

**SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER MENGGUNAKAN  
ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI SUBSTITUSI *FLY ASH***

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

**MIKAEL WONOHTO**

**NPM. 150216103**



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

## PERNYATAAN

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

### **SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI SUBSTITUSI *FLY ASH***

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, Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



(Mikael Wonohito)

## PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

### SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI SUBSTITUSI *FLY ASH*

Oleh :

Mikael Wonohito

NPM : 150216103

telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, 15/8 2019

Pembimbing

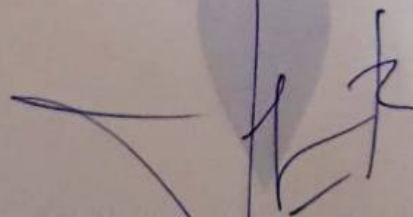


(Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng.)

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



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

# PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

## SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI SUBSTITUSI *FLY ASH*

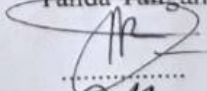
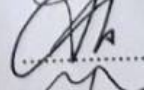
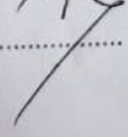


Oleh :

MIKAEL WONOHITO

NPM : 150216103

Telah diuji dan disetujui oleh

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua : Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng.		13/8 2019
Sekretaris : Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.		12/8 -2019
Anggota : J. Januar Sudjati, S.T., M.T.		13/8-19

“For MY Thoughts are not your thoughts, neither are your ways my ways, saith the LORD. For as the Heaven are higher than the earth, so are my ways higher than your ways, and My thoughts than your thoughts”

Isaiah 55:8-9

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Tuhan Yesus Kristus
2. Ibu Hanni, dan bapak Wong Yoe Ming
3. Leon Wonohito
4. Minerva Gabriela T.

## 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. Ibu Susharjanti Felasari, S.T., M.Sc. CAED., Ph.D., 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. Bapak Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu dan sabar dalam membimbing penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng, selaku koordinator Tugas Akhir bidang peminatan Struktur, 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 mendoakan dan memberikan semangat dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.
8. Saudari Minerva Gabriela T. yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam proses penulisan Tugas Akhir.
9. Rekan – rekan geopolimer yaitu: Ratna Sari Dewi Putri K., Henri Perdana Natio dan Andre Jeremy Y.L. yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam proses mengerjakan Tugas Akhir sehingga dapat berjalan lancar.
10. Rekan – rekan Kelas E yaitu, Haris, Fulda, Zein, Jefri, Kaka, Lenny, dan lain – lain yang sudah mendukung tugas akhir ini
11. Rekan – rekan GBI Miracle Service Babarsari yaitu Wilson, Ayu, Andy, Bunga, Novi, dan lain-lain yang sudah memberikan semangat dalam pembuatan tugas akhir.
12. Bapak Hartoyo dari Desa Grejegan, Kebondalem Lor, Prambanan yang sudah menyediakan abu bonggol jagung
13. *Batching Plan* PT HOLCIM Yogyakarta yang telah memberikan bantuan material untuk kelancaran Tugas Akhir
14. Rekan – rekan yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu proses *mixing* penelitian Tugas Akhir antara lain Erich, Osha, David, Gus Adi, Adhi Sukma, Bagus, dan lain – lain.

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, Agustus 2019

Penulis,

Mikael Wonohito





## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA HANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Keaslian Tugas Akhir .....	3
1.5 Tujuan Tugas Akhir .....	4
1.6 Manfaat Tugas Akhir .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Beton Geopolimer .....	5
2.2 Larutan Aktivator.....	6
2.3 Abu Bonggol Jagung.....	7
2.4 Ekstraksi.....	7
2.5 Suhu dan Waktu <i>Curing</i> .....	8
2.6 Waktu Ikat Beton .....	8
2.7 SEM-EDX.....	9
<b>BAB 3 LANDASAN TEORI .....</b>	<b>10</b>
3.1 Material Pembentuk Beton Geopolimer .....	10
3.1.1 <i>Fly Ash</i> .....	10
3.1.2 Abu Bonggol Jagung.....	12
3.1.3 Agregat.....	13
3.1.4 Larutan Alkali Aktivator.....	15
3.2 Ekstraksi Bonggol Jagung.....	16
3.3 Kuat Tekan Mortar Geopolimer.....	16
3.4 Kuat Tekan Beton .....	17
3.5 Modulus Elastisitas Beton.....	18
<b>BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
4.1 Umum .....	20

