

**PENGARUH DURASI *DRY 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 :

MUHAMMAD SYAIFUL ANAM

NPM. 160216304



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

PERNYATAAN

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

PENGARUH DURASI *DRY 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 izajah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 29 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,

(Muhammad Syaiful Anam)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

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

Oleh :

MUHAMMAD SYAIFUL ANAM

NPM : 160216304

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 DURASI *DRY CURING* TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS *GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG*






Oleh :

MUHAMMAD SYAIFUL ANAM

NPM : 160216304

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.		17/1-2020
Sekretaris	: Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T.		17/01-2020
Anggota	: Ir. V. Yenni Endang S., M.T.		17 Jan 2020

Tanpa cinta kecerdasan itu berbahaya, dan
tanpa kecerdasan cinta itu tidak cukup.

Jadilah mata air yang jernih yang
memberikan kehidupan kepada sekitarmu.

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. Bapak Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng., selaku koordinator Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Bapak V. Sukaryantara, selaku Staf Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan yang telah membantu dan memberikan saran selama pengujian Tugas Akhir.

6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mengajarkan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik sipil.
7. Kedua orang tua dan saudara yang selalu memberikan semangat dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.
8. Teman seperjuangan beton geopolimer yaitu : Naufal Muhammad Syafiq, Naomi Natasia Sibarani, Vania Wijaya, dan Siska Dwi Pratiwi yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam proses mengerjakan Tugas Akhir sehingga dapat berjalan lancar.
9. *Batching Plan* PT HOLCIM Yogyakarta dan PT Krakatau Semen Indonesia yang telah memberikan bantuan material untuk kelancaran Tugas Akhir.
10. Rekan – rekan yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu proses *mixing* penelitian Tugas Akhir antara lain Signer, Wira, Romy, Oldy, Yohanes, dan Tanto.
11. 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, 29 Desember 2019

Penulis,

Muhammad Syaiful Anam

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	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI	xiv
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	5
1.6 Manfaat Tugas Akhir	6
1.7 Lokasi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Uraian Umum	7
2.2 GGBFS (<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>)	8
2.3 Perbandingan Agregat Dan Binder Pada Beton Geopolimer	8
2.4 Konsentrasi Sodium Hidroksida (NaOH)	8
2.5 Perbandingan Sodium Silikat (Na ₂ SiO ₃) dan Sodium Hidroksida (NaOH) ...	9
2.6 Penelitian GGBFS (<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>)	9
2.7 Suhu dan Waktu Curing Beton Geopolimer	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 GGBFS (<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>)	14
3.1.4 Alkali Aktivator	16
3.1.5 <i>Aquades</i>	16
3.2 <i>Setting Time</i>	16
3.3 Kuat Tekan Beton	17

3.4	Modulus Elastisitas	17
3.5	Kuat Tarik Belah	18
3.6	Kuat Lentur (<i>Modulus of Rupture</i>)	18
BAB IV METODOLOGI TUGAS AKHIR		20
4.1	Umum	20
4.2	Kerangka Alur Penelitian	21
4.3	Alat	22
4.4	Bahan	23
4.5	Pengujian Bahan	24
4.5.1	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS)	24
4.5.2	Agregat Halus	25
4.5.3	Agregat Kasar	29
4.6	Pengujian <i>Setting Time</i>	32
4.7	Pengujian <i>Slump</i>	32
4.8	Pembuatan Benda Uji	32
4.9	Pengujian Benda Uji	35
4.9.1	Pengujian Kuat Tekan	35
4.9.2	Pengujian Modulus Elastisitas	36
4.9.3	Pengujian Kuat Tarik Belah	37
4.9.4	Pengujian Kuat Lentur (<i>Modulus of Rupture</i>)	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		39
5.1	Hasil Pengujian Bahan Campuran Beton Geopolimer	39
5.1.1	<i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS)	39
5.1.2	Agregat Halus	40
5.1.3	Agregat Kasar	43
5.2	<i>Mix Design</i> Beton Geopolimer	45
5.3	Pengujian <i>Setting Time</i>	47
5.4	Pengujian <i>Slump</i>	48
5.5	Pengujian Kuat Tekan	49
5.6	Pengujian Modulus Elastisitas	51
5.7	Pengujian Kuat Tarik Belah	52
5.8	Pengujian <i>Modulus of Rupture</i>	54
5.9	Pengujian Berat Jenis	56
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		57
6.1	Kesimpulan	57
6.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN		61

DAFTAR TABEL

2.1	Sifat Fisik <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>	8
3.1	Gradasi Ideal Agregat Halus	13
3.2	Gradasi Ideal Agregat Kasar	14
3.3	Kandungan Kimia <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>	15
3.4	Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekan	17
4.1	Detail Benda Uji	33
5.1	Hasil Pengujian Kandungan Unsur Kimia GGBFS	39
5.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis GGBFS	40
5.3	Hubungan Warna Larutan dengan Kandungan Zat Organik	41
5.4	Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus	42
5.5	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	43
5.6	Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar	43
5.7	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	45
5.8	Hasil Pemeriksaan Material Beton Geopolimer	45
5.9	Volume per-1 m ³ Bahan Penyusun Beton Geopolimer	46
5.10	Proporsi Campuran Beton Geopolimer per-1 m ³	47
5.11	Hasil Pengujian <i>Setting Time</i>	47
5.12	Hasil Pengujian <i>Slump</i>	49
5.13	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	49
5.14	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	51
5.15	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	53
5.16	Hasil Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer	54
5.17	Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Geopolimer	56

