

TESIS

**DESAIN GEOMETRI LERENG OPTIMAL PADA RENCANA
PENGGAJIAN ULANG MATERIAL TIMBUNAN
BERDASARKAN PARAMETER GEOTEKNIK
MELALUI PENDEKATAN TINGKAT
PEMADATAN TIMBUNAN**



OLEH:

ALDO MELODI

03042682226011

**BKU TEKNOLOGI BATUBARA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

TESIS

**DESAIN GEOMETRI LERENG OPTIMAL PADA RENCANA
PENGGAJIAN ULANG MATERIAL TIMBUNAN
BERDASARKAN PARAMETER GEOTEKNIK
MELALUI PENDEKATAN TINGKAT
PEMADATAN TIMBUNAN**



OLEH:

ALDO MELODI

03042682226011

Dosen Pembimbing:

- 1. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim M.S.,CP.,IPU., Asean Eng**
- 2. Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D.**

**BKU TEKNOLOGI BATUBARA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN
DESAIN GEOMETRI LERENG OPTIMAL PADA RENCANA
PENGGALIAN ULANG MATERIAL TIMBUNAN
BERDASARKAN PARAMETER GEOTEKNIK
MELALUI PENDEKATAN TINGKAT
PEMADATAN TIMBUNAN

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Magister Teknik Pertambangan pada Program Pascasarjana
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

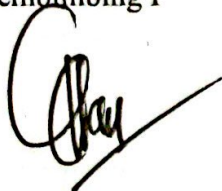
Aldo Melodi

03042682226011

Palembang, Mei 2025

Pembimbing II

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim M.S.,CP.,IPU., Asean Eng
NIP. 196211221991021001



Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D
NIP. 195212101983031003

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502112003121002

HALAMAN PERSETUJUAN

Tesis dengan judul “Desain Geometri Lereng Optimal Pada Rencana Penggalian Ulang Material Timbunan Berdasarkan Parameter Geoteknik Melalui Pendekatan Tingkat Pemadatan Timbunan” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Tesis Fakultas Teknik, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada Tanggal 21 Maret 2025.

Palembang, Sumatera Selatan

Ketua :

Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T

NIP. 195909251988111001



Pembimbing:

1. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN. Eng

NIP. 196211221991021001



2. Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D

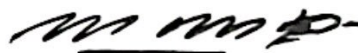
NIP. 195212101983031003



Penguji:

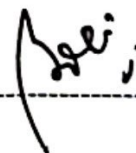
1. Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA

NIDK. 8864000016



2. Budhi Setiawan, S.t., M.T., Ph.D

NIP. 197211121999031002



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502112003121002

Koordinator Program Studi

Magister Teknik Pertambangan



Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T
NIP. 195909251988111001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aldo Melodi
Nim : 03042682226011
Judul : Desain Geometri Lereng Optimal Pada Rencana Penggalian Ulang
Material Timbunan Berdasarkan Parameter Geoteknik Melalui
Pendekatan Tingkat Pemadatan Timbunan

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan dan plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Palembang, Mei 2025



Aldo Melodi
NIM. 03042682226011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tesis ini dapat diselesaikan dengan lancar. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik di Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Judul Tesis ini adalah “Desain Geometri Lereng Optimal Pada Rencana Penggalan Ulang Material Timbunan Berdasarkan Parameter Geoteknik Melalui Pendekatan Tingkat Pemadatan Timbunan”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN. Eng., sebagai Pembimbing Pertama dan Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D., sebagai Pembimbing Kedua. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tesis ini, yaitu:

1. Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T, Koordinator Program Studi Magister Teknik Pertambangan dan Geologi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
4. Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA sebagai Tim Penguji
5. Budhi Setiawan, S.T, M.T, Ph.D sebagai Tim Penguji
6. Seluruh Dosen Pengajar Studi Program Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
7. Seluruh Karyawan Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
8. Orang tua, istri, dan anak penulis yang selalu memberi semangat, motivasi, dan doa
9. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya khususnya angkatan 2022 Kelas Khusus Karyawan PT Bukit Asam, Tbk
10. Semua pihak terkait yang sudah membantu dalam menyelesaikan Tesis ini.

Disadari bahwa dalam penyusunan Tesis ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, diharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak untuk menyempurnakan Tesis ini. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Palembang, Mei 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, positioned above the word 'Penulis'.

Penulis

RINGKASAN

**BKU TEKNOLOGI BATUBARA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis, Maret 2025

Aldo Melodi; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN. Eng., dan Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D.

