

**PENGARUH AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT  
MEKANIK BETON GEOPOLIMER DENGAN SUBSTITUSI  
*STEEL SLAG***

Laporan Tugas Akhir  
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana dari  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

MUSTIKA ADI SUKMA

NPM : 150215846



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
JULI 2019**

**PENGARUH AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT  
MEKANIK BETON GEOPOLIMER DENGAN SUBSTITUSI  
*STEEL SLAG***

Laporan Tugas Akhir  
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana dari  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

MUSTIKA ADI SUKMA

NPM : 150215846



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
JULI 2019**

**PENGESAHAN**

Laporan Tugas Akhir

**PENGARUH AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT  
MEKANIK BETON GEOPOLIMER DENGAN SUBSTITUSI  
STEEL SLAG**

Oleh :

**MUSTIKA ADI SUKMA**

NPM. : 150215846

telah disetujui oleh pembimbing

Yogyakarta, 20 Juli 2019

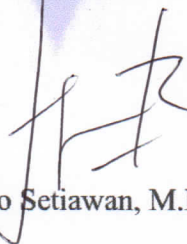
Pembimbing



(Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M. Eng., Ph.D)

Disahkan oleh:  
Program Studi Teknik Sipil

Ketua



(Ir. A.Y. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.)

**PENGESAHAN**

Laporan Tugas Akhir

**PENGARUH AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT  
MEKANIK BETON GEOPOLIMER DENGAN SUBSTITUSI  
STEEL SLAG**






Oleh :

**MUSTIKA ADI SUKMA**

NPM. : 150215846

Telah diuji dan disetujui oleh :

Yogyakarta, 24 Juli 2019

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M. Eng., Ph.D		20/7/2019
Anggota	: Ir. Haryanto YW., M.T.		19/7-19.
Anggota	: Siswadi, S.T., M.T.		19/7-2019

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

### **PENGARUH AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER DENGAN SUBSTITUSI *STEEL SLAG***

benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, Juli 2019

Yang membuat pernyataan



(Mustika Adi Sukma)

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Rumus Fisika

$$S = \frac{W}{F}$$

**S = Perubahan**

**W = Usaha**

**F = Gaya**

**“Jika ingin ada Perubahan,  
perbesarlah Usaha.”**

*“Rahasia kesuksesan adalah mengetahui yang orang lain  
tidak tahu.” – **Aristotle Onassis***

*“Ubah pikiranmu dan kau dapat mengubah duniamu.”  
– **Norman Vincent Peale***

*Tugas akhir ini saya persembahkan kepada  
Kedua orang tua saya dan semua orang  
Yang sudah berkontribusi dalam tugas akhir saya  
Maupun yang sudah membantu saya dari semester awal*

## KATA HANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas limpahan berkat dan rahmatnya yang telah Ia berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Penulisan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**PENGARUH AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER DENGAN SUBSTITUSI *STEEL SLAG***” ini ditulis dan disusun untuk melengkapi syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan tinggi program Strata I (S-I) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis berharap melalui Laporan Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan dan bisa memperdalam ilmu pengetahuan dalam bidang Teknik Sipil ke depan.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini Penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, dan dorongan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M. Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yang telah memberikan petunjuk dan membimbing penulis dengan sabar dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh Dosen dan Staff di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah mendidik dan mengajarkan penulis banyak hal selama 4 tahun ini.
4. Keluarga dari Penulis Papah, Mamah, Paman, Dek Sanno, dan Dek Hangga yang selalu memberikan dukungan secara finansial dan

mendoakan sampai sejauh ini. Semoga Tuhan selalu memberkati kalian semua.

5. Untuk Edi, Pingkan, Willyam Surya, Osha, David, Andre, Mikael, Gus Adhi, Ratna, Henri, dan Hugo. Yang telah membantu mixing beton geopolimer penulis selama 3 hari tanpa lelah. Semoga kebaikan kalian akan dibalas oleh Tuhan Yesus Kristus.
6. Seluruh Mahasiswa Angkatan 2015 Program Studi Teknik Sipil yang sudah berjuang bersama sejak semester awal sampai semester akhir saat ini
7. Anisa Dewi yang saya kasihi, yang sudah memberikan pengalaman berbeda dalam hidup di Yogyakarta dan dapat memberikan semangat dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Serta teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan masukan dan kritik serta saran yang membangun agar Laporan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik lagi untuk ke depannya.

