

**PENGARUH SUHU *CURING* 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 :
NAOMI NATASIA SIBARANI
NPM. 160216585



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

**PENGARUH SUHU *CURING* 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 :
NAOMI NATASIA SIBARANI
NPM. 160216585



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

PERNYATAAN

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

**PENGARUH SUHU *CURING* 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 ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Yogyakarta, Desember 2019

Yang membuat pernyataan



(Naomi Natasia Sibarani)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**PENGARUH SUHU *CURING* TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON
GEOPOLIMER BERBASIS *GROUND GRANULATED
BLAST FURNACE SLAG***

Oleh :

NAOMI NATASIA SIBARANI

NPM. : 160216585

Telah diperiksa dan 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 Setyawan, M. Eng., Ph. D.)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PENGARUH SUHU *CURING* TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS *GROUND GRANULATED* *BLAST FURNACE SLAG*



Oleh :

NAOMI NATASIA SIBARANI

NPM : 160216585

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Angelina Eva Lianasari S.T., M.T.		17/1 - 2020
Sekretaris	: Haryanto YW., Ir., M. T.		20/1 - 2020
Anggota	: V. Yenni Endang S., Ir., M. T.		17/ 2020 Januari

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Firman-Mu itu pelita bagi kakiku dan terang bagi jalanku.”

Mazmur 119:105

**Kupersembahkan skripsi ini kepada:
Semua pihak yang telah banyak membantu**

KATA HANTAR

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

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini terdapat banyak halangan dan rintangan yang harus ditempuh. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dan membantu sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, antar lain:

1. Tuhan Yesus Kristus, yang telah mengizinkan, memberkati, dan menyertai penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir.
2. Bapak Tigor Franky Parulian Sibarani dan Ibu Silvia Aurelia Purba. Baithani Theta Vika Stefani Sibarani, dan Yosua Gerry Rizky Sibarani terima kasih atas segala dukungan baik doa maupun material, kasih sayang, dan kepercayaan yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Luky Handoko, S.T., M.Eng., Dr.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Ibu Angelina Eva Lianasari S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan dukungan, dan nasehat kepada penulis dengan penuh kesabaran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

6. Bapak Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng., selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
7. Bapak V. Sukaryantara, selaku Staf Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan yang telah membantu memberikan masukan kepada penulis.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia memberikan pelajaran mengenai bidang teknik sipil dan nilai berjuang dalam kehidupan.
9. Alfonsus Edo Winardi terimakasih bersedia mendoakan, membantu dari awal persiapan hingga proses mixing dan pengujian, menemani proses penyusunan laporan, serta mendampingi hingga akhir dengan penuh kesabaran dan kasih sayang agar selalu berjuang dalam menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir.
10. Saudara walau tak sedarah (Gianina Angelia Santoso, Sherly Priscilla Hartanto, dan Eraldy Alessandro Ralahallo) yang dengan setia mendoakan, memberikan semangat dan motivasi pada saat mengerjakan Tugas Akhir.
11. Tim PPBA (Fide, Wayan, Fredi, Yohanes) sejak semester 4 yang tiada henti memberikan dukungan semangat kepada penulis.
12. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta (Kak Edo, Fide, Wayan, Yohanes, Yoga, Bima, Dimaz, Vania, Naufal, Anam, Siska, Jova, Irfan, Titan) yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membantu pengerjaan pembuatan benda uji Tugas Akhir.

13. Keluarga KKN CU CENTRAL Sintang-Sekadau 75 (kak Edo, kak Wawan, kak Alfian, Yehu, bang Rivian, cici Kezia, Alvin, Hana, kak Itha, dan kak Lina) yang tidak pernah lelah mendoakan, mendukung penulis.
14. Teman-Teman peminatan Tugas Akhir Struktur (Anam, Naufal, Vania, Siska) yang selalu membantu dan memberi semangat kepada penulis.
15. Kakak tingkat, teman-teman teknik sipil UAJY, serta keluarga besar IGA MALAPARI (Ikatan Generasi Alam Malapari) yang telah membantu, membimbing, dan mendukung penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
16. PT. Holcim yang telah memberikan bantuan material berupa *fly ash* dan pasir yang digunakan untuk penelitian Tugas Akhir ini.
17. PT. Krakatau Semen (Persero) Tbk. Indonesia, Cilegon yang telah memberikan saya *ground granulated blast furnace slag* untuk penelitian Tugas Akhir ini.
18. Semua pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu yang telah bersedia membantu dan mendukung penulis.