**DESAIN GEOMETRI LERENG OPTIMAL PADA RENCANA
PENGGAJIAN ULANG MATERIAL TIMBUNAN BERDASARKAN
PARAMETER GEOTEKNIK MELALUI PENDEKATAN TINGKAT
PEMADATAN TIMBUNAN**

xvii + 83 halaman, 43 gambar, 23 tabel, 10 lampiran

RINGKASAN

PT Bukit Asam, Tbk (PTBA) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara. Salah satu area tambang yang berada dalam IUP PTBA adalah Pit X. Pit X merupakan area bekas disposal yang digali kembali karena berdasarkan hasil *feasibility study* oleh Tim Perencanaan PTBA masih ekonomis untuk ditambang sehingga pada tahun 2018 operasi penambangan dimulai lagi di Pit X diawali dengan loading material timbunan lama yang disebut *old dump*. PTBA berusaha memaksimalkan cadangan batubara yang ada di Pit X. Memaksimalkan cadangan batubara dapat dilakukan dengan cara optimalisasi geometri desain lereng. *Material properties* pada material *old dump* ini sebaiknya tidak dianggap sama (homogen) karena terdiri dari berbagai jenis material dan secara *historical* Pit X ditimbun menggunakan *spreader* dari *bucket wheel excavator* yang cenderung akan memiliki tingkat pemadatan yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengolah *material properties* yang akan digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng pada Pit X serta menganalisis geometri lereng *secara overall slope* yang optimal pada Pit X.

Penentuan *material properties* yang akan digunakan untuk analisis kestabilan lereng Pit X dilakukan melalui pembuatan *cross section* dengan mempertimbangkan posisi lubang bor terdekat. Data dari lubang bor diolah dengan pendekatan pembuatan kelas dan interval pada setiap *material properties*. Nilai yang digunakan merupakan nilai tengah dari masing-masing kelas. Khusus untuk *cross section C–C'*, dilakukan analisis lanjutan dengan membuat beberapa model menggunakan kombinasi data lubang bor ABC 13 & ABC 360, ABC 13 & ABC 16, serta ABC 13 & ABC 10. Setiap model dianalisis untuk memperoleh nilai Faktor Keamanan (FK). Model yang menggunakan data lubang bor ABC 13 & ABC 10 dipilih sebagai representasi *material properties* pada *cross section C–C'* karena memiliki nilai FK yang paling mendekati *cross section D–D'*.

Geometri lereng secara *overall slope* yang paling optimal adalah menggunakan tinggi lereng tunggal 6 meter dengan sudut kemiringan 27°

(perbandingan 1:2), dan lebar *bench* 23 meter. Geometri lereng ini diaplikasikan ke semua *cross section* sehingga menghasilkan nilai FK dinamis 1,216 dan FK statis 1,393 pada *cross section* A-A', FK dinamis 1,552 dan FK statis 2,016 pada *cross section* B-B', FK dinamis 1,529 dan FK statis 1,760 pada *cross section* C-C', serta FK dinamis 1,585 dan FK statis 1,827 pada *cross section* D-D' dan dianggap aman. FK ini dihasilkan dengan kondisi muka air tanah tertinggi tepat saat hujan reda dengan curah hujan 110,08 mm dan durasi hujan 4,18 jam.

Kata Kunci: *Optimalisasi, geometri lereng, old dump, material properties, dan faktor keamanan lereng.*

Palembang, Mei 2025

Pembimbing I



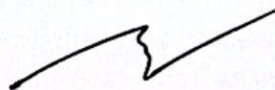
Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim M.S., CP., IPU., Asean Eng
NIP. 196211221991021001

Pembimbing II



Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D
NIP. 195212101983031003

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Magister Teknik Pertambangan
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T
NIP. 195909251988111001

SUMMARY

**COAL TECHNOLOGY
MINING ENGINEERING PROGRAM
POSTGRADUATE FACULTY OF ENGINEERING
SRIJAYA UNNIVERSITY**

Scientific Paper in the form of a Thesis, March 2025

Aldo Melodi; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN. Eng., dan Ir. H. Syamsul Komar, M.Sc., Ph.D.

**OPTIMAL SLOPE GEOMETRY DESIGN FOR THE RE-EXCAVATION
PLAN OF DUMPED MATERIAL BASED ON GEOTECHNICAL
PARAMETERS THROUGH A COMPACTION LEVEL APPROACH**

xvii + 83 pages, 43 figures, 23 tables, 10 appendices

SUMMARY

PT Bukit Asam, Tbk (PTBA) is one of the companies engaged in coal mining. One of the mining areas within PTBA's IUP is Pit X. Pit X is a former disposal area that was re-excavated because, based on the feasibility study by the PTBA Planning Team, it is still economically feasible to be mined, so in 2018 mining operations began again in Pit X starting with the loading of old dumped material called the old dump.. PTBA strives to maximize the coal reserves in Pit X. Maximizing coal reserves can be done by optimizing the slope design geometry. The material properties in this old dump material should not be considered the same (homogeneous) because it consists of various types of material and historically, Pit X was backfilled using a spreader from a bucket wheel excavator which tends to result in different levels of compaction.

This study aims to analyze and process the material properties that will be used in analyzing slope stability in Pit X as well as analyzing the optimal overall slope geometry in Pit X..

