

# **TUGAS AKHIR**

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



**CINDY VIOLITA RAMADHANTY**

**03011181520020**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

# **TUGAS AKHIR**

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

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**CINDY VIOLITA RAMADHANTY**

**03011181520020**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

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

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik

Oleh:

**CINDY VIOLITA RAMADHANTY**

**03011181520020**

**Palembang, November 2019**

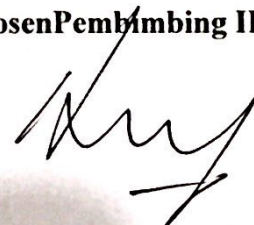
**Dosen Pembimbing I,**



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

**NIP. 19761031200212200**

**Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing II,**



**Dr. Ir. Hanafiah, M.S.**

**NIP. 195603141985031020**

**Mengetahui/Menyetujui**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,**



**Ir. Helmi Haki, M.T.**

**NIP. 196107031991021001**



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Durabilitas *Lightweight Geopolymer Concrete* Terhadap Larutan HCl 5% Dengan Konsentrasi NaOH 14 M” yang disusun oleh Cindy Violita Ramadhanty, NIM 03011181520020 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 November 2019.

Palembang, November 2019

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Ketua:

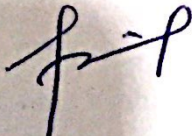
1. Dr. Saloma, S.T., M.T. (  )  
NIP. 197610312002122001

2. Dr.Ir. Hanafiah, M.S. (  )  
NIP. 195603141985031002

Anggota:

3. Ratna Dewi, S.T., M.T. (  )  
NIP. 197406152000032001

4. Yulindasari, S.T., M.Eng. (  )  
NIP. 19790722209122003

5. Febrian Hadinata, S.T., M.T. (  )  
NIP. 198102252003121002

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.  
NIP. 196009091987031004

Ketua Jurusan Teknik Sipil,



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

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cindy Violita Ramadhanty

NIM : 03011181520020

Judul : Durabilitas *Lightweight Geopolymer Concrete* Terhadap Larutan HCl 5%  
Dengan Konsentrasi NaOH 14M

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsure penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir 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, September 2019



Cindy Violita Ramadhanty

NIM. 03011181520020



## PERNYATAAN PESETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cindy Violita Ramadhanty

NIM : 03011181520020

Judul : Durabilitas *Lightweight Geopolymer Concrete* Terhadap Larutan HCl 5%  
Dengan Konsentrasi NaOH 14M

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 author*).

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

Palembang, November 2019



Cindy Violita Ramadhanty

NIM. 03011381720001

## DAFTAR RIWAYAT IIIIUP

Nama LCflhkap : Cindy Violita Ramadhanty  
Jenis Kelamin : Perempuan  
E-mail : [cindyviolita01@gmail.com](mailto:cindyviolita01@gmail.com)

### Riwayat Pendidikan

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Kartika II-3 Palembang			SD	2013 - 2009
SMP Kusuma Bangsa Palembang			SMP	2009 - 2012
SMA Kusuma Bangsa Palembang	-	IPA	SMA	2012 - 2015
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2015 -- 2019

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(Cindy Violita Ramadhanty)

## RINGKASAN

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

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, November 2019

Cindy Violita Ramadhanty; Dibimbing oleh Dr. Saloma, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Hanafiah, M.S.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xx + 65 halaman, 50 gambar, 14 tabel, 1 lampiran

