

TUGAS AKHIR

**ANALISIS BALIK KESTABILAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA PADA TAMBANG BATUBARA BLOK A PIT
TIMUR PT PENGEMBANGAN INVESTASI RIAU, DESA PEMATANG
BENTENG, KABUPATEN INDRAGIRI HULU, RIAU**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Teknik Pertambangan*



Oleh:

MERYAM PUTRI ARMAINI

18137010/2018

Konsentrasi : Tambang Umum

Studi : S-1 Teknik Pertambangan

Departemen : Teknik Pertambangan

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK PERTAMBANGAN
DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2024**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS BALIK KESTABILAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA PADA TAMBANG BATUBARA BLOK A PIT
TIMUR PT PENGEMBANGAN INVESTASI RIAU, DESA PEMATANG
BENTENG, KABUPATEN INDRAGIRI HULU, RIAU**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Teknik Pertambangan*



Oleh:

MERYAM PUTRI ARMAINI
18137010/2018

Konsentrasi : Tambang Umum

Studi : S-1 Teknik Pertambangan

Departemen : Teknik Pertambangan

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK PERTAMBANGAN
DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Tambang Batubara Blok A Pit Timur PT Pengembangan Investasi Riau, Desa Pematang Benteng, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau

Nama : Meryam Putri Armaini

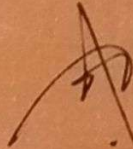
TM/NIM : 2018/18137010

Program Studi : SI Teknik Pertambangan

Fakultas : Teknik

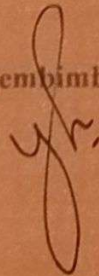
Padang, Februari 2024
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Koordinator Program Studi SI
Teknik Pertambangan



Ir. Adree Octova, S.Si., M.T.
NIP: 198610282012121003

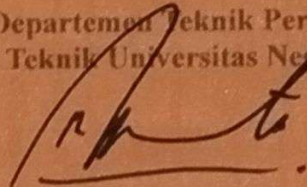
Pembimbing



Ir. Yoszi Mingsi Anaperta, S.T., M.T.
NIP: 197903042008012010

Mengetahui:

Kepala Departemen Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T.
NIP: 197809122005011001

LEMBAR PENGESAHAN TIM PEMBAHAS

Nama : Meryam Putri Armaini

TM/NIM : 2018/18137010

Dinyatakan lulus setelah dilakukannya Sidang Tugas Akhir di depan Tim Penguji Program Studi SI Teknik Pertambangan Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

“Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Tambang Batubara Blok A *Pit* Timur PT Pengembangan Investasi Riau, Desa Pematang Benteng, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau”

Padang, Februari 2024

Tanda Tangan

Tim Penguji:

1. Ketua : Ir. Yoszi M. Anaperta, S.T., M.T.
2. Anggota : Dr. Ir. Bambang Heriyadi, M.T.
3. Anggota : Ir. Harizona Aulia Rahman, S.T., M. Eng

1.

2.

3.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang 25131 Telepon (0751)7055644
Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail : mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meryam Putri Armairi
NIM/TM : 18137010 / 2018
Program Studi : S1
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

” Analisis Balik Kestabilan lereng Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga
pada Tambang Batubara Blok A Pit Timur PT Pengembangan Investasi Riau,
Desa Pematang Benteng, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau
.....
.....”

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Maret 2024

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan

Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T.
NIP. 19780912 200501 1 001

..... it pernyataan,

DBCC3AKX797827122

Meryam Putri Armairi.....

BIODATA

I. Data Diri

Nama Lengkap : Meryam Putri Armaini
Tempat / Tanggal lahir : Pariaman/09 Juni 2000
Jenis Kelamin : Perempuan
Nama Bapak : Armaini Bachtiar
Nama Ibu : Nurhayati
Jumlah Bersaudara : 1
Alamat tetap : Pasa Gelombang,, Kec. 2x11 Kayutanam, Kab.
Padang Pariaman, Prov. Sumatera Barat
Telp./HP : 082268254971



II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SDN 15 Kayutanam
Sekolah Lanjutan Pertama: MTsN 1 Padang Pariaman
Sekolah Lanjutan Atas : SMAS Pembangunan Laboratorium UNP
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Data Tugas Akhir

Tempat Tugas Akhir : PT Pengembangan Investasi Riau
Tanggal Tugas Akhir : 1 Juli – 10 Agustus 2023
Topik Tugas Akhir : Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Tambang Batubara Blok A Pit Timur PT Pengembangan Investasi Riau, Desa Pematang Benteng, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau

Padang, Februari 2024

Meryam Putri Armaini
BP. 2018/18137010

ABSTRAK

Meryam Putri Armaini, 2024. “Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Tambang Batubara Blok A Pit Timur PT Pengembangan Investasi Riau, Desa Pematang Benteng, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau ”.