The determination of material properties used for the slope stability analysis of Pit X was carried out by creating cross sections that considered the locations of the nearest boreholes. Data from the boreholes were processed using a classification and interval approach for each material property. The values used were the midpoints of each class. Specifically for cross section C–C', further analysis was conducted by creating several models using combinations of data from boreholes ABC 13 & ABC 360, ABC 13 & ABC 16, and ABC 13 & ABC 10. Each model was analyzed to obtain the Factor of Safety (FoS) value. The model using data from boreholes ABC 13 & ABC 10 was selected to represent the material properties for cross section C–C' because it produced a FoS value that most closely matched that of cross section D–D'.

The most optimal overall slope geometry uses a single slope height of 6 meters with a 27° angle (slope ratio 1:2) and a bench width of 23 meters. This slope geometry is applied to all cross sections, resulting in a dynamic Factor of Safety

(FoS) of 1.216 and a static FoS of 1.393 on cross section A-A', a dynamic FoS of 1.552 and a static FoS of 2.016 on cross section B-B', a dynamic FoS of 1.529 and a static FoS of 1.760 on cross section C-C', and a dynamic FoS of 1.585 and a static FoS of 1.827 on cross section D-D'. These values are considered safe. The Factors of Safety were calculated under the condition of the highest groundwater level, which occurs immediately after rainfall with a rainfall intensity of 110.08 mm and a duration of 4.18 hours.

Keywords: Optimization, slope geometry, old dump, material properties, and slope safety factor.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Karakteristik Material Tanah.....	4
2.2. <i>Waste dump</i>	6
2.3. Lereng dan Longsoran	8
2.4. Faktor Penyebab dan Pemicu Terjadinya Longsoran	9
2.5. Klasifikasi Longsoran Pada Lereng Tambang	10
2.6. Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng	12
2.7. Penentuan Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan.....	19
2.7.1. Penentuan Sifat Fisik Batuan.....	19
2.7.2. Penentuan Sifat Mekanik Batuan	20
2.8. Faktor Keamanan Lereng (<i>Safety Faktor</i>).....	23
2.9. Metode Analisis Kestabilan Lereng	25
2.9.1. Metode Keseimbangan Batas (<i>Limit Equilibrium</i>).....	25
2.9.2. Metode Analisis Probabilitas Kelongsoran.....	27
2.10. Metode Van Genuchten.....	31
2.11. State Of The Art	33

BAB III METODE PENELITIAN.....	35
3.1. Jenis Penelitian.....	35
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	35
3.3. Observasi dan Pengumpulan Data	36
3.4. Tahap Pengolahan dan Analisis Data	37
3.4.1. Analisis dan Pengolahan Data <i>Material Properties</i>	37
3.4.2. Menentukan Muka Air Tanah.....	38
3.4.3. Desain dan Analisis Geometri Lereng Secara <i>Overall Slope</i>	39
3.5. Bagan Alir Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1. Menentukan <i>Material Properties</i> Yang Akan Digunakan dalam Menganalisis Menganalisis Kestabilan Lereng pada Pit X	43
4.1.1. Penentuan <i>Cross Section</i>	43
4.1.2. Pengolahan <i>Material Properties</i>	44
4.1.3. Analisis <i>Material Properties</i> pada <i>Cross Section C-C'</i>	55
4.2. Geometri Lereng Secara <i>Overall Slope</i> yang Optimal Pada Pit X.....	58
4.2.1. Analisis Muka Air Tanah Pada Lereng.....	59
4.2.2. Analisis Kestabilan Lereng	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
5.1. Kesimpulan	76
5.2. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Sifat-sifat tanah.....	5
Gambar 2.2.	<i>USDA triangle soil textural classification model</i>	6
Gambar 2.3.	Metode penimbunan <i>Spreader Deep Dump</i>	7
Gambar 2.4.	Metode Penimbunan <i>Spreader High Dump</i>	7
Gambar 2.5.	Jenis-jenis Longsoran	8
Gambar 2.6.	Skema longsoran busur	10
Gambar 2.7.	Skema longsoran bidang	11
Gambar 2.8.	Skema longsoran baji	12
Gambar 2.9.	Skema longsoran guling	12
Gambar 2.10.	<i>Pore water pressure head</i> dari <i>phreatic surface</i>	14
Gambar 2.11.	Level air tanah pada lereng tambang.....	15
Gambar 2.12.	Geometri lereng pada tambang terbuka.....	18
Gambar 2.13.	(A) Deformasi pada batuan hasil uji UCS dan (B) pola <i>failure</i> pada berbagai dimensi contoh batuan.....	21
Gambar 2.14.	Grafik Lingkaran Mohr-Coulomb dalam Pengujian Triaksial.....	23
Gambar 2.15.	Gaya-gaya yang bekerja pada lereng sederhana.....	24
Gambar 2.16.	Gaya-gaya yang bekerja pada bidang kelongsoran Metode Morgenstern-Price	27
Gambar 2.17	Konsep probabilitas kelongsoran	29
Gambar 2.18	Tipe SWCC dan spesifikasinya pada fase basah dan kering	33
Gambar 2.19	State of The Art	34
Gambar 3.1.	Peta kesampaian daerah.....	35
Gambar 3.2.	Bagan alir metode penelitian	42
Gambar 4.1.	Posisi Lubang Bor Pit X.....	43
Gambar 4.2.	<i>Cross section</i>	44
Gambar 4.3.	Desan lereng optimal <i>cross section D-D'</i>	56
Gambar 4.4	Desain lereng 1:1,5 <i>cross section C-C'</i> dengan menggunakan data bor ABC 13 dan ABC 10	57
Gambar 4.5.	Desain lereng 1:1,5 <i>cross section C-C'</i> dengan menggunakan data bor ABC 13 dan ABC 16	57
Gambar 4.6.	Desain lereng 1:1,5 <i>cross section C-C'</i> dengan menggunakan data bor ABC 13 dan ABC 360	58
Gambar 4.7.	Peta titik sumur pantau muka air tanah pada daerah penelitian	60
Gambar 4.8.	Grafik intensitas hujan tertinggi pada bulan Desember	60
Gambar 4.9.	Kondisi muka air tanah awal penampang B-B' sebelum turun hujan.....	61
Gambar 4.10.	Kondisi pergerakan fluida pada lereng penampang B-B' ...	62