*Lightweight geopolymer concrete* merupakan beton inovasi dari perpaduan beton geopolimer yang ramah lingkungan dan beton ringan yang memiliki berat jenis kurang dari  $2.400 \text{ kg/m}^3$ . Beton ini tidak menggunakan (OPC) *Ordinary Portland Cement* melainkan menggunakan *fly ash* tipe F yang memiliki komposisi utama yang sama dengan OPC yaitu silika dan aluminium. Pengurangan penggunaan OPC bertujuan untuk mengurangi produksi emisi gas  $\text{CO}_2$  yang merupakan kontributor utama dari *global warming*. Bahan penyusun dari *lightweight geopolymer concrete* ini meliputi *fly ash* tipe F sebagai prekursor,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan NaOH 14 M sebagai aktivator, agregat halus berupa pasir sebagai pengisi beton, *superplasticizer*, dan *foam*. Penggunaan *foam* membantu dalam mengurangi berat jenis beton ini. Rasio yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1:2 untuk *activator* dan *precursor*, 1:2 untuk prekursor dan agregat halus, 2,5 :1 untuk  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan NaOH 14 M, 1:40 untuk *foaming agent* dan air dengan persentase *foam* yaitu 50% dari volume benda uji. Jumlah *plasticizer* yang digunakan yaitu 3% dari berat *precursor*. Perawatan benda uji (*curing*) menggunakan oven dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 24 jam lalu benda uji dilapisi *plastic wrap* selama 28 hari untuk mencapai kuat tekan maksimum. Setelah *curing* selama 28 hari didapat kuat tekan sebesar 27,9 MPa dengan berat jenis  $1.702,5 \text{ kg/m}^3$ . Penelitian ini berfokus pada durabilitas dari *lightweight geopolymer concrete* dengan menggunakan larutan asam HCl 5% dengan kondisi yang berbeda yaitu didiamkan pada suhu ruang, direndam secara penuh pada larutan asam HCl 5%, dan kondisi siklik. Pengujian dilakukan pada hari ke-28 dan ke-56 dengan pengamatan perubahan kuat tekan, berat jenis, kondisi visual, SEM (*Scanning Electron Microscope*), dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi lama dan kondisi perendaman larutan asam terutama asam klorida (HCl) berpengaruh pada *lightweight geopolymer concrete*.

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



## SUMMARY

### DURABILITY OF *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* AGAINST 5% HCl SOLUTION WITH 14 M NaOH CONCRETATION

Scientific papers in form of Final Projects, November 2019, 2019

Cindy Violita Ramadhanty; Guide by Advisor Dr.Saloma, S.T., M.T.dan Dr. Ir. Hanafiah, M.S.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xx + 65 pages, 50 images, 14 tables, 1 attachments

Lightweight geopolymer concrete is an innovative concrete from a combination of environmentally friendly geopolymer concrete and lightweight concrete which has a specific gravity of less than 2,400 kg / m<sup>3</sup>. This concrete does not use Ordinary Portland Cement (OPC) but instead uses type F fly ash which has the same main composition as OPC namely silica and aluminum. Reducing the use of OPC aims to reduce the production of CO<sub>2</sub> gas emissions which are the main contributors to global warming. The constituent materials of lightweight geopolymer concrete include type F fly ash as precursors, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> and NaOH 14 M as activators, fine aggregates in the form of sand as concrete fillers, superplasticizers, and foam. The use of foam helps in reducing the specific gravity of this concrete. The ratio used in this study is 1: 2 for activators and precursors, 1: 2 for precursors and fine aggregates, 2.5: 1 for Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> and 14 M NaOH, 1:40 for foaming agents and water with a percentage of foam that is 50% of test object volume. The amount of plasticizer used is 3% of the weight of the precursor. Treatment of the test object (curing) using an oven with a temperature of 60 ° C for 24 hours and then the specimen coated with plastic wrap for 28 days to achieve maximum compressive strength. The result of curing for 28 days is that the specimen has a compressive strength of 27.9 MPa with a specific gravity of 1,702.5 kg / m<sup>3</sup>. This research focuses on the durability of lightweight geopolymer concrete using 5% HCl acid solution under different conditions, which are left at room temperature, fully immersed in 5% HCl acid solution, and cyclic conditions. Tests carried out on days 28 and 56 with observations of changes in compressive strength, specific gravity, visual conditions, SEM (Scanning Electron Microscope), and XRD (X-Ray Diffraction). The results showed that the long duration and soaking conditions of acidic solutions, especially hydrochloric acid (HCl), affect lightweight geopolymer concrete.

**Keywords:** acid resistance, durability, geopolymer, and lightweight geopolymer concrete

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

Cindy Violita Ramadhanty<sup>1\*</sup>, Saloma<sup>2</sup>, dan Hanafiah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

<sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

\*Korespondensi Penulis: cindyviolita01@gmail.com

## Abstrak

*Lightweight geopolymer concrete* merupakan beton inovasi dari perpaduan beton geopolimer yang ramah lingkungan dan beton ringan yang memiliki berat jenis kurang dari 2.400 kg/m<sup>3</sup>. Beton ini tidak menggunakan (OPC) *Ordinary Portland Cement* melainkan menggunakan *fly ash* tipe F yang memiliki komposisi utama yang sama dengan OPC yaitu silika dan aluminium. Bahan penyusun dari *lightweight geopolymer concrete* ini meliputi *flyash* tipe F sebagai prekursor, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan NaOH 14 M sebagai aktifator, agregat halus berupa pasir sebagai pengisi beton, *superplasticizer*, dan *foam*. Penggunaan *foam* membantu dalam mengurangi berat jenis beton ini. Rasio yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1:2 untuk aktifator dan prekursor, 1:2 untuk prekursor dan agregat halus, 2,5 :1 untuk Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan NaOH 14 M, 1:40 untuk *foaming agent* dan air dengan persentase *foam* yaitu 50% dari volume benda uji. Jumlah *plasticizer* yang digunakan yaitu 3% dari berat precursor. Perawatan benda uji (*curing*) menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 24 jam lalu benda uji dilapisi *plastic wrap* selama 28 hari untuk mencapai kuat tekan maksimum. Hasil dari *curing* selama 28 hari yaitu benda uji memiliki kuat tekan sebesar 27,9 MPa dengan berat jenis 1.702,5 kg/m<sup>3</sup>. Penelitian ini berfokus pada durabilitas dari *lightweight geopolymer concrete* dengan menggunakan larutan asam HCl 5% dengan kondisi yang berbeda yaitu didiamkan pada suhu ruang, direndam secara penuh pada larutan asam HCl 5%, dan kondisi siklik. Pengujian dilakukan pada hari ke-28 dan ke-56 dengan pengamatan perubahan kuat tekan, berat jenis, kondisi visual, SEM (*Scanning Electron Microscope*), dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi lama dan kondisi perendaman larutan asam terutama asam klorida (HCl) berpengaruh pada *lightweight geopolymer concrete*.

**Keywords:** *acid resistance, durability, geopolymer, and lightweight geopolymer concrete*

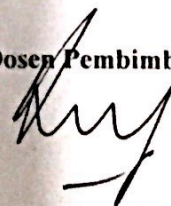
Palembang, November 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,



Dr. Saloma, S.T., M.T.  
NIP. 19761031200212200

Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Hanafiah, M.S.  
NIP. 195603141985031020

Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan. Tugas akhir ini berjudul “Durabilitas *Lightweight Geopolymer Concrete* terhadap Larutan HCL 5% dengan Konsentrasi NaOH 14 M”. Laporan ini dibuat sebagai salah satu kelengkapan untuk mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Selain ucapan terima kasih kepada Allah SWT. yang telah memberikan kesempatan, tak lupa pula ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditunjukkan bagi semua pihak yang telah membantu jalannya proposal tugas akhir, mulai dari pelaksanaan hingga selesainya proposal, yaitu antara lain:

1. Orang tua dan saudara yang telah memberikan semangat dan doa dalam kelancaran penulisan laporan tugas akhir ini.
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 Hakki, 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 yang telah memberikan bimbingan, nasihat, motivasi, serta saran yang bermanfaat dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Pak Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, 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 untuk mengizinkan penggunaan laboratorium sebagai tempat penelitian
9. Teman-teman dari Teknik Sipil angkatan 2015, dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang turut membantu untuk menyelesaikan proposal laporan ini.

Akhir kata bahwa tugas akhir 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.

Palembang, November 2019



Cindy Violita Ramadhanty



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
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 .....	xiii
Daftar Tabel .....	xvi
Daftar Gambar.....	xvii
Daftar Lampiran .....	xx
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian .....	2
1.5. Metode Pengumpulan Data.....	3
1.6. Rencana Sistematika Penulisan .....	3
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> .....	7
2.4.	Material Penyusun <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i> .....	8
	2.4.1. <i>Precursor</i> .....	8
	2.4.2. Larutan Alkali .....	9
	2.4.3. Agregat Halus .....	10
	2.4.4. <i>Foaming Agent</i> .....	11
	2.4.5. <i>Admixture</i> .....	11
2.5.	Faktor yang Mempengaruhi <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i> .....	13
	2.5.1. Konsentrasi NaOH.....	13
	2.5.2. Rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ .....	14
	2.5.3. Rasio <i>Precursor</i> /Agregat Halus.....	14
	2.5.4. Foam .....	15
	2.5.5. Perawatan Beton ( <i>Curing</i> ) .....	16
2.6.	Kontribusi Bahan Campuran terhadap Durabilitas .....	17
	2.6.1. Konsentrasi NaOH .....	17
	2.6.2. <i>Fly Ash</i> .....	19
2.7.	Pengujian Beton Segar.....	20
	2.7.1. <i>Slump Flow Test</i> .....	20
	2.7.2. <i>Setting Time Test</i> .....	21
2.8.	Pengujian Beton Keras .....	21
	2.8.1. Berat Jenis Beton .....	21
	2.8.2. Kuat Tekan Beton .....	22
2.9.	Durabilitas Beton Terhadap Asam.....	22
3.	METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1.	Studi Literatur .....	25
3.2.	Alur Penelitian .....	25
3.3.	Material Penyusun Mortar .....	27
	3.3.1. Larutan Alkali .....	27
	3.3.2. <i>Precursor</i> .....	28
	3.3.3. Agregat Halus .....	29
	3.3.4. <i>Foam</i> .....	29

