

**SKRIPSI**

**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN  
*LIMIT EQUILIBRIUM METHODS* DENGAN  
PENDEKATAN KLASIFIKASI MASSA BATUAN PADA  
PIT. ZA DI PT. BUKIT ASAM TBK, LAHAT, SUMATERA  
SELATAN.**



**ZHAHRA AULIA  
03071381924065**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI  
JURUSAN PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

# SKRIPSI

## **ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN *LIMIT EQUILIBRIUM METHODS* DENGAN PENDEKATAN KLASIFIKASI MASSA BATUAN PADA PIT. ZA DI PT. BUKIT ASAM TBK, LAHAT, SUMATERA SELATAN.**

Laporan ini sebagai bagian dari Tugas Akhir dan merupakan penelitian tahap pertama dari Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Geologi



**ZHAHRA AULIA  
03071381924065**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI  
JURUSAN PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN *LIMIT EQUILIBRIUM METHODS* DENGAN PENDEKATAN KLASIFIKASI MASSA BATUAN PADA PIT. ZA DI PT. BUKIT ASAM TBK, KABUPATEN LAHAT, SUMATERA SELATAN.

Laporan ini sebagai bagian dari perkuliahan Tugas Akhir dan merupakan penelitian tahap pertama dari Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) Geologi pada Program Studi Teknik Geologi

Mengetahui,  
Koordinator Prodi Teknik Geologi,



Dr. Ir. Idarwati, S.T., M.T.  
NIP. 198306262014042001

Palembang, 11 Mei 2024  
Menyetujui,  
Pembimbing



Harnani, S.T., M.T.  
NIP. 198402012015042001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Kestabilan Lereng menggunakan *Limit Equilibrium Methods* dengan Pendekatan Klasifikasi Massa Batuan Pada PIT. ZA Di PT. Bukit Asam Tbk, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan.” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 11 Mei 2024.

Palembang, 11 Mei 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir Geologi

Ketua : Dr. Ir. Idarwati, S.T., M.T.

NIP. 198306262014042001

  
11 Mei 2024

Anggota : Yogie Zulkurnia Rochmana, S.T., M.T.

NIP. 198904222020121003

  
11 Mei 2024

Mengetahui,  
Koordinator Prodi Teknik Geologi,



Dr. Ir. Idarwati, S.T., M.T.

NIP. 198306262014042001

Palembang, 11 Mei 2024

Menyetujui,  
Pembimbing



Harnani, S.T., M.T.

NIP. 198402012015042001

## HALAMAN PENYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zhahra Aulia

NIM : 03071381924065

Judul : Analisis Kestabilan Lereng menggunakan *Limit Equilibrium Methods* dengan Pendekatan Klasifikasi Massa Batuan Pada PIT. ZA di PT. Bukit Asam Tbk, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan.

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta di proses sesuai dengan peraturan yang berlaku pada (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

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



Palembang, 11 Mei 2024  
Yang Membuat Pernyataan,



Zhahra Aulia

NIM. 03071381924065

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan pemetaan geologi ini. Dalam penyusunan dan penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan, bimbingan dan dukungannya kepada:

- 1) Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan kesehatan, keteguhan dan keberkahan dalam hidup saya sehingga bisa menyelesaikan laporan pemetaan geologi dengan baik.
- 2) Ketua Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya Ibu Dr. Idarwati, S.T., M.T. Dosen Pembimbing Ibu Harnani, S.T., M.T. dan tim dosen lainnya yang telah memberikan ilmu dan saran yang berguna untuk saya selama menyusun laporan pemetaan geologi dan dalam perkuliahan.

Demikianlah, penulis ucapkan terima kasih yang dibuat oleh penulis. Mohon maaf apabila terdapat penulisan kata yang kurang berkenan. Semoga laporan ini membawa manfaat.

Palembang, 11 Mei 2024

Penulis,



**Zhahra Aulia**

**NIM. 03071381924065**

## RINGKASAN

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN *LIMIT EQUILIBRIUM METHODS* DENGAN PENDEKATAN KLASIFIKASI MASSA BATUAN PADA PIT. ZA DI PT. BUKIT ASAM TBK, KABUPATEN LAHAT, SUMATERA SELATAN.

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tugas Akhir, 11 Mei 2024

Zahra Aulia, Dibimbing oleh Harnani, S.T., M.T.

*Slope Stability Analysis Using Limit Equilibrium Methods In PIT. ZA With Rock Mass Classification Approach At PT. Bukit Asam Tbk, Lahat District, South Sumatra.*

LXXXIII+ 83 Halaman, 28 Tabel, 51 Gambar, 8 Lampiran

## RINGKASAN

Secara administratif daerah penelitian berada di Kawasan PT. Bukit Asam Tbk tepatnya pada PIT ZA, Desa Sirah Pulau, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi geologi, geologi teknik dan nilai faktor keamanan serta probabilitas kelongsoran pada daerah penelitian. Selain itu juga, penelitian ini bertujuan untuk merekomendasi desain lereng ideal jika terdapat lereng dengan nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran di bawah kondisi stabil. Metode yang digunakan pada penelitian yaitu pemetaan geologi, analisis klasifikasi massa batuan, analisis kinematika dan analisis kesetimbangan batas. Pemetaan geologi dilakukan untuk mengumpulkan data baik berupa data primer dan data sekunder. Hasil dari data primer akan dilakukan analisis klasifikasi massa batuan dan analisis kinematika sedangkan data sekunder akan dilakukan analisis kesetimbangan batas. Analisis klasifikasi massa batuan dilakukan untuk mengetahui nilai dari kekuatan massa batuan (*Rock Mass Rating*) serta penilaian kestabilan lereng menggunakan Klasifikasi *Rock Mass Rating*. Analisa kinematika dilakukan untuk mengetahui potensi dan tipe longsor dengan menggunakan data *Slope Mass Rating* (SMR). Analisis kesetimbangan batas dilakukan untuk mengetahui indeks faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK). Berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisis data, terdapat tiga bentuk lahan pada daerah penelitian yaitu bentuklahan *plateau*, bentuklahan *concavomorphic*, dan bentuklahan *convexomorphic*. Daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Muara Enim yang tersusun atas litologi batulempung, batulanau, dan batupasir tufaan dengan sisipan batubara. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian yaitu sesar turun pada Sesar A dan Sesar B. Sesar A menurut klasifikasi Fossen (2010) dengan hasil *Vertical Dip Slip Fault* dan Rickard (1972) dengan hasil *Right Normal Slip Fault* kemudian pada sesar B menurut klasifikasi Fossen (2010) dengan hasil *Vertical Dip Slip Fault* dan Rickard (1972) dengan hasil *Normal Slip Fault*. Hasil analisis kesetimbangan batas dengan menunjukkan bahwa faktor keamanan serta probabilitas kelongsoran pada empat *section*, tiga diantaranya berada pada sisi *highwall* dan satu

