2.5.3. Rasio Alkali Aktivator dan <i>Fly Ash</i>	19
2.5.4. Perawatan (<i>Curing</i>)	19
2.5.5. Rasio Air dan Geopolimer	20
2.6. <i>Properties Geopolymer Foam Concrete</i>	20
2.6.1. <i>Setting Time</i>	20
2.6.2. Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>) dan Berat Jenis (<i>Density</i>)	21
2.6.3. Durabilitas Terhadap Serangan Sulfat.....	22
2.6.4. Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	27
 3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1. Studi Literatur	28
3.2. Alur Penelitian	28
3.3. Bahan Penyusun <i>Geopolymer Foam Concrete</i>	30
3.4. Peralatan	34
3.5. Tahapan Penelitian dan Pengujian.....	40
3.5.1. Tahap I.....	40
3.5.2. Tahap II	41
3.5.3. Tahap III.....	44
3.5.4. Tahap IV.....	50
3.5.5. Tahap V	52
 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1. Pengujian Agregat Halus	55
4.2. Pengujian <i>Fly Ash</i>	57

4.2.1. Pengujian <i>X-Ray Difraction</i> (XRD)	57
4.2.2. Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	57
4.2.3. Pengujian <i>Scanning Electron Micoscope</i> (SEM)	58
4.3. Hasil Pengujian Beton Segar	58
4.3.1. Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i>	59
4.3.2. Hasil Pengujian <i>Setting Time</i>	59
4.3.3. Hasil Pengujian <i>Air Content</i>	60
4.4. Hasil Pengujian Kontrol Benda Uji	62
4.5. Hasil Pengujian Durabilitas Terhadap Asam Sulfat	63
4.5.1. Penurunan Berat (<i>Weight Loss</i>)	64
4.5.2. Penurunan Berat Jenis dan Kuat Tekan.....	68
4.5.3. Pengamatan Secara Makrostruktur.....	70
4.5.4. Pengamatan Secara Mikrostruktur	71
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	76

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Hasil pengujian <i>geopolymer foam concrete</i>	10
2.2. Perbandingan komposisi kimia <i>fly ash, slag</i> , dan semen (%Wt).....	11
2.3. Hasil pengujian <i>setting time</i> terhadap rasio alkali aktivator.....	17
2.4. Hasil pengujian <i>setting time</i>	21
2.5. Hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer dan <i>geopolymer foam concrete</i>	21
2.6. Hasil pengujian kuat tekan benda uji sebelum dan setelah direndam larutan H ₂ SO ₄ 10%	23
2.7. Rekapitulasi persentase penurunan berat beton geopolimer setelah direndam larutan H ₂ SO ₄ 5%	25
2.8. Rekapitulasi persentase penurunan berat beton konvensional setelah direndam larutan H ₂ SO ₄ 5%	25
2.9. Penurunan kuat tekan beton setelah direndam larutan H ₂ SO ₄ 5%	25
2.10. Hasil pengujian kuat tarik beton dengan variasi rasio alkali aktivator...	27
3.1. Komposisi <i>geopolymer foam concrete</i> per m ³	45
3.2. Komposisi <i>geopolymer foam concrete</i> per 125 cm ³	45
1.1. Rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus	55
1.2. Hasil pengujian <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> <i>fly ash</i>	58
1.3. Rekapitulasi persentase kandungan udara hasil uji <i>air content</i>	62
1.4. Rekapitulasi berat kontrol benda uji	62
1.5. Rekapitulasi persentase penurunan berat (% weight loss)	64
1.6. Rekapitulasi persentase penurunan kuat tekan	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Hasil uji SEM <i>unfoamed geopolymer concrete</i>	9
2.2. Hasil uji SEM <i>geopolymer foamed concrete</i>	9
2.3. XRD <i>fly ash</i>	12
2.4. XRD geopolimer berbasis <i>fly ash</i>	12
2.5. Grafik hubungan kuat tekan dengan molaritas NaOH.....	16
2.6. Grafik hubungan kuat tekan dengan variasi rasio alkali aktivator	18
2.7. Grafik hasil uji kuat tekan beton terhadap periode <i>curing</i>	19
2.8. Benda uji sebelum direndam pada larutan H ₂ SO ₄	23
2.9. Benda uji setelah direndam pada larutan H ₂ SO ₄	23
2.10. Pengamatan benda uji setelah direndam dan diuji kuat tekan	24
2.11. Difraktogram pengujian xrd specimen sebelum dan setelah direndam ..	26
3.1. Diagram alir tahap metodologi penelitian	29
3.2. Natrium silikat(Na ₂ SiO ₃)	30
3.3. Natrium hidroksida (NaOH)	30
3.4. <i>Fly ash</i>	31
3.5. Agregat Halus	31
3.6. <i>Admixture</i>	32
3.7. <i>Foaming agent</i>	32
3.8. Aquades	33
3.9. Asam sulfat	33
3.10. Neraca digital	34
3.11. <i>Mould</i>	35
3.12. Gelas ukur	35
3.13. <i>Mixer</i>	36
3.14. <i>Foam generator</i> dan kompresor	36
3.15. <i>Steamer</i>	37
3.16. Alat uji <i>slump flow</i>	37
3.17. Alat uji <i>air content</i>	38