3.3.5. <i>Admixtures</i> .....	30
3.4. Peralatan .....	31
3.5. Tahapan Pengujian di Laboraturium .....	35
3.5.1. Persiapan Material dan Peralatan.....	35
3.5.2. Pengujian terhadap Material Penyusun .....	36
3.5.3. Penentuan Komposisi Campuran.....	38
3.5.4. Pembuatan Benda Uji .....	39
3.5.5. Durabilitas Benda Uji .....	42
3.5.6. Analisa Hasil .....	43
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	44
4.1. Hasil Pengujian Beton Segar .....	44
4.1.1. Pengujian <i>Slump Flow</i> .....	44
4.1.2. Pengujian <i>Setting Time</i> .....	44
4.2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan Kontrol Benda Uji.....	45
4.3. Hasil Pengujian Durabilitas <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i> terhadap Larutan HCl 5% .....	46
4.3.1. Perubahan Kondisi Visual.....	46
4.3.2. Perubahan Berat Jenis .....	47
4.3.3. Perubahan Kuat Tekan .....	52
4.3.4. Hasil Pengujian SEM .....	59
4.3.5. Hasil Pengujian XRD.....	61
5. PENUTUP .....	64
5.1. Kesimpulan .....	64
5.2. Saran .....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	66

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Perbandingan antara geopolimer- <i>foam</i> dan <i>foam cement</i> (Zhao et. al., 2015).....	7
Tabel 2.2. <i>Fly ash</i> standart ASTM C618 .....	9
Tabel 2.3. Batas gradasi agregat halus (ASTM C33).....	10
Tabel 3.1. Komposisi kimia dari <i>fly ash</i> .....	36
Tabel 3.2. Rencana komposisi campuran <i>lightweight geopolimer concrete</i> untuk 625 cm <sup>3</sup> .....	38
Tabel 3.3. Temperatur dan tingkat kelembaban ruang .....	43
Tabel 4.1. Data pegujian berat jenis dan kuat tekan kontrol benda uji <i>lightweight geopolymer concrete</i> konsentrasi NaOH 14M.....	45
Tabel 4.2. Data perubahan berat jenis benda uji terhadap kondisi normal .....	48
Tabel 4.3. Data perubahan berat jenis benda uji terhadap kondisi siklik.....	49
Tabel 4.4. Data perubahan berat jenis benda uji terhadap kondisi rendam .....	51
Tabel 4.5. Rekapitulasi persentase perubahan berat jenis benda uji total....	51
Tabel 4.6. Rekapitulasi persentase perubahan berat jenis benda uji berdasarkan umur beton .....	51
Tabel 4.7. Data perubahan kuat tekan benda uji kondisi normal .....	53
Tabel 4.8. Data perubahan kuat tekan benda uji kondisi siklik .....	54
Tabel 4.9. Data perubahan kuat tekan benda uji kondisi rendam .....	55
Tabel 4.10. Rekapitulasi persentase perubahan kuat tekan benda uji total....	56
Tabel 4.11. Rekapitulasi persentase perubahan kuat tekan benda uji berdasarkan umur beton .....	57