*section* pada sisi *lowwall*. Kemudian setelah dianalisis terdapat dua lereng stabil yaitu pada *section B-B'* dengan nilai faktor keamanan 1.332 dengan nilai probabilitas kelongsorannya ialah 5.09% dan *section C-C'* pada IB B-C dengan nilai faktor keamanan 2.030 dengan probabilitas kelongsoran yaitu 1.39%. Juga terdapat lereng yang tidak stabil pada tiga *section* lainnya yaitu *section A-A'* dengan nilai faktor keamanan 0.867 dan nilai probabilitas kelongsorannya ialah 22.59%, selanjutnya pada *section C-C'* pada *Under C* dengan nilai faktor keamanan 1.125 dan dengan nilai probabilitas kelongsorannya ialah 23.58% dan pada *section D-D'* dengan nilai faktor keamanan 0.922 dan dengan nilai probabilitas kelongsorannya ialah 14.83%. Lalu pada daerah penelitian terdapat dua jenis klasifikasi batuan dengan pembobotan *Rock Mass Rating* pada 4 lokasi pengamatan dan didapatkan 3 lokasi yang berada pada kelas IV atau termasuk *Good Rock* dan 1 lokasi yang berada pada kelas III atau termasuk *Fair Rock*, sedangkan pada pembobotan *Slope Mass Rating* didapatkan dua kelas yaitu kelas III dengan deskripsi *normal* dan kelas II dengan deskripsi *good*. Berdasarkan analisis kestabilan lereng didapatkan rekomendasi lereng ideal pada *section* yang dilakukan ketika nilai faktor keamanan dan probabilitas dibawah stabil menurut perusahaan yaitu dibawah 1.25. Pada *intermediate* lereng menambahkan *bench* dengan lebar 20 meter, 30 meter untuk lebar *ramp*, dan tinggi 8 meter serta sudutnya sebesar 30° guna memperkuat lereng. Hasil dari *re-design* sendiri yaitu pada *section A-A'* memiliki nilai faktor keamanan 1.292 dengan probabilitas kelongsorannya yaitu 8.21%, *section C-C* pada *Under C* memiliki nilai faktor keamanan 1.441 dengan probabilitas kelongsorannya yaitu 5.54%, dan pada *section D-D'* memiliki nilai faktor keamanan 1.255 dengan probabilitas kelongsorannya yaitu 7.52%.

**Kata Kunci:** Kestabilan lereng, *Rock mass rating*, *Slope mass rating*, Faktor keamanan, Probabilitas kelongsoran.



## **SUMMARY**

*SLOPE STABILITY ANALYSIS USING LIMIT EQUILIBRIUM METHODS WITH A ROCK MASS CLASSIFICATION APPROACH IN THE PIT. ZA AT PT. BUKIT ASAM TBK, LAHAT REGENCY, SOUTH SUMATRA.*

*Scientific paper in the form of a Geological Mapping Reports, 11 May 2024*

*Zahra Aulia, Supervised by Harnani, S.T., M.T.*

*Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Limit Equilibrium Methods dengan Pendekatan Klasifikasi Massa Batuan pada PIT.ZA di PT. Bukit Asam Tbk, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan.*

*LXXXIII+83 Pages, 28 Tables, 51 Pictures, 8 Appendix*

## **SUMMARY**

*Administratively, the research area is located in the PT. Bukit Asam Tbk precisely at PIT ZA, Sirah Pulau Village, East Merapi District, Lahat Regency, South Sumatra Province. This study aims to analyze geological conditions, engineering geology and the value of safety factors and the probability of avalanches in the research area. In addition, this study aims to recommend an ideal slope design if there are slopes with safety factor values and avalanche probability under stable conditions. The methods used in research are geological mapping, rock mass classification analysis, kinematics analysis and boundary equilibrium analysis. Geological mapping is carried out to collect data in the form of both primary data and secondary data. The results of the primary data will be carried out rock mass classification analysis and kinematics analysis while secondary data will be carried out boundary equilibrium analysis. Rock mass classification analysis is carried out to determine the value of rock mass strength (Rock Mass Rating) and slope stability assessment using Rock Mass Rating Classification. Kinematics analysis was carried out to determine the potential and type of avalanche using Slope Mass Rating (SMR) data. Boundary equilibrium analysis is performed to determine the safety factor index (FK) and avalanche probability (PK). Based on the results of field observations and data analysis, there are three landforms in the study area, namely plateau landforms, concavomorphic landforms, and convexomorphic landforms. The research area is included in the Muara Enim Formation which is composed of claystone, siltstone, and tuffan sandstone lithology with coal inserts. The geological structure that developed in the study area is the descending fault on Fault 1 and Fault 2. Fault 1 according to the classification of Fossen (2010) with the results of Vertical Dip Slip Fault and Rickard (1972) with the results of Right Normal Slip Fault then on fault 2 according to the classification of Fossen (2010) with the results of Vertical Dip Slip Fault and Rickard (1972) with the results of Normal Slip Fault. The results of the boundary equilibrium analysis show that the safety factor and probability of avalanche in four sections, three*