DAFTAR GAMBAR

3.1	Skema Ikatan Polimer	15
4.1	Kerangka Tahapan Penelitian	21
4.2	Komposisi Beton Geopolimer	33
4.3	Uji Kuat Tekan Beton Pada Benda Uji Silinder	36
4.4	Uji Modulus Elastisitas Beton Pada Benda Uji Silinder	37
4.5	Uji Kuat Tarik Belah Beton Pada Benda Uji Silinder	37
4.6	Uji <i>Modulus of Rupture</i> Beton Pada Benda Uji Balok	38
5.1	Hasil Pengujian Kandungan Zat Organik	41
5.2	Perbandingan Volume Beton Geopolimer	46
5.3	Grafik Hasil Pengujian <i>Setting Time</i>	48
5.4	Proses Pengujian <i>Slump</i>	48
5.5	Grafik Kuat Tekan Beton Geopolimer	50
5.6	Proses Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	50
5.7	Grafik Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	51
5.8	Proses Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	52
5.9	Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	53
5.10	Proses Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	54
5.11	Hasil Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer	55
5.12	Proses Pengujian <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer	55

DAFTAR PERSAMAAN

3-1	Kuat Tekan	17
3-2	Modulus Elastisitas	18
3-3	Kuat Tarik Belah	18
3-4	<i>Modulus of Rupture</i>	19
4-1	Berat Jenis GGBFS	25
4-2	Kandungan Lumpur	27
4-3	Modulus Halus Butir	28
4-4	Berat Jenis <i>Bulk</i>	29
4-5	Berat jenis SSD	29
4-6	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	29
4-7	Penyerapan (<i>Absorption</i>)	29
4-8	Keausan Agregat Kasar	30
4-9	Berat Jenis <i>Bulk</i>	31
4-10	Berat jenis SSD	31
4-11	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	31
4-12	Penyerapan (<i>Absorption</i>)	31

DAFTAR LAMPIRAN

Pemeriksaan Kandungan Unsur Kimia GGBFS	61
Pengujian Berat Jenis GGBFS	62
Pengujian Kandungan Zat Organik Agregat Halus	63
Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus	64
Pengujian Gradasi Agregat Halus	65
Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	66
Pengujian Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin LAA	67
Pengujian Gradasi Agregat Kasar	68
Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	69
<i>Mix Design</i> Beton Geopolimer	70
Perhitungan Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 7 Hari	72
Perhitungan Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 28 Hari	73
Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer Umur 28 Hari	74
Perhitungan <i>Modulus of Rupture</i> Beton Geopolimer Umur 28 Hari	75
Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	76
Alat dan Bahan Penelitian	88
Dokumentasi Proses Penelitian	91

INTISARI

PENGARUH DURASI *DRY CURING* TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS *GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG*, Muhammad Syaiful Anam, NPM 160216304, Tahun 2019, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pembangunan infrastruktur dalam beberapa tahun terakhir dilakukan dengan kuantitas yang tinggi di Indonesia. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan konektivitas dan merangsang pertumbuhan ekonomi di beberapa wilayah yang memiliki potensi. Hingga saat ini beton merupakan material favorit yang selalu digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Salah satu bahan yang terdapat dalam komposisi beton adalah semen. Pada proses pembuatan semen dihasilkan gas karbon dioksida yang mengakibatkan pemanasan global. Maka diperlukan alternatif bahan pengganti semen dalam campuran beton agar dihasilkan beton yang ramah lingkungan. Salah satunya melalui pengembangan beton geopolimer menggunakan bahan dengan kandungan unsur silika dan alumina sebagai pengganti semen. Salah satu bahan yang mengandung unsur senyawa silika dan alumina adalah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS). GGBFS merupakan residu pembakaran pada tanur (*furnace*) dari proses pemurnian baja. GGBFS digunakan sebagai prekursor yang direaksikan menggunakan alkali aktivator.

Perbandingan volume agregat dan *binder* adalah 70% : 30%, agregat kasar dan agregat halus adalah 65% : 35%, prekursor dan aktivator adalah 74% : 26%, sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) adalah 5 : 2, serta konsentrasi NaOH adalah 8M. Penelitian ini membahas proses *curing* beton geopolimer dengan cara *dry curing* suhu 60 °C kemudian dilanjutkan dengan *ambient curing*. Variasi durasi yang dilakukan adalah 12 jam, 18 jam, dan 24 jam. Sifat mekanik beton yang diuji mencakup kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, dan kuat lentur atau *modulus of rupture*.

Hasil pengujian *setting time* diperoleh waktu ikat awal antara 20 – 25 menit dan waktu ikat akhir pada 35 menit. Hasil pengujian *slump* berkisar antara 17 – 18 cm yang menyebabkan adukan beton kohesif dan plastis (mudah dikerjakan) tanpa terjadi segregasi. Berat jenis beton yang diperoleh berkisar 2200 kg/m³ sehingga beton termasuk kategori beton normal. Hasil optimum pada semua pengujian diperoleh pada durasi *dry curing* 24 jam dengan nilai kuat tekan 51,950 MPa, modulus elastisitas 27503,627 MPa, kuat tarik belah 2,738 MPa, dan *modulus of rupture* 4,464 MPa.

Kata kunci : Beton Geopolimer, GGBFS, *Dry Curing*