

**TUGAS AKHIR**

**KUAT TEKAN BEBAS TANAH LANAU DENGAN  
STABILISASI GEOPOLIMER**

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



**Anggi Shintya Dewi**

**(20200110258)**

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

**2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anggi Shintya Dewi  
NIM : 20200110258  
Judul : Kuat Tekan Bebas Tanah Lanau dengan Stabilisasi Geopolimer

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, 9 Juli 2024

Yang membuat pernyataan

A 1000 Rupiah adhesive stamp (Meterai Tempel) with a signature and the name Anggi Shintya Dewi. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA' and 'METERAI TEMPEL'. The serial number '9D998ALX161041234' is visible at the bottom.

Anggi Shintya Dewi

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anggi Shintya Dewi

NIM : 20200110258

Judul : Kuat Tekan Bebas Tanah Lanau dengan Stabilisasi Geopolimer

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Pendekatan Sistematis Aplikasi *Fly Ash* Geopolimer untuk Stabilisasi Tanah dan didanai melalui skema hibah Fundamental Reguler pada tahun 2023 oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Tahun Anggaran 2023 dengan nomor hibah 0423.7/LL5-INT/AL.04/2023.

Yogyakarta, 9 Juli 2024

Dosen Peneliti,

Penulis,



Anggi Shintya Dewi



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

Dosen Anggota Peneliti,



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

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT dan mengucapkan syukur Alhamdulillah atas karunia-Nya, yang telah memberikan saya petunjuk dan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dengan segala kerendahan hati, Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua Orang Tua saya, Alm. Bapak Sujadi Mintoyo dan Ibu Muti'ah. Terima kasih atas segala do'a, dukungan, nasehat, kesabaran, dan pengorbanan yang telah diberikan sampai saat ini. Penulis meminta maaf apabila banyak hal yang belum bisa membuat bangga, dan semoga dengan menyelesaikan perkuliahan ini menjadi salah satu jalan untuk membuat kedua orang tua dan keluarga bahagia. Semoga ibu sehat selalu serta panjang umur sampai akhir nanti.
2. Kakak-kakak saya Agus Junaidi, Ari Ernawati, dan Amas Dirga Mardika. Terimakasih atas doa, dukungan, serta nafkah yang telah diberikan. Penulis merasa bersyukur memiliki figur kakak seperti kalian. Semoga kalian selalu diberi keselamatan serta rezeki yang berlimpah.
3. Ibu Dr. Willis Diana, S.T., M.T., yang telah membimbing dan memberikan ilmunya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan. Serta Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah mengajarkan berbagai ilmu yang bermanfaat.
4. Rekan Teknik Sipil khususnya teman-teman Geopolimer yang telah berjuang bersama dalam menuntaskan kuliah serta menciptakan kerja sama yang baik dalam menjalankan proses penelitian
5. Diri sendiri, terimakasih telah kuat, sabar, serta berusaha keras sejauh ini sampai dapat menyelesaikan kuliah dengan semaksimal mungkin. Semoga kedepannya bisa menjadi pribadi yang lebih baik lagi.

## 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 mengkaji nilai kuat tekan bebas tanah lanau dengan stabilisasi geopolimer.

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 Program 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.

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, 9 Juli 2024

  
Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN .....	xv
DAFTAR ISTILAH .....	xvi
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.....	8
2.2.1 Uji Kuat Tekan Bebas .....	8
2.2.2 Modulus Elastisitas (E) .....	10
2.2.3 Brittleness Index (IB) .....	11
2.2.4 Alkali Aktivator.....	12
BAB III. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Bahan atau Material .....	13
3.2 Alat.....	16
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
3.4 Tahapan Penelitian .....	19
3.5 Analisis Data .....	25