Gambar 4.11.	Kondisi muka air tanah setelah turun hujan selama 3 jam pada penampang B-B'	62
Gambar 4.12.	Kondisi muka air tanah setelah turun hujan selama 4,18 jam pada penampang B-B'	63
Gambar 4.13.	Desain geometri lereng penampang A-A' menggunakan satu jenis litologi dengan dimensi lereng tunggal 1:2 dan bench 23 meter	67
Gambar 4.14.	<i>Probability Distribution Function</i> penampang A-A' menggunakan satu jenis litologi dengan dimensi lereng tunggal 1:2 dan bench 23 meter	67
Gambar 4.15.	Desain lereng pada penampang A-A' dengan dimensi <i>single slope</i> 1:2 dan bench 23 meter dengan FK dinamis 1,216....	70
Gambar 4.16.	Desain lereng pada penampang A-A' dengan dimensi <i>single slope</i> 1:2 dan bench 23 meter dengan FK statis 1,393	70
Gambar 4.17.	Desain lereng pada penampang B-B' dengan dimensi <i>single slope</i> 1:2 dan bench 23 meter dengan FK dinamis 1,552....	71
Gambar 4.18.	Desain lereng pada penampang B-B' dengan dimensi <i>single slope</i> 1:2 dan bench 23 meter dengan FK statis 2,016	72
Gambar 4.19.	Desain lereng pada penampang C-C' dengan dimensi <i>single slope</i> 1:2 dan bench 23 meter dengan FK dinamis 1,529....	73
Gambar 4.20.	Desain lereng pada penampang C-C' dengan dimensi <i>single slope</i> 1:2 dan bench 23 meter dengan FK statis 1,760	73
Gambar 4.21.	Desain lereng pada penampang D-D' dengan dimensi <i>single slope</i> 1:2 dan bench 23 meter dengan FK dinamis 1,585....	74
Gambar 4.22.	Desain lereng pada penampang D-D' dengan dimensi <i>single slope</i> 1:2 dan bench 23 meter dengan FK sttis 1,827	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Jenis tanah dan perbedaannya.....	4
Tabel 2.2.	Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran berdasarkan KEPMEN No. 1827 K/30/MEM/2018.....	25
Tabel 3.1.	Uraian Jadwal Kegiatan Penelitian.....	36
Tabel 4.1.	Data lubang bor ABC 09 & ABC 21	46
Tabel 4.2.	Penentuan panjang kelas pada masing-masing <i>material properties</i>	47
Tabel 4.3.	Penentuan nilai tengah masing-masing kelas pada <i>Unit Weight</i> material	47
Tabel 4.4.	Penentuan nilai tengah masing-masing kelas pada <i>Porosity</i> material	48
Tabel 4.5.	Penentuan nilai tengah masing-masing kelas pada <i>Permeability</i> material.....	48
Tabel 4.6.	Penentuan nilai tengah masing-masing kelas pada kohesi material	48
Tabel 4.7.	Penentuan nilai tengah masing-masing kelas pada <i>Friction Angle</i> material	48
Tabel 4.8.	Material properties berdasarkan nilai tengah masing-masing kelas dan dibagi beberapa segmen sesuai dengan keragaman nilai kohesi dan sudut geser dalam	49
Tabel 4.9.	<i>Material properties</i> lanjutan dari tabel 4.8 dengan nilai <i>unit weight</i> dan porositas yang sudah dirata-ratakan dalam satu segmen	50
Tabel 4.10.	Hasil pengolahan material properties section A-A' dengan menggunakan data bor ABC 09 & ABC 21	51
Tabel 4.11.	Hasil pengolahan material properties section B-B' dengan menggunakan data bor ABC 08, ABC 10, & ABC 16	52
Tabel 4.12.	Hasil pengolahan material properties section C-C' dengan menggunakan data bor ABC 13 & ABC 16	53
Tabel 4.13.	Hasil pengolahan material properties section C-C' dengan menggunakan data bor ABC 13 & ABC 10	53
Tabel 4.14.	Hasil pengolahan material properties section C-C' dengan menggunakan data bor ABC 360 & ABC 13	54
Tabel 4.15.	Hasil pengolahan material properties section D-D' dengan menggunakan data bor ABC 360 & ABC 13	54
Tabel 4.16.	Data <i>material properties</i> pada material insitu	55
Tabel 4.17.	Hasil analisis lereng secara <i>overall slope</i>	65
Tabel 4.18.	Parameter yang digunakan untuk mencari nilai PK.....	66
Tabel 4.19.	Hasil probabilitas penampang A-A' menggunakan satu jenis litologi dengan dimensi lereng tunggal 1:2 dan bench 23 meter	68
Tabel 4.20.	Hasil analisis FK dan PK	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Data Bor Pit X.....	A-1
Lampiran B	Perhitungan Beban Alat Berat HD-785-7	B-1
Lampiran C	Pengolahan <i>Material Properties Cross Section</i> B-B'	C-1
Lampiran D	Pengolahan <i>Material Properties Cross Section</i> C-C'	D-1
Lampiran E	Pengolahan <i>Material Properties Cross Section</i> D-D'	E-1
Lampiran F	Analisis FK Dinamis Penampang A-A' dengan menggunakan Beban Unit dan Tanpa menggunakan Beban Unit.....	F-1
Lampiran G	Curah Hujan Pada Daerah Penelitian.....	G-1
Lampiran H	Data Durasi Hujan Pada Daerah Penelitian	H-1
Lampiran I	Sumur Pantau Muka Air Tanah	I-1
Lampiran J	Simulasi Analisis Kestabilan Lereng dengan Berbagai <i>Slip Surface</i>	J-1

