

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS LERENG TUMPUKAN GYPSUM
MENGUNAKAN METODE HITUNGAN MANUAL
(*FELLENIOUS*)**



Oleh
ARADHANA AFIF TAQWANTO
2022050001

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GRESIK
2026

**ANALISIS STABILITAS LERENG TUMPUKAN GYPSUM
MENGUNAKAN METODE HITUNGAN MANUAL
(*FELLENIOUS*)**

TUGAS AKHIR

**Disusun guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
Pada Fakultas Teknik Universitas Gresik**



**Oleh
ARADHANA AFIF TAQWANTO
2022050001**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GRESIK
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Analisis Stabilitas Lereng Tumpukan Gypsum
Menggunakan Metode Hitungan Manual (*Fellenius*)

Penyusun : Aradhana Afif Taqwanto

NIM : 2022050001

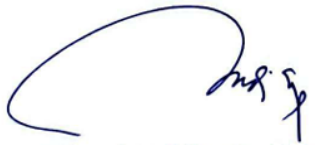
Pembimbing I : Akhmad Andi Saputra, S.T., M.T.

Pembimbing II : Ikhtisholiyah, S.Si., M.Si.

Tanggal Ujian : 30 Juni 2026

Disetujui Oleh

Pembimbing I



Akhmad Andi Saputra, S.T., M.T.

NIPY.107102020160127

Pembimbing II

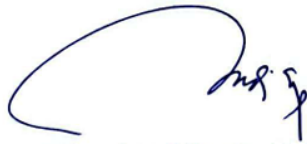


Ikhtisholiyah, S.Si., M.Si

NIPY.107102020150100

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Akhmad Andi Saputra, S.T., M.T.

NIPY.107102020160127

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Judul Tugas Akhir : Analisis Stabilitas Lereng
Tumpukan Gypsum
Menggunakan Metode Hitungan
Manual (*Fellenius*)
Penyusun : Aradhana Afif Taqwanto
NIM : 2022050001
Telah diuji hadapkan tim penguji pada : 30 Juni 2026
tanggal

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GRESIK 2026

TIM PENGUJI

1. Nazilatus Sa'idah, S.T., M.T
NIPY. 10710202022191
Ketua Penguji

:

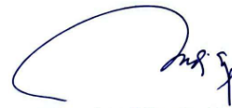
:

1.



2. Akhmad Andi Saputra, S.T., M.T.
NIPY. 107102020160127
Anggota Penguji I

: 2.



3. Dandy Nugroho, S.T., M.Si
NIPY. 107102020150099
Anggota Penguji II

:

3.



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Ikhtisholiah, S.Si., M.Si
NIPY.107102020150100

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aradhana Afif Taqwanto
NIM : 2022050001
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1
Judul Tugas Akhir : Analisis Stabilitas Lereng Tumpukan Gypsum
Menggunakan Metode Hitungan Manual (*Fellenius*)

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah tugas akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan unsur – unsur plagiasi saya bersedia tugas akhir ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh DIBATALKAN, serta diproses sesuai peraturan perundang – undangan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya tanpa ada paksaan dari pihakmanapun.

Gresik, Juli 2026

Yang Menyatakan



Aradhana Afif Taqwanto

NIM. 2022050001

ABSTRAK

Perkembangan industri petrokimia menghasilkan produk samping berupa gypsum yang umumnya disimpan dalam bentuk tumpukan (*stockpile*) di area terbuka. Seiring bertambahnya volume dan tinggi tumpukan, gypsum membentuk lereng buatan yang berpotensi mengalami ketidakstabilan, terutama akibat kemiringan yang curam serta pengaruh kelembaban yang dapat menurunkan kekuatan geser material. Ketidakstabilan lereng tumpukan gypsum dapat menimbulkan risiko longsor yang berdampak pada keselamatan kerja dan lingkungan industri, sehingga diperlukan evaluasi teknis terhadap stabilitas lereng sebagai upaya mitigasi risiko. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng tumpukan gypsum pada area industri PT X menggunakan metode *fellenius* sebagai analisis awal kestabilan lereng. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan pendekatan *mix method* (deskriptif kuantitatif). Analisis stabilitas dilakukan dengan menghitung faktor keamanan lereng berdasarkan asumsi bidang gelincir berbentuk busur lingkaran sesuai dengan prinsip metode *fellenius*. Dari hasil analisis metode *fellenius* menghasilkan $FK = 1,98$ menunjukkan bahwa stabilitas lereng tumpukan gypsum pada area industri PT. X dalam kondisi yang stabil.

Kata kunci: Faktor Keamanan, Gypsum, Keselamatan Kerja, Metode *Fellenius*, Stabilitas Lereng

ABSTRACT

The development of the petrochemical industry generates gypsum as a by-product, which is commonly stored in stockpiles in open areas. As the volume and height of the stockpile increase, the gypsum forms artificial slopes that may become unstable, particularly due to steep slope angles and the influence of moisture, which can reduce the shear strength of the material. The instability of gypsum stockpile slopes may lead to landslides that pose risks to occupational safety and the industrial environment. Therefore, a technical evaluation of slope stability is required as a risk mitigation measure. This study aims to analyze the stability of gypsum stockpile slopes at PT X using the Fellenius method as a preliminary slope stability assessment. The research employed a mixed-method approach with a descriptive quantitative design. Slope stability analysis was conducted by calculating the slope safety factor based on the assumption of a circular slip surface in accordance with the principles of the Fellenius method. The results of the analysis showed that the calculated safety factor (SF) was 1.98, indicating that the gypsum stockpile slope at PT X is in a stable condition. These findings suggest that the existing slope geometry and geotechnical properties of the gypsum material provide sufficient resistance against slope failure and can serve as a basis for maintaining safe stockpile management practices.