4.2. Alat.....	21
4.3. Bahan .....	22
4.4. Pengujian Bahan Pencampur Beton.....	23
4.4.1. <i>Fly Ash</i> dan Abu Bonggol jagung.....	23
4.4.2. Agregat Halus .....	24
4.4.3. Agregat Kasar .....	27
4.5. Pengujian Waktu Ikut.....	29
4.6. Pembuatan Benda Uji .....	30
4.7. Pengujian Benda Uji .....	33
4.7.1. Pengujian Kuat Tekan Mortar.....	33
4.7.2. Pengujian Kuat Tekan Beton .....	34
4.7.3. Pengujian Modulus Elastisitas Beton .....	35
<b>BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
5.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton Geopolimer.....	36
5.1.1Agregat Kasar .....	36
5.1.2Agregat Halus .....	38
5.1.3 <i>Fly Ash</i> .....	41
5.1.4Abu Bonggol Jagung.....	43
5.2 Rencana Campuran ( <i>Mix Design</i> ) Beton Geopolimer .....	46
5.3 Pengujian Waktu Ikut ( <i>Setting Time</i> ) Binder .....	47
5.4 Pengujian Kuat Tekan.....	49
5.4.1Kuat Tekan Mortar Geopolimer.....	49
5.4.2Berat Jenis Beton Geopolimer .....	51
5.4.3Kuat Tekan Beton Geopolimer .....	52
5.5 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer .....	54
5.6 Penambahan Larutan Aktivator .....	56
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>60</b>
6.1 Kesimpulan .....	60
6.2 Saran .....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

No	Nama Tabel	Hal
3.1	Kandungan Bahan Kimia <i>Fly Ash</i>	11
3.2	Persyaratan Kimia <i>Fly Ash</i>	11
3.3	Pengujian SEM-EDX <i>Fly Ash</i>	12
3.4	Kandungan Kimia Abu Bonggol Jagung	12
3.5	Gradasi Butir Agregat Halus	13
3.6	Persyaratan Kekerasan Agregat Kasar	15
3.7	Gradasi Butir Agregat Kasar	15
3.8	Kelas dan Mutu Beton	18
4.1	Alat – alat Penelitian	35
4.2	Variasi Perbandingan Benda Uji	31
5.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	36
5.2	Pengujian Keausan Agregat Kasar	37
5.3	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	38
5.4	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	39
5.5	Pengujian Gradasi Butir Agregat Halus	40
5.6	Hubungan Nomor Warna Larutan dengan Kandungan Zat Organik	41
5.7	Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	41
5.8	Pengujian SEM-EDX <i>Fly Ash</i>	42
5.9	Pengujian Berat Jenis Abu Bonggol Jagung	43
5.10	Pengujian SEM-EDX Abu Bonggol Jagung Sebelum Ekstraksi	44
5.11	Pengujian SEM-EDX Abu Bonggol Jagung Setelah Ekstraksi	45
5.12	Berat Jenis Material Pencampur Beton Geopolimer	46
5.13	Penggunaan Agregat dan Larutan Aktivator Untuk Campuran 1 m <sup>3</sup> Beton Geopolimer	46

5.14	Penggunaan Prekursor Setiap Variasi Untuk Campuran 1 m <sup>3</sup> Beton Geopolimer	54
5.15	Pengujian <i>Setting Time Binder</i>	48
5.16	Pengujian Kuat Tekan Mortar Geopolimer	50
5.17	Berat Jenis Beton Geopolimer	51
5.18	Kategori Berat Jenis Beton	51
5.19	Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	52
5.20	Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Geopolimer	53
5.21	Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	54
5.22	Pembacaan Dial Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 100% Fly ash Beton Geopolimer	56
5.23	Penggunaan Larutan Aktivator Beton Geopolimer	57
5.24	Penggunaan Larutan Aktivator Mortar Geopolimer	57
5.25	Penggunaan Larutan Aktivator <i>Vicat</i> Geopolimer	57
5.26	Kebutuhan Aktual Larutan Aktivator, dan Prekursor Beton Geopolimer	58

## DAFTAR GAMBAR

No	Nama Gambar	Hal
2.1	Bonggol Jagung	7
4.1	Kerangka alur penelitian	21
4.2	Pengujian Kuat Tekan Mortar	34
4.3	Pengujian Kuat Tekan Beton	34
4.4	Pengujian Modulus Elastisitas Beton	35
5.1	Pengujian SEM-EDX <i>Fly Ash</i>	42
5.2	Pengujian SEM-EDX Abu Bonggol Jagung Sebelum Ekstraksi	44
5.3	Pengujian SEM-EDX Abu Bonggol Jagung Setelah Ekstraksi	45
5.4	Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Geopolimer	50
5.5	Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	53
5.6	Grafik Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	55
5.7	Grafik Penambahan Larutan Aktivator	58