Penulis menyadari dengan baik bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna disebabkan oleh keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan sarap demi terciptanya kesempurnaan dalam Tugas Akhir ini. Sehingga dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Desember 2019

Penulis,

Naomi Natasia Sibarani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGESAHAN PENGUJI	iv
HALAMAN MOTTO	v
KATA HANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
INTISARI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Keaslian Tugas Akhir	4
1.5 Tujuan Tugas Akhir	5
1.6 Manfaat Tugas Akhir	5
1.7 Lokasi Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beton Geopolimer	6
2.2 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i>	7
2.3 Kosentrasi NaOH dan Rasio NaOH : Na ₂ SiO ₃	8
2.4 Suhu dan Waktu <i>Curing</i> Beton Geopolimer	9
2.5 Perbandingan Rasio Agregat Dengan <i>Binder</i>	10
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Material Penyusun Beton Geopolimer	12
3.1.1 Agregat Halus	12
3.1.2 Agregat Kasar	13
3.1.3 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)</i>	13
3.1.4 Alkali Aktivator	14
3.2 Kuat Tekan Beton	14
3.3 Modulus Elastisitas	15
3.4 Kuat Tarik Belah	16
3.5 <i>Modulus of Rupture</i>	16
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	18
4.1 Umum	18
4.2 Kerangka Alur Penelitian	19
4.3 Alat	20
4.4 Bahan	22
4.5 Pengujian Bahan	22
4.5.1 <i>GGBFS</i>	23
4.5.2 Agregat Halus	24
4.5.3 Agregat Kasar	28
4.6 Uji <i>Setting Time</i>	30
4.7 Pengujian <i>Slump</i>	31

4.8	Pembuatan Benda Uji	32
4.9	Pengujian Benda Uji	35
4.9.1	Pengujian Kuat Tekan Beton	36
4.9.2	Pengujian Modulus Elastisitas Beton	37
4.9.3	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	38
4.9.4	Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton	39
4.10	Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir	40
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		41
5.1	Hasil Pengujian Bahan Campuran Beton Geopolimer	41
5.1.1	<i>GGBFS</i>	41
5.1.2	Agregat Halus	43
5.1.3	Agregat Kasar	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>	53
5.5	Pengujian Berat Jenis	54
5.6	Pengujian Kuat Tekan Beton	55
5.7	Pengujian Modulus Elastisitas Beton	57
5.8	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	58
5.9	Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton	60
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		62
6.1	Kesimpulan	62
6.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		64

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Variasi Benda Uji	34
Tabel 4.2 Jadwal Rencana Pelaksanaan Tugas Akhir	40
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis <i>GGBFS</i>	41
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kandungan Kimia <i>GGBFS</i>	42
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	43
Tabel 5.4 Hubungan Warna Larutan dengan Kandungan Zat Organik	44
Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus	45
Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	46
Tabel 5.7 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	47
Tabel 5.8 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar	48
Tabel 5.9 Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar	49
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Jenis Material Beton Geopolimer	49
Tabel 5.11 Volume Komposisi Material Untuk Kebutuhan 1 m ³	51
Tabel 5.12 Percobaan Penetrasi <i>Setting Time</i>	53
Tabel 5.13 Berat Jenis Beton dan Pemakaiannya	55
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	56
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	57
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	59
Tabel 5.17 Hasil Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir	19
Gambar 4.2 Komposisi Campuran untuk Beton Geopolimer	32
Gambar 4.3 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton	36
Gambar 4.4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton	37
Gambar 4.5 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	38
Gambar 4.6 Sketsa Pengujian <i>Modulus of Rupture</i>	39
Gambar 5.1 Komposisi Campuran untuk Beton Geopolimer	51
Gambar 5.2 Grafik <i>Setting Time</i>	53
Gambar 5.3 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari dan 28 Hari	56
Gambar 5.4 Grafik Modulus Elastisitas Beton Umur 28 Hari	57
Gambar 5.5 Grafik Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari	59
Gambar 5.6 Grafik <i>Modulus of Rupture</i> Beton Umur 28 Hari	60