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Ikatan kimia pada beton geopolimer .....	5
Gambar 2.2 Bentuk dasar <i>lightweight geopolimer concrete</i> (Chien, Lim che, 2014).....	7
Gambar 2.3 Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap beton geopolimer (Herwani et. al., 2018) .....	13
Gambar 2.4 Pengaruh rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ terhadap beton geopolimer (Risdanareni et. al., 2014).....	14
Gambar 2.5 Pengaruh rasio <i>precursor</i> /agregat halus proses polimerisasi (Abdullah et. al., 2017).....	15
Gambar 2.6 Pengaruh rasio dari <i>foaming agent</i> /air terhadap <i>geopolimer lightweight bricks</i> (Ibrahim et. al., 2017).....	15
Gambar 2.7 Pengaruh presentase <i>foam</i> terhadap beton geopolimer ringan (Risdanareni et. al., 2017).....	16
Gambar 2.8 Pengaruh metode <i>curing</i> terhadap beton geopolimer (Pavitharan et.al., 2017).....	17
Gambar 2.9 Pengaruh perbandingan konsentrasi NaOH pada beton geopolimer terhadap serangan larutan $\text{H}_2\text{SO}_4$ (Kumaravel. et. al.,2013).....	18
Gambar 2.10 Pengaruh perbandingan konsentrasi NaOH pada beton geopolimer terhadap serangan larutan $\text{Na}_2\text{SO}_4$ (Kumaravel. et. al.,2013) .....	18
Gambar 2.11 Pengaruh persentase <i>fly ash</i> pada beton geopolimer terhadap serangan asam (Reddy et. al., 2013) .....	19
Gambar 2.12 <i>Slump flow</i> .....	20
Gambar 2.13 <i>Vicat apparatus</i> .....	21
Gambar 2.14 Perbandingan kuat tekan dengan umur beton terhadap asam sulfat (Thokchom et. al.,2009) .....	23

Gambar 2.15	Perubahan permukaan beton geopolimer dengan perbandingan umur beton yang direndam asam nitrat 10% ...	24
Gambar 3.1	Diagram alur penelitian.....	26
Gambar 3.2	Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).....	27
Gambar 3.3	Sodium Hidroksida (NaOH) .....	28
Gambar 3.4	Aquades.....	28
Gambar 3.5	<i>Fly ash</i> .....	29
Gambar 3.6	Agregat halus .....	29
Gambar 3.7	<i>Foam</i> .....	29
Gambar 3.8	<i>Superplasticizer</i> .....	30
Gambar 3.9	Neraca digital .....	31
Gambar 3.10	Mixer.....	31
Gambar 3.11	Gelas ukur .....	32
Gambar 3.12	<i>Foam generator</i> .....	33
Gambar 3.13	<i>Flow table</i> .....	33
Gambar 3.14	<i>Vicat apparatus</i> .....	34
Gambar 3.15	Cetakan.....	34
Gambar 3.16	Alat uji kuat tekan .....	35
Gambar 3.17	Foto SEM <i>fly ash</i> .....	36
Gambar 3.18	Grafik difraktogram hasil pengujian XRD pada <i>fly ash</i> .....	37
Gambar 3.19	Penimbangan bahan .....	39
Gambar 3.20	Pencampuran material.....	39
Gambar 3.21	Pengujian mortar segar.....	40
Gambar 3.22	Pencetakan beton <i>geopolymer lightweight concrete</i> .....	41
Gambar 3.23	Perendaman benda uji dengan larutan HCl 5% .....	42
Gambar 4.1	Hasil pengujian <i>setting time</i> .....	45
Gambar 4.2	Kondisi permukaan luar benda uji berdasarkan durasi .....	47
Gambar 4.3	Kondisi struktur benda uji setelah perendaman .....	48
Gambar 4.4	Hasil pengujian perubahan berat jenis benda uji kondisi normal.....	48
Gambar 4.5	Hasil pengujian perubahan berat jenis benda uji kondisi siklik per hari.....	49

Gambar 4.6	Hasil pengujian perubahan berat jenis benda uji kondisi rendam.....	50
Gambar 4.7	Hasil pengujian perubahan berat jenis benda uji berdasarkan umur beton .....	52
Gambar 4.8	Hasil pengujian kuat tekan benda uji kondisi normal .....	53
Gambar 4.9	Hasil pengujian kuat tekan benda uji kondisi siklik .....	54
Gambar 4.10	Hasil pengujian kuat tekan benda uji kondisi rendam .....	56
Gambar 4.11	Perbandingan perubahan kuat tekan benda uji pada tiap kondisi pengujian.....	57
Gambar 4.12	Hasil pengujian perubahan kuat tekan benda uji berdasarkan umur beton.....	58
Gambar 4.13	Foto SEM LGC-14M-kondisi kering.....	59
Gambar 4.14	Foto SEM LGC-14M-kondisi siklik .....	60
Gambar 4.15	Foto SEM LGC-14M-kondisi rendam .....	60
Gambar 4.16	Hasil pengujian XRD pada benda uji tanpa paparan HCl.....	62
Gambar 4.17	Hasil pengujian XRD pada benda uji dengan kondisi siklik ...	62
Gambar 4.18	Hasil pengujian XRD pada benda uji dengan kondisi rendam	63

