

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS KEMIRINGAN TUMPUKAN
MATERIAL BELERANG OPEN STORAGE PT.XXX
MENGUNAKAN METODE NATURAL ANGLE
OF REPOSE**



Oleh

RIZQI DIMAS ALFAIZ
2022050003

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GRESIK
2026

**ANALISIS KEMIRINGAN TUMPUKAN MATERIAL
BELERANG AREA OPEN STORAGE PT.XXX
MENGUNAKAN METODE NATURAL
ANGLE OF REPOSE**

TUGAS AKHIR

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



Oleh

RIZQI DIMAS ALFAIZ

2022050003

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

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Analisis Kemiringan Tumpukan Material Belerang
di Area *Open Storage* PT. XXX Menggunakan
Metode Natural Of Repose

Penyusun : Rizqi Dimas Alfaiz

NIM : 2022050003

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

Pembimbing II : Bana Evardius, S.T., M.T.

Tanggal Ujian : 30 Juni 2026

Disetujui Oleh

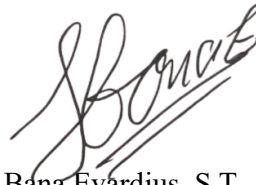
Pembimbing I

Pembimbing II



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

NIPY.107102020160127



Bana Evardius, S.T., M.T.

NIPY.107102020150101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

NIPY.107102020160127

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Judul Tugas Akhir : Analisis Kemiringan Tumpukan
Material Belerang di Area *Open*
Storage PT. XXX Menggunakan
Metode Natural Of Repose

Penyusun : Rizqi Dimas Alfaiz
NIM : 2022050003

Telah diuji hadapkan tim penguji pada : 30 Juni 2026
tanggal

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GRESIK 2026

TIM PENGUJI :

1. Eddy Priyanto, S.T., M.T. : 1. 
NIPY. 107102020120069
Ketua Penguji
2. Hasti Supriyatin, S.T., M.T. : 2. 
NIPY. 10710202022180
Anggota Penguji I
3. Ikhtisholiyah, S.Si., M.Si : 3. 
NIPY. 107102020150100
Anggota Penguji II

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Ikhtisholiyah, S.Si., M.Si
NIPY.107102020150100

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizqi Dimas Alfaiz
NIM : 2022050003
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis kemiringan tumpukan material belerang di area
open storage PT. XXX menggunakan metode *natural
angle of repose*

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



Rizqi Dimas Alfaiz

NIM. 2022050003

**ANALISIS KEMIRINGAN TUMPUKAN MATERIAL
BELERANG DI AREA *OPEN STORAGE* PT. XX
MENGUNAKAN METODE *NATURAL
ANGLE OF REPOSE***

Nama Mahasiswa : Rizqi Dimas Alfaiz

Dosen Pembimbing 1 : Akhmad Andi Saputra, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing 2 : Bana Evardius, S.T., M.T.

ABSTRAK

Penyimpanan material belerang dalam bentuk timbunan di area *open storage* berpotensi menyebabkan masalah stabilitas lereng yang dapat memengaruhi keselamatan kerja dan keberlangsungan operasional. Salah satu parameter penting dalam mengevaluasi stabilitas timbunan material granular adalah sudut kemiringan alami (*natural angle of repose*), yang mewakili sudut kemiringan alami maksimum yang terbentuk tanpa menyebabkan kegagalan material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemiringan aktual timbunan belerang di area penyimpanan terbuka PT. XXX dan mengevaluasi stabilitasnya menggunakan metode sudut kemiringan alami. Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif deskriptif dengan pengukuran langsung geometri timbunan di lapangan, termasuk tinggi timbunan dan jari-jari dasar. Sudut kemiringan aktual timbunan dihitung menggunakan pendekatan trigonometri dan dibandingkan dengan sudut kemiringan alami sebagai ambang batas stabilitas alami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut kemiringan aktual timbunan belerang bervariasi di antara timbunan yang berbeda, dipengaruhi oleh karakteristik fisik material, metode penimbunan, dan kondisi lingkungan di area penyimpanan terbuka. Beberapa timbunan diklasifikasikan sebagai stabil, sementara yang lain menunjukkan sudut kemiringan yang mendekati atau melebihi sudut kemiringan alami, yang mengindikasikan potensi ketidakstabilan. Studi ini menyimpulkan bahwa pengendalian sudut kemiringan timbunan belerang sangat penting untuk menjaga stabilitas dan keamanan di area penyimpanan terbuka. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk mengembangkan rekomendasi teknis guna pengelolaan timbunan belerang yang lebih aman dan efektif sesuai dengan karakteristik fisik material tersebut.