Yogyakarta, 2 Juli 2019

Penyusun

Mustika Adi Sukma  
NPM : 150215846

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA HANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	xiv
<b>INTISARI</b> .....	xv
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Keaslian Tugas Akhir.....	6
1.5. Tujuan Tugas Akhir.....	7
1.6. Manfaat Tugas Akhir.....	7
1.7. Lokasi Tugas Akhir.....	8
<b>BAB II</b>	
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Beton Geopolimer.....	9
2.2. Penelitian Terak Baja ( <i>Steel Slag</i> ).....	10
2.3. Penelitian Konsentrasi NaOH dan Rasio (NaOH : Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ).....	10
2.4. Penelitian Suhu Temperatur <i>Curing</i> Beton Geopolimer.....	12
<b>BAB III</b>	
<b>LANDASAN TEORI</b>	
3.1. Material Penyusun Beton Geopolimer.....	13
3.2. Sifat Mekanik Beton Geopolimer.....	16
<b>BAB IV</b>	
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
4.1. Umum.....	19
4.2. Kerangka Tahapan Penelitian.....	19
4.3. Persiapan.....	21
4.4. Pengujian Bahan.....	32
4.5. Pembuatan Benda Uji.....	45
4.6. Perawatan Benda Uji.....	50
4.7. Pengujian Benda Uji.....	50
4.8. Analisis Data.....	52

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

5.1. Hasil Pengujian Bahan Campuran Beton Geopolimer.....	54
5.2. <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer .....	65
5.3. Pengujian <i>Setting Time</i> .....	69
5.4. Pengujian Nilai <i>Slump</i> .....	71
5.5. Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer.....	73
5.6. Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer.....	76
5.7. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer.....	80

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1. Kesimpulan.....	83
6.2. Saran.....	84

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

No	Nama Tabel	Hal
3.1	Komposisi Kimia Penyusun <i>Fly Ash</i>	14
4.1	Jumlah Benda Uji	48
5.1	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)	54
5.2	Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus (Pasir)	55
5.3	Hubungan Warna Larutan dengan Kandungan Zat Organik	56
5.4	Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus (Pasir)	57
5.5	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Kerikil (Ukuran 10 mm)	58
5.6	Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar (Kerikil Ukuran 10 mm)	59
5.7	Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar (Kerikil Ukuran 10 mm)	60
5.8	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Terak Baja ( <i>Steel Slag</i> )	61
5.9	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Terak Baja ( <i>Steel Slag</i> )	62
5.10	Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Terak Baja ( <i>Steel Slag</i> )	63
5.11	Hasil Pengujian Kandungan Kimia Terak Baja ( <i>Steel Slag</i> )	63
5.12	Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> )	64
5.13	Hasil Pengujian Kandungan Kimia Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> )	65
5.14	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Bahan Penyusun Beton Geopolimer	66
5.15	Volume Komposisi Bahan Penyusun Geopolimer	68
5.16	Proporsi Campuran Beton Geopolimer	69
5.17	Percobaan Penetrasi <i>Setting Time</i> Binder Geopolimer	70
5.18	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	72
5.19	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	74
5.20	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	78
5.21	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	81

## DAFTAR GAMBAR

No	Nama Gambar	Hal
4.1	Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian	20
4.2	Kerucut <i>Abrams</i>	21
4.3	Spatula/Batang Baja	22
4.4	Cetok	22
4.5	Timbangan	23
4.6	Cetakan Silinder Beton	23
4.7	Gelas Ukur	24
4.8	Kaliper	24
4.9	Oven Listrik	25
4.10	Aktivator Alkali (NaOH dan Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> )	27
4.11	Agregat Kasar (Kerikil Kering)	28
4.12	Agregat Halus (Pasir Kering)	29
4.13	<i>Fly Ash</i>	30
4.14	Terak Baja/ <i>Steel Slag</i> untuk Agregat Kasar	31
4.15	Terak Baja/ <i>Steel Slag</i> untuk Agregat Halus	31
4.16	Perbandingan Komposisi Beton Geopolimer	46
5.1	Perbandingan Komposisi Bahan Penyusun Beton Geopolimer	67
5.2	Grafik <i>Setting Time</i> Beton Geopolimer	71
5.3	Pengujian Nilai <i>Slump</i> Beton Geopolimer	72
5.4	Grafik Pengaruh Molaritas dan Rasio Aktivator terhadap Nilai <i>Slump</i>	73
5.5	Grafik Pengaruh Molaritas dan Rasio Aktivator terhadap Kuat Tekan	75
5.6	Mesin CTM Merk ELE	76
5.7	Pembacaan Dial Kuat Desak Mesin ELE	77
5.8	Pengujian Kuat Desak Beton Geopolimer	77
5.9	Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Geopolimer	79
5.10	Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	81

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	88
Pengujian Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i>	89
Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus	90
Pengujian Kandungan Zat Organik Agregat Halus	91
Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	92
Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus	93
Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus ( <i>Steel Slag</i> )	95
Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar ( <i>Steel Slag</i> )	96
Pengujian Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin <i>Los Angeles Abrasion (Steel Slag)</i>	97
Pengujian Kandungan Kimia <i>Steel Slag</i>	98
Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	99
Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar	100
Pengujian Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin <i>Los Angeles Abrasion (Steel Slag)</i>	101
Pengujian Berat Jenis Beton Geopolimer 28 Hari	102
Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	104
Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	106
<i>Mix Design</i>	142
Foto – Foto Dokumentasi Penelitian	145