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	26
4.1 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas.....	26
4.2 Pengaruh Waktu dan Suhu Pemeraman pada Tanah Lanau yang telah Distabilisasi Geopolimer terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas	29
4.2.1 Pengaruh Waktu Pemeraman terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas .....	29
4.2.2 Pengaruh Suhu Pemeraman Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas .....	30
4.3 Pengaruh Rasio Alkali Aktivator Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas, <i>Brittleness Index</i> , dan Modulus Elastisitas .....	32
4.3.1 Pengaruh Rasio Alkali Aktivator Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas .....	32
4.3.2 Pengaruh Rasio Alkali Aktivator Terhadap Nilai <i>Brittleness Index</i> .....	33
4.3.3 Pengaruh Rasio Alkali Aktivator Terhadap Nilai Modulus Elastisitas .....	35
4.4 Pengaruh Konsentrasi Molaritas Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas, <i>Brittleness Index</i> , dan Modulus Elastisitas .....	36
4.4.1 Pengaruh Konsentrasi Molaritas Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas .....	36
4.4.2 Pengaruh Konsentrasi Molaritas Terhadap Nilai <i>Brittleness Index</i> .....	37
4.4.3 Pengaruh Konsentrasi Molaritas Terhadap Nilai Modulus Elastisitas .....	38
BAB V <u>KESIMPULAN</u> DAN SARAN.....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Geoteknik Tanah (Adora, 2020).....	14
Tabel 3.2 <i>Mix Design</i> Benda Uji.....	22
Tabel 4.1 Hasil pengujian kuat tekan bebas seluruh variasi benda uji.....	26
Tabel 4.2 Hasil pengujian <i>brittleness index</i> seluruh variasi benda uji .....	27
Tabel 4.3 Hasil pengujian modulus elastisitas seluruh variasi benda uji.....	28



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan tegangan-regangan (Duncan & Bursey, 2013) .....	11
Gambar 2.2	Hubungan tegangan dan regangan .....	11
Gambar 2.3	Bentuk ikatan alkali aktivator dan <i>fly ash</i> (Fernandez-Jimenz dan Palomo, 2005) .....	12
Gambar 3.1	Bongkahan tanah lanau .....	13
Gambar 3.2	Tanah lanau lolos ayakan saringan No.40 .....	13
Gambar 3.3	Grafik plastisitas untuk klasifikasi tanah USCS (Das dan Soban, 2016) .....	14
Gambar 3.4	Alkali aktivator (a) Natrium Hidroksida dan (b) Natrium Silikat	15
Gambar 3.5	Abu terbang atau <i>fly ash</i> tipe F .....	15
Gambar 3.6	Air destilasi .....	16
Gambar 3.7	Wadah dan pengaduk plastik .....	16
Gambar 3.8	Oven .....	16
Gambar 3.9	Kaliper .....	17
Gambar 3.10	Timbangan .....	17
Gambar 3.11	Saringan (a) Saringan No.40 dan (b) Saringan No.200 .....	17
Gambar 3.12	Cetakan benda uji .....	18
Gambar 3.13	Unit alat tekan bebas (a) Mesin UCS (b) Komputer .....	19
Gambar 3.14	<i>Flowchart</i> alur penelitian .....	20
Gambar 3.15	Benda Uji .....	23
Gambar 3.16	Keruntuhan benda uji .....	24
Gambar 3.17	Benda uji setelah diuji kadar air .....	25
Gambar 4.1	Pengaruh waktu pemeraman terhadap nilai kuat tekan bebas pada suhu 50°C dengan rasio alkali aktivator 1 .....	29
Gambar 4.2	Pengaruh suhu terhadap nilai kuat tekan bebas pada waktu pemeraman 7 hari dengan konsentrasi molaritas 12M .....	31
Gambar 4.3	Pengaruh rasio alkali aktivator terhadap nilai kuat tekan bebas pada waktu pemeraman 7 hari dengan suhu 50°C .....	32
Gambar 4.4	Pengaruh rasio alkali aktivator terhadap nilai <i>brittleness index</i> pada suhu 50°C dengan waktu pemeraman selama 7 hari .....	34
Gambar 4.5	Pengaruh rasio alkali aktivator terhadap nilai modulus elastisitas pada suhu 50 °C dengan waktu pemeraman selama 7 hari .....	35
Gambar 4.6	Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap nilai kuat tekan bebas pada waktu pemeraman 7 hari dengan suhu 50°C .....	36

Gambar 4.7	Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap nilai <i>brittleness index</i> pada suhu 50 °C dengan waktu pemeraman selama 7 hari .....	37
Gambar 4.8	Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap nilai modulus elastisitas pada suhu 50 °C dengan waktu pemeraman selama 7 hari .....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan <i>Mix Design</i> Benda Uji .....	47
Lampiran 2. Hasil Analisis Kuat Tekan Bebas .....	51

