

**PENGARUH PERBANDINGAN AKTIVATOR TERHADAP
SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS
*GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG***

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

NAUFAL MUHAMMAD SYAFIQ

NPM. 160216588



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
JANUARI 2020**

PERNYATAAN

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

PENGARUH PERBANDINGAN AKTIVATOR TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS *GROUND GRANULATED BLAST FURNACE 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 izajah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 17 Januari 2020

Yang membuat pernyataan,



(Naufal Muhammad Syafiq)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PENGARUH PERBANDINGAN AKTIVATOR TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS *GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG*

Oleh :

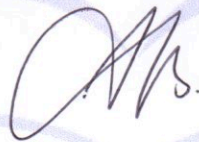
NAUFAL MUHAMMAD SYAFIQ

NPM : 160216588

telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, 17/1/2020

Pembimbing



(Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.)

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



(Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PENGARUH PERBANDINGAN AKTIVATOR TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS *GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG*



Oleh :

NAUFAL MUHAMMAD SYAFIQ

NPM : 160216588

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.		17/1/2020
Sekretaris	: Siswadi, S.T., M.T.		17/1/2020
Anggota	: Dr.Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng.		17/1/2020

Live as if you were to die tomorrow.

Learn as if you were to live forever.

- Mahatma Gandhi -

Tugas Akhir ini dipersembahkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Orang Tua
3. Kakak
4. Teman – teman Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta

KATA HANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas penyertaan, berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik sebagai syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Bapak Dr.Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu dan sabar dalam membimbing penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng. selaku koordinator Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Dr.Ir. Junaedi Utomo, M.Eng., selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

6. Bapak V. Sukaryantara, selaku Staf Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan yang telah membantu dan memberikan saran selama pengujian Tugas Akhir.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mengajarkan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik sipil.
8. Kedua orang tua dan saudara yang selalu memberikan semangat dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.
9. Teman seperjuangan beton geopolimer yaitu : Muhammad Syaiful Anam, Siska Dwi Pratiwi, Vania Wijaya dan Naomi Natasia Sibarani yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam proses mengerjakan Tugas Akhir sehingga dapat berjalan lancar.
10. *Batching Plant* PT. HOLCIM Yogyakarta yang telah memberikan bantuan material untuk kelancaran Tugas Akhir.
11. PT. Krakatau Semen Indonesia yang telah memberikan bantuan material untuk kelancaran Tugas Akhir.
12. Rekan – rekan yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu proses *mixing* penelitian Tugas Akhir antara lain Henri, Ratna, Osha, Celine, Honggo, Jaya, Novi, Somia, Risma, Jose, Mikha, Tasya, Gisel, Wilson dan yang lainnya.
13. Teman – teman seperjuangan sejak awal kuliah hingga sekarang sudah di fase terakhir masa kuliah yaitu Leo, Costin, Dimaz, Laksana, dan Chris.
14. Teman – teman Asisten Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan.

15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, ... Januari 2020

Penulis,

Naufal Muhammad Syafiq

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA HANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Keaslian Tugas Akhir	5
1.5 Tujuan Tugas Akhir.....	6
1.6 Manfaat Tugas Akhir.....	6
1.7 Lokasi Tugas Akhir	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Uraian Umum	8
2.2 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>	9
2.3 Beton Geopolimer	9
2.4 Konsentrasi NaOH dan Perbandingan Na_2SiO_3 : NaOH.....	11
2.5 Suhu dan Waktu <i>Curing</i> Beton Geopolimer.....	13
BAB III LANDASAN TEORI.....	15
3.1 Material Penyusun Beton Geopolimer	15
3.1.1 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>	15
3.1.2 Agregat Kasar	16
3.1.3 Agregat Halus	17
3.1.4 Alkali Aktivator.....	18
3.1.5 <i>Aquades</i>	19
3.2 <i>Setting Time</i>	19
3.3 Kuat Tekan Beton	20
3.4 Modulus Elastisitas.....	21
3.5 Kuat Tarik Belah	22

3.6 Kuat Lentur (<i>Modulus of Rupture</i>)	22
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	23
4.1 Umum	23
4.2 Kerangka Penelitian.....	24
4.3 Alat	25
4.4 Bahan	26
4.5 Pengujian Bahan	27
4.5.1 GGBFS	27
4.5.2 Agregat Kasar	28
4.5.3 Agregat Halus.....	31
4.6 Uji <i>Setting Time</i>	35
4.7 Uji <i>Slump</i>	35
4.8 Pembuatan Benda Uji	36
4.9 Pengujian Benda Uji.....	38
4.9.1 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	39
4.9.2 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	39
4.9.3 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer.....	40
4.9.4 Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer	41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	42
5.1 Hasil Pengujian Bahan Campuran Beton Geopolimer	42
5.1.1 GGBFS (<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>).....	42
5.1.2 Agregat Kasar	44
5.1.3 Agregat Halus	46
5.2 <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer	49
5.3 Pengujian <i>Setting Time</i>	52
5.4 Pengujian Nilai <i>Slump</i>	55
5.5 Pengujian Berat Jenis.....	56
5.6 Pengujian Kuat Tekan	57
5.7 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	59
5.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer.....	60
5.9 Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer.....	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	63
6.1 Kesimpulan.....	63
6.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

2.1	Sifat Fisik <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>	9
3.1	Kandungan Kimia <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>	16
3.2	Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar	17
3.3	Batas – Batas Gradasi Agregat Halus	18
3.4	Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya	20
4.1	Variasi Benda Uji	37
5.1	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis GGBFS	42
5.2	Hasil Pengujian Kandungan Kimia GGBFS	43
5.3	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	44
5.4	Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar	45
5.5	Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar	45
5.6	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	46
5.7	Hubungan Warna Larutan dengan Kandungan Zat Organik	47
5.8	Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus	48
5.9	Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	49
5.10	Hasil Pemeriksaan Material Beton Geopolimer	50
5.11	Komposisi Volume per- m^3 Bahan Penyusun Geopolimer	51
5.12	Proporsi Campuran Beton Geopolimer	51
5.13	Percobaan Penetrasi <i>Setting Time</i> Varian Aktivator 3:2	52
5.14	Percobaan Penetrasi <i>Setting Time</i> Varian Aktivator 4:2	53
5.15	Percobaan Penetrasi <i>Setting Time</i> Varian Aktivator 5:2	53
5.16	Hasil Pengujian <i>Setting Time</i>	54
5.17	Ikatan Awal dan Ikatan Akhir Binder Geopolimer	54
5.18	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	55
5.19	Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Geopolimer	57
5.20	Berat Jenis Beton dan Pemakaiannya	57
5.21	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	58
5.22	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	59
5.23	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	60
5.24	Hasil Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer	61

DAFTAR GAMBAR

4.1 Kerangka Alur Penelitian.....	24
4.2 Perbandingan Komposisi Beton Geopolimer.....	36
4.3 Perletakan dan Pembebanan Benda Uji <i>Modulus of Rupture</i>	41
5.1 Hasil Pengujian Kandungan Zat Organik	48
5.2 Komposisi Perbandingan Beton Geopolimer.....	50
5.3 Grafik Hasil Pengujian <i>Setting Time</i>	54
5.4 Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i> Beton Geopolimer	56
5.5 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton.....	58
5.6 Grafik Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	59
5.7 Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer.....	60
5.8 Grafik Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer.....	61