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (3-1) Kuat Tekan Beton	15
Persamaan (3-2) Modulus Elastisitas Beton.....	15
Persamaan (3-3) Kuat Tarik Belah Beton	16
Persamaan (3-4) <i>Modulus of Rupture</i>	17
Persamaan (4-1) Berat Jenis <i>GGBFS</i>	23
Persamaan (4-2) Kandungan Lumpur Agregat Halus.....	25
Persamaan (4-3) Modulus Halus Butir Agregat Halus	26
Persamaan (4-4) Berat Jenis <i>Bulk</i> Agregat Halus.....	27
Persamaan (4-5) Berat Jenis <i>SSD</i> Agregat Halus	27
Persamaan (4-6) Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) Agregat Halus	28
Persamaan (4-7) Penyerapan (<i>Absorption</i>) Agregat Halus	28
Persamaan (4-8) Keausan Agregat Halus	29
Persamaan (4-9) Berat Jenis <i>Bulk</i> Agregat Kasar.....	29
Persamaan (4-10) Berat Jenis <i>SSD</i> Agregat Kasar	29
Persamaan (4-11) Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) Agregat Kasar	29
Persamaan (4-12) Penyerapan (<i>Absorption</i>) Agregat Kasar	30
Persamaan (5-1) Berat Jenis <i>GGBFS</i>	41
Persamaan (5-2) Kandungan Lumpur Agregat Halus.....	45
Persamaan (5-3) Volume Silinder Kecil	50
Persamaan (5-4) Volume Silinder Besar.....	50
Persamaan (5-5) Volume Balok	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Pengujian Bahan	66
Lampiran A.1 Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus	66
Lampiran A.2 Pengujian Zat Organik Agregat Halus	67
Lampiran A.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	68
Lampiran A.4 Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus	69
Lampiran A.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	70
Lampiran A.6 Pengujian Analisis Saringan Kerikil	71
Lampiran A.7 Pengujian Keausan Kerikil	72
Lampiran A.8 Pengujian Berat Jenis <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>	74
Lampiran B Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer	76
Lampiran C Hasil Pengujian Benda Uji	80
Lampiran C.1 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton	80
Lampiran C.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Silinder Beton	81
Lampiran C.3 Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Balok Beton	82
Lampiran C.4 Pengujian Modulus Elastisitas Silinder Beton	83
Lampiran D Dokumentasi	103
Lampiran D.1 Alat	103
Lampiran D.2 Bahan	106
Lampiran D.3 Proses	108

INTISARI

PENGARUH SUHU CURING TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS GROUND GRANULATED BLAST FURNACE, Naomi Natasia Sibarani, NPM 160216585, Tahun 2019, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Beton geopolimer dapat digolongkan sebagai beton yang ramah lingkungan karena pada dasarnya tidak menggunakan semen melainkan bahan pengganti (dapat berupa limbah) yang mengandung Si dan Al yang kemudian ditambahkan aktivator (NaOH dan Na₂SiO₃) untuk menghasilkan reaksi polimerisasi. Kuat tekan beton geopolimer juga termasuk tinggi namun memiliki *setting time* yang sangat cepat.

Metode pengujian eksperimental pada penelitian kali ini untuk mengetahui suhu *curing* yang optimal dalam pembuatan beton geopolimer berbasis *Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)*. Variabel bebas yang digunakan ialah perbedaan suhu *curing* yaitu 60°C, 90°C, dan 120°C dengan durasi waktu *curing* 24 jam. Rasio aktivator 5:2, dan konsentrasi NaOH yang digunakan 8M. Jumlah benda uji 36 buah yang terdiri dari 12 silinder besar (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm), 18 silinder kecil (diameter 10 cm dan tinggi 20 cm), serta 6 balok tanpa tulangan (panjang 50 cm, tinggi 10 cm, dan lebar 10 cm). Pengujian yang dilakukan antara lain kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, *modulus of rupture*.

Setelah dilakukan pembuatan benda uji beton geopolimer, didapatkan hasil pengujian kuat tekan dengan variasi suhu *curing* 60°C, 90°C, dan 120°C umur 7 hari yaitu: 39,12 MPa; 58,90 MPa; dan 34,28 MPa. Hasil kuat tekan pada umur 28 hari yaitu: 42,90 MPa; 53,62 MPa; dan 38,72 MPa. Hasil pengujian modulus elastisitas umur 28 hari yaitu: 19084,47 MPa; 27432,33 MPa; dan 21805,22 MPa. Hasil pengujian *modulus of rupture* umur 28 hari yaitu: 4,06 MP; 4,99 MPa; dan 4,82 MPa. Berdasarkan hasil penelitian diatas, didapatkan hasil yang optimum dari setiap pengujian dengan menggunakan suhu *curing* 90°C.

Kata kunci: *geopolimer, GGBFS, suhu curing*