3.18. <i>Vicat apparatus</i>	38
3.19. <i>Universal testing machine</i>	39
3.20. Wadah rendaman	40
3.21. Larutan alkali	41
3.22. Pengujian analisa saringan agregat halus	42
3.23. (a). Pengujian kadar lumpur agregat halus	42
(b). Pengujian kadar organik agregat halus	42
3.24. Pengujian berat volume agregat halus	42
3.25. Diagram proses pencampuran <i>geopolymer foam concrete</i>	46
3.26. Pencampuran agregat halus dengan <i>fly ash</i>	46
3.27. Penuangan air pada campuran geopolimer	47
3.28. Penuangan larutan alkali pada campuran geopolimer	47
3.29. Penuangan <i>superplasticizer</i> ke pada campuran geopolimer	48
3.30. Penuangan <i>foaming agent</i> dan air pada <i>foam generator</i>	48
3.31. Penuangan <i>foam</i>	49
3.32. <i>Foam</i> yang telah terbentuk	49
3.33. Penakaran <i>foam</i>	49
3.34. Pencampuran campuran geopolimer dan campuran <i>foam</i>	50
3.35. Pengujian <i>setting time</i>	50
3.36. Pengujian <i>air content</i>	51
3.37. Pengujian <i>slump flow</i>	51
3.38. Penuangan campuran beton kedalam <i>mould</i>	52
3.39. Perendaman benda uji dengan asam sulfat	53
3.40. Penimbangan benda uji setelah direndam.....	53
3.41. Pengujian kuat tekan beton.....	54
4.1. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	55
4.2. Hasil pengujian zat organik agregat halus	56
4.3. Grafik hasil analisis saringan agregat halus	56
4.4. Hasil pengujian XRD <i>fly ash</i>	57
4.5. Hasil foto SEM <i>fly ash</i>	58
4.6. Hasil pengujian <i>slump flow</i> terhadap rasio alkali aktivator	59
4.7. Grafik hasil pengujian <i>setting time</i>	60

4.8. Hasil pengujian <i>air content</i>	61
4.9. Hasil pengujian <i>air content</i>	61
4.10. Grafik berat jenis kontrol benda uji	62
4.11. Grafik kuat tekan kontrol benda uji	63
4.12. Grafik penurunan berat benda uji setelah direndam 28 hari.....	66
4.13. Grafik penurunan berat benda uji setelah direndam 56 hari.....	67
4.14. Laju kehilangan berat <i>geopolymer foam concrete</i>	65
4.15. Grafik penurunan berat jenis setelah direndam	68
4.16. Grafik penurunan kuat tekan setelah direndam	68
4.17. Penampang makrostruktur benda uji sebelum direndam asam sulfat....	70
4.18. Penampang makrostruktur benda uji setelah direndam asam sulfat.....	70
4.19. XRD benda uji setelah direndam dengan rasio alkali aktivator 1,5	71
4.20. XRD benda uji setelah direndam dengan rasio alkali aktivator 2,0	72
4.21. XRD benda uji setelah direndam dengan rasio alkali aktivator 2,5	72
4.22. Foto SEM benda uji rasio alkali aktivator 1,5 yang direndam asam sul- fat	73
4.23. Foto SEM benda uji rasio alkali aktivator 2,0 yang direndam asam sul- fat	74
4.24. Foto SEM benda uji rasio alkali aktivator 2,5 yang direndam asamsul- fat	74

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia tercatat sejak dua tahun terakhir mengalami perkembangan yang pesat. Berdasarkan catatan Badan Pusat Statistik (BPS), perekonomian di Indonesia tahun 2016 jauh meningkat dibandingkan dengan tahun 2015. Bidang konstruksi merupakan salah satu bidang yang turut andil dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia yaitu sebesar 0,51%. Pertumbuhan ekonomi pada bidang konstruksi meningkat dari 4,88% menjadi 5,02%. Seiring dengan pembangunan konstruksi yang terus berkembang, kebutuhan material sebagai pendukung utama juga semakin meningkat.

Material konstruksi yang umumnya digunakan adalah beton, selain ekonomis, ketersediaan bahan penyusun beton juga mudah didapatkan. Salah satu komponen utama penyusun beton adalah semen. Faktanya, semen menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2) setara dengan jumlah semen yang diproduksi dari hasil pembakaran di pabrik. Berkembangnya sektor konstruksi di Indonesia, dikhawatirkan dapat menyebabkan penggunaan semen meningkat dan memicu peningkatan kadar gas karbon dioksida (CO_2). Beton konvensional memiliki berat jenis berkisar 2.200 kg/m^3 sampai dengan 2.600 kg/m^3 (Neville, A.M, 2000). Berat jenis besar pada beton menyebabkan berat sendiri suatu material menjadi lebih besar. Dampaknya dalam tahap perencanaan, berat jenis yang besar menghasilkan dimensi suatu elemen struktur yang besar sehingga terjadi pemborosan.

Sebagai langkah dalam meminimalisir penggunaan semen serta menghasilkan material yang ringan, maka dilakukan beberapa penelitian dan salah satunya merupakan penelitian mengenai *geopolymer foam concrete*. *Geopolymer foam concrete* merupakan salah satu inovasi beton geopolimer dengan beton ringan yang menggunakan *foaming agent* sebagai pembentuk busa (*foam*). Inovasi pada beton ini menunjukkan sifat beton geopolimer namun diungguli dengan berat jenis yang ringan. Salah satu bahan penyusun *geopolymer foam concrete* adalah alkali aktuator berupa larutan Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai pemicu reaksi bagi

precursor yaitu *fly ash*. *Fly ash* bereaksi dengan larutan alkali dalam reaksi polimerisasi sehingga terbentuk suatu material yang disebut geopolimer. Sebagai peran utama dalam reaksi polimerisasi, rasio yang optimum antara Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai alkali aktuator perlu diperhatikan.

Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Sumatera Selatan merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki daerah rawa terluas setelah Kalimantan. Luas daerah rawa di Sumatera Selatan adalah 87.017 km^2 dan tersebar di daerah bagian timur, mulai dari kabupaten Musirawas, Muba, OKI, Muaraenim, dan Banyuasin. Salah satu tipologi lahan rawa gambut yang sering ditemui di wilayah Sumatera Selatan adalah lahan sulfat masam. Material geopolimer dikenal dengan keunggulannya yang tahan lingkungan agresif akibat asam dan sulfat. Oleh karena itu, penelitian ini membahas mengenai ketahanan *geopolymer foam concrete* terhadap serangan sulfat dengan variasi rasio alkali aktuator ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH}$). Selain itu penelitian ini dilakukan dengan harapan *geopolymer foam concrete* tidak hanya memiliki ketahanan yang kuat terhadap sulfat, tetapi juga memiliki berat jenis yang ringan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dibahas dalam laporan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana menentukan dan mengembangkan komposisi campuran *geopolymer foam concrete* dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai *precursor* dan *foaming agent* sebagai pembentuk *foam*?
2. Bagaimana pengaruh rasio Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai aktuator terhadap ketahanan sulfat *geopolymer foam concrete*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan dan mengembangkan komposisi campuran *geopolymer foam concrete* dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai *precursor* dan *foaming agent* sebagai pembentuk *foam*.