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya dan cadangan batubara yang cukup besar. Berdasarkan data BP *Statistical Review of World Energy* 2020, Indonesia menempati peringkat keenam sebagai negara yang memiliki cadangan batubara terbesar di dunia. Dengan demikian Indonesia merupakan salah satu pemain utama dalam industri batubara dunia.

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara di Indonesia adalah PT Bukit Asam, Tbk (PTBA). PTBA berupaya untuk memenuhi kebutuhan batubara di dalam maupun luar negeri. PTBA berusaha memaksimalkan cadangan batubara yang ada dalam IUPnya. Salah satu area tambang PTBA yang dimaksimalkan cadangan batubara untuk ditambang adalah Pit X.

Pada tahun 1990an, PTBA memutuskan untuk menjadikan Pit X sebagai disposal karena dianggap sudah tidak ekonomis lagi untuk ditambang. Saat itu, Pit X ditimbun dengan cara *spreading* atau disebar menggunakan *spreader* dari *bucket wheel excavator*.

Pada tahun 2010an, Tim Perencanaan PTBA melakukan *feasibility study* di area IUPnya dan hasil *feasibility study* menunjukkan bahwa Pit X masih ekonomis untuk ditambang. Operasi penambangan di Pit X dimulai lagi pada tahun 2018 diawali dengan loading material timbunan lama yang disebut *old dump*.

Material *old dump* berasal dari pengupasan tanah pit lain yang ditimbun di suatu area timbunan sehingga sudah mengalami pengembangan (*swelling*) dan menyebabkan penurunan sifat keteknikannya. Ketidakmenentuan material timbunan ini membuat *material old dump* bersifat heterogen atau memiliki sifat material yang beragam.

Optimalisasi desain geometri lereng perlu dilakukan guna mendukung rencana penambangan batubara dan memaksimalkan cadangan batubara yang bisa ditambang (Maulana dan Fajar, 2019). Analisis faktor keamanan terhadap berbagai geometri lereng dilakukan supaya mendapatkan desain lereng yang lebih terjal namun memiliki faktor keamanan yang sesuai.

Dalam menganalisis kestabilan lereng, *material properties* merupakan hal yang sangat berpengaruh (Andinia, 2019). *Material properties* pada material *old dump* ini sebaiknya tidak dianggap sama (homogen) karena terdiri dari berbagai jenis material dan secara *historical* Pit X ditimbun menggunakan *spreader* dari *bucket wheel excavator* yang cenderung akan memiliki tingkat pemadatan yang berbeda. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai desain geometri lereng optimal pada rencana penggalian ulang material timbunan berdasarkan parameter geoteknik melalui pendekatan tingkat pemadatan penimbunan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, didapatkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan *material properties* yang akan digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng pada Pit X?
2. Bagaimana geometri lereng secara *overall slope* yang optimal pada Pit X?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini yaitu:

1. Data material berupa sifat mekanik dan sifat fisik didapatkan dari pengujian laboratorium Tim Geologi PTBA.
2. Data topografi batas antara material *old dump* dan insitu menggunakan data dari tim geoteknik PTBA.
3. Analisis kestabilan lereng yang dilakukan menggunakan metode *Limit Equilibrium* (Morgenstern Price) untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng.
4. Acuan nilai faktor keamanan lereng berdasarkan KEPMEN No. 1827 K/30/MEM/2018.
5. Kondisi Muka Air Tanah (MAT) sesuai dengan data dari Tim Geologi PTBA yang diambil di lapangan dan diolah menggunakan metode Van Genuchten.
6. Optimalisasi geometri lereng dilakukan tanpa menghitung volume *overburden* dan batubara yang didapat.
7. Parameter geoteknik yang digunakan merupakan parameter kuat geser.
8. Optimalisasi geometri lereng difokuskan pada material *old dump*.

