

**TUGAS AKHIR**

**UJI TRIAKSIAL TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI  
GEOPOLIMER DAN BUBUK CANGKANG TELUR**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Wahyu Eka Pratama**

**20170110007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2021**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Eka Pratama  
NIM : 20170110007  
Judul : Uji Triaksial Tanah Lempung yang Distabilisasi Geopolimer dan Bubuk Cangkang Telur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 01 April 2021

Yang membuat pernyataan



Wahyu Eka Pratama

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Eka Pratama

NIM : 20170110007

Judul : Uji Triaksial Tanah Lempung yang Distabilisasi Geopolimer dan Bubuk Cangkang Telur

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul "Karakterisasi Kekuatan Tanah yang Distabilisasi dengan Geopolimer dengan *Fly Ash* sebagai Precursor" dan didanai melalui skema hibah Peningkatan Tri Darma Perguruan Tinggi pada tahun 2021 oleh Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2020/2021 dengan No: 554/PEN-LP3M/III/2021.

Yogyakarta, April 2021

Penulis,



Wahyu Eka Pratama

Dosen Ketua Peneliti,



Dr. Willis Diana, S.T., M.T.

Dosen Anggota Peneliti 1,



Dr. Ir. Edi Hartono, S.T., M.T.

Dosen Anggota Peneliti 2,



Prof. Ir. Agus Setyo Muntohar, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D (Eng).

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Tugas akhir ini dikerjakan atas izin dari Allah SWT dan dipersembahkan kepada-Nya atas ilmu, karunia, kesehatan dan kemudahan yang telah diberikan sehingga dalam pengerjaan Tugas Akhir dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini juga merupakan bentuk ucapan terima kasih kepada Bapak Bambang Sayoko, S.P., Ibu Rina Dwi Hastuti, S.Pd dan adek Winda Sharastrista Pratiwi serta keluarga besar.

Kepada Ibu Dr. Willis Diana, S.T., M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan memberikan ilmunya sehingga Tugas Akhir dapat terselesaikan. Serta Bapak/Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah mengajarkan ilmu yang bermanfaat.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi agama, bangsa, dan negara.

## PRAKATA



*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan geopolimer *fly ash*, waktu pemeraman dan kadar molaritas terhadap parameter kuat geser tanah melalui pengujian triaksial.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:


1. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Ibu Dr. Willis Diana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
3. Bapak Dr. Ir. Edi Hartono, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir,
4. Bapak Bambang Sayoko S.P. dan Ibu Rina Dwi Hastuti, S.Pd. selaku orang tua,
5. Teman-teman Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 01 April 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Himpunan' followed by a flourish.

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
DAFTAR ISTILAH .....	xvii
ABSTRAK .....	xviii
<i>ABSTRACT</i> .....	xix
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Lingkup Penelitian .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori.....	11
2.2.1 <i>Kuat Geser Tanah</i> .....	11
2.2.2 <i>Uji Triaksial Unconsolidated Undrained</i> .....	14
BAB III. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Bahan atau Materi .....	19
3.2 Alat.....	22
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian .....	24

3.4 Tahapan Penelitian.....	24
3.4.1 Mix Design.....	25
3.4.2 Pencetakan Benda Uji .....	25
3.4.4 Uji Triaksial .....	26
3.5 Analisis Data .....	28
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	29
4.1 Hasil Uji Triaksial <i>Unconsolidated Undrained</i> .....	29
4.1.1 Hubungan Regangan dan Tegangan .....	29
4.1.2 Nilai Kohesi dan Sudut Geser Internal Tanah.....	33
4.2 Pengaruh pemeraman dan ESP terhadap nilai parameter kuat geser tanah ...	36
4.3 Pengaruh kadar molaritas alkali aktivator terhadap nilai parameter kuat geser tanah .....	38
4.4 Pengaruh geopolimer terhadap nilai kuat geser tanah .....	40
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN .....	45