2. Memahami dan menganalisis pengaruh rasio Na_2SiO_3 dan NaOH terhadap ketahanan sulfat *geopolymer foam concrete*.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini mengenai pengaruh variasi rasio Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai alkali aktuator terhadap ketahanan sulfat pada *geopolymer foam concrete* :

1. *Fly ash* berasal dari PT. Pupuk Sriwidjaja.
2. Larutan NaOH dan Na_2SiO_3 sebagai alkali aktuator dengan rasio sebesar 1,5 ; 2,0 ; 2,5 dan konsentrasi NaOH 14 Molar
3. Rasio agregat halus : *precursor* adalah 1,7.
4. Penggunaan *admixture* tipe F *superplasticizer* sebanyak 1,5% dari massa *fly ash*.
5. Rasio air dengan *foaming agent* sebagai pembentuk busa (*foam*) adalah 1:40 dengan tekanan kompresor sebesar 70 psi.
6. Perawatan (*curing*) dilakukan dengan metode *steam curing* selama 48 jam pada temperatur 65° C.
7. Sifat ketahanan (*durability*) yang dibahas adalah ketahanan terhadap sulfat dengan cara perendaman benda uji terhadap larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 5% selama 28 dan 56 hari.
8. Pengujian kuat tekan dilakukan pada kontrol benda uji yang tidak direndam dan benda uji yang telah direndam pada umur 28 serta 56 hari.
9. Standar pengujian material menggunakan ASTM (*American Standard Testing and Material*).

1.5. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, sumber pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, yaitu sebagai berikut:

1. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh peneliti berdasarkan penelitian yang dilakukan secara langsung mengenai suatu objek penelitian. Data primer

dalam penelitian ini didapatkan dengan melakukan percobaan, pengamatan dan pengujian secara langsung di laboratorium.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung dan merupakan data yang telah ada pada penelitian-penelitian terdahulu. Data sekunder pada penelitian ini berupa studi pustaka seperti jurnal-jurnal penelitian yang digunakan sebagai referensi peneliti dalam pelaksanaan penelitian, pengamatan, pembahasan, serta hasil pengujian objek penelitian.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan suatu kerangka atau tahapan dalam penulisan suatu karya ilmiah yang disusun secara sistematis. Adapun rencana sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini disusun menjadi lima bab, dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang kajian literatur yang membahas tentang definisi beton geopolimer (*geopolymer concrete*), beton busa (*foam concrete*), beton busa geopolimer (*geopolymer foam concrete*). Kemudian pada bab ini membahas tentang bahan penyusun, karakteristik, serta properties *geopolymer foam concrete*. Bab ini menguraikan beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi dalam melaksanakan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang material dan peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian, serta metodologi dalam pelaksanaan penelitian yang

meliputi pengujian bahan penyusun *geopolymer foam concrete*, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian berupa pengolahan data serta pembahasan hasil pengujian material seperti agregat halus dan fly *ash*, pengujian *slump flow*, *setting time*, *air content*, dan pengujian durabilitas berupa pengujian penurunan berat jenis dan kuat tekan akibat direndam asam. Selain itu, pengamatan secara makrostruktur dan mikrostruktur benda uji akibat direndam dalam larutan asam sulfat.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk perbaikan penelitian di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, *et al.* 2012. Fly Ash-based Geopolymer Lightweight Concrete Using Foaming Agent. *International Journal of Molecular Science*.
- Abdullah, *et al.* 2015. Fly Ash Based Lightweight Geopolymer Concrete Using Foaming Agent Technology. *Rev Chim* (Bucharest).
- Alehyen, *et al.* 2017. Characterization, microstructure and properties of fly ash-based geopolymer. *Journal of Materials and Environmental Sciences*.
- Al Bakri. 2009. Optimization Of Alkaline Activator/Fly Ash Ratio On The Compressive Strength Of Fly Ash-Based Geopolymer. *ResearchGate*.
- Antoni, *et al.* 2013. Improving Surface Durability of High Volume Fly Ash Concrete with Application of Alkali Solution. *Advanced Materials Research*.
- ASTM C 191-08, Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle, *Annual Books of ASTM Standards*, USA: Association of Standard Testing Materials,
- ASTM C 231-03, Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method, *Annual Books of ASTM Standards*, USA: Association of Standard Testing Materials,
- ASTM C 267-97, Standard Test Method for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic Surfacings and Polymer Concretes, *Annual Books of ASTM Standards*, USA: Association of Standard Testing Materials,