Kegiatan penggalian tanah penutup pada aktivitas penambangan batubara yang dilakukan oleh PT PIR, menimbulkan dampak pada kestabilan material yang digali. Berdasarkan hasil pengamatan pada Blok A PT PIR, terdapat lereng yang mengalami longsoran busur pada lereng produksi penambangan. Kondisi geometri lereng yang curam dengan material lereng yang relatif lunak menjadi penyebab utama terjadinya longsoran busur, dengan tinggi lereng 19,2 m dan sudut kemiringan lereng sebesar 76° . Perlu dilakukan kajian analisis balik terhadap faktor yang menyebabkan terjadinya longsoran pada lereng pada PT PIR. Tujuannya untuk mendapatkan desain geometri lereng yang aman agar kegiatan produksi penambangan dapat berjalan dengan baik. Analisis balik lereng dilakukan berdasarkan pada keadaan lereng aktual yang dianalisis dengan mencari nilai parameter sifat fisik dan mekanik material penyusun lereng yang sesuai. Analisis kestabilan lereng untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan (FK), dilakukan dengan menggunakan metode numerik berupa metode elemen hingga (*finite element method*) dengan kriteria keruntuhan Mohr Coulomb. Berdasarkan hasil analisis balik, nilai parameter sudut geser dalam (*fric. Angel*) mengalami penurunan sebesar 30% dengan nilai *Soil* menjadi 5,73, *Sandstone* = 2,84, *Claystone* = 3,06 dan *Coal* = 26,73. Parameter kohesi (*cohesion*) juga mengalami penurunan sebesar 20% pada hasil analisis balik dengan nilai kohesi *Soil* menjadi 0,03, *Sandstone* 0,04, *Claystone* = 0,02 dan *Coal* = 0,44. Untuk menangani lereng yang longsor direkomendasikan untuk mengubah desain geometri lereng aktual agar menjadi lebih stabil. Pada kondisi natural direkomendasikan dengan tinggi lereng 18,5 m, sudut kemiringan lereng sebesar 55° dengan $FK=1,35$ dan $FK = 1,44$ serta pada kondisi jenuh dengan tinggi lereng 16 m, sudut kemiringan lereng sebesar 35° dan $FK = 1,33$.

Kata Kunci: *Longsoran Busur, Analisis Balik, Faktor Keamanan (FK), Geometri Lereng.*

ABSTRACT

Meryam Putri Armaini, 2024. “ *Back Analysis of Slope Stability Using the Finite Element Method in the Pit Timur Block A Coal Mine of PT Pembangunan Investasi Riau, Pematang Benteng Village, Indragiri Hulu Regency, Riau* ”.

Overburden excavation activities during coal mining activities carried out by PT PIR have an impact on the stability of the material being excavated. Based on observations at Block A PT PIR, some slopes have experienced arc landslides on mining production slopes. The steep slope geometry with relatively soft slope material is the main cause of arc landslides, with a slope height of 19.2 m and a slope angle of 76°. It is necessary to carry out a reverse analysis study of the factors that cause landslides on slopes at PT PIR. The aim is to obtain a safe slope geometry design so that mining production activities can run well. Slope reverse analysis is carried out based on the actual condition of the slope which is analyzed by looking for the appropriate parameter values for the physical and mechanical properties of the materials making up the slope. Slope stability analysis to obtain the Safety Factor (FK) value was carried out using a numerical method in the form of a finite element method with Mohr-Coulomb failure criteria. Based on the results of the reverse analysis, the internal shear angle parameter value (fric. Angel) decreased by 30% with the Soil value being 5.73, Sandstone = 2.84, Claystone = 3.06 and Coal = 26.73. The cohesion parameter also decreased by 20% in the results of the back analysis with the cohesion value for Soil being 0.03, Sandstone 0.04, Claystone = 0.02 and Coal = 0.44. To deal with sliding slopes, it is recommended to change the actual slope geometry design to make it more stable. In natural conditions, it is recommended with a slope height of 18.5 m, slope angle of 55° and FK = 1.35, in dry conditions with a height of 19.2 m, slope angle of 65° and FK = 1.44 and in saturated conditions with high slope of 16 m, slope angle of 35° and FK = 1.33.