9. Material *old dump* yang diteliti merupakan timbunan lama yang berusia lebih dari 30 tahun

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dipaparkan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dan mengolah *material properties* yang akan digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng pada Pit X.
2. Menganalisis geometri lereng secara *overall slope* yang optimal pada Pit X.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan ilmu pengetahuan mengenai geometri lereng yang optimal pada penggalian *old dump*
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam menentukan geometri lereng pada penggalian *old dump*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson L.W., Lee T.S., Sharma S., dan Boyce G.M. 2002. Slope Stability and Stabilization Methods. John Wiley and Sons Inc., 712.
- Afasedanya, M.M.T. 2019. Distribusi Jangkauan Material Longsor Berdasarkan Analisis Geometri Lereng Dan Sifat Mekanika Batuan Pada Daerah Aliran Sungai Jeneberang Provinsi Sulawesi Selatan. Universitas Hasanuddin.
- Afrizal, N., Mingsi, Y., dan Maiyudi, R. 2021. Analisis Potensi Longsor Pada Ruas Jalan Kawasan Wisata Mandeh-Sungai Nyalo Km 18 Kecamatan Koto XI Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan. Jurnal Bina Tambang, Vol. 4, No.3 : 2302-3333.
- Amin, F. N., Artati, H. K., dan Amalina, A. N. 2023. Pemodelan Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik menggunakan Metode Kestimbangan Batas. Proceeding Civil Engineering Research Forum ISSN 2962-2697 Vol 3 No 1.
- Amin, M.R., Cahyono, Y. D. G., Putri, F. A. R. 2024. Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batu Andesit Cv. Empat Lima Desa Morang Kecamatan Kare Kabupaten Madiun Provinsi Jawa Timur. SENASTITAN IV.
- Andinia, M., Niki, R. R., Rimos, P., Prihasro, F. E., Trilaksana, A. R., Dewi, N. F. R. 2019. Kajian Pengaruh Material Propertis Dominan Batuan Dasar Terhadap Kestabilan Lereng pada Nikel Laterit di Site Pomala Sulawesi Tenggara PT Antam Tbk. Prosiding TPT XXVII Perhapi.
- Antariksa, Rana. 2021. Rancangan Geometri Rencana Lereng Akhir *Waste dump* terhadap Displacement Batuan Dasar Area *Waste dump* PT X Kecamatan Palimanan, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Journal Riset Teknik Pertambangan Vol 1 No 1.
- Aryanto, R., Indriastuty, D., Azizi1, M. A., dan Sumarjono, E. 2020. Analisis Tinggi Muka Air Tanah Pada daerah Longsor serta Pengaruhnya terhadap Kestabilan Lereng dengan Metode Geolistrik di Bukit Kaliwadas, Kedungwaru Karangsembung Jawatengah. Prosiding Seminar Nasional Pakar ke 3 Tahun 2020.

- Apriansyah, A., dan Gofar, N. 2022. Pengaruh Geometri terhadap kestabilan Lereng. *Majalah ilmiah Teknik Sipil* Volume 15, Nomor 2, Desember 2022, Halaman 85-90 e-ISSN: 2828-2876.
- Aslam, M., Arshad, M., Hussain, S., Usman, M., Zahid, M. B., Sattar, J., Arshad, A., Iqbal, M. M., dan Waqas, M.S. 2022. An integrated approach for estimation of van genuchten model parameters in undisturbed and unsaturated soils. *Pak. J. Agri. Sci.*, Vol. 58(6),1895-1901;2021 ISSN 076-0906.
- Bria, Kornelis dan Isjudarto, A. 2023. Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan PT. Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jogjakarta.
- Craig, R. F. 1989. *Soil Mechanics* 5th Ed. Chapman & Hall, London.
- Cahya, S. A., Purnomo, H., dan Putra, B. P. 2022. Analisis Kestabilan Lereng dengan Probabilitas Longsor Metode Monte Carlo di Kalimantan Timur. *Journal Riset Teknik Pertambangan*.
- Damanik, A. P. 2023. Kajian Teknis Produktivitas Alat Muat Dan Alat Angkut Dengan Distribusi Normal, Eksponensial, Uniform, Dan Monte Carlo Pada Penambangan Batugamping Di Pit Pt Semen Tonasa, Sulawesi Selatan. *Doctoral Dissertation, Upn Veteran Yogyakarta*.
- Fadela, R., Setiawan, B., Fitri, S. N.. 2022. Pengaruh Kuat Tarik Geotekstil Terhadap Analisis Stabilitas Lereng dengan Variasi Beban Vertikal dan Jarak Vertikal Geotekstil. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*
- Frans, J. S. dan Nurfalaq, M. H. 2019. Studi geoteknik Pengaruh Muka Air Tanah terhadap Kestabilan Lereng Tambang Batubara. *Prosiding TPT XXVII PERHAPI 2019*.
- Hardianti, S., Saputra, R., dan Adiwarmanto, M. 2023. Perencanaan Desain Disposasi dan Perhitungan Kapasitas Disposasi Di Banko Selatan PT Bukit Asam Tbk Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Patra Akademia* Volume 14 No 02.
- Hasibuan, S dan Heriyadi, B. 2020. Analisis Balik Kestabilan Lereng Bekas Disposasi Area Dengan Menggunakan Metode Bishop di Tambang PT.