ASTM C 33-03, Standard Specification For Concrete Aggregate, *Annual Books of ASTM Standards, USA: Association of Standard Testing Materials*, 2003.

ASTM C 494, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, *Annual Books of ASTM Standards, USA: Association of Standard Testing Materials*, 2004.

Ayachit, *et al.* 2016. Mix Design of Fly Ash Based Geopolymer Concrete. *International Journal of Scientific and Research.*

Bidwe dan Amane, 2015. Effect of Different Molarities of Sodium Hydroxide Solution on the Strength of Geopolymer Concrete. *American Journal of Engineering Research (AJER).*

Cheng-young, *et al.*, 2017. Thermal Resistance Variations of Fly Ash Geopolymers: Foaming Responses. *Sientific Reports.*

Gopal and Kiran. 2013. Investigation on Behaviour of Fly Ash Based Geopolymer Concrete in Acidic Environment. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER).*

Hamad, Ali J. 2004. Materials, Production, Properties and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review. *International Journal of Materials Science and Engineering.*

Hadjito, *et al.*, 2004. On the Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. *ACI Material Journals.*

Hadjito, *et al.* 2005. Introducing Fly Ash-Based Geopolymer Concrete Manufacture and Engineering Properties. *30th Conference on Our World in Concrete and Structures.*

Jing Liu, *et al.*. 2013. Evaluation of thermal conductivity, mechanical and transport properties of lightweight aggregate foamed geopolymers concrete. *Elsevier*.

Motorwala. 2013. Alkali Activated Fly-Ash Based Geopolymer Concrete. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*

Nurgesang, *et al.* 2016. Mechanical and Physical Properties of Fly Ash Geopolymer- Mullite Composites. *Suranaree J. Sci. Technol.*

Risdanaren, *et al.*, 2015, Effect of Alkaline Activator Ratio to Mechanical Properties of Geopolymer Concrete with Trass as Filler. *Applied Mechanics and Materials.*

Risdanaren, *et al.*, 2015. The Influence of Alkali Activator Concentration to Mechanical Properties of Geopolymer Concrete with Trass as a Filler. *Materials Science Forum.*

Risdanaren, *et al.* 2016\). Lightweight Foamed Concrete for Prefabricated House. *Proceedings of the International Mechanical Engineering and Engineering Education Conferences (IMEEEC 2016).*

Risdanaren, *et al.* 2017. The Effect of Foaming Agent doses on Lightweight Geopolymer Concrete Metakaolin Based. *AIP Conference Proceedings.*

Singh, *et al.*, 2015. Effect of Aggressive Chemical Environment on Durability of Green Geopolymer Concrete. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT).*

- Sun, *et al.* 2018. Application of Response Surface Ethodology in the Optimization of Fly Ash Geopolymer Concrete. *Romanian Journal of Materials*
- Thakrele, Maheshkumar. 2014. Experimental Study on Foam Concrete. *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development* (IJCSEIERD).
- Yin Yang, *et al.*, 2012. The Effects of Foaming Agents and Modifiers on a Foamed-geopolymer. *Advances in Civil, Environmental, and Materials Research* (ACEM' 12)
- Yiu, *et al.* 2013 Evaluation of Thermal Conductivity, Mechanical, Transport Properties of Lightweight Aggregate Foamed Geopolymer Concrete. *Energy and Buildings.*
- Zhang, Zuhua dan Huo Wang. 2016. The Pore Characteristics of Geopolymer Foam Concrete and Their Impact on The Compressive Strength and Modulus. *Frontiers in materials.*