Kata kunci : *natural angle of repose*, sudut kemiringan aktual, timbunan belerang

**ANALISIS KEMIRINGAN TUMPUKAN MATERIAL
BELERANG DI AREA *OPEN STORAGE* PT. XX
MENGUNAKAN METODE *NATURAL
ANGLE OF REPOSE***

Nama Mahasiswa : Rizqi Dimas Alfaiz

Dosen Pembimbing 1 : Akhmad Andi Saputra, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing 2 : Bana Evardius, S.T., M.T.

ABSTRACT

The storage of sulfur material in the form of stockpiles in open storage areas has the potential to cause slope stability problems that may affect occupational safety and operational continuity. One of the important parameters in evaluating the stability of granular material piles is the natural angle of repose, which represents the maximum natural slope angle formed without causing material failure. This study aims to analyze the actual slope of sulfur stockpiles in the open storage area of PT. XXX and to evaluate their stability using the natural angle of repose method. This research adopts a descriptive quantitative approach with direct field measurements of stockpile geometry, including pile height and base radius. The actual slope angle of the stockpiles is calculated using a trigonometric approach and compared with the natural angle of repose as a natural stability threshold. The results show that the actual slope angles of sulfur stockpiles vary among different piles, influenced by the physical characteristics of the material, stockpiling methods, and environmental conditions in the open storage area. Some stockpiles are classified as stable, while others exhibit slope angles approaching or exceeding the natural angle of repose, indicating potential instability. This study concludes that controlling the slope angle of sulfur stockpiles is essential to maintain stability and safety in open storage areas. The findings of this research are expected to serve as a basis for developing technical recommendations for safer and more effective sulfur stockpile management in accordance with the material's physical characteristics.

Keyword : natural angle of repose, sulfur stockpile, the actual slope angle

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI ATAU SIMBOL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1. Sudut Kemiringan dan <i>Angle of Repose</i> Penimbunan Material Curah.....	8
2.2. Pengukuran Sudut Kemiringan Material pada Stockpile di Indonesia.....	9
2.3 Regresi Linear	16
2.4 Hipotesis Penelitian	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Rancangan penelitian	20
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.3 Bahan, Peralatan dan Instrumen Penelitian	21
3.4 Teknik Pengumpulan Data	22
3.5 Teknik Analisis Data	24
3.6 Flowchart Penelitian.....	29
3.7 Jadwal Kerja Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Penelitian.....	32
4.2 Pembahasan	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2.2 Penelitian Terdahulu yang relevan.....	8
Tabel 2.2.2 Klasifikasi Sudut <i>Natural Angle Of Repose</i>	9
Tabel 3.2 Gantt Chart Penelitian.....	14
Tabel 3.3 Peralatan dan Instrumen Penelitian.....	14
Tabel 4.1.6 Dimensi Tumpukan Material Belerang di <i>Open Storage</i> PT. XXX.....	7
Tabel 4.1.8 Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Nilai <i>Natural Angle Of Repose</i>	29
Tabel 4.1.9 Pengaruh Kelembapan Terhadap Nilai <i>Natural Angle Of Repose</i>	29
Tabel 4.2.2 Analisis Nilai <i>Natural Angle Of Repose</i>	32
Tabel 4.2.3 Analisa <i>Factor of Safety</i>	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Natural Angle Of Repose</i>	6
Gambar 3.2 Peta Lokasi	13
Gambar 3.6 Flow Chart.....	18
Gambar 4.1.1 Kondisi Tumpukan Material Belerang.....	23
Gambar 4.1.3 Wheel Loader Untuk Penumpukan Material Belerang	25
Gambar 4.1.4 Gambar 3 Dimensi <i>Open Storage</i>	26
Gambar 4.1.9 Diagram Klasifikasi Sudut <i>Natural Angle Of Repose</i>	39
Gambar 4.1.10 Tabel Hasil Regresi Linear.....	40
Gambar 4.2.2 Diagram Klasifikasi Sudut <i>Natural Angle Of Repose</i>	33

DAFTAR NOTASI ATAU SIMBOL

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1	θ	Sudut kemiringan tumpukan (<i>Natural Angle of Repose</i>)	$^{\circ}$
2	h	Tinggi tumpukan material	m
3	r	Jari-jari alas tumpukan	m
4	d	Diameter alas tumpukan	m
5	FS	Faktor Keamanan (<i>Factor of Safety</i>)	-
6	μm	Ukuran partikel material	μm
7	RH	Kelembapan relatif material (<i>Relative Humidity</i>)	%
8	a	Konstanta regresi (<i>intercept</i>)	-
9	b_1	Koefisien regresi tinggi tumpukan	-
10	b_2	Koefisien regresi jari-jari alas	-
11	b_3	Koefisien regresi kelembapan material	-
12	b_4	Koefisien regresi ukuran partikel	-
13	Tan	Fungsi tangen trigonometri	-
14	Arctan	Fungsi invers tangen	-