## DAFTAR PERSAMAAN

No	Nama Persamaan	Hal
3-1	Molaritas	16
3-2	Massa NaOH	16
3-3	Kuat Tekan Beton	17
3-4	Kuat Tarik Belah Beton	17
3-5	Modulus Elastisitas Beton	18
4-1	Berat Jenis <i>Bulk</i> Agregat Halus	34
4-2	Berat jenis SSD Agregat Halus	34
4-3	Berat jenis semu ( <i>Apparent</i> ) Agregat Halus	34
4-4	Penyerapan ( <i>Absorption</i> ) Agregat Halus	34
4-5	Modulus Halus Butir Agregat Halus	35
4-6	Kandungan Lumpur Agregat Halus	37
4-7	Berat jenis semu ( <i>Apparent</i> ) Agregat Kasar	39
4-8	Berat jenis SSD Agregat Kasar	39
4-9	Berat jenis semu ( <i>Apparent</i> ) Agregat Kasar	39
4-10	Penyerapan ( <i>Absorption</i> ) Agregat Kasar	39
4-11	Modulus Halus Butir Agregat Kasar	41
4-12	Keausan Agregat Kasar	42
4-13	Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	44
5-1	Kandungan Lumpur	57
5-2	Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	64
5-3	Volume Silinder	66

## INTISARI

**PENGARUH AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER DENGAN SUBSTITUSI *STEEL SLAG***, Mustika Adi Sukma, NPM 150215846, Tahun 2019, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Beton geopolimer adalah salah satu inovasi beton ramah lingkungan yang mengandalkan limbah *fly ash* sebagai pengganti semen dengan aktivator alkali sebagai pereaksi atau pengikat betonnya. Limbah untuk bahan tambah yang digunakan adalah limbah sisa pembakaran batubara berupa *fly ash* dan terak baja (*Steel Slag*).

Penelitian tentang beton geopolimer ini akan menguji pengaruh aktivator alkali terhadap sifat mekanik beton geopolimer dengan substitusi *Steel Slag* sebesar 60% dari agregat halus dan kasar untuk masing-masing variasi beton. Variasi molaritas larutan NaOH digunakan yaitu 8M, 10M, dan 12M yang masing-masing menggunakan rasio aktivator 4 : 2 dan 5 : 2. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm dengan jumlah benda uji keseluruhan sebanyak 36 silinder beton. Pengujian kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas dilakukan pada umur beton 28 hari.

Hasil pengujian pada molaritas larutan NaOH 8M, 10M, dan 12M dengan rasio aktivator 4 : 2 berturut-turut mempunyai kuat tekan sebesar 37,92 MPa, 32,38 MPa, dan 28,76 MPa dan modulus elastisitas berturut-turut sebesar 28238.38 MPa, 25673.49 MPa, dan 24556.03 MPa dari hasil tersebut diperoleh hasil tertinggi kuat tekan dan modulus elastisitas yang menggunakan molaritas larutan NaOH 8M yaitu sebesar 37,92 MPa dan 28238.38 MPa. Pada molaritas larutan NaOH 8M, 10M, dan 12M dengan rasio aktivator 5 : 2 berturut-turut sebesar 31.13 MPa, 32.89 MPa, dan 30.41 MPa untuk kuat tekannya dan 25312.34 MPa, 26111.80 MPa, dan 25145.51 MPa untuk modulus elastisitasnya dari hasil tersebut diperoleh hasil tertinggi kuat tekan dan modulus elastisitas yang menggunakan molaritas larutan NaOH 10M yaitu sebesar 32.89 MPa dan 26111.80 MPa. Dari kedua hasil tertinggi tersebut diperoleh hasil paling tinggi adalah yang menggunakan molaritas larutan NaOH 8M dengan rasio aktivator 4 : 2. Untuk kuat tarik belah pada molaritas larutan NaOH 8M, 10M, dan 12M dengan rasio aktivator 4 : 2 berturut-turut sebesar 4.11 MPa, 4.41 MPa, dan 4.55 MPa dan untuk molaritas larutan NaOH 8M, 10M, dan 12M dengan rasio aktivator 5 : 2 berturut-turut sebesar 4.05 MPa, 4.95 MPa, dan 4.56 MPa. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi perbandingan rasio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ) tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang tinggi. Hasil paling tinggi diperoleh pada molaritas larutan NaOH 8M dengan rasio aktivator 4 : 2 dan dapat direkomendasikan untuk beton struktural. Perbandingan pengaruh penggunaan limbah terak baja (*Steel Slag*) dengan penelitiannya milik Risdanareni, dkk (2014) bisa ditarik pernyataan bahwa beton geopolimer dengan terak baja (*Steel Slag*) menghasilkan kuat mekanik lebih besar maksimal 28%.

**Kata kunci:** *Steel Slag*, *fly ash*, molaritas, beton geopolimer, kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas.