

## **TUGAS AKHIR**

**Karakterisasi Massa Batu and Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi  
Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal  
Jaya) Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



Oleh :

**RISKI ADELINA PANE**  
**NIM. 15137021/2015**

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK PERTAMBANGAN  
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2019**



Scanned with  
CamScanner

**PERSETUJUAN PEMBIMBING  
TUGAS AKHIR**

Judul : Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan  
Lereng untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat  
Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya)  
Kota Sawahlunto Sumatera Barat

Nama : Riski Adelina Pane

NIM/TM : 15137034/2015

Program Studi : S1 Teknik Pertambangan

Jurusan : Teknik Pertambangan

Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2019

Disetujui Oleh :

Pembimbing

Yoszi M. Anaperta, ST., MT.

NIP. 19790304 200801 2 010

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Drs. Raimon Kopa, M.T.

NIP. 19580313 198303 1 001

**PENGESAHAN TIM PENGUJI**

Nama : Riski Adeline Pane

NIM : 15137021

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Tugas Akhir di Depan Tim Penguji  
Program Studi S1 Teknik Pertambangan  
Jurusan Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang  
Dengan Judul

**Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Sumatera Barat**

Padang, 15 Agustus 2019

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Ketua : Yoszi M. Anaperta ST.,MT

1. 

2. Anggota : Drs. Raimon Kopa M.T

2. 

3. Anggota : Jukepsa Andas, S.Si., M.T.

3. 



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

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131

Telephone: FT: (0751)7055644, 445118 Fax . 7055644

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail : [mining@ft.unp.ac.id](mailto:mining@ft.unp.ac.id)

**SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riski Adeina Pane  
NIM/TM : 15137021 / 2015  
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan  
Jurusan : Teknik Pertambangan  
Fakultas : FT UNP

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

" Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan  
Lereng untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat  
Tambang Terbuka PT. AIG (Allied Indo Coal Java)  
Kota Sawahlunto Sumatera Barat  
....."

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.

Diketahui oleh,  
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

**Drs. Ralmon Kopa, M.T.**  
NIP. 19580313 198303 1 001

Padang, .....

.....  
t pernyataan,  
  
Riski Adeina Pane



## BIODATA



### I. Data Diri

Nama Lengkap : Riski Adelina Pane  
NIM/BP : 15137021/2015  
Tempat/Tanggal Lahir : Panobasan/29 Mei 1997  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Nama Ayah : Abdul Gani Pane  
Nama Ibu : Nelliani Batubara  
Jumlah Saudara : 5 Orang  
Alamat Tetap : Desa Panobasan Dolok, Kec. Angkola Barat, Kab. Tapanuli Selatan, Prov. Sumatera Utara

### II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : MIN Panobasan  
Sekolah Menengah Pertama : MTsN 1 Padangsidempuan  
Sekolah Menengah Atas : MAN1 Padangsidempuan  
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

### III. Data Tugas Akhir

Tempat Tugas Akhir : PT. Allied Indo Coal Jaya  
Tanggal Kerja Praktek : 25 Maret – 25 April 2019  
Judul Tugas Akhir : Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya Kota Sawahlunto Sumatera Barat

Tanggal Sidang Tugas Akhir : 05 Agustus 2019

**Padang, 05 Agustus 2019**

**Riski Adelina Pane**  
**NIM/BP : 15137021/2015**

## ABSTRAK

PT. Allied Indo Coal Jaya adalah perusahaan yang bergerak dibidang usaha pertambangan batubara di Kota Sawahlunto. Dalam penambangan terbuka, tingkat kestabilan lereng tambang adalah faktor terpenting yang harus diperhatikan dalam keberlangsungan kegiatan penambangan. Penulis melakukan penelitian di tiga lokasi lereng penambangan PT. AICJ, yaitu di koordinat  $S00^{\circ}36'09,3''/E100^{\circ}48'16,3''$ , koordinat  $S00^{\circ}43'27,0''/E100^{\circ}47'11,1''$  dengan tinggi lereng = 35m dan kemiringan =  $63^{\circ}$ , dan di koordinat  $S00^{\circ}36'09,7''/E100^{\circ}48'16,2''$  dengan tinggi lereng = 30m dan kemiringan =  $63^{\circ}$ .

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *bishop* dan *hoek and bray*. Sebagai hasil penelitian, disimpulkan beberapa hal berikut. Pertama, material lokasi penelitian berupa siltstone dengan banyak *joint*. Kedua, berdasarkan analisis RQD, RMR, dan SMR jenis batuan pada lokasi penelitian tergolong dalam kelas *fair rock - good rock*. Ketiga, hasil analisis *single* dan *overall slope actual* didapatkan nilai FK pada koordinat I, II, dan III = 1.280/1.225, 1.323/1.203, 1.308/1.203 (kondisi natural) dan FK = 0.844/0.888, 0.905/0.731, 0.859/0.73 (kondisi jenuh). Keempat, untuk mendapatkan FK aman dilakukan modifikasi geometri lereng yaitu, koordinat I dengan tinggi lereng 31 m dan kemiringan  $49^{\circ}$  diperoleh FK = 1.255 (kondisi jenuh) dan untuk *overall slope* diubah menjadi 30 m/ $41^{\circ}$ , 25 m/ $30^{\circ}$ , 32 m/ $59^{\circ}$  (kondisi natural) dan 20 m/ $30^{\circ}$ , 25 m/ $36^{\circ}$  dan 25 m/ $32^{\circ}$  (kondisi jenuh), koordinat II tinggi lereng 33 m dan kemiringan  $50^{\circ}$  diperoleh FK = 1.25 (kondisi jenuh) dan *overall slope* diubah menjadi 29 m/ $55^{\circ}$ , 30 m/ $51^{\circ}$ , 33 m/ $60^{\circ}$  (kondisi natural) dan 25 m/ $39^{\circ}$ , 21 m/ $33^{\circ}$  dan 22 m/ $40^{\circ}$  (kondisi jenuh), koordinat III dengan tinggi lereng 25m dan kemiringan  $54^{\circ}$  diperoleh FK = 1.254 dan untuk *overall slope* diubah menjadi 29 m/ $47^{\circ}$ , 31 m/ $52^{\circ}$ , 27 m/ $62^{\circ}$  (kondisi natural) dan 23 m/ $49^{\circ}$ , 20 m/ $49^{\circ}$  dan 25 m/ $33^{\circ}$  (kondisi jenuh).

**Kata kunci:** *analisis kestabilan lereng, karakterisasi massa batuan, RQD, RMR, SMR, metode bishop, metode hoek and bray*

## ABSTRACT

PT. Allied Indo Coal Jaya is a company engaged in the coal mining business in Sawahlunto City . In open mining, the stability of a mine slope is the most important factor that must be considered in the continuation of mining activities. The author conducted research at three mining slope locations of PT . AICJ, ie at coordinates S 00 koordinat36'09.3 "/ E 100°48'16.3", coordinates S 00°43'27.0 "/ E 100°47'11 , 1" with slope height = 35m and slope = 63°, and at coordinates S 00°36'09.7 "/ E 100°4 8'16.2 "with slope height = 30m and slope = 63°.

The method used in this research is the bishop and hoek and bray methods. As a result of the study, the following conclusions are made. First, the research location material is siltstone with many joints . Second, based on the analysis of RQD, RMR, and SMR rock types at the research location classified as fair rock - good rock class . Third, the results of the analysis of single and overall slope of actual earned value FK at the coordinates I, II, and III = 1 . 280 / 1,225, 1,323 / 1,203, 1,308 / 1,203 ( natural conditions ) and FK = 0.844 / 0.888, 0.905 / 0.731, 0.859 / 0.73 (saturated conditions) . Fourth, to get FK it is safe to do the slope geometry modification , that is , coefficient I with a slope height of 31 m and a slope of 49 ° obtained FK = 1 . 255 (saturated condition) and for overall slope changed to 30 m / 41°, 25 m / 30°, 32 m / 59° (natural conditions) and 20 m / 30°, 25 m / 36° and 25 m / 32° ( saturated condition ), coordinate II slope height 33 m and slope 50 ° obtained FK = 1. 25 (saturation condition ) and overall slope changed to 29 m / 55°, 30 m / 51°, 33 m / 60° (condition natural) and 25 m / 39°, 21 m / 33° and 22 m / 40° (saturation) , the high slopes coordinate III with 25 m and kemiringan 54 ° obtained FK = 1. 254 and for overall slopenya changed to 29 m / 47°, 31 m / 52°, 27 m / 62° (natural conditions) and 23 m / 49°, 20 m / 49° and 25 m / 33° (saturated conditions).

**Keyword** : analysis of slope stability, characterization mass of rock, RQD, RMR, SMR, bishop method, the method hoek and bray

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan topik bahasan “Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya Kota Sawahlunto Sumatera Barat” 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 Ayah, Ibu dan keluarga tercinta yang telah menjadi inspirator dan motivator bagi penulis dalam hidup ini.
2. Bapak Drs. Raimon Kopa, M.T selaku ketua jurusan Teknik Pertambangan UNP.
3. Ibu Yoszi Yoszi Mingsi Anaperta, ST, MT selaku dosen pembimbing, yang telah sangat baik dalam membimbing dan memberikan pengarahannya dalam proses penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Drs. Raimon Kopa, M.T dan Bapak Jukepsa Andas, S.Si., M.T selaku dosen penguji. Terima kasih atas kritik, masukan, dan sarannya selama penulisan tugas akhir ini.
5. Bapak Andri Syaputra,serta seluruh karyawan PT. Allied Indo Coal Jaya, terima kasih atas bantuan, arahan, dan bantuannya selama ini.
6. Seluruh dosen dan rekan-rekan mahasiswa Teknik Pertambangan FT-UNP khususnya angkatan 015.
7. Zubeyir Siregar , terima kasih atas segala bantuan, semangat, dukungan dan motivasinya selama ini.

8. Teman-teman seperantauan dan seperjuangan, utamanya Desi Rambe, Jannah Lubis, Yusra Harahap dan adik-adik kos tercinta. Terima kasih atas bantuan dan semangatnya selama ini, semoga ikatan keluarga yang kita jalin tidak akan ada putusnya.

Penulis dengan segala keterbatasannya menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang sifatnya membangun dalam rangka penyempurnaan.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebaik-baiknya.

Padang, 05 Agustus 2019

**Riski Adelina Pane**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI .....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT .....</b>	<b>iv</b>
<b>BIODATA .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xx</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
A. Tinjauan Umum.....	8
1. Sejarah Singkat Perusahaan .....	8

2. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	8
3. Iklim dan Cuaca .....	10
4. Geologi Daerah Penelitian .....	11
5. Keadaan Morfologi .....	16
6. Parameter Kualitas Batubara.....	20
<b>B. Kajian Teori .....</b>	<b>22</b>
1. Konsep Kestabilan Lereng .....	22
2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng.....	25
3. Jenis-Jenis Longsoran yang Terjadi pada Lereng Tambang.....	30
4. Klasifikasi Massa Batuan.....	34
5. Metode Analisis Kestabilan Lereng.....	48
<b>C. Penelitian yang Relevan .....</b>	<b>56</b>
<b>D. Kerangka Berpikir .....</b>	<b>61</b>

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Desain Penelitian .....	66
B. Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	66
C. Instrumentasi dan Teknik Pengumpulan Data.....	67
D. Teknik Analisis Data .....	70
E. Bagan Alir Penelitian.....	72

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Data Penelitian.....	73
1. Lokasi Penelitian.....	73
2. Segmen Penelitian.....	73

3. Data Hasil Pengukuran di Lapangan.....	75
B. Analisis Karakterisasi Massa Batuan.....	89
1. <i>Rock Quality Designation</i> (RQD).....	89
2. <i>Rock Mass Rating</i> (RMR).....	92
3. <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) .....	94
C. Analisis Kestabilan Lereng di Pit Barat PT. Allied Indo Coal Jaya.....	98
1. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode <i>Bishop</i> .....	98
2. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode <i>Grafis Hoek and Bray</i> .....	110
D. Modifikasi Geometri Lereng untuk Meningkatkan Kestabilan Lereng....	122
1. Modifikasi Faktor Keamanan Lereng dengan Metode <i>Bishop</i> .....	123
2. Modifikasi Faktor Keamanan Lereng dengan Metode <i>Grafis Hoek and Bray</i> .....	131
E. Pembahasan .....	139
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan .....	141
B. Saran .....	144
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>145</b>
<b><u>LAMPIRAN</u>.....</b>	<b>147</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Kondisi Lereng di Pit Barat PT. AICJ.....	3
Gambar 2. Peta Lokasi Kesampaian Daerah.....	9
Gambar 3. Kolom Statigrafi.....	14
Gambar 4. Peta Geologi PT. Allied Indo Coal Jaya.....	15
Gambar 5. Peta Geologi Cekungan Ombilin.....	16
Gambar 6. Mekanisme Luncuran Blok pada Bidang Miring.....	23
Gambar 7. Geometri Lereng.....	25
Gambar 8. Skema Longsoran Busur.....	31
Gambar 9. Geometri Longsoran Bidang ( <i>Plane Failure</i> ).....	32
Gambar 10. Longsoran Baji ( <i>Wedge Failure</i> ).....	33
Gambar 11. Skema Longsoran Guling.....	34
Gambar 12. Mekanisme Pengukuran dan perhitungan Nilai RQD Pada <i>Core</i> Hasil Pemboran Inti.....	38
Gambar 13. Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Irisan Metode <i>Bishop</i> .....	49
Gambar 14. Diagram Cara Menghitung Kestabilan Lereng Untuk <i>Circular Failure</i> .....	53
Gambar 15. Kondisi nomor 1 air tanah, <i>Circular Failure</i> .....	53
Gambar 16. Kondisi nomor 2 air tanah, <i>Circular Failure</i> .....	54
Gambar 17. Kondisi nomor 3 air tanah, <i>Circular Failure</i> .....	54
Gambar 18. Kondisi nomor 4 air tanah, <i>Circular Failure</i> .....	55
Gambar 19. Kondisi nomor 5 air tanah, <i>Circular Failure</i> .....	55
Gambar 20. Kerangka Berpikir.....	65
Gambar 21. Bagan Alir Penelitian.....	72

Gambar 22.	Lokasi Penelitian .....	73
Gambar 23.	Kondisi Lereng di Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	75
Gambar 24.	Kondisi Lereng di Koodinat Titik S $00^{\circ}43'27,0''$ / E $100^{\circ}47'11,1''$ ...	76
Gambar 25.	Kondisi Lereng di Koordinat Titik S $00^{\circ}36'9,7''$ / E $100^{\circ}48'16,2''$ ...	76
Gambar 26.	Pengukuran bidang diskontinuitas di Titik koordinat S $00^{\circ}36'9,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	78
Gambar 27.	Pengukuran Bidang Diskontinuitas di titik S $00^{\circ}36'09,7''$ / E $100^{\circ}48'16,2''$ .....	80
Gambar 28.	Pembuatan Sampel Coring .....	81
Gambar 29.	Pengujian Sifat Fisik Batuan .....	82
Gambar 30.	Pengujian Beban Titik ( <i>Point Load Test</i> ) .....	87
Gambar 31.	Analisis FK Lereng dengan Kondisi Natural pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	100
Gambar 32.	Analisis FK Lereng dengan Kondisi Jenuh Pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	101
Gambar 33.	Analisis FK Overall Slope Natural pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	102
Gambar 34.	Analisis FK Overall Slope Jenuh pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	103
Gambar 35.	Analisis FK Lereng dengan Kondisi Natural pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''$ / E $100^{\circ}47'11,1''$ .....	104
Gambar 36.	Analisis FK Lereng dengan Kondisi Jenuh pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''$ / E $100^{\circ}47'11,1''$ .....	105
Gambar 37.	Analisis FK Overall Slope Natural pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''$ / E $100^{\circ}47'11,1''$ .....	106
Gambar 38.	Analisis FK Overall Slope Jenuh pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''$ / E $100^{\circ}47'11,1''$ .....	106
Gambar 39.	Analisis FK Lereng dengan Kondisi Natural pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,7''$ / E $100^{\circ}48'16,2''$ .....	107

Gambar 40. Analisis FK Lereng dengan Kondisi Jenuh pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,7''/E 100^{\circ}48' 16,2''$ .....	108
Gambar 41. Analisis FK Overall Slope Natural pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''/E 100^{\circ}47' 11,1''$ .....	109
Gambar 42. Analisis FK Overall Slope Jenuh pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''/E 100^{\circ}47' 11,1''$ .....	110
Gambar 43. Chart 3 Kondisi Lereng Natural di Koordinat Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''/ E 100^{\circ}48' 16,3''$ .....	111
Gambar 44. Chart 5 Kondisi Lereng Jenuh di Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27''/E 100^{\circ}47' 11,1''$ .....	113
Gambar 45. Chart 3 Kondisi Lereng Natural di Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''/E 100^{\circ}47' 11,1''$ .....	115
Gambar 46. Chart 5 Kondisi Lereng Jenuh di Titik Koordinat S $00^{\circ}36'9,7''/E 100^{\circ}48' 16,2''$ .....	117
Gambar 47. Chart 3 Kondisi Lereng Natural di Titik Koordinat S $00^{\circ}36'9,7''/E 100^{\circ}48' 16,2''$ .....	119
Gambar 48. Chart 5 Kondisi Lereng Jenuh di Titik Koordinat S $00^{\circ}36'9,7''/E 100^{\circ}48' 16,2''$ .....	121
Gambar 49. Modifikasi FK Lereng Jenuh dengan Titik Pengamatan S $00^{\circ}36'09,3''/ E 100^{\circ}48' 16,3''$ .....	123
Gambar 50. Modifikasi FK Lereng Keseluruhan pada Titik Pengamatan S $00^{\circ}36'09,3''/ E 100^{\circ}48' 16,3''$ .....	124
Gambar 51. Modifikasi FK Lereng Keseluruhan pada Titik Pengamatan S $00^{\circ}36'09,3''/ E 100^{\circ}48' 16,3''$ .....	124
Gambar 52. Modifikasi FK Lereng Jenuh pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,7''/E 100^{\circ}48' 11,1''$ .....	126
Gambar 53. Modifikasi FK Lereng Keseluruhan pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''/E 100^{\circ}47' 11,1''$ .....	127
Gambar 54. Modifikasi FK Lereng Keseluruhan pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''/E 100^{\circ}47' 11,1''$ .....	128

Gambar 55.	Modifikasi FK Lereng Jenuh pada Titik Koordinat S00°36'09,7"/E 100°48' 16,2" .....	129
Gambar 56.	Modifikasi FK Lereng Keseluruhan Natural pada Titik Koordinat S00°36'09,7"/E 100°48' 16,2" .....	130
Gambar 57.	Modifikasi FK Lereng Keseluruhan Jenuh pada Titik Koordinat S00°36'09,7"/E 100°48' 16,2" .....	131
Gambar 58.	Chart 5 Modifikasi Kondisi Lereng Jenuh di Koordinat Titik S 00°36'09,3"/ E 100°48'16,3" .....	132
Gambar 59.	Chart 5 Kondisi Lereng Jenuh di Titik Koordinat S 00°43'27"/E 100°47'11,1" .....	134
Gambar 60.	Chart 5 Modifikasi Kondisi Lereng Jenuh di Titik Koordinat S 00°36'09,7"/E 100°48' 16,2" .....	136
Gambar 61.	Peta Topografi Pit Barat PT. Allied Indo Coal Jaya.....	148
Gambar 62.	Peta Geologi Regional PT. Allied Indo Coal Jaya .....	149
Gambar 63.	Peta Situasi PT. Allied Indo Coal Jaya.....	150
Gambar 64.	Section A-A' .....	152
Gambar 65.	Section B-B' .....	152
Gambar 66.	Section C-C' .....	153
Gambar 67.	Hasil Analisis <i>Roclab</i> dengan Kondisi Natural di Titik Koordinat S 00°36'09,3" E 100°48'16,3" .....	158
Gambar 68.	Hasil Analisis <i>Roclab</i> dengan Kondisi Jenuh di Titik Koordinat S 00°36'09,3" E 100°48'16,3" .....	158
Gambar 69.	Hasil Analisis <i>Roclab</i> dengan Kondisi Natural di Titik Koordinat S 00°43'27,0"E 100°47'11,1" .....	159
Gambar 70.	Hasil Analisis <i>Roclab</i> dengan Kondisi Jenuh di Titik Koordinat S 00°43'27,0"E 100°47'11,1" .....	159
Gambar 71.	Hasil Analisis <i>Roclab</i> dengan Kondisi Natural di Titik Koordinat S 00°36'09,7" E 100°48'16,2" .....	160

Gambar 72.	Hasil Analisis <i>Roclab</i> dengan Kondisi Jenuh di Titik Koordinat S 00°36'09,7" E 100°48'16,2" .....	160
Gambar 73.	Pengukuran <i>Scanline</i> .....	186
Gambar 74.	Hasil Analisis SMR dengan Menggunakan <i>Software Dips</i> di Titik Koordinat S 00°36'09,3"/ E 100°48'16,3" .....	188
Gambar 74.	Hasil Analisis SMR dengan Menggunakan <i>Software Dips</i> di Titik Koordinat S 00°43'27,0"/E 100°47'11,1" .....	188
Gambar 72.	Hasil Analisis SMR dengan Menggunakan <i>Software Dips</i> di Titik Koordinat S 00°36'09,7" E 100°48'16,2" .....	189

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1.	Data Curah Hujan dan Hari Hujan Tahun 2009-2013 (mm)..... 10
Tabel 2.	Perbandingan Faktor Keamanan Lereng Penambangan antar Teoritis dengan Para Ahli..... 24
Tabel 3.	Faktor Keamanan Lereng Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum.....25
Tabel 4.	Indeks Kekuatan Material Batuan Utuh-UCS .....36
Tabel 5.	<i>Rock Quality Designation</i> (RQD) .....39
Tabel 6.	Indeks Spasi Diskontinuitas .....40
Tabel 7.	Pola Aliran Air Tanah Hoek dan Bray .....41
Tabel 8.	<i>Rock Mass Rating</i> .....42
Tabel 9.	Kelas Massa Batuan Menurut Bobot Total .....42
Tabel 10.	Bobot Pengatur Kekar untuk F1, F2 Dan F3.....44
Tabel 11.	Deskripsi Kelas-Kelas SMR.....45
Tabel 12.	Nilai GSI Berdasarkan Deskripsi Kondisi Geologi.....46
Tabel 13.	Lintasan dan Segmen Pengamatan .....74
Tabel 14.	Geometri Lereng Aktual PT. Allied Indo Coal Jaya .....77
Tabel 15.	Data Hasil Pengujian Sifat Fisik Batu Silstone .....83
Tabel 16.	Bobot Isi <i>Siltstone</i> .....84
Tabel 17.	Rata-Rata Bobot Isi Batu <i>Siltstone</i> .....85
Tabel 18.	Data Uji <i>Point Load Index</i> .....87
Tabel 19.	Rata-Rata Nilai PLI .....87
Tabel 20.	Data Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial .....88

Tabel 21.	Data RQD pada Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	90
Tabel 22.	Data RQD pada Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''$ /E $100^{\circ}47'11,1''$ .....	91
Tabel 23.	Data RQD pada Koordinat S $00^{\circ}36'09,7''$ /E $100^{\circ}48'16,2''$ .....	91
Tabel 24.	Nilai RMR pada Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	92
Tabel 25.	Nilai RMR pada Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''$ /E $100^{\circ}47'11,1''$ .....	93
Tabel 26.	Data RMR pada Koordinat S $00^{\circ}36'09,7''$ /E $100^{\circ}48'16,2''$ .....	93
Tabel 27.	Bobot Parameter SMR pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	95
Tabel 28.	Bobot Parameter SMR pada Titik Koordinat S $00^{\circ}43'27,0''$ /E $100^{\circ}47'11,1''$ .....	96
Tabel 29.	Bobot Parameter SMR pada Titik Koordinat S $00^{\circ}36'09,3''$ / E $100^{\circ}48'16,3''$ .....	98
Tabel 30.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	101
Tabel 31.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	102
Tabel 32.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	105
Tabel 33.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	106
Tabel 34.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	109
Tabel 35.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	110
Tabel 36.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	124
Tabel 37.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	125
Tabel 38.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	126
Tabel 39.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	127
Tabel 40.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	129
Tabel 41.	Data Input Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop .....	130
Tabel 42.	Perbandingan Geometri Lereng Berdasarkan Hasil Penelitian dan Hasil Modifikasi Geometri Lereng .....	138

Tabel 43.	Hasil Uji Sifat Fisik Batuan.....	155
Tabel 44.	Hasil Uji Sifat Mekanik Batuan .....	156
Tabel 45.	Perbandingan Geometri Lereng Berdasarkan Hasil Penelitian dan Hasil Modifikasi Geometri Lereng.....	191

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Peta Topografi, Peta Geologi Regional, Peta Situasi .....	147
Lampiran 2. <i>Cross Section</i> Daerah Penelitian .....	151
Lampiran 3. Rekapitulasi Hasil Uji Sifat Fisik dan Mekanik Batuan.....	154
Lampiran 4. Hasil Perhitungan <i>Software Roclab</i> .....	157
Lampiran 5. Data dan Perhitungan <i>Rock Quality Digsination</i> (RQD) dan <i>Rock Mass Rating</i> (RMR) .....	161
Lampiran 6. Analisis <i>Slope Mass Rating</i> (SMR) dengan <i>Software Dips</i> .....	187
Lampiran 7. Perbandingan Geometri Lereng Berdasarkan Hasil Penelitian dan Hasil Modifikasi Geometri Lereng.....	190

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

PT. Allied Indo Coal Jaya (PT. AICJ) adalah salah satu perusahaan yang bergerak dibidang usaha pertambangan batubara di Kota Sawahlunto dengan status izin Perjanjian Kerjasama Pengusaha Pertambangan Batubara (PKP2B) sesuai kontrak No.J2/Ji.DU/25/1985 pada tanggal 21 Agustus 1985. PT. Allied Indo Coal Jaya melakukan penambangan dengan metode tambang terbuka (*strip mine*) dan metode tambang bawah tanah (*underground mine*). Dalam penambangan terbuka, desain lereng tambang adalah salah satu faktor terpenting yang harus diperhatikan dalam keberlangsungan kegiatan penambangan karena lereng yang tidak mantap/stabil akan mengakibatkan longsor dan kegiatan produksi terganggu/terhenti bahkan kemungkinan adanya korban jiwa. Beberapa cara yang dilakukan untuk membuat suatu desain final diantaranya dengan analisis geomekanika dan geoteknik. Analisis geomekanika diantaranya mencakup kegiatan pengeboran dan uji laboratorium untuk mendapatkan sampel dan data parameter sifat fisik dan kekuatan (mekanik) batuan yang dibutuhkan untuk mengetahui deskripsi massa batuan (Galih W. Swana, dkk, dari kutipan Sjoberg, 1997). Sedangkan untuk mendapat desain lereng tambang, diperlukan data geomekanik dari data lapangan, baik berupa morfologi setempat, jurus-kemiringan, jenis batuan, kondisi airtanah, dan lainnya yang diperlukan untuk simulasi kestabilan lereng.

Proses-proses geologi yang terjadi selama dan setelah pembentukan batuan turut mempengaruhi sifat massa batuan (*rock mass properties*), termasuk sifat keteknikannya (*engineering properties*). Di alam massa batuan cenderung tidak ideal dalam beberapa hal (Goodman, 1989), seperti heterogen (komposisinya tidak seragam), anisotrop (karakteristik materialnya tidak sama di semua arah), nonlinear (kurva tegangan-regangannya tidak membentuk garis lurus), memiliki bidang diskontinu (sesar, kekar, dan bidang perlapisan), dan memiliki sifat nonkonservatif (perilakunya dipengaruhi oleh perlakuan terhadapnya di masa lalu). Keberadaan diskontinuitas tersebut mengakibatkan distribusi kekuatan dan tegangan dalam massa batuan tidak terdistribusi secara merata ke segala arah, akibatnya sifat elastisitas massa batuan menjadi berubah dan pada akhirnya mengakibatkan terganggunya keseimbangan kekuatan massa batuan dan terjadinya lereng longsor. Kestabilan lereng juga dipengaruhi oleh sejumlah faktor lain seperti tingkat pelapukan, geometri lereng, kondisi air tanah, serta keberadaan beban statik dan dinamik.

Batuan padalereng pit barat PT. Allied Indo Coal Jaya didominasi oleh batuan sedimen, dimana karakteristik batuan turut dipengaruhi oleh cuaca dan air hujan sehingga batuan yang awalnya cukup keras dapat menjadi batuan lunak pada saat tersingkap atau pada saat dimulainya proses penambangan (Kramadibrata, dkk., 2007, dalam Singgih 2012: I-2). Selain itu, pada beberapa titik lokasi penambangan pit barat PT. Allied Indo Coal Jaya terjadi longsor kecil dan batuan menggantung yang disebabkan

banyaknya bidang diskontinuitas serta belum adanya rancangan geoteknik yang baik dan tidak ada penanggulangan terhadap longsoran yang mungkin terjadi di area penambangan. Berdasarkan hasil pengamatan aktual di lapangan, penulis melakukan penelitian pada 3 *section* lereng yaitu A-A', B-B' dan *section* C-C' dengan batuan penyusannya berupa *Siltstone* dan batubara, dimana pada *section* A-A' dengan tinggi lereng (H) = 35 m dan kemiringan ( $\alpha$ ) = 63° banyak ditemukan bidang diskontinu berupa kekar dan keadaan lereng yang jenuh disebabkan adanya aliran air yang keluar dari dalam lereng. Kemudian pada *section* B-B' dengan tinggi dan kemiringan yang sama dengan *section* A-A' juga ditemukan banyaknya diskontinuitas berupa kekar serta adanya longsoran kecil pada bagian atas lereng dan untuk *section* C-C' dengan tinggi lereng (H) = 30 m dan kemiringan ( $\alpha$ ) = 63° merupakan lokasi yang masih aktif melakukan kegiatan blasting untuk membongkar lapisan *interburden* dan memiliki bidang diskontinu yang banyak.



Gambar 1. Kondisi Lereng di Pit Barat PT. AICJ

Sebagai upaya untuk mendapatkan lereng yang stabil/aman, maka penelitian ini memberikan gambaran karakteristik massa batuan di lokasi penambangan sekaligus untuk mengevaluasi tingkat kestabilan lereng dan upaya penanggulangannya. Maka, judul penelitian ini adalah **“Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Penambangan Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Sumatera Barat”**.

## **B. Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah bertujuan untuk mempermudah dalam penyelesaian masalah yang akan dibahas, sehingga pada tahap penyelesaian masalah tersebut dapat terurut dengan baik, dalam judul ini masalah dapat dikelompokkan :

1. Adanya longsoran kecil dan batuan menggantung yang disebabkan banyaknya bidang diskontinuitas disepanjang area penambangan pit barat PT. Allied Indo Coal Jaya.
2. Belum adanya perencanaan geoteknik mengenai kestabilan lereng serta penanggulangan terhadap longsoran yang mungkin terjadi di sekitar area penambangan.
3. Adanya aliran air yang keluar dari dalam lereng menyebabkan lereng dalam keadaan jenuh.

## **C. Pembatasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah, maka batasan masalah yang penulis bahas berdasarkan hasil penelitian adalah :

1. Penelitian dilakukan di area lokasi penambangan pit barat PT. Allied Indo Coal Jaya pada tiga titik lokasi pengamatan lereng penambangan, yaitu di lokasi koordinat titik S  $00^{\circ}36'09,3''$  / E  $100^{\circ}48'16,3''$  (section A-A'), S  $00^{\circ}43'27,0''$  / E  $100^{\circ}47'11,1''$  (section B-B') dan pada lokasi koordinat titik S  $00^{\circ}36'09,7''$  / E  $100^{\circ}48'16,2''$  (section C-C').
2. Pemetaan diskontinuitas hanya dilakukan terhadap struktur geologi yang tersingkap di permukaan lereng.
3. Penentuan karakteristik kualitas massa batuan berdasarkan metoda RQD, RMR, dan SMR yang diperoleh dari hasil pengamatan bidang lereng dan bidang diskontinuitas dengan metode *scan line*.
4. Penentuan faktor keamanan menggunakan metode Bishop dengan bantuan perangkat lunak (software) *Rosience Slide 6.0* dan menggunakan metode grafis *Hoek and Bray* dan pada lereng tunggal (*single slope*).
5. Untuk analisis kestabilan lereng secara keseluruhan data input sifat fisik dan sifat mekanik batuan dianggap sama.

#### **D. Perumusan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah yang telah diuraikan di atas maka untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka penulis merumuskan permasalahan ditinjau dari beberapa aspek diantaranya :

1. Bagaimana karakterisasi massa batuan pada pit barat PT. Allied Indo Coal Jaya ?

2. Bagaimana geometri lereng aktual pada titik pengamatan di pit barat PT. Allied Indo Coal Jaya ?
3. Berapa nilai faktor keamanan dari lereng tunggal dan lereng keseluruhan tersebut di lapangan berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng ?
4. Bagaimana desain geometri lereng dan solusi yang dapat diterapkan jika FK lereng daerah penelitian  $<1,25$  ?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahuikarakterisasi massa batuan pada pit barat PT. Allied Indo Coal Jaya.
2. Mengetahui geometri lereng aktual di pit barat PT. Allied Indo Coal Jaya.
3. Mengetahui nilai faktor keamanan dari lereng tunggal dan lereng keseluruhan di lapangan berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng.
4. Memperoleh desain geometri lereng dan mencari solusi yang dapat diterapkan sehingga nilai faktor keamanan lereng tersebut  $\geq 1,25$ .

#### **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan di PT. Allied Indo Coal Jaya ini adalah :

1. Bagi penulis
  - a. Penulis dapat mengaplikasikan teori perkuliahan kedalam kondisi nyata dilapangan.

- b. Menambah ilmu dan wawasan tentang kegiatan aktivitas penambangan dilapangan khususnya pada karakteristik massa batuan dan geometri lereng pada tambang terbuka agar dapat menjadi bekal untuk memasuki dunia kerja nantinya.
2. Bagi perusahaan
- a. Memberikan masukan kepada perusahaan tentang hasil dari penelitian yang diperoleh, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan untuk melakukan proses penambangan selanjutnya.
  - b. Referensi bagi penelitian sejenis dan dasar untuk penelitian selanjutnya.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan pada daerah penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Karakterisasi massa batuan pada 3 titik lereng pengamatan berdasarkan hasil analisis *Rock Quality Designation (RQD)*, *Rock Mass Rating (RMR)* dan *Slope Mass Rating (SMR)* adalah jenis batuan *fair rock-good rock*.
2. Geometri lereng aktual daerah pengamatan, yaitu pada koordinat  $S00^{\circ}36'09,3''/ E100^{\circ}48'16,3''$  (*Section A-A'*) dengan tinggi lereng 35 m dan kemiringan lereng  $63^{\circ}$ , titik koordinat  $S00^{\circ}43'27,0''/E100^{\circ}47'11,1''$  (*Section B-B'*) tinggi lereng 35 m dan kemiringan  $63^{\circ}$  serta titik koordinat  $S00^{\circ}36'09,7''/E 100^{\circ}48' 16,2''$  (*Section C-C'*) dengan tinggi lereng 30 m dan kemiringan lereng  $63^{\circ}$ .
3. Berdasarkan analisis FK lereng dengan metoda *Bishop* pada software *Slide 6.0* dan metoda grafis *Hoek and Bray* di dapat faktor keamanan lereng untuk masing-masing titik pengamatan sebagai berikut :
  - a. *Section A-A'* dengan tinggi lereng 35 m dan sudut kemiringan lereng  $63^{\circ}$  dalam kondisi natural dengan menggunakan metode *bishop* diperoleh  $FK = 1,280$  dan dalam keadaan jenuh  $FK = 0,844$ . Sedangkan dengan metode *hoek and bray* diperoleh FK lereng

dalam kondisi natural sebesar 1,33 dan dalam keadaan jenuh  $FK = 1,03$ . Untuk *overall slope* natural diperoleh  $FK = 1,225$  sedangkan dalam keadaan jenuh  $FK = 0,888$ .

- b. *Section B-B'* dengan tinggi lereng 35 m dan sudut kemiringan lereng  $63^\circ$  dalam kondisi natural dengan menggunakan metode *bishop* diperoleh  $FK = 1,323$  dan dalam keadaan jenuh  $FK = 0,905$ . Sedangkan dengan metode *hoek and bray* diperoleh  $FK$  lereng dalam kondisi natural sebesar 1,28 dan dalam keadaan jenuh  $FK = 1,02$ . Untuk *overall slope* diperoleh  $FK = 1,203$  sedangkan dalam keadaan jenuh  $FK = 0,731$ .
- c. *Section C-C'* dengan tinggi lereng 30 m dan sudut kemiringan lereng  $63^\circ$  dalam kondisi natural dengan menggunakan metode *bishop* diperoleh  $FK = 1,308$  dan dalam keadaan jenuh  $FK = 0,859$ . Sedangkan dengan metode *hoek and bray* diperoleh  $FK$  lereng dalam kondisi natural sebesar 1,36 dan dalam keadaan jenuh  $FK = 1,06$ . Untuk *overall slope* diperoleh  $FK = 1,203$  sedangkan dalam keadaan jenuh  $FK = 0,732$ .

Jadi, dari ketiga lokasi penelitian diperoleh  $FK < 1,25$  dalam keadaan jenuh yang berarti lereng dalam keadaan tidak aman.

4. Hasil analisis kestabilan lereng hasil modifikasi untuk mendapatkan  $FK > 1,25$  untuk semua titik pengamatan adalah sebagai berikut :
  - a. *Section A-A'*

- 1) Metode *bishop* : Tinggi lereng 31 m dan sudut kemiringan lerengan  $49^\circ$  diperoleh  $FK = 1,25$  dalam keadaan jenuh. Untuk *overall slope* natural diperoleh  $FK = 1,256$  dan dalam keadaan jenuh  $FK = 1,269$ .
  - 2) Metode *hoek and bray* : Tinggi lereng 30 m dan sudut kemiringan lerengan  $55^\circ$  diperoleh  $FK = 1,28$  dalam keadaan jenuh.
- b. *Section B-B'*
- 1) Metode *bishop* : Tinggi lereng 33 m dan sudut kemiringan lerengan  $50^\circ$  diperoleh  $FK = 1,25$  dalam keadaan jenuh. Untuk *overall slope* natural diperoleh  $FK = 1,251$  dan dalam keadaan jenuh  $FK = 1,258$ .
  - 2) Metode *hoek and bray* : Tinggi lereng 30 m dan sudut kemiringan lerengan  $59^\circ$  diperoleh  $FK = 1,255$  dalam keadaan jenuh.
- c. *Section C-C'*
- 1) Metode *bishop* : Tinggi lereng 25 m dan sudut kemiringan lerengan  $54^\circ$  diperoleh  $FK = 1,254$  dalam keadaan jenuh. Untuk *overall slope* natural diperoleh  $FK = 1,256$  dan dalam keadaan jenuh  $FK = 1,257$ .
  - 2) Metode *hoek and bray* : Dalam keadaan jenuh dengan tinggi lereng 28 m dan kemiringan lereng  $54^\circ$  diperoleh  $FK = 1,267$ .

## **B. Saran**

Saran yang dapat diberikan penulis pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan FK aman di lereng penambangan PT. Allied Indo Coal Jaya, maka perlu dilakukan pengkajian terhadap sifat fisik dan mekanik batuan, tinggi MAT serta kondisi bidang diskontinuitas lereng tersebut, sehingga akan lebih memudahkan dalam melakukan analisis tingkat kestabilan lereng.
2. Perlu dilakukannya perancangan geometri lereng yang baik sebelum kegiatan penambangan dilakukan yang sesuai dengan sifat fisik dan mekanik batuan pada lereng tersebut, serta kontrol geoteknik terhadap aktivitas lereng, sehingga nantinya apabila ada potensi bahaya dapat diatasi sedini mungkin.
3. Ketika lereng dalam keadaan jenuh perlu dilakukan upaya/solusi untuk menjaga lereng dalam keadaan aman seperti dengan membuat paritan sebagai aliran air atau melakukan modifikasi pada geometri lereng tersebut.
4. Perlunya ketelitian pada saat melakukan pengujian sampel di laboratorium agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
5. Langkah pemeliharaan, pemantauan, dan penanganan pada lereng tambang sangat diperlukan untuk menjaga agar lereng tetap dalam kondisi aman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. *Buku Panduan Tugas Akhir (TA) Jurusan Teknik Pertambangan*. Padang. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Anonim. 2012. *Diktat Kuliah Geoteknik Tambang*. Padang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Anwar, Habibi., dkk. 2018. “Pengaruh Bidang Diskontinu Terhadap Kestabilan Lereng Tambang-Studi Kasus Lereng PB9S4 Tambang Terbuka Grasberg.” *Jurnal. Geomine* Vol 6 No. 1.
- Arif, Irwandy. (2015). *Geoteknik Tambang*. Bandung: ITB.
- Arif, Irwandy., Didiek Djarwadi, & Resi Yogie Baskoro. 2012. “Sistem Manajemen Geoteknik Tambang.” Jakarta: PT. Pamapersada Nusantara.
- Audah & Toha, M. Taufik, dkk. 2017. “Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode *Slope Mass Rating* dan Metode *Stereografis* pada Pit Berenai PT. Dwinad Nusa Sejahtera (*Sumatera Copper and Gold*) Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan.” *Jurnal. JP* Vol 1 No.5.
- Guptar, Rega & Stevanus Nalendra Jati. 2018. “Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode RMR, SMR dan Kesetimbangan Batas pada Tambang Terbuka, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan.” *Paper. Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-11, Palembang* 5-6 September 2018.
- Manik, Jimmy Ginting. 2007. “Aplikasi Klasifikasi Massa Batuan Dalam Analisis Kemantapan Lereng G-6/PB-8 South Grasberg Open Pit Mine Menggunakan Data Kekar dari Kegiatan Core Orienting.” *Skripsi tidak diterbitkan*. Bandung: ITB.
- Paramesywara, Teguh Samudera & Budhi Setiawan. 2014. “Analisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode RMR, SMR, dan Kesetimbangan Batas Pada Tambang Terbuka Kabupaten Belitung Utara.” *Jurnal. Riset Geologi dan Pertambangan* Vol XX No. X.
- Rai, Made Astawa & Suseno Kramadibrata. (2015). “Mekanika Batuan.” Bandung: ITB.