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Pengujian Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah (Finanda, 2020).....	20
Tabel 3.2 Variasi Kadar Benda Uji .....	25
Tabel 4.1 Tegangan Benda Uji Kadar 5 Molar .....	32
Tabel 4.2 Tegangan Benda Uji Kadar 10 Molar .....	32
Tabel 4.3 Presentase Perubahan Nilai Tegangan Dalam Umur Pemeraman .....	33

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaksi Dalam Geopolimerisasi (Abdullah Dkk., 2011).....	6
Gambar 2.2	Kriteria Kegagalan Mohr-Coulomb (Muntohar, 2009).....	12
Gambar 2.3	Lingkaran Mohr (Hardiyatmo, 2006).....	13
Gambar 2.4	Kondisi Tegangan Yang Mewakili (Hardiyatmo, 2006).....	13
Gambar 2.5	Lingkaran Mohr Untuk Tegangan Total Dan Garis Keruntuhan ( $\Phi = 0$ ) Pada Pengujian Triaksial <i>Unconsolidated Undrained</i> (Das, 2021) .....	15
Gambar 2.6	Lingkaran Mohr Pada Kondisi Keruntuhan Dari Uji Triaksial <i>Unconsolidated Undrained</i> (Das, 2021).....	16
Gambar 3.1	(A) Tanah Lempung Dan (B) Tanah Lempung Lolos Ayakan Saringan No. 40 .....	19
Gambar 3.2	(A) Sodium Silikat Dan (B) Sodium Hidroksida .....	20
Gambar 3.3	Abu Terbang Atau <i>Fly Ash</i> Tipe F .....	21
Gambar 3.4	(A) Cangkang Telur, (B) <i>Egg Shell Powder</i> Lolos Saringan No. 200 Dan (C) <i>Egg Shell Powder</i> Hasil Kalsinasi .....	21
Gambar 3.5	(A) Tampak Samping Cetakan, (B) Tampak Atas Cetakan, (C) Tabung Cetakan, (D) Penekan, (E) Pelat Ganjal Atau Penutup Bawah .....	22
Gambar 3.6	<i>Digital Triaxial Test Mechine</i> .....	23
Gambar 3.7	Diagram Alir Penelitian .....	24
Gambar 3.8	Pemeraman Benda Uji.....	26
Gambar 3.9	Piston Setelah Dipasang .....	27
Gambar 3.10	Pembacaan Nilai Beban Dan Deformasi .....	28
Gambar 3.11	Benda Uji Setelah Pengujian.....	28
Gambar 4.1	Hubungan Tegangan Dan Regangan Dengan Kadar 20% <i>Flyash</i> , 0% <i>Egg Shell Powder</i> Dan 5 Mol Alkali Aktivator .....	29
Gambar 4.2	Hubungan Tegangan Dan Regangan Dengan Kadar 15% <i>Flyash</i> , 5% <i>Egg Shell Powder</i> Dan 5 Mol Alkali Aktivator .....	30
Gambar 4.3	Hubungan Tegangan Dan Regangan Dengan Kadar 20% <i>Flyash</i> , 0% <i>Egg Shell Powder</i> Dan 10 Mol Alkali Aktivator .....	30
Gambar 4.4	Hubungan Tegangan Dan Regangan Dengan Kadar 20% <i>Flyash</i> , 0% <i>Egg Shell Powder</i> Dan 10 Mol Alkali Aktivator .....	31
Gambar 4.5	Hubungan Tegangan Dan Regangan Dengan Kadar 15% <i>Flyash</i> , 5% <i>Egg Shell Powder</i> Dan 10 Mol Alkali Aktivator .....	31
Gambar 4.6	Perubahan Nilai Tegangan Deviator Pada Benda Uji .....	33
Gambar 4.7	Lingkaran Mohr Benda Uji A1a.....	34
Gambar 4.8	Lingkaran Mohr Benda Uji A1b .....	34
Gambar 4.9	Lingkaran Mohr Benda Uji A2a.....	34
Gambar 4.10	Lingkaran Mohr Benda Uji A2b .....	35
Gambar 4.11	Lingkaran Mohr Benda Uji B1a.....	35