DAFTAR PERSAMAAN

3-1	Kuat Tekan.....	21
3-2	Modulus Elastisitas.....	21
3-3	Kuat Tarik Belah.....	22
3-4	Kuat Lentur (<i>Modulus of Rupture</i>).....	22
4-1	Berat Jenis GGBFS.....	28
4-2	Keausan Agregat Kasar.....	29
4-3	Berat Jenis <i>Bulk</i>	30
4-4	Berat jenis SSD.....	30
4-5	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>).....	30
4-6	Penyerapan (<i>Absorption</i>).....	30
4-7	Modulus Halus Butir.....	31
4-8	Kandungan Lumpur.....	33
4-9	Berat Jenis <i>Bulk</i>	34
4-10	Berat jenis SSD.....	34
4-11	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>).....	34
4-12	Penyerapan (<i>Absorption</i>).....	35
5-1	Berat Jenis GGBFS.....	42
5-2	Kandungan Lumpur.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

➤ Pengujian Berat Jenis GGBFS	69
➤ Pemeriksaan Kandungan Kimia GGBFS	70
➤ Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	71
➤ Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin <i>Los Angeles Abrasion</i> ..	72
➤ Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar.....	73
➤ Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	74
➤ Pemeriksaan Kandungan Zat Organik Agregat Halus	75
➤ Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus.....	76
➤ Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus.....	77
➤ Perhitungan Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 7 Hari	78
➤ Perhitungan Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 28 Hari ..	79
➤ Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer Umur 28 Hari	80
➤ Perhitungan <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer Umur 28 Hari	81
➤ Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	82
➤ <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer	98
➤ Gambar Alat dan Bahan	101
➤ Dokumentasi Proses Penelitian	104

INTISARI

PENGARUH PERBANDINGAN AKTIVATOR TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS *GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG*, Naufal Muhammad Syafiq, NPM 160216588, Tahun 2020, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Indonesia merupakan negara berkembang yang terus melakukan pengembangan dari segala aspek, termasuk aspek infrastruktur. Dalam dunia konstruksi, material beton merupakan material yang paling sering digunakan. Namun, terdapat sisi negatif dari penggunaan material beton terhadap lingkungan, semen sebagai bahan utama pembentuk beton dalam proses pembuatannya menghasilkan ± 1 ton gas CO_2 setiap 1 ton *klinker*. Berdasarkan latar belakang tersebut perlu dilakukan inovasi dalam pembuatan beton. Beton geopolimer berbasis *ground granulated blast furnace slag* (GGBFS) merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan semen dalam pembuatan beton, dan memanfaatkan limbah GGBFS.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan maksimum penggunaan alkali aktivator pada beton geopolimer berbasis GGBFS terhadap sifat mekanik beton. GGBFS yang digunakan merupakan limbah residu pembakaran pada proses pemurnian baja dari industri besi ataupun baja yang memiliki kandungan silika (Si) dan alumina (Al) di dalamnya, sehingga selain dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan beton geopolimer, pemanfaatan limbah juga dapat dilakukan. Penelitian ini dilakukan terhadap 30 buah silinder, dan 6 buah balok. Pengujian sifat mekanik beton berupa kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, kuat lentur (*modulus of rupture*), *workability* dan *setting time*. Larutan alkali aktivator yang digunakan berupa natrium silikat (Na_2SiO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) dengan variasi perbandingan 5:2; 4:2; 3:2 dan konsentrasi molaritas sebesar 8M. Metode *curing* yang digunakan adalah *dry curing* dengan suhu 60°C selama 24 jam dan dilanjutkan dengan *ambient curing*. Pengujian sifat mekanik dilakukan pada umur 7 dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan perbandingan Na_2SiO_3 : NaOH sebesar 5:2 mendapatkan hasil yang maksimum. Hasil uji kuat tekan maksimum pada umur 7 hari sebesar 57,65 MPa, pada 28 hari sebesar 58,48 MPa, nilai modulus elastisitas sebesar 31815,92 MPa, kuat tarik belah 2,74 MPa, *modulus of rupture* (kuat lentur) 3,87 MPa.

Kata kunci: beton geopolimer, *ground granulated blast furnace slag*, alkali aktivator