*of which are on the highwall side and one section on the lowwall side. Then after analysis, there are two stable slopes, namely section B-B' with a safety factor value of 1.332 with an avalanche probability value of 5.09% and section C-C' in IB B-C with a safety factor value of 2.030 with an avalanche probability of 1.39%. There are also unstable slopes in three other sections, namely section A-A' with a safety factor value of 0.867 and the probability value of avalanche is 22.59%, then in section C-C' under C with a safety factor value of 1.125 and with the probability value of avalanche is 23.58% and in section D-D' with a safety factor value of 0.922 and with an avalanche probability value of 14.83%. Then in the study area there are two types of rock classifications with Rock Mass Rating weighting at 4 observation locations and 3 locations are obtained that are in class IV or including Good Rock and 1 location that is in class III or including Fair Rock, while in the Slope Mass Rating weighting two classes are obtained, namely class III with normal description and class II with good description. Based on the slope stability analysis, an ideal slope recommendation was obtained in the section which was carried out when the value of the safety factor and probability was below stable according to the company, which was below 1.25. On the intermediate slope add a bench with a width of 20 meters, 30 meters for the width of the ramp, and a height of 8 meters and an angle of 30 ° to strengthen the slope. The results of the re-design itself are that section A-A' has a safety factor value of 1.292 with an avalanche probability of 8.21%, section C-C in Under C has a safety factor value of 1.441 with an avalanche probability of 5.54%, and in section D-D' has a safety factor value of 1.255 with an avalanche probability of 7.52%.*

**Keywords:** *Slope stability, Rock mass rating, Slope mass rating, Factor of safety, Probability of failure.*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami sampaikan kepada Allah SWT., karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian sesuai waktu yang telah ditentukan. Dalam penyusunan proposal penelitian ini penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih atas segala bantuan dan dukungan kepada :

1. Ibu Harnani, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, kritik dan saran sehingga laporan ini dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang ditentukan;
2. Bapak Mochammad Malik Ibrahim, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing saya dan para staff dosen Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya;
3. PT. Bukit Asam Tbk yang telah mempersilahkan penulis untuk melakukan penelitian tugas akhir.
4. Bapak Sucipto Heri Nugroho, S.T., M.T. selaku *Assistant Vice President* juga Bapak Radian Gatra Utamaputra, S.T. selaku Asisten Manajer Satuan Kerja Eksplorasi-Geoteknik yang telah memberikan kesempatan untuk dapat melakukan penelitian tugas akhir mengenai topik yang diajukan. Pak Reynara Davin Chen S.T. sebagai pembimbing lapangan penulis yang telah mengarahkan dan membantu dalam proses pengambilan dan pengolahan data sampai dengan selesai.
5. Yang akan selalu kucintai, Himpunanku. HMTG “SRIWIJAYA” dan semua orang didalamnya. Juga departemen kebanggaan, PPSDM yang semoga selamanya berjaya selalu.
6. Keluarga besar Teknik Geologi 2019 Universitas Sriwijaya. Serta manusia-manusia di #BukitMakmur yang menemani perjalanan perkuliahan sejak awal masuk perkuliahan dalam suka maupun duka.
7. Atas nama Zulfikar Dwi Kurnia, M Azinuddin Pamungkas, Akmal Arifin, Bona Panyusunan Nasution, M Alwafi Fath Firdaus, Yosua Putra Pamuji, Anju Goldmoreast Marbun, M Amin Fadhli, Rafly Susanto, Mifta Rizki Azzahra, Kurnia Rahma Rizki, Anisa Giantaria, Puan Rahima Syaharani sebagai tempat yang akan selalu dirindukan.
8. Atas nama Rafly Cendikia, Yohanes Panjaitan, Amsal Surbakti, Nadika Devatama, Savira, Yosaphat, Ragan, Emi, Hanif, Rizky, Mardhiyah, Vira, Sidiq, Belinda, Devi, Firdaus yang kebersamai penulis.
9. Atas nama Dary Farhansyah, M. Said Harfiandri, Rio Hanzra Adjie Pamungkas sebagai penyempurna masa-masa kepengurusan serta kebersamai di masa kejayaan. Juga atas nama Fairuz M Adha, Tegar Ananto Wicaksono, Ansell Capolo, Kalvari Anggea yang ikut meramaikan dan cukup menyita waktu penulis.
10. Seluruh mahasiswa magang Satuan Kerja Eksplorasi, terutama Bayu Adamsyah, Kevin Nabil dan Puan Rahima Syaharani juga Thomas Ardho Rifai dan Gregorius Brian Andin yang menjadi tempat berdiskusi.

11. Tania Arwani, Fina Fitriyani, Meutia Siti, Inka Ramadhanti, Wella Utami, Cindy Wijaya sebagai tempat bercanda dan tertawa bagi penulis.
12. Kedua orangtua saya Bapak Rahmansyah, S.H., M.H. dan Ibu Susilawati, S.E. serta abang saya Fredo Pratama Putra dan Zhacky Dhanan Fuady yang selalu memberikan doa, motivasi dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Demikianlah ucapan terima kasih yang dibuat oleh penulis, penulis mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan laporan penelitian ini dari pihak mana pun. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Palembang, 11 Mei 2024



Zhahra Aulia  
NIM. 03071381924065

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang telah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip (dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka).