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Pengujian material.....	71
Tabel L.1.1 Hasil uji XRF <i>fly ash</i> .....	72
Gambar L.1.1 Hasil uji SEM <i>fly ash</i> .....	73
Gambar L.1.2 Hasil uji XRD <i>fly ash</i> .....	74
Gambar L.1.3 Pengujian pasir.....	75
2. Tes material.....	76
Tabel L.2.1 Data kuat tekan benda uji setelah <i>curing</i> 28 hari .....	77
Tabel L.2.2 Data kuat tekan benda uji dengan umur beton 56 hari .....	77
Tabel L.2.3 Data kuat tekan benda uji dengan umur beton 84 hari .....	77
Gambar L.2.1 Proses pengujian kuat tekan umur beton 28 hari .....	78
Gambar L.2.2 Proses pengujian kuat tekan umur beton 56 hari pada kondisi normal .....	79
Gambar L.2.3 Proses pengujian kuat tekan umur beton 56 hari pada kondisi siklik .....	80
Gambar L.2.4 Proses pengujian kuat tekan umur beton 56 hari pada kondisi rendam .....	81
Gambar L.2.5 Proses pengujian kuat tekan umur beton 84 hari pada kondisi normal.....	81
Gambar L.2.6 Proses pengujian kuat tekan umur beton 84 hari pada kondisi siklik .....	82
Gambar L.2.7 Proses pengujian kuat tekan umur beton 84 hari pada kondisi rendam .....	83
Gambar L.2.8 Hasil XRD pada benda uji .....	85
Gambar L.2.9 Hasil SEM pada benda uji .....	86
3. Berita acara tugas akhir.....	87



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan menghasilkan banyak inovasi dari ilmu yang ada terutama beton yang merupakan komponen dominan dalam dunia konstruksi. Inovasi tersebut didapat dari modifikasi beton konvensional dengan kebutuhan yang diperlukan seperti beton geopolimer yang ramah lingkungan ataupun beton ringan yang memiliki berat jenis yang lebih ringan dari beton konvensional. Seiring berkembangnya inovasi teknologi beton, semakin banyak jenis-jenis beton yang sesuai dengan kebutuhan.

Beton geopolimer merupakan beton yang dibuat tanpa menggunakan semen sehingga lebih ramah lingkungan. Beton geopolimer terbukti memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton konvensional (Patil et. al., 2015). Beton ini menggunakan material yang mengandung komposisi yang sama dengan semen yaitu silika dan aluminium yang tersusun dari sintesis bahan alami non-organik melalui proses polimerisasi. Material ini banyak didapat dari limbah pabrik seperti *fly ash* dari pembakaran batubara ataupun abu sekam padi dari sisa pembakaran sekam padi pada pabrik beras. Namun material ini tidak dapat bereaksi apabila tidak menggunakan larutan alkali sebagai *activator* seperti campuran  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan  $\text{NaOH}$  sehingga apabila dicampur dengan material *precursor* membentuk reaksi kimia yang menghasilkan kerangka polimer Si-O-Al.

Pembuatan beton membutuhkan berbagai macam kajian yang dapat menunjang mutu beton seperti berat jenis beton, kekuatan maupun ketahanan terhadap temperatur. Penggunaan *foaming agent* dalam mortar geopolimer, selain ramah lingkungan juga dapat mengurangi berat jenis, memudahkan dalam pekerjaan dan menjadi isolasi termal yang baik. *Foaming agent* merupakan salah satu bahan pembuat busa dalam beton ringan yang biasanya berasal dari bahan berbasis *protein hydrolyzed*. Penggunaan *foaming agent* berguna untuk menghasilkan *foam* atau gelembung udara yang dapat membuat pori atau rongga didalam beton sehingga membuat beton menjadi lebih ringan dengan berat jenis beton  $< 2.400 \text{ kg/m}^3$ .

Kondisi lingkungan juga mempengaruhi mutu beton terutama pada daerah Sumatera Selatan khususnya Palembang yang didominasi daerah rawa. Daerah tersebut merupakan tanah gambut yang banyak mengandung zat organik dan juga bersifat asam yang memiliki pH antara 3 - 4,5. Hal tersebut dapat mengurangi mutu beton terutama apabila beton tersebut terendam dalam jangka waktu relatif lama.