- Nusa Alam Lestari di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Bina Tambang, Vol . 5, No. 4 : 2302-3333.
- Irmanisa, Tari. 2024. Analisis Perkuatan Tanah Dengan Retaining Wall Pada Jalan Lambaro – Batas Kota Sigli Sta 72+550.
- Irawan, P. A., Franto, dan Irvani. 2023. Analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas dan probabilistik di TK 4488 PT Timah Tbk. Jurnal Himasapta Volume 8 Nomor 1 April 2023: 39-46.
- Jaya, H., Ramdhani, S., Rahayu, A. 2023. Slope Stability Analysis Using the Probability of *Failure* Approach at PT. Kencana Bumi Mineral Nickle Mine in Morowali Regency Central Sulawesi Province. International Journal of Research in Engineering and Science Volume 11 Issue 12.
- Jayanthu, S., Singh, P., Sahoo, A. K., Pradhan, M., Reddy, K. S. 2022. Limit Equilibrium and Numerical Model Analysis of Slope Stability in Opencast Coal Mines – A Parametric Study. MGMI-MCL -seminar 26 Nov 2022-Sambalpur-Prof Singam Jayanth et al.
- Kautsar, M. F., Yuliadi, dan Zaenal. 2020. Kajian Stabilitas Lereng pada Highwall dan Lowwall dengan Pengujian Probabilitas Kelongsoran pada Pit S02 Dan U1 di PT XYZ, Desa Lempesu, Kecamatan Paser Belengkong Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Prosiding Teknik Pertambangan ISSN: 2460-6499.
- Luden, A. S., IndrawanI, I. G. B., Karnawati, D. 2021. Slope stability analyses by circular *failure* chart and limit equilibrium methods: the inlet and outlet of diversion tunnel of Bolango Ulu Dam, Indonesia. E3S Web of Conferences 325, 01015.
- Maulana, L. H., Fajar, J. D., 2019. Kajian Geoteknik untuk Optimalisasi Desain Tambang Batubara menggunakan Limit Equilibrium Method. Prosiding TPT XVIII Perhapi 2019.
- Montenova, D., Adhitama1a, R., dan Sugiarto, E. 2022. Analisis Tipe Longsoran dan Kestabilan Lereng Berdasarkan Orientasi Diskontinuitas pada Tebing Danau Jayamix. Journal of Geoscience Engineering and Energy (Jogee).

- Muamalah, A. S. A., Tjoneng, A., Syarif, M. M. 2024. Penentuan Nilai Erodibilitas Tanah pada Kemiringan Lereng di Atas 15% pada DAS Jenelata Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Jurnal AGrotekMAS.
- Nurhidayat, T., Syawaludin, E., Arifin, M., dan Oktariansyah ,I. 2019. Analisis Probabilitas Kestabilan Lereng Tambang Timah Primer Blok Pemali, Banka, Indonesia. Prosiding TPT XXVIII Perhapi 2019.
- Pangestu, I. E., Oktaviani, R., dan Respati, L. L., Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Probabilistik Simulasi Monte Carlo pada Disposasi PT. XYZ. Jurnal Riset Teknik Pertambangan e-ISSN: 2798-6357.
- Pratikno, A. S., Pratiwi, A. A., dan Ramahwati, S. 2020. Sebaran Peluang Acak Kontinu, Distribusi Normal, Distribusi Normal Baku, Distribusi T, Distribusi Chi Square, dan Distribusi F. Osf Preprints, 27(3), 1-5.
- Pratiwi, I., Yanuar, F., dan Yozza, H. 2020. Pendugaan Parameter Miu Dari Distribusi Log-Normal Dengan Menggunakan Metode Maximum Likelihood Estimation (Mle) Dan Metode Bayes. Jurnal Matematika Unand, 9(2), 84-92.
- Pradani, D.I., Jayaputra, H.A., dan Pratama, G.R. 2024. Penentuan Bufferzone Inpit Dump Terhadap Front Aktif Penambangan. SENASTITAN IV.
- Putra, Heriansyah. (2019) Mekanika Tanah; Parameter dan Prosedur Pengujian. Gre Publishing ;Yogyakarta.
- Putra, R dan Heriyadi,B. 2020. Analisis Stabilitas Lereng Dalam Penentuan Batas Penambangan Pada Zona 4 Tambang Andesit Pt.Bintang Sumatera Pacific, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten 50 Kota, Sumatera Barat. Jurnal Bina Tambang, Vol. 5 No. 5.
- Putri, N. dan Saldy, T. G. 2021. Analisis Kestabilan Lereng Disposasi Dengan Menggunakan Metode Bishop Di Site Puncak Jaya CV. Tekad Jaya Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota. Jurnal Bina Tambang Volume 6 No 3.
- Radita, Arswinda., Hirnawan, Febri., Fauzi, Noor. 2020. Kestabilan Lereng Optimal Tambang Batubara Highwall dan Lowwall disertai Probabilitas Kelongsorannya PT XYZ di Kecamatan Lahei Kabupaten Barito Utara

- Provinsi Kalimantan Tengah. Prosiding Teknik Pertambangan Volume 6 No 2 Tahun 2020.
- Rahman, H. T., Zakaria, Z., Ismawan., Gunawan, W. 2022. Optimisasi Lereng Highwall Tambang Batubara Terbuka Sikui Project Area Berdasarkan Metode Kesenimbangan Batas Morgenstern Price. *Padjajaran Geoscience Journal*.
- Saputra, R. T., dan Utami, S. R., Agustina. 2022. Hubungan Kemiringan Lereng dan Persentase Batuan Permukaan Terhadap Longsor berdasarkan Hasil Simulasi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol 9 No 2: 339-346.
- Saputra, R. A., dan Heriyadi, B. 2019. Analisis Klasifikasi Massa Batuan dan Potensi Longsor Pada Area Pit Timur Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya, Kota Sawalunto, Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, Vol 4 No 3.
- Sitepu, Arif Rahman Hakim., Evalinesuri, Agnes Dallis., Hayati, Julita., Syuhada, Syahidus., Yuliyanto, Andry., Zhafira, Elian., Ribowo, Anggarani Budi. 2024. Pengaruh Curah Hujan, Hemiringan Lereng serta Beban Gempa Terhadap Stabilitas Lereng dengan Metode Kesenimbangan Batas. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol 10 No 1.
- Sudinda. 2020. Analisis Kestabilan Lereng pada Lokasi Tambang Batubara Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Alami*, Vol. 4, No.2.
- Sugito, S. 2017. Model Antrean Normal dan Triangular (Studi Kasus: Gerbang Tol Tembalang Semarang). *MEDIA STATISTIKA*, 10(2), 107-117.
- Sundari, W., dan Krisnasiwi, I. F. 2021. Pengaruh Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Lempung untuk Analisis Faktor Keamanan Lereng dengan Metode Mohr Coulomb pada Ruas Jalan Lingkar Luar Jalur 40 Petuk I Kelurahan Kolua Kota Kupang. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana* Volume 15 Nomor 2.
- Supandi. 2022. Buku Ajar Mekanika Batuan. CV Mega Press Nusantara. ISBN: 978-623-8221-94-3.
- Sutejo, D. P., Saffaruddin., Hartoyo, Y. 2023. Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Pada Penambangan Batugamping di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk Kabupaten Ogan Komering Ulu Provinsi Sumatera Selatan. Prosiding

Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVIII Tahun 2023 (ReTII).

- Taban A., Sadeghi, M. M., dan Rowshanzamir, M.A., 2017. The Estimation of van Genuchten SWCC Model for Unsaturated Sands by means of the Genetic Programming. *Scientia Iranica A* (2018) 25(4), 2026-2038.
- Tamanak, M. A., Berhita, T., Ode, D. G., dan Cahyono, Y. D. G. 2020. Pengaruh Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan Andesit. *PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan* , Vol. 2 No.1 : 2686-0651.
- Umar, H., Heriyanto., Syilvana, P. P., dan Hutapea, F. 2019. Geologi dan Analisis Bahaya Tanah Longsor dengan Metode Analytical Hierarchy Process di Desa Tanah Datar Kecamatan Muara Badak Kabupaten utai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Geologi: Ilmu Pengetahuan dan Teknologi* Vol. 2 No. 1, hal. 36-42 Teknik Geologi Universitas Mulawarman.
- Utami, T dan Kopa, R. 2019. Analisis Efek Rembesan Air Sungai Lawai terhadap Kestabilan Rencana Lereng dengan Metode Morgenstern-Price pada Low Wall Tambang Air Laya Blok Barat PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 4 No. 2: 2302-3333.
- Windara, A., dan Cairo, R. 2023. Stabilitas Lereng Pada Bangunan Penahan. Vol. 1, No.1.
- Zakri, R.S., Prengki,I., dan Saldy,T.G. 2020. Hubungan Kuat Tekan Uniaksial dan Kuat Tarik Tidak Langsung Pada Batuan Sedimen Dengan Nilai Kuat Tekan Rendah. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 5, No. 3 : 2302-3333.