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
A	[L <sup>2</sup> ]	Luas permukaan benda uji ketika pembebanan
A <sub>0</sub>	[L <sup>2</sup> ]	Luas permukaan awal
E	[M][L][T]	Modulus elastisitas
G <sub>s</sub>	[M][L][T]	Berat jenis
H <sub>0</sub>	[L]	Tinggi awal benda uji
ΔH	[L]	Perubahan tinggi benda uji
I <sub>B</sub>	[-]	<i>Brittleness index</i> (indeks kegetasan)
P	[M][L][T]	Pembebanan aksial
q <sub>u</sub>	[M][L][T]	Tegangan maksimum
q <sub>r</sub>	[M][L][T]	Tegangan residu
σ	[M][L][T]	Tegangan geser
ε	[%]	Regangan aksial

## DAFTAR SINGKATAN

ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
AASHTO	: <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Alumunium Oksida
AlO <sub>4</sub>	: Aluminium Hidroksida
CaO	: Kalsium Hidroksida
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Besi Oksida
KOH	: Kalium Hidroksida
K <sub>2</sub> O	: Kalium Oksida
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	: Kalium Silikat
LL	: <i>Liquid Limit</i>
M	: Molar
MDD	: <i>Maximum Dry Density</i>
MgO	: Magnesium Oksida
NaOH	: Natrium Hidroksida
Na <sub>2</sub> O	: Natrium Oksida
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	: Natrium Silikat
OMC	: <i>Optimum Moisture Content</i>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	: Difosfor Pentaoksida
PL	: <i>Plastic Limit</i>
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PI	: Plastisitas Indeks
SiO <sub>2</sub>	: Silikon Dioksida
SiO <sub>4</sub>	: Silikon Tetraoksida
TiO <sub>2</sub>	: Titanium Dioksida
UCS	: <i>Unconfined Compressive Strength</i>
USCS	: <i>Unified Soil Classification System</i>

## DAFTAR ISTILAH

1. Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compressive Strength*)  
Kuat tekan bebas adalah metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui berapa besar tekanan aksial yang terjadi hingga benda uji mengalami keruntuhan dan mengetahui regangan aksial yang diterima.
2. Indeks Kegetasan (*Brittleness Index*)  
Indeks kegetasan adalah kemampuan suatu bahan dalam menerima beban hingga benda tersebut mengalami kegagalan akibat lepasnya ikatan antar partikel
3. Modulus Elastisitas  
Modulus elastisitas adalah rasio perbandingan antara tegangan yang diberikan pada suatu bahan terhadap regangan yang dihasilkan.
4. Geopolimer  
Geopolimer adalah senyawa anorganik dari sintesis bahan yang kaya alumina dan silika biasanya disebut prekursor dengan larutan alkali aktivator melalui proses geopolimerisasi.
5. Prekursor  
Prekursor adalah bahan yang didalamnya terkandung suatu senyawa yang berpartisipasi dalam reaksi kimia untuk menghasilkan senyawa lain.
6. Alkali Aktivator  
Alkali aktivator adalah larutan yang digunakan untuk menciptakan reaksi suatu senyawa.
7. Geopolimerisasi  
Geopolimerisasi adalah proses kompleks reaksi kimia dari suatu senyawa. Dalam konteks ini, geopolimerisasi terjadi akibat reaksi antara prekursor dengan larutan alkali aktivator.
8. Polimerisasi

Polimerisasi adalah proses reaksi monomer untuk membentuk jaringan tiga dimensi atau rantai polimer.

9. Monomer

Monomer adalah mikromolekul yang dapat diikat untuk membentuk struktur yang lebih besar.

10. Oligomer

Oligomer adalah makromolekul yang terbentuk dari unit monomer yang berulang dengan jumlah terbatas.

11. Polimer

Polimer adalah makromolekul yang terbentuk dari unit monomer yang berulang dengan jumlah tak terbatas.

12. Difusi

Difusi adalah proses berpindahnya suatu unsur dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.

13. Pozzolan

Pozzolan adalah bahan yang memiliki kandungan silika dan alumina yang rekatif. Bahan ini apabila ditambahkan dengan suatu senyawa akan mengalami reaksi dengan kalsium hidroksida membentuk suatu senyawa baru yang memiliki sifat seperti semen.