Keywords: *Circular Failure, Back Analysis, Safety Factor (FS), Slope Geometry*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan topik bahasan “ *Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Tambang Batubara Blok A Pit Timur PT Pengembangan Investasi Riau, Desa Pematang Benteng, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau* ” ini sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program S-1 Teknik Pertambangan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, terutama kepada:

1. Teristimewa kepada keluarga yang selalu memberikan dukungan dorongan serta doa kepada penulis.
2. Ibu Ir. Yoszi M. Anaperta, S.T., M.T. selaku pembimbing yang selalu memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Heriyadi, M.T. dan Bapak Ir. Harizona Aulia Rahman, S.T., M.Eng penguji yang memberikan masukan dan arahan dalam menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Ir. Adree Octova, S.Si., M.T. selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Pertambangan UNP.
5. Bapak Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T. selaku kepala departemen teknik pertambangan UNP
6. Dosen (staf pengajar) dan karyawan Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Bapak Rudi, Bapak Bobby dan Bapak Dalva selaku KTT, Geologis dan Engineer PT Pengembangan Investasi Riau yang telah membimbing penulis selama dilapangan.

8. Terimakasih kepada seluruh pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah mendoakan dan memberikan dukungan selama ini, semoga Allah SWT memberikan saya kesempatan untuk membalas atas semua kebaikan yang telah diberikan. Dan saya mendoakan semoga diberikan kesehatan, kekuatan, kelancaran dan selalu dalam lindungan Allah SWT.

Penulis Menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk menjadi lebih baik di masa selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Padang, Februari 2024

Meryam Putri Armaini
BP. 2018/18137010

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TIM PEMBAHAS	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
BIODATA.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I <u>P</u> ENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II <u>K</u> AJIAN PUSTAKA	6
A. Lokasi Penelitian.....	6
B. Kesempaan Daerah Penelitian	7
C. Geologi Regional	8

D.	Lereng	9
1.	Kestabilan Lereng.....	9
2.	Jenis-Jenis Longsoran.....	11
3.	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng	14
E.	Kestabilan Lereng dengan Metode elemen Hingga	17
1.	Metode Pengurangan Kekuatan Geser (<i>Strength Reduction Method</i>)..	19
2.	Metode Penambahan Gravitasi (<i>Gravity Increase Method</i>).....	19
F.	Penelitian Relevan.....	19
G.	Kerangka Konseptual	27
BAB III METODE PENELITIAN.....		28
A.	Jenis Penelitian.....	28
B.	Objek Penelitian	29
C.	Jenis Data	29
D.	Teknik Pengumpulan Data.....	30
E.	Teknik Analisis Data.....	31
F.	Diagram Alir Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
A.	Data Pemodelan Lereng	35
1.	Lokasi Lereng	35
2.	Hasil Uji Laboratorium.....	37
B.	Analisis Kestabilan Lereng Aktual	39
C.	<i>Back Analysis</i>	42
D.	Rekomendasi Desain Lereng.....	43
1.	Rekomendasi desain lereng pada kondisi Natural.....	44
2.	Rekomendasi desain lereng pada kondisi jenuh.....	45

BAB V PENUTUP.....	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang	10
Tabel 2. Posisi <i>Section</i> A – A' Lereng	35
Tabel 3. Litologi material penyusun lereng	36
Tabel 4. Sebaran Titik Bor sampel uji laboratorium PT PIR.....	37
Tabel 5. Parameter hasil uji laboratorium PT PIR	38
Tabel 6. Parameter dan Hasil analisis kestabilan lereng aktual	41
Tabel 7. Parameter material lereng hasil analisis balik pada kondisi longsor	43
Tabel 8. Geometri desain lereng yang direkomendasikan	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kondisi lereng longsor pada area Blok A PT PIR.	2
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian	7
Gambar 3. Peta Kesampaian daerah Penelitian.....	8
Gambar 4. Peta Geologi Regional Area Penelitian PT PIR	9
Gambar 5. Bidang gelincir longsor busur	12
Gambar 6. Bidang gelincir longsor Bidang.....	12
Gambar 7. Bidang gelincir longsor baji	13
Gambar 8. Bidang gelincir longsor guling	14
Gambar 9. Contoh geometri lereng pada tambang batubara.....	15
Gambar 10. Pemodelan analisis Finite Element Methode	18
Gambar 11. Kerangka konseptual	27
Gambar 12. Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 13. Lokasi section lereng yang diteliti	35
Gambar 14. Geometri lereng aktual setelah mengalami longsor	37
Gambar 15. Peta sebaran titik bor di area IUP PT PIR.....	38
Gambar 16. Pemodelan metode elemen hingga pada lereng aktual dengan kondisi natural	41
Gambar 17. Hasil interpretasi pemodelan lereng natural.....	41
Gambar 18. Hasil interpretasi analisis balik pada pemodelan lereng natural	43
Gambar 19. Rekomendasi pemodelan geometri lereng pada kondisi natural	44
Gambar 20. Interpretasi pada rekomendasi desain lereng natural	45
Gambar 21. Rekomendasi pemodelan geometri single slope pada kondisi jenuh	45
Gambar 22. Interpretasi pada rekomendasi desain single slope pada kondisi jenuh	46
Gambar 23. Rekomendasi pemodelan geometri lereng tunggal atas pada kondisi jenuh.....	46
Gambar 24. Rekomendasi pemodelan geometri lereng tunggal bawah pada kondisi jenuh.....	47