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukanlah penelitian dengan judul “Durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan HCl 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M”. Penelitian ini menggunakan menggunakan *fly ash* sebagai *precursor* dan pencampuran  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan NaOH 14 M sebagai *activator*. Mortar tersebut dicampur dengan pasir sebagai pengisi beton. Pasta tersebut kemudian dicampur dengan *foam* sehingga beton memiliki berat jenis yang lebih ringan sehingga diharapkan dapat menghasilkan beton geopolimer yang ramah lingkungan dengan berat jenis yang ringan dan memiliki ketahanan yang tinggi.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dari penelitian mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan HCl 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M yaitu bagaimana ketahanan *lightweight geopolymer concrete* terhadap sulfat dengan berbagai kondisi lingkungan dan durasi perendaman larutan HCl 5%.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan HCl 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M yaitu memahami dan menganalisis pengaruh sulfat terhadap perubahan kondisi lingkungan dan durasi perendaman larutan HCl 5% terhadap ketahanan *lightweight geopolymer concrete*.

## 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang menjadi batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tinjauan penelitian yaitu durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan HCl 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M.

2. *Lightweight geopolymer concrete* dilakukan dalam 3 kondisi yaitu direndam didalam larutan HCL 5%, tidak direndam dan kondisi *wet dry*, selama 28 dan 56 hari.

### **1.5. Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan HCl 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M yaitu:

1. Data Primer

Pengumpulan data primer didapat dari hasil penelitian melalui percobaan dan pengamatan di laboratorium dan kemudian konsultasi langsung dengan dosen pembimbing.

2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder didapat dari data penelitian yang sudah ada. Data sekunder diperoleh dari literatur penelitian yang telah ada sebagai referensi yang berkaitan dengan penelitian ini.

### **1.6. Rencana Sistematika Penulisan**

Rencana sistematika penulisan mengenai durabilitas *lightweight geopolymer concrete* terhadap larutan HCl 5% dengan konsentrasi NaOH 14 M, disusun menjadi lima bagian yaitu:

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini membahas mengenai kajian literatur yang menjelaskan definisi *geopolymer*, *lightweight concrete* dan *lightweight geopolymer concrete*, bahan penyusun, faktor yang mempengaruhi, pengujian benda uji serta berisi hasil penelitian terdahulu yang menjadi acuan terkait dengan penelitian yang dilakukan.

### **BAB 3 RENCANA METODE PENELITIAN**

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

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas mengenai pengolahan data dan pembahasan dari hasil pengujian beton segar berupa pengujian *slump flow* dan *setting time*, serta hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 56 hari.

### **BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan yang diambil dari penelitian yang dilakukan dan saran yang diberikan untuk perbaikan penelitian di masa mendatang.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Pada bab ini membahas mengenai daftar pustaka dari literatur yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Moh D Mustafa Al Bakri, Kamarudin Hussin, Mohammed Bnhussain, Khairul Nizar ismail, Zarina Yahya, Rafiza Abdul Razak, 2012. *Fly Ash-Based Geopolymer Lightweight Concrete Using Foaming Agent. International Journal of Molecular Sciences*, Volume 2, issue:04, ISSN: 1422-0067.
- Abdullah, Muhammad Sufian, Fauziah Ahmad, 2017. *Effect of Alkaline Activator to Fly Ash Ratio For Geopolymer Stabilized Soil. MATEC Web of Conference* 97.
- Amran, Y.H. Mugahed, Nima Fazadnia, A.A. Abang Ali, 2015. *Properties and Applications of Foamed Concrete: A Review. Constructions and Building Materials*, 101(2015), 990-1005.
- Arbi, Kamel, 2016. *Durability of Geopolymer Concrete. Delft University of Technology*.
- 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.
- Baskar, Prabu, 2014. *Rice Husk Ash Based Geopolymer Concrete- A review. Chemical Science Review and Letters*, 3(10), 288-294, ISSN: 2278-6783.
- Dutt, K. Sandeep, K.Vinay Kumar, Siva Kishore, Ch.Mallika Chowdary, 2016. *A Case Study on Fly Ash Based Geopolymer Concrete. International Journal of Engineering Trends and Technology* Volume 34 No.2, ISSN: 2231-5281.
- Hartatik, Wiwik, I GM Subiksa, Ai Dariah, 2011. *Sifat Kimia dan Fisik Tanah Gambut*
- Hilal, Ameer Abdulrahman, Nicholas Thom, Andrew Dawson, 2015. *On Void Structure and Strength of Foamed Concrete Made Without/with Additives. Construction and Building Materials*, 85(2015), 157-164, ISSN: 1879-0526.
- Ibrahim, Wan Mastura, Wan Kamarudin Hussin, Moh D Mustafa Al Bakri Abdullah, Aeslina Abdul Kadir, 2017. *Geopolymer Lightweight Bricks Manufactured From Fly Ash and Foaming Agent. AIP Conference Proceedings* 1835, 020048-1-020048-5.
- Kearsley, E.P., H.F. Mostert, 2017. *Opportunities For Expanding The Use of Foamed Concrete in The Construction Industry*. ICE Publishing.
- Kumaravel, Dr.S, Ku Girija, 2013. *Acid and Salt Resistance of Geopolymer Concrete with Varying Concentration of NaOH Address for Correspondence*.