Apabila ternyata dalam naskah laporan tugas akhir ini dapat dibuktikan adanya unsur-unsur plagiat, saya bersedia laporan ini digugurkan dan tidak diluluskan pada mata kuliah pemetaan geologi, serta diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 27 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Palembang, 11 Mei 2024

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to read 'ZA' followed by a horizontal line and a small flourish.

Zhahra Aulia

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENYATAAN INTEGRITAS</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ix</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>xi</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	2
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian .....	4
<b>BAB II GEOLOGI REGIONAL</b> .....	<b>4</b>
2.1 Tatanan Tektonik .....	4
2.2 Stratigrafi Regional.....	6
2.3 Struktur Geologi .....	8
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>10</b>
3.1 Lereng.....	10
3.2 Kestabilan Lereng.....	11
3.3 Keseimbangan Batas.....	13
3.4 Klasifikasi Massa Batuan.....	13
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>15</b>
4.1 Pengumpulan Data .....	15
4.1.1 Data Primer.....	15
4.1.2 Data Sekunder.....	18
4.2 Analisis <i>Limit Equilibrium Method</i> (LEM).....	20

4.2.1 Faktor Keamanan (FK) .....	20
4.2.2 Probabilitas Kelongsoran (PK).....	21
4.3 Analisis Klasifikasi Massa Batuan.....	22
4.3.1 <i>Rock Mass Rating (RMR)</i> .....	22
4.3.2 <i>Slope Mass Rating (SMR)</i> .....	25
4.4 Rekomendasi Desain Lereng .....	27
4.5 Laporan Analisis Kestabilan Lereng.....	27
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
5.1 Geologi Daerah Lokal.....	28
5.1.1 Geomorfologi.....	28
5.1.2 Stratigrafi .....	30
5.1.3 Struktur Geologi .....	32
5.2 Hasil .....	34
5.2.1 Analisis Kesetimbangan Batas .....	34
5.2.2 Analisis Klasifikasi Massa Batuan .....	39
5.3 Pembahasan.....	55
5.3.1 Rekomendasi Lereng Ideal .....	57
<b>BAB VI KESIMPULAN .....</b>	<b>60</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xv</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Administrasi Daerah Penelitian .....	4
Gambar 1. 2 Ketersampaian Lokasi Penelitian.....	4
Gambar 2. 1 Peta Cekungan Pulau Sumatera (Barber dkk., 2005).....	4
Gambar 2. 2 Fase Tektonik Sumatera (Barber dkk., 2005) dan Model elipsoid Pulau Sumatra dari Jura Akhir – Resen (Pulunggono dkk., 1992).....	5
Gambar 2. 3 Stratigrafi Regional Cekungan Sumatera Selatan (Ginger dan Fielding, 2005).....	6
Gambar 2. 4 Stratigrafi Daerah PIT.ZA .....	8
Gambar 2. 5 Elemen struktur utama di Cekungan Sumatera Selatan (Ginger dan Fielding, 2005).....	9
Gambar 3. 1 Lereng Alam .....	10
Gambar 3. 2 Lereng Buatan.....	11
Gambar 4. 1 Diagram Alir Penelitian .....	15
Gambar 4. 2 Klasifikasi Fisik dari Bentuk Lahan Antropogenik menurut Howard (2017) .....	16
Gambar 4. 3 Perhitungan Ketebalan dan Kemiringan Lapisan Sedimen menggunakan Metode <i>Brunton and Tape</i> (Compton, 1985; Fritz & Moore, 1988).....	17
Gambar 4. 4 Teknik Grid & Radius untuk Model Bidang Gelincir Melingkar (modifikasi dari Khran, 2004) .....	27
Gambar 5. 1 Peta Geomorfologi Daerah Penelitian .....	28
Gambar 5. 2 Bentuklahan <i>Plateau</i> pada Daerah Penelitian Azimuth N 089° E.....	29
Gambar 5. 3 Bentuklahan <i>Concavomorphic</i> pada Daerah Penelitian Azimuth N 330° E .....	29
Gambar 5. 4 Bentuklahan <i>Convexomorphic</i> pada Daerah Penelitian Azimuth N 182° E .....	30
Gambar 5. 5 Anggota M2 A) <i>Overburden A1, Seam A1, Interburden A1-A2, Seam A2</i> Azimuth N 60° E; B) <i>Interburden A2-B, Seam B</i> Azimuth N 275° E.....	31
Gambar 5. 6 Anggota M2 A) <i>Seam B, Interburden B-C</i> Azimuth N 128° E; B) <i>Interburden B-C, Seam C, Under C</i> Azimuth N 091° E. ....	31
Gambar 5. 7 Singkapan Sesar A Jarak Jauh Azimuth N 047° E dan Jarak Dekat Azimuth N 052° E .....	32
Gambar 5. 8 Hasil Analisa Streografis Sesar A.....	32
Gambar 5. 9 Singkapan Sesar B Azimuth N 060° E .....	33
Gambar 5. 10 Hasil Analisa Streografis Sesar B .....	33
Gambar 5. 11 <i>Line Section</i> pada Foto Udara PIT ZA.....	36
Gambar 5. 12 <i>Design</i> Lereng Aktual <i>Section A-A'</i> .....	37
Gambar 5. 13 <i>Design</i> Lereng Aktual <i>Section B-B'</i> .....	37
Gambar 5. 14 <i>Design</i> Lereng Aktual <i>Section C-C'</i> pada <i>Under C</i> .....	38
Gambar 5. 15 <i>Design</i> Lereng Aktual <i>Section C-C'</i> pada <i>Interburden B-C</i> .....	38
Gambar 5. 16 <i>Design</i> Lereng Aktual <i>Section D-D'</i> .....	39
Gambar 5. 17 Titik Lokasi Pengamatan <i>Rock Mass Rating</i> pada PIT ZA. ....	40
Gambar 5. 18 Singkapan LP 1 Jarak Jauh Azimuth N 225° E dan Jarak Dekat Azimuth N 225° E.....	40
Gambar 5. 19 Singkapan LP 2 Jarak Jauh Azimuth N 270° E dan Jarak Dekat Azimuth N 060° E.....	41
Gambar 5. 20 Singkapan LP 3 Azimuth N 060° E.....	43
Gambar 5. 21 Singkapan LP 4 Jarak Jauh Azimuth N 278° E dan Jarak Dekat Azimuth N 091° E.....	44