## DAFTAR PERSAMAAN

No	Nama Persamaan	Hal
3-1	Kuat Tekan Mortar	16
3-2	Kuat Tekan Beton	17
3-3	Modulus Elastisitas Beton	18
3-4	Regangan pada saat tegangan tekan mencapai 0,3 tegangan maksimum	19
4-1	Berat Jenis <i>Fly Ash</i> dan Abu Bonggol Jagung	24
4-2	Kandungan Lumpur	25
4-3	Modulus Halus Butir	26
4-4	Berat Jenis <i>Bulk</i>	27
4-5	Berat jenis SSD	27
4-6	Berat jenis semu ( <i>Apparent</i> )	27
4-7	Penyerapan ( <i>Absorption</i> )	27
4-8	Keausan Agregat Kasar	28
4-9	Berat Jenis <i>Bulk</i>	29
4-10	Berat jenis SSD	29
4-11	Berat jenis semu ( <i>Apparent</i> )	29
4-12	Penyerapan ( <i>Absorption</i> )	29
5-1	Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	42
5-2	Berat Jenis Abu Bonggol Jagung	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Nama Lampiran	Hal
Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	65
Pengujian SEM-EDX <i>Fly Ash</i>	66
Pengujian Berat Jenis Abu Bonggol Jagung	68
Pengujian SEM-EDX Abu Bonggol Jagung Sebelum Ekstraksi	69
Pengujian SEM-EDX Abu Bonggol Jagung Setelah Ekstraksi	71
Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	73
Pengujian Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles Abrasion	74
Pengujian Analisa Saringan	75
Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	76
Pengujian Kandungan Zat Organik Agregat Halus	77
Pengujian Kandungan Lumpur Dalam Agregat Halus	78
Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	79
Pengujian Waktu Ikat	80
Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Geopolimer 28 Hari	96
Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Geopolimer 56 Hari	97
Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan Mortar Geopolimer Sebelum Ekstraksi 28 Hari	98
Pengujian Berat Jenis dan Kuat Tekan Mortar Geopolimer Setelah Ekstraksi 28 Hari	99
Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer	102
Perhiungan <i>Mix Design</i>	111
Penggunaan Larutan Aktivator Secara <i>Real</i>	114
Gambar Alat Bahan	117
Dokumentasi Proses Penelitian	126

## INTISARI

**SIFAT MEKANIS BETON GEOPOLIMER MENGGUNAKAN ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI SUBSTITUSI *FLY ASH***, Mikael Wonohito, NPM 150216103, Tahun 2019, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Salah satu teknologi terkini dalam dunia konstruksi adalah beton geopolimer. Beton geopolimer memiliki bahan penyusun *fly ash* sebagai pengganti semen, yang merupakan bahan penyusun beton konvensional. Akan tetapi, dikarenakan *fly ash* merupakan limbah bahan berbahaya dan beracun, maka perlu adanya bahan lain yang dapat menggantikan *fly ash*, dalam penelitian ini digunakan bonggol jagung. Bonggol jagung yang sudah dibakar akan diekstraksi sebagai perlakuan khusus dalam penelitian ini. Beton geopolimer juga memerlukan larutan aktivator sebagai aktivasi reaksi polimerisasi dari prekursor (*fly ash* dan abu bonggol jagung) yaitu NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah abu bonggol jagung dapat menghasilkan kuat tekan dan modulus elastisitas yang tinggi, sehingga bisa menjadi bahan substitusi dari *fly ash* dalam beton geopolimer

Metode penelitian ini adalah dengan cara eksperimental dalam 36 buah benda uji silinder beton berukuran diameter 75 mm, dan tinggi 150 mm dengan umur beton 28 dan 56 hari. Variasi perbandingan prekursor abu bonggol jagung adalah 0% (BG), 10% (BAJ10), 20% (BAJ20), 30% (BAJ30), 40% (BAJ40), dan 50% (BAJ50). Selain benda uji beton adapun benda uji *vicat* untuk pengujian *setting time*, dan benda uji mortar yang akan dilakukan pengujian kuat tekan. Perbandingan NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> adalah 1 : 2 dengan molaritas NaOH 8 M. Metode penyimpanan beton akan dilakukan dengan metode *dry curing*.

Hasil pengujian menunjukkan semakin banyak substitusi *fly ash* oleh abu bonggol jagung, kuat tekan dan modulus elastis akan menurun. Besaran nilai kuat tekan beton berumur 28 hari sebesar 4,03 MPa dan 56 hari sebesar 4,16 MPa pada beton geopolimer dengan substitusi abu bonggol jagung sebanyak 50%. Nilai modulus elastisitas terendah adalah 4387,38 MPa dengan substitusi abu bonggol jagung sebanyak 50%. Sedangkan beton geopolimer berbasis *fly ash* berumur 28 hari adalah 40,64 MPa, dan yang berumur 56 hari adalah 43,05 MPa. Nilai modulus elastisitas beton geopolimer berbasis *fly ash* adalah 26009,65 MPa, dan yang paling kecil adalah beton BAJ50 yaitu 4387,38 MPa.

**Kata kunci** : geopolimer, abu bonggol jagung, ekstraksi, kuat tekan, modulus elastisitas.