Gambar 4.12	Lingkaran Mohr Benda Uji B1b.....	35
Gambar 4.13	Lingkaran Mohr Benda Uji B2a.....	36
Gambar 4.15	Pengaruh Umur Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi Pada Tanah Lempung.....	37
Gambar 4.16	Pengaruh Umur Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Gesek Internal Tanah .....	38
Gambar 4.17	Pengaruh Kadar Molaritas Terhadap Nilai Kohesi Tanah .....	39
Gambar 4.18	Pengaruh Kadar Molaritas Terhadap Nilai Sudut Gesek Internal Tanah .....	39
Gambar 4.19	Nilai Kuat Geser Tanah.....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Perhitungan campuran benda uji
- Lampiran 2. Perhitungan kadar alkali aktivator
- Lampiran 3. Analisis pengujian triaksial
- Lampiran 4. Hasil uji triaksial
- Lampiran 5. Dokumentasi benda uji
- Lampiran 6. Hasil analisis uji triaksial

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
A	$[L^2]$	Luas penampang terkoreksi
c	[-]	Kohesi tanah
e	[-]	Angka pori
G <sub>s</sub>	[-]	Berat jenis
LL	[-]	Batas cair
MDD	$[ML^{-2}T^{-2}]$	Berat volume tanah kering maksimum / <i>Maximum dry density</i>
OMC	[-]	Kadar air optimum / <i>Optimum moisture content</i>
P	[M]	Beban aksial
PL	[-]	Batas plastis
PI	[-]	Indeks plastisitas
w	[-]	Kadar air
W <sub>w</sub>	[-]	Berat air
$\gamma_d$	$[ML^{-2}T^{-2}]$	Berat volume tanah kering
$\gamma_s$	$[MT^{-3}]$	Berat volume tanah
$\sigma$	$[ML^{-1}T^{-2}]$	Tegangan
$\varepsilon$	[-]	Regangan
u	[-]	Tekanan air pori
$\phi$	[-]	Sudut gesek internal

## DAFTAR SINGKATAN

CH	: <i>High Plasticity Clay</i>
CL	: <i>Low Plasticity Clay</i>
CU	: <i>Consolidated Undrained</i>
ESP	: <i>Eggshell Powder</i>
FA	: <i>Fly Ash</i>
GGBFS	: <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i>
MH	: <i>High Plasticity Silt</i>
OMC	: <i>Optimum Measure Content</i>
SH	: <i>Sodium Silika</i>
SS	: <i>Sodium Hidroksida</i>
UCS	: <i>Unconfined Compressive Strength</i>
UU	: <i>Unconsolidated Undrained</i>
VSS	: <i>Regangan Penyusutan Volumetrik</i>

## DAFTAR ISTILAH

1. Alkali aktivator  
Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi.
2. Geopolimer  
Geopolimer adalah senyawa anorganik alumino silikat yang disintesis dari bahan yang mengandung Silikon serta Aluminium melalui proses polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini, Aluminium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi
3. Polimerisasi  
Polimerisasi adalah proses bereaksi molekul monomer bersama dalam reaksi kimia untuk membentuk tiga dimensi jaringan atau rantai polimer.
4. Polimer  
Polimer adalah rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer
5. Precursor  
Prekursor adalah bahan utama perekat dalam pembentukan geopolimer yang berasal dari material alami atau limbah industri. Proses pembentukannya (sintesa) terdiri dari proses aktivasi bahan alumina-silika oleh ion alkali dan proses curing untuk mendorong terjadinya polimerisasi monomer alumina-silika menjadi jaringan 3 dimensi
6. Pozzolan  
Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.