Gambar 5. 22 Peta Klasifikasi <i>Rock Mass Rating</i> Daerah Penelitian.....	45
Gambar 5. 23 Titik Lokasi Pengamatan <i>Slope Mass Rating</i> pada PIT ZA. ....	46
Gambar 5. 24 Analisis Kinematika LP 1 .....	47
Gambar 5. 25 Analisis Arah Tegangan Utama LP 1 .....	47
Gambar 5. 26 Analisis Kinematika LP 2 .....	49
Gambar 5. 27 Analisis Arah Tegangan Utama LP 2 .....	49
Gambar 5. 28 Analisis Kinematika LP 3 .....	51
Gambar 5. 29 Analisis Arah Tegangan Utama LP 3 .....	51
Gambar 5. 30 Analisis Kinematika LP 4 .....	53
Gambar 5. 31 Analisis Arah Tegangan Utama LP 4 .....	53
Gambar 5. 32 Peta Klasifikasi <i>Slope Mass Rating</i> Daerah Penelitian.....	55
Gambar 5. 33 <i>Design</i> Aktual Section A-A' .....	57
Gambar 5. 34 <i>Re-design</i> Section A-A' .....	57
Gambar 5. 35 <i>Design</i> Aktual Section C-C' pada <i>Under C</i> . ....	58
Gambar 5. 36 <i>Re-design</i> Section C-C' pada <i>Under C</i> .....	58
Gambar 5. 37 <i>Design</i> Aktual Section D-D' .....	59
Gambar 5. 38 <i>Re-design</i> Section D-D' .....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Referensi peneliti terdahulu .....	3
Tabel 4. 1 Penjelasan Klasifikasi Fisik dari Bentuk Lahan Antropogenik menurut Howard (2017) .....	16
Tabel 4. 2 Klasifikasi Nilai UCS (Hoek dan Brown, 1997) .....	19
Tabel 4. 3 Nilai FK dan PoF pada tambang (Kepmen ESDM 1827 K /30/MEM/208)..	22
Tabel 4. 4 Klasifikasi Pembobotan RMR Berdasarkan Bieneawski (1989).....	24
Tabel 4. 5 Klasifikasi dan Kualitas Batuan Berdasarkan Nilai RMR (Bieneawski, 1989) .....	25
Tabel 4. 6 Pembobotan Massa Batuan SMR (Romana, 1985) modifikasi oleh Anbalagan .....	26
Tabel 4. 7 Klasifikasi Kualitas untuk Setiap Kelas <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) (Romana, 1985).....	26
Tabel 5. 1 Hasil Analisa Sesar A .....	33
Tabel 5. 2 Hasil Analisa Sesar B .....	34
Tabel 5. 3 <i>Material Properties</i> .....	35
Tabel 5. 4 Standar Deviasi .....	35
Tabel 5. 5 Hasil FK dan PK Lereng Aktual.....	39
Tabel 5. 6 Hasil Pembobotan <i>Rock Mass Rating</i> (RMR) LP 1.....	41
Tabel 5. 7 Hasil Pembobotan <i>Rock Mass Rating</i> (RMR) LP 2.....	42
Tabel 5. 8 Hasil Pembobotan <i>Rock Mass Rating</i> (RMR) LP 3.....	43
Tabel 5. 9 Hasil Pembobotan <i>Rock Mass Rating</i> (RMR) LP 4.....	44
Tabel 5. 10 Kalkulasi Hasil Pembobotan <i>Rock Mass Rating</i> (RMR) pada Daerah Penelitian.....	45
Tabel 5. 11 Pembobotan <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) LP 1.....	48
Tabel 5. 12 Penentuan Kelas <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) LP 1.....	48
Tabel 5. 13 Pembobotan <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) LP 2.....	50
Tabel 5. 14 Penentuan Kelas <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) LP 2.....	50
Tabel 5. 15 Pembobotan <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) LP 3.....	52
Tabel 5. 16 Penentuan Kelas <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) LP 3.....	52
Tabel 5. 17 Pembobotan <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) LP 4.....	54
Tabel 5. 18 Penentuan Kelas <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) LP 4.....	54
Tabel 5. 19 Kalkulasi Hasil Pembobotan <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) pada Daerah Penelitian.....	55
Tabel 5. 20 Hasil FK dan PK Lereng Rekomendasi.....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A.** Tabulasi Data
- Lampiran B.** Peta Lintasan
- Lampiran C.** Struktur Geologi
- Lampiran D.** *Cross Section*
- Lampiran E.** *Design* Lereng Aktual
- Lampiran F.** Akumulasi Data Kekar
- Lampiran G.** *Re-design* Lereng Ideal
- Lampiran H.** Peta Geologi

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan digunakan sebagai penjelasan sekilas mengenai penelitian yang terdiri dari latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian dan kesampaian lokasi penelitian.

### 1.1 Latar Belakang

PT. Bukit Asam Tbk merupakan salah satu perusahaan besar dengan kegiatan utamanya adalah mengusahakan Pertambangan Batubara di Indonesia. Dalam melaksanakan kegiatan penambangan, metode yang dilakukan di Perusahaan ini adalah metode penambangan terbuka (*open pit mining*). Metode tambang terbuka ini menuntut kestabilan lereng pada bukaan tambangnya.