Gambar 25. Interpretasi pada rekomendasi desain lereng tunggal atas pada kondisi jenuh.....	47
Gambar 26. Interpretasi pada rekomendasi desain lereng tunggal bawah pada kondisi jenuh.....	47
Gambar 27. Rekomendasi pemodelan geometri lereng keseluruhan pada kondisi jenuh.....	48
Gambar 28. Interpretasi desain lereng keseluruhan kondisi jenuh	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Sertifikat Hasil Uji Laboratorium.....	54
Lampiran 2. Kondisi dan Penampang Lereng Aktual Daerah Penelitian	57
Lampiran 3. Peta Citra Satelit IUP, Peta Geologi , Peta Kontur PT PIR.....	60
Lampiran 4. Peta Kontur dan Peta Citra Satelit Area Penelitian	63
Lampiran 5. Penampang Section A -A‘	66
Lampiran 6. Perhitungan Analisis Balik Lereng Aktual Area Penelitian	70
Lampiran 7. Analisis Kestabilan Lereng Aktual Area Penelitian	71
Lampiran 8. Analisis Balik Lereng Aktual Area Penelitian	72
Lampiran 9. Rekomendasi Desain Geometri Lereng pada Area Penelitian.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PT Pengembangan Investasi Riau (PIR) merupakan perusahaan multi bisnis Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) di Kabupaten Indragiri Hulu. Salah satu bidang bisnis yang dioperasikan oleh PT PIR yaitu bidang pertambangan bahan galian Batubara. Metode penambangan tambang terbuka yang digunakan adalah metode *open cut*, dengan penggalian tanah penutup yang terdiri dari tanah (*soil*), batu lempung (*claystone*), dan batu pasir (*sandstone*).

Kegiatan penggalian tanah penutup pada aktivitas penambangan batubara yang dilakukan oleh PT PIR, menimbulkan dampak pada kestabilan material yang digali. Tanah dan batuan secara alamiah akan berusaha untuk mencapai keseimbangan yang baru, dengan cara berdegradasi atau mengurangi beban berupa perpindahan dengan besaran tertentu. Pada lereng tambang, aktivitas perpindahan beban yang terjadi pada materialnya untuk mencapai keadaan stabil kembali, dapat menimbulkan gerakan turunnya material penyusun lereng atau longsoran (Arif, 2016 : 13).

Parameter yang mempengaruhi kestabilan lereng diantaranya yaitu, faktor geometri lereng, sifat fisik dan mekanik material penyusunnya, kandungan air, struktur bidang lemah batuan, tegangan batuan, getaran akibat aktivitas alat berat, iklim serta pengaruh termik (Moshab, 1997). Nilai dari parameter kestabilan lereng bersifat dinamis, sehingga perlu untuk diketahui perubahannya oleh PT PIR dengan melakukan pengukuran secara berkala.

PT PIR telah melakukan studi geoteknik pada tahun 2022 dengan penyelidikan yang dilakukan pada 3 lokasi titik bor. Sampel hasil pemboran diuji di laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari materialnya. Kajian dilakukan sebagai data tinjauan awal pada perancangan desain penambangan yang akan dilakukan. Namun perancangan desain berdasarkan pada hasil studi geoteknik tidak selalu sesuai dengan keadaan aktual area penambangan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor.