- Mehta, A., dan Siddique, R. 2017. 'Sulfuric Acid Resistance of Fly Ash based Geopolymer Concrete'. *Construction and Building Materials* Vol.146, pp. 134-143.
- Mohammed, Jihad Hamad, Ali Jihad Hamad, 2014. *Materials, Properties and Application Review of Lightweight Concrete*. *Rev. Tèc. Ing. Univ Zulia* Vol.37 No.2.
- Nath, P., P. Sarker, 2011. *Effects of Fly Ash on The Durability Properties of High Strength Concrete*. *The Twelfth East Asia-Pasific Conference on Structural Engineering and Construction*, 14(2011), 1149-1156.
- Patil, Bapugouda Veerendra Kumar M, Dr.H Narendra, 2015. *Durability Studies on Sustainable Geopolymer Concrete*. *International Research and Journal of Engineering and Technology*, Volume 2, issue:04, ISSN: 2395-0072.
- Reddy, Siddamreddy Anil Kumar, Dr. K. Chandrasekhar Reddy, Ku Girija, 2013. *Effect of Fly Ash on Strength and Durability Parameters of Concrete*.
- Risdanareni , Puput, Moh D Mustafa Al Bakri Abdullah, Januarti Jaya Ekaputri, 2015. *Effect of Alkaline Activator Ratio to Mechanical Properties of Geopolymer Concrete with Trass as Filler*. *Applied Mechanics and Materials* Vols 754-755 (2015).
- Risdanareni, Puput, Aldi Hilmi, Prijono Bagus Susanto, 2017. *The Effect of Foaming Agent Doses on Lightweight Geopolymer Concrete Metakaolin Based*. *AIP Conference Proceedings* 1835, 020057-1-020057-6.
- Risdanareni, Puput, Triwulan, Januarti Jaya Ekaputri, 2014. *The Influence of Alkali Activator Concentration to Mechanical Properties of Geopolymer Concrete with Trass as a Filler*. *Switzerland: Trans Tech Publications*.
- Saloma, Hanafiah, Kartika Ilma Pratiwi, 2016. *Effect NaOH Concentration on Bagasse Ash Based Geopolymerization*. *MATEC Web of Conferences* 78, 01025(2016).
- Szabò, Roland, Gábor Musci, 2015. *Generally About Geopolymer Foams*. *Research Gate*.
- Thakrele, Maheshkumar H., 2014. *Experimental Study on Foam Concrete*. *International Journal of Civil, Structural, Environmental, and Infrastructure Engineering Research and Development*. ISSN: 2249-6866.



- Thochom, Suresh, Dr. Patha Ghosh, Dr. Somnath Ghosh, 2009. *Acid Resistance of Fly Ash based Geopolymer Mortars*.
- Yang ,Tsung-Yin, Chia-Ching Chou, Chuan-Chi Chien, 2012. *The Effect of Foaming Agent and Modifiers on Foamed-geopolymer. The 2012 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research*.
- Zhang, Zuhua, Hao Wang, 2016. *The Pore Characteristic of Geopolymer Foam Concrete and Their Impact on The Compressive Strength and Modulus. Frontiers in Materials, Volume 3*.
- Zhang, Zuhua, John L.Provis, Andrew Reid, Hao Wang, 2014. *Geopolymer Foam Concrete: An Emerging Material For Sustainable Construction. Constructions and Building Materials, 56(2014), 113-127*.
- Zhao, Yongbin, Jinder Jow, Xiaoling Cai, 2015. *Fly Ash-Based Geopolymer Foam Technology for Thermal Insulation and Fire Protection Application. 2015 World of Coal Ash Conference in Nasuhille*.