Lokasi penelitian berada di PIT ZA pada kawasan PT. Bukit Asam Tbk. Memiliki dua formasi yaitu Formasi Muara Enim (Tmpm) dengan litologi batulempung, batulanau, dan batupasir tufaan dengan sisipan batubara.

Kestabilan lereng merupakan kemampuan elemen penyusun lereng untuk mempertahankan posisinya dari pergerakan. Ada 2 faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu internal dan eksternal. Faktor internal kestabilan lereng terdiri dari kondisi massa batuan, desain lereng tambang dan kondisi geologi lokasi penambangan. Sementara faktor eksternal kestabilan lereng terdiri dari intensitas curah hujan dan tingkat pelapukan. Kondisi lereng tambang akan mengalami banyak perubahan pada tambang batubara yang sudah beroperasi cukup lama seperti kondisi fisik, kimia, maupun mekanik batuan yang berimbas pada kestabilan lerengnya. Metode irisan dilakukan dengan cara tanah yang ada di atas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan-irisan paralel tegak. Stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah. Probabilitas kelongsoran (PK) adalah peluang terjadinya peristiwa kelongsoran lereng tambang dan/atau alami dengan ketentuan semakin tinggi nilai PK lereng, maka semakin besar peluang lereng tersebut untuk longsor. Nilai faktor keamanan desain lereng dapat dioptimasi dengan nilai probabilitas kelongsoran, sehingga dapat memberikan tingkat keyakinan terhadap desain lereng tersebut. Probabilitas Kelongsoran (PK) diperoleh dari kumpulan nilai  $FK \leq 1$  dibandingkan dengan total FK dengan dampak kelongsoran didapat dengan estimasi luas penampang desain lereng dikalikan dengan lebar pengaruh longsor (Azizi dkk., 2014). Evaluasi kestabilan lereng yang berpotensi terlewat dari titik pengambilan sampel sebagai *material properties* didapatkan pada pendekatan klasifikasi massa batuan. Bieniawski (1989) menjelaskan bahwa kestabilan lereng diantaranya tercermin dari nilai kekuatan massa batuan dengan metode *Rock Mass Rating* (Bieniawski, 1989). Menurut Romana (1985) menyertakan bobot pengatur orientasi kekar untuk memodifikasi RMR menjadi klasifikasi massa batuan baru yang disebut *Slope Mass Rating* (SMR). Anbalagan (1992) menambahkan rumus yang digunakan ketika diskontinuitas memiliki tipe longsoran baji atau *wedge sliding* dari rumus *slope mass rating* (SMR) oleh Romana

(1985).

Apabila kestabilan lereng terganggu maka akan berdampak terhadap proses penambangan, keselamatan kerja dan hasil produksi. Oleh karena itu diperlukan geometri desain lereng yang memperhatikan faktor-faktor penyebab pergerakan massa seperti struktur geologi, litologi, hidrologi dan morfologi lereng. Hal ini menjadi fokus penelitian ini pada area tambang terbuka.

Pada Formasi Muara Enim (TMPM) terdapat penelitian mengenai kestabilan lereng yaitu menghasilkan optimalisasi pada tambang yang bersifat final dengan tujuan memantapkan lereng. Situasi geoteknik yang diidentifikasi menunjukkan nilai klasifikasi massa batuan berdasarkan *rock mass rating* (RMR) berbobot 43 (*fair rock*) (Surbakti, 2022). Sementara penelitian yang dilakukan saat ini menambahkan analisis *slope mass rating* (SMR) yang menambahkan parameter tipe longsoran serta efek peledakan yang ditambahkan dengan nilai *rock mass rating* (RMR) sehingga memiliki kelas yang lebih teliti dan mendapatkan perkuatan lereng pada daerah penelitian.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian Penelitian ini dilakukan dengan maksud dapat membahas kestabilan lereng guna menentukan indikasi longsor pada PT. Bukit Asam Tbk, sehingga dapat mengaplikasikan bidang geologi teknik yang telah didapat selama dibangku kuliah. Adapun tujuan penelitian yang menjadi target antara lain sebagai berikut.

1. Menganalisis kondisi geologi dan geologi teknik di daerah penelitian.
2. Menganalisis nilai faktor keamanan serta probabilitas kelongsoran pada daerah penelitian.
3. Menganalisis klasifikasi massa batuan pada lokasi penelitian.
4. Merekomendasi desain lereng ideal jika terdapat lereng dengan nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran di bawah kondisi stabil

## 1.3 Rumusan Masalah

Pelaksanaan penelitian ini memiliki fokus pada mekanika batuan mencakup *Uniaxial Compressive Strength* (UCS), *Direct Shear Test* (DST), dan *Rock Quality Designation* (RQD). Berbagai konsep dan uji mekanika batuan dan tanah ini ditujukan untuk pemodelan *Rock Mass Rating* (RMR), *Slope Mass Rating* (SMR), Faktor Keamanan (FK), dan Probabilitas Kelongsoran (PK).

1. Bagaimana keadaan geologi dan geologi teknik di daerah penelitian?
2. Bagaimana nilai faktor keamanan serta probabilitas kelongsoran pada daerah penelitian?
3. Bagaimana klasifikasi massa pada batuan yang berada di lokasi penelitian?
4. Bagaimana rekomendasi desain lereng ideal jika terdapat lereng dengan nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran di bawah kondisi stabil?

Tabel 1. 1 Referensi peneliti terdahulu

No	Peneliti	Geometri Lereng	Sifat Fisik & Mekanik Batuan	FK	PK	RDQ	RMR	SMR
1	Arif, Irwandy. 2016. Geoteknik Tambang. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.							
2	Alban, Andres., dkk. 2017. Efficient Monte Carlo Methods for Estimating Failure Probabilities. Reliability Engineering & System Safety. Vol 165 : 376-394.							
3	Anbalagan, R, Sanjeev S, and Tarun K. 1992. Rock Mass Stability Evaluation Using Modified SMR Approach. Proceeding of 6 <sup>th</sup> National Symposium on Rock Mechanics. Hal : 258-268.							
4	Bieniawski, Z. 1989. Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineering and Geologists in mining, Civil and Petroleum Engineering. Wiley-Interscience.							
5	Bishop, A.W., 1955. The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5. London.							
6	Priest SD, Hudson J. 1976. Discontinuity Spacing in Rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstrak 13(5):135e48							
7	Romana, M. R. 1993. A Geomechanical Classification for Slopes : Slope Mass Rating. Spain : Universidad Politecnica Valencia.							
8	Surbakti, Amsal. 2020. Rekayasa Geometri Lereng Dan Instalasi Drain Hole Guna Optimasi Desain Final Pit A Galian Batubara, Banko Barat, Muara Enim, Sumatera Selatan.							
9	Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan <i>Limit Equilibrium Methods</i> dengan Pendekatan Klasifikasi Massa Batuan pada PIT.ZA di PT. Bukit Asam Tbk, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan.							

Keterangan :

- FK : Faktor Keamanan
- PK : Probabilitas Kelongsoran
- RQD : *Rock Quality Designation*
- RMR : *Rock Mass Rating* (RMR)
- SMR : *Slope Mass Rating* (SMR)

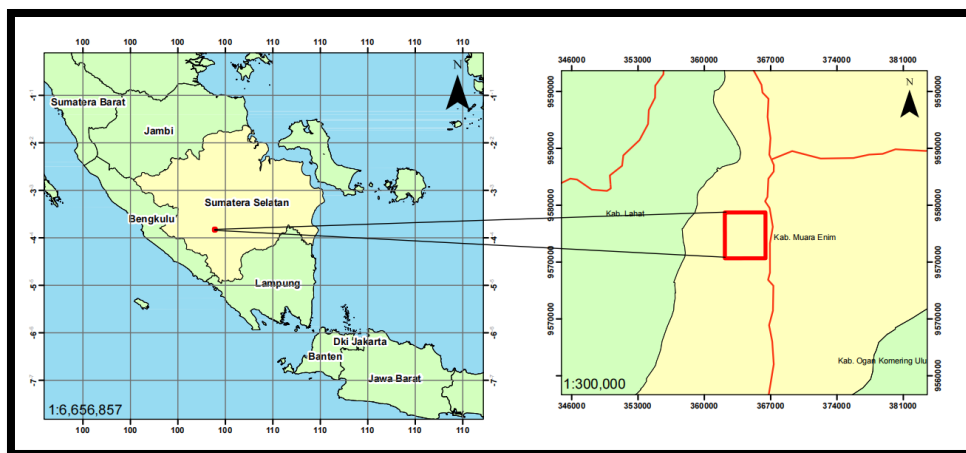
## 1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup batasan penelitian adalah sebagai berikut :

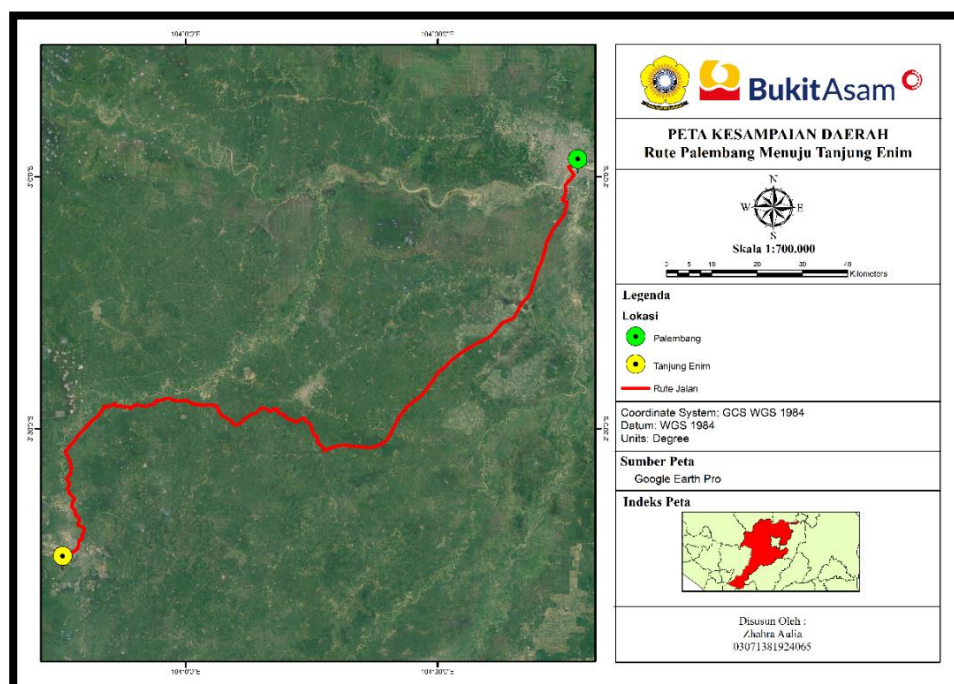
1. Lokasi penelitian berada di Cekungan Sumatera Selatan (*back arc basin*) dilihat dari segi tektonik berada di Formasi Muara Enim (Tmpm).
2. Areal penelitian merupakan lokasi PT. Bukit Asam yang terletak di Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan.

## 1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Daerah penelitian berada pada PIT ZA di wilayah kerja PT. Bukit Asam Tbk, Kota Tanjung Enim (Gambar 1.1) . Ketercapaian lokasi penelitian ini dapat ditempuh melalui jalur darat dari kota Palembang menggunakan kendaraan roda empat, berdasarkan *Google Maps* waktu yang ditempuh berkisar 4 jam (Gambar 1.2).