Berdasarkan hasil pengamatan pada Blok A PT PIR, terdapat lereng yang mengalami longsor pada lereng produksi penambangan (Gambar 1). Dokumentasi longsor diambil pada tanggal 30 Juli 2023 berupa longsor busur (*circular*). Identifikasi longsor dilakukan berdasarkan pengamatan pada material penyusun lereng berupa batuan lunak serta bidang luncur berbentuk busur. Geometri lereng relative curam dengan ketinggian 19,2 m dan kemiringan 76° .



Gambar 1. Kondisi lereng longsor pada area Blok A PT PIR.

Kondisi geometri lereng yang curam dengan material lereng yang relatif lunak menjadi penyebab utama terjadinya longsor. Keadaan aktual lereng tidak mengikuti standar rekomendasi desain lereng hasil kajian geoteknik yang dilakukan oleh perusahaan. Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan, perlu dilakukan kajian analisis balik terhadap faktor yang menjadi penyebab terjadinya longsor pada lereng pada PT PIR. Tujuannya untuk mendapatkan desain lereng yang aman agar kegiatan produksi penambangan dapat berjalan dengan baik. Analisis balik lereng dilakukan berdasarkan pada keadaan lereng aktual yang dianalisis dengan mencari nilai parameter sifat fisik dan mekanik material penyusun lereng yang sesuai. Oleh karena itu, penulis ingin membahas lebih lanjut dan melakukan kajian penelitian pada lereng Blok A PT PIR dengan judul "*Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Tambang Batubara Blok A Pit Timur PT Pengembangan Investasi Riau, Desa Pematang Benteng, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau*".

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Kegiatan penggalian tanah penutup pada aktivitas penambangan Batubara yang dilakukan oleh PT PIR, menimbulkan dampak pada kestabilan material yang digali.
2. Nilai dari parameter kestabilan lereng bersifat dinamis, sehingga PT PIR perlu melakukan pengukuran secara berkala untuk pemantauannya.

3. Perancangan desain berdasarkan pada hasil studi geoteknik tidak selalu sesuai dengan keadaan aktual area penambangan yang dipengaruhi oleh faktor eksternal.
4. Berdasarkan hasil pengamatan pada Blok A PT PIR, terdapat lereng yang mengalami longsor pada lereng produksi penambangan.
5. Kondisi geometri lereng yang curam dengan material lereng yang relatif lunak menjadi penyebab utama terjadinya longsor.

C. Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas didalam penelitian dibatasi agar lebih terfokus dan terarah. Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada lereng Blok A PT PIR.
2. Analisis balik kestabilan lereng yang dilakukan menggunakan menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*).
3. Jenis longsoran diasumsikan sebagai longsoran busur karena material penyusun lereng umumnya bersifat lunak.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah yang telah diuraikan, maka penulis merumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Berapakah nilai faktor keamanan dari lereng aktual yang dianalisis pada Blok A PT PIR?
2. Bagaimana hasil analisis balik kestabilan lereng Blok A PT PIR dengan menggunakan metode elemen hingga?

3. Bagaimana rekomendasi desain geometri lereng yang aman untuk lereng Blok A PT PIR?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini adalah:

1. Menganalisis nilai faktor keamanan dari lereng aktual pada area penelitian Blok A PT PIR.
2. Menganalisis balik kestabilan lereng Blok A PT PIR dengan menggunakan metode elemen hingga.
3. Merencanakan rekomendasi desain geometri lereng yang aman untuk lereng Blok A PT PIR.

F. Manfaat Penelitian

Penulisan penelitian ini diharapkan menjadi sarana pengaplikasian ilmu yang didapatkan penulis selama perkuliahan dalam bentuk penelitian. Peningkatan kemampuan penulis dalam menganalisis permasalahan yang terjadi di lapangan dan menambah wawasan penulis terkait praktisi ilmu pertambangan terkhusus dibidang Geoteknik tambang sebagai persiapan memasuki dunia kerja nantinya juga menjadi harapan penulis dalam melakukan penelitian ini. Perusahaan dapat memanfaatkan penelitian yang dilakukan sebagai pembanding atau pertimbangan terkhusus dalam analisis kestabilan lereng tambang yang dipakai untuk kedepannya. Penulisan penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai acuan pembanding dan referensi bagi mahasiswa lain dalam melakukan penelitian yang sejalan terkait analisis kestabilan lereng tambang.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pengamatan dan analisis yang dilakukan pada lokasi penelitian blok A *pit* Timur PT Pengembangan Investasi Riau, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Longsoran yang terjadi pada lereng aktual merupakan longsoran busur dengan ketinggian lereng 19,2 m dan kemiringan 76° , interpretasi analisis kestabilan lereng dengan metode elemen hingga pada lereng aktual dengan kondisi natural menghasilkan nilai $FK = 1,35$.
2. Analisis balik lereng yang dilakukan untuk mencari nilai $FK < 1$ sesuai dengan kondisi lereng yang mengalami longsor menghasilkan penurunan nilai parameter sudut geser dalam sebesar 30% dengan sudut geser dalam *Soil* = 5,73, *Sandstone* = 2,84, *Claystone* = 3,06, dan *Coal* = 26,73; penurunan nilai kohesi dilakukan sebesar 20% dengan kohesi *Soil* = 0,03, *Sandstone* = 0,04, *Claystone* = 0,02, dan *Coal* = 0,44.
3. Rekomendasi desain lereng pada kondisi natural dirancang dengan ketinggian 19,2 m dan sudut kemiringan lereng 45° dan pada kondisi jenuh rekomendasi lereng didesain dengan tinggi lereng 19,2 m dan sudut kemiringan lereng 35° ; interpretasi analisis kestabilan lereng menghasilkan $FK = 1,33$ dengan pengurangan area sebesar 138,23 m pada kondisi lereng natural; dan pada kondisi jenuh menghasilkan $FK = 1,32$ dengan pengurangan area sebesar 219,12 m.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini, yaitu:

1. Pencegahan terjadinya longsor dapat dilakukan dengan menyesuaikan desain lereng aktual dengan desain Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan yang telah dirancang.
2. Kondisi lereng aktual yang telah longsor perlu untuk dilakukan tindakan perbaikan geometri lereng hingga nilai FK menjadi aman dan tidak mudah longsor kembali.
3. Pengambilan sampel lapangan untuk pengujian laboratorium dilakukan pada lokasi-lokasi yang sudah mewakili area pengujian agar nilai parameter yang dihasilkan lebih akurat.
4. Pemantauan terhadap kondisi lereng perlu dilakukan secara berkala untuk pencegahan terhadap gangguan dan hambatan pada proses penambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. I. (2021). *Geoteknik Tambang Edisi Kedua*. Gramedia Pustaka Utama.
- Chen, G., Li, C., & Fang, Q. (2019). Slope Stabilization Using Back-analysis Method. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 332, No. 2, p. 022058). IOP Publishing.
- Fredj, M., Hafsaoui, A., Riheb, H., Boukarm, R., & Saadoun, A. (2020). Back-analysis study on slope instability in an open pit mine (Algeria). *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk*, (2), 24-29.
- Hadiwidjoyo, M.M. Purbo. 1992. *Falsafah Kemantapan Lereng*. <http://www.scribd.com/doc/101827515/Falsafah-Kemantapan-Lereng>.
- Haryati, O. S., Kopa, R., & Prabowo, H. (2018). Pemetaan Kestabilan Lereng Pada Lokasi Penambangan Emas Pit Durian PT J Resources Bolaang Mongondow Site Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. *Bina Tambang*, 3(1), 481-482.
- Hasibuan, S., & Heriyadi, B. (2020). Analisis Balik Kestabilan Lereng Bekas Disposal Area Dengan Menggunakan Metode Bishop di Tambang PT. Nusa Alam Lestari di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(4), 46-56.
- Heriyadi, B., Prengki, I., & Prabowo, H. (2019, November). Analysis of Collapse Load and Open Hole Evaluation Based on Rock Mass Rating (RMR) Method in Underground Mining. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1387, No. 1, p. 012104). IOP Publishing.
- Hoek, E., dan Bray, J. W., 1981. *Rock Slope Engineering*. London: The Institution of Mining and Metallurgy.
- Iñiguez, J. B. (2016). Back-analysis of slope failures by numerical techniques. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 21, 615-625.
- Kabuya, J. M., Simon, R., Carvalho, J., & Haviland, D. (2020). Numerical back-analysis of highwall instability in an open pit: a case study. In *Slope Stability 2020: Proceedings of the 2020 International Symposium on Slope Stability in Open Pit Mining and Civil Engineering* (pp. 937-952). Australian Centre for Geomechanics.
- Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/ 30/ MEM/ Tahun 2018, *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik*, 7 Mei 2018, Jakarta.