Keyword: *factor of safety, fellenius method, gypsum, occupational safety, slope stability*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI ATAU SIMBOL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	i
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.4.1 Manfaat bagi Mahasiswa.....	4
1.4.2 Manfaat bagi Perguruan Tinggi	5
1.4.3 Manfaat bagi Perusahaan	5
1.4.4 Manfaat bagi Peneliti Selanjutnya	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Sistematika Penelitian	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Gypsum	9
2.1.1 Definisi Gypsum dan <i>Phosphogypsum</i>	9
2.1.2 Sifat Fisik dan Mekanik Gypsum / <i>Phosphogypsum</i>	10
2.1.3 Perilaku Gypsum di Lingkungan Industri	10
2.2. Lereng, Tumpukan Buatan, Stabilitas Lereng dan Keselamatan Kerja..	11
2.2.1 Lereng Buatan dan <i>Stockpile</i> Industri	11
2.2.2 Faktor yang Memengaruhi Stabilitas Lereng.....	12
2.2.3 Risiko K3 pada Area <i>Stockpile</i> Gypsum.....	13
2.3. Stabilitas Lereng.....	13
2.4. Metode Fellenius	15
2.5. Studi Empiris Terkait Gypsum dan Stabilitas Lereng.....	17
2.5.1 Studi Kasus <i>Phosphogypsum Stockpile</i> (Skala Internasional)	17

2.4.1	Studi pada Timbunan <i>Waste</i> di Indonesia.....	17
2.4.2	Studi Stabilisasi Tanah dengan Limbah Gypsum di Indonesia.....	18
2.6.	Implikasi Konstruksi dan K3 pada Tumpukan Gypsum	19
2.7.	Penelitian Terdahulu dan Relevansi Penelitian	20
2.8.	Hipotesis Penelitian	24
2.8.1	Hipotesis Umum	24
2.8.2	Hipotesis Khusus.....	25
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		26
3.1	Rancangan Penelitian	26
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	26
3.3	Bahan, Peralatan, dan Instrumen Penelitian	26
3.3.1	Bahan Penelitian.....	26
3.3.2	Alat dan Perangkat Lunak.....	27
3.3.3	Instrumen Penelitian.....	27
3.4	Teknik Pengumpulan Data	27
3.5	Teknik Analisis Data	28
3.5.1	Analisis Karakteristik Geometri dan Sifat Mekanik Tumpukan Gypsum	28
3.5.2	Analisis Nilai Faktor Keamanan (FK) Tumpukan Gypsum	29
3.5.3	Analisis Hasil Evaluasi Nilai FK dengan Penelitian Terdahulu	29
3.6	<i>Flowchart</i> Penelitian	30
3.7	Jadwal Kerja Penelitian dan Penyusunan Tugas Akhir	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Hasil Penelitian.....	33
4.1.1	Karakteristik Geometri Lereng	33
4.1.2	<i>Circular Slip</i>	34
4.1.3	Parameter Material	34
4.1.4	Pembagian <i>Slice</i> Metode Fellenius	35
4.1.5	Faktor Keamanan (FK)	40
4.1.6	Evaluasi Hasil Penelitian dengan Studi Empiris.....	41
4.2	Pembahasan	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Instensitas Longsor ...	15
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu dan Relevansi Penelitian.....	20
Tabel 3. 1 Jadwal Kerja Penelitian.....	31
Tabel 4.1 Data Geometri Lereng.....	34
Tabel 4.2 Parameter Geoteknik Material Gypsum.....	35
Tabel 4.3 Pembagian <i>Slice</i>	36
Tabel 4. 4 Hasil Sudut Dasar Pada Setiap <i>Slice</i>	38
Tabel 4. 5 Perhitungan Parameter Metode Fellenius	39
Tabel 4.6 Evaluasi Hasil Penelitian dengan Studi Empiris.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya Pada Metode Fellenius.....	16
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Penampang Lereng <i>Stockpile</i> Gypsum (Tampak Depan)	33
Gambar 4.2 Pembagian <i>Slice</i> dengan Metode Fellenius.....	37

DAFTAR NOTASI ATAU SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
FS atau FK	Faktor Keamanan (<i>Factor of Safety</i>)	-
c	Kohesi material	kN/m ²
ϕ	Sudut geser dalam material	°
γ	Berat volume material	kN/m ³
W_i	Berat irisan (<i>slice</i>) ke-i	kN
A_i	Luas irisan (<i>slice</i>) ke-i	m ²
b_i	Lebar irisan (<i>slice</i>) ke-i	m
L_i	Panjang dasar irisan ke-i	m
α_i	Sudut dasar irisan ke-i	°
N_i	Gaya normal pada dasar irisan ke-i	kN
T_i	Gaya geser penggerak pada dasar irisan ke-i	kN
R	Jari-jari bidang gelincir lingkaran	m
O	Titik pusat lingkaran bidang gelincir	-
X_i	Koordinat horizontal titik tengah dasar irisan ke-i	m
X_c	Koordinat horizontal pusat lingkaran longsor	m
Σ	Simbol penjumlahan seluruh irisan	-
H	Tinggi lereng	m
β	Sudut kemiringan lereng	°
x	Jarak horizontal	m
y	Jarak vertikal	m
n	Jumlah irisan (<i>slice</i>)	-
γA_i	Berat irisan hasil perkalian berat volume dan luas irisan	kN

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan Data dan Observasi Lapangan	54
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Manual Metode Fellenius (<i>Microsoft Excel</i>)	55