Gambar 1. 1 Administrasi Daerah Penelitian



Gambar 1. 2 Ketersampaian Lokasi Penelitian

## DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, Lee, Sunil S, and G.M Boyce, 1985, Slope Stability and Stabilization Methods, John Wiley & Sons, inc.
- Alban, Andres., dkk. 2017. Efficient Monte Carlo Methods for Estimating Failure Probabilities. Reliability Engineering & System Safety. Vol 165 : 376-394
- Anbalagan, R, Sanjeev S, and Tarun K. 1992. Rock Mass Stability Evaluation Using Modified SMR Approach. Proceeding of 6<sup>th</sup> National Symposium on Rock Mechanics. Hal : 258-268.
- Arif, Irwandy. 2016. Geoteknik Tambang. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Azizi, M. A. 2014. 01 Analisis Probabilistik untuk Kestabilan Lereng. Bandung: Workshop PERHAPI-ITB.
- Barber, A. C. 2005. Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution. London: Geological Society Memoir.
- Bieniawski, Z. 1989. Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineering and Geologists in mining, Civil and Petroleum Engineering. Wiley-Interscience
- Bishop, A.W., 1955. The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5. London
- Bowles, J.E. 1989. Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah. Erlangga: Jakarta
- Compton, R., 1985. Geology in The Field. New York: s.n.
- Das, B. M. 2002. Principles of Geotechnical Engineering. 5th edition. Publisher: Bill Stenquist. Hal 1-11.
- Deere and Deere, 1988, Rock Classification Systems for Engineering Purposes, Philadelphia, ASTM.
- E. Hoek and E.T. Brown. 1997. Practical Estimates of Rock Mass Strength. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol 34, No 8, 1997, pages 1165-1186.
- Fossen, H. (2010) Structural Geology. Cambridge University Press, Cambridge, 463.
- Gafoer, S., Cobrie, Purnomo. 1986. Peta Geologi Lembar Lahat. Pusat Survei Geologi Indonesia: Bandung.
- Ginger, D., dan Fielding, K. 2005. Petroleum System and Future Potential of South Sumatra Basin. Proceedings 30th Annual Convention Indonesian Petroleum Association. Jakarta.
- Hardiyatmo.H.C. 2007. Mekanika Tanah 2, Yogyakarta: UGM Press.
- Hartoyo. 1997. Studi Perbandingan Berbagai Metode Analisa Kestabilan Lereng. Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Hirawan, F., dan Zakaria, Z. 2002. Geoteknik dan Geomekanik. Bandung. Laboratorium Geoteknik-Fakultas Teknik Geologi. Universitas Padjdjaran.
- Hoek, E., dan Bray, J. W. 1981. Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, 3rd edition : London.
- Hoek, E., Bray. 2004. Rock Slope Engginerig. Civil and Mining 4th Edition.
- Howard, J. 2017. Anthropogenic Soils and Progress in Soil Science. Springer International Publishing



- K. Terzaghi, "Mechanisms of Landslides," Geotechnical Society of America, Berkeley, 1950, pp. 83-125.
- Metcalf, I. 2013. Gondwana Dispersion And Asian Accretion: Tectonic And Palaeo-Geographic Evolution Of Eastern Tethys. *J. Asian Earth Sci.* 66, 1–33
- Nurhidayat, E. Syawaludin, M. Arifin, I. Oktariansyah. 2019. Analisis Probabilitas Kestabilan Lereng Tambang Timah Primer Blok Pemali, Bangka, Indonesia. Prosiding TPT XXVIII PERHAPI 2019
- Priest SD, Hudson J. 1976. Discontinuity Spacing in Rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstrak* 13(5):135e48
- Pulunggono and Cameron. 1984. Sumatran Microplate. Their Characteristic and Their Rock in The Evolution of Central South Sumatra Basin. *Proceedings 13th Annual Convention Indonesian Petroleum Association: Jakarta.*
- Pulunggono, A., Haryo, A., dan Kosuma, C.G. 1992. Pre-Tertiary and Tertiary fault systems as a framework of the South Sumatra Basin : a study of SAR-maps. *Proceedings Indonesian Petroleum Association 21st Annual Convention: Jakarta.*
- Rickard, 1972. Classification of Translational Fault Slip. *Geological Society of America*
- Romana, M. R. 1993. A Geomechanical Classification for Slopes : Slope Mass Rating. Spain : Universidad Politecnica Valencia.
- Ryanda, Dean et al. 2020. The Study of Slope Stability Using Kinematic Method on Sand Stone Mining at Rapak Dalam Sub District, Loa Janan District, Samarinda City, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, Vol.8, No.1:22-27.
- Sulaeman, Sophian, G. Dipatunggoro, F. Hirnawan. 2014. Kestabilan Lereng Tambang Terbuka Batubara di Daerah Desa Purwajaya, Kecamatan Loajan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. *Buletin Sumber Daya Geologi* Vol. 9 No. 2: 89-104.
- Suta, I.N., Xiaoguang, L. 2005. Complex Stratigraphic and Structural Evolution of Jabung Basin and its hydrocarbon accumulation; Case study from Lower Talang Akar reservoir South Sumatera Basin Indonesia, Jakarta: *Proceedings Indonesian Petroleum Association Annual Convention.*
- Syahbana, dkk. 2013. Desain Cut Slope Chart Untuk Evaluasi Kestabilan Lereng di atas Badan Jalan. Studi Kasus Cinona, Cisalak dan Cijengkol, Kabupaten Bandung 38 Barat, Jawa Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 4 No. 1 April 2013:33-47.s
- Widyatmanti et al., 2016, Identification of Topographic Elements Composition Based on Landform Boundaries From Radar Interferometry Segmentation, 8th IGRSM International Conference and Exhibition on Remote Sensing & GIS, p.5-6.
- Zakaria, Z. 2011. Analisis Kestabilan lereng. Bandung: Laboratorium Geoteknik-Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjajaran.