

**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN MULTI  
METODE GEOTEKNIK DI JALAN LINTAS RIAU-SUMBAR  
KM 160 KECAMATAN HARAU, KABUPATEN LIMA PULUH  
KOTA, PROVINSI SUMATRA BARAT**

**TUGAS AKHIR**

Studi : Geomekanika

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar  
Sarjana Pada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik  
Universitas Islam Riau  
Pekanbaru



Oleh:

**ULFA YUSTI**  
**143610438**

**PRODI TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2019**

**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN MULTI METODE  
GEOTEKNIK DI JALAN LINTAS RIAU – SUMBAR KM 160  
KECAMATAN HARAU, KABUPATEN LIMA PULUH KOTA,  
PROVINSI SUMATRA BARAT**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana  
Pada Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik  
Universitas Islam Riau**



**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**OLEH :**

**ULFA YUSTI**  
**143610438**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2019**

# HALAMAN PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN MULTI METODE  
GEOTEKNIK DI JALAN LINTAS RIAU – SUMBAR KM 160  
KECAMATAN HARAU, KABUPATEN LIMA PULUH KOTA,  
PROVINSI SUMATRA BARAT**

DISUSUN OLEH :

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**  
**OLFA YUSTI**  
**143610438**

Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal  
..... Oktober 2018 Dan Dinyatakan  
Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dewandra Bagus .E.P. B.Sc (Hons)., M.Sc  
NIDN: 1021128902

  
Husnul Kausarian, PhD  
NIDN : 1014028602

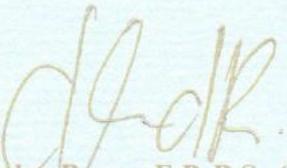
Disahkan Oleh :

Pekanbaru, ..... Desember 2019  
Ka. Prodi Teknik Geologi

Dekan Fakultas Teknik



  
..... MT., Ms.Tr  
NIDN/1011907692

  
Dewandra Bagus .E.P. B.Sc (Hons)., M.Sc  
NIDN: 1021128902

**HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN**

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (Strata Satu), baik di Universitas Islam Riau maupun diperguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan "*Software*" komputer bukan menjadi tanggung jawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, ... Oktober 2019  
Yang Bersangkutan Pernyataan,



**ULFA YUSTI**

NPM : 143610438

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Islam Riau, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ulfa Yusti  
NPM : 143610438  
Program Studi : Teknik Geologi  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) kepada Universitas Islam Riau demi kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN MULTI METODE GEOTEKNIK DIJALAN LINTAS RIAU – SUMBAR KM 160, KECAMATAN HARAU, KABUPATEN LIMA PULUH KOTA, PROVINSI SUMATRA BARAT”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak tersebut maka Universitas Islam Riau berhak menyimpan, mengalihmediakan/format, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat dan mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Pekanbaru,..... Oktober 2019  
Yang Bersangkutan Pernyataan,



  
**ULFA YUSTI**

NPM : 143610438

**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN MULTI METODE  
GEOTEKNIK DI JALAN LINTAS RIAU-SUMBAR KM 160  
KECAMATAN HARAU, KABUPATEN LIMA PULUH KOTA, PROVINSI  
SUMATRA BARAT**

**ULFA YUSTI**

Program Studi Teknik Geologi

**SARI**

Penelitian terletak pada jalan lintas riau-sumbar km 160, dengan litologi lereng berupa konglomerat dan pasir. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mencari tahu jenis kegagalan dan penanggulangannya menggunakan studi Geoteknik yaitu *Rock Mass Rating* (RMR), analisis kinematik dan *Slope Mass Rating* (SMR) stabilitas. Tiga *scanline* dengan batas 11 m masing-masing telah diteliti untuk menentukan nilai RMR. Nilai UCS dari lereng dikelompokkan menjadi batu yang sedang (20-50 MPa) hingga kuat (100-250 MPa). Variasi RQD berkisar antara 85% sampai 96.4% disebabkan oleh perbedaan kelas pelapukan. Jarak diskontinuitas berkisar antara 0,006 – 0, 2m dengan permukaan yang kasar dan kondisi lereng yang lembab. Rata-rata nilai RMR adalah 33,6. Oleh karena itu, lereng diklasifikasikan sebagai Kelas IV (Buruk). Analisis kinematik mengungkapkan bahwa lereng memiliki jenis kemungkinan kegagalan yaitu *planar*. Berdasarkan hasil analisis RMR dan Kinematik yang dihubungkan dengan analisis SMR dapat membuktikan kegagalan lereng yang terjadi, didapatkan nilai SMR 48.66 dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa lereng yang berada pada daerah penelitian termasuk kedalam golongan kelas III (normal) dengan kondisi lereng stabil sebagian. Dengan deskripsi memiliki beberapa kekar dan support yang dibutuhkan dengan cara sistematis.

Kata kunci: Stabilitas lereng, RMR, kinematik, SMR Perbatasan Riau-Sumatra Barat

**ANALYSIS OF SLOPE STABILITY USING MULTI GEOTECHNIC  
METHODS IN RIAU-SUMBAR ROAD, KM 160 HARAU DISTRICT,  
LIMA PULUH KOTA REGENCY, WEST SUMATRA PROVINCE**

**ULFA YUSTI**

Geological Engineering Study Program

**ABSTRACT**

The research is located on the Riau – West Sumatra highway km 160, with slope lithology is conglomerates and sand. The purpose of this research is to find out the types of failures stability and their mitigation using Geotechnical studies, namely Rock Mass Rating (RMR), kinematic analysis and Slope Mass Rating (SMR). Three scanlines with a limit of 11 m each have been investigated to determine the value of the RMR. UCS values from the slope are grouped into medium stones (20-50 MPa) to strong (100-250 MPa). RQD variations ranged from 85% to 96.4% due to differences in weathering class. The distance of the discontinuity ranges from 0.006 - 0, 2m with rough surfaces and humid slope conditions. The average RMR value is 33.6. Therefore, the slope is classified as Class IV (Poor). Kinematic analysis reveals that the slope has possibility of planar type. Based on the results of the RMR and Kinematic, SMR analysis can be determine and occurred of the slope. The SMR value is 48.66 can be obtained so that it can be concluded that the slopes in the study area are included in class III (normal) with partially stable slope conditions. The description has joint strength and the support needed in a systematic way.

Keywords: Slope stability, RMR, kinematic, SMR, Riau-West Sumatra highway

**KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyusun laporan tugas akhir hingga selesai dengan judul **“ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN MULTI METODE GEOTEKNIK DI JALAN LINTAS RIAU-SUMBAR KM 160 KECAMATAN HARAU, KABUPATEN LIMA PULUH KOTA, PROVINSI SUMATRA BARAT”**.

Terimakasih penulis ucapkan kepada keluarga tercinta, Ayah, Ibu dan Abang serta kepada Bapak Dewandra Bagus Eka Putra, Bsc.(Hons), dan Bapak Husul Kausarian Phd yang telah membimbing penulis dalam menyusun laporan tugas akhir. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada:

1. Ketua Prodi dan Sekretaris Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
2. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Prodi Teknik Geologi yang telah memberikan arahan serta nasehat kepada penulis.
3. Kepada Bang Teguh Wibowo Ardo Prita yang selalu memberi semangat dalam pengerjaan dan penyelesaian penelitian ini.
4. Tim Lereng “Bang Arif, Seppiak, Shaury, Yos, Riki” yang telah banyak membantu dari awal penelitian hingga selesainya penelitian.
5. Dan seluruh teman – teman geologi angkatan 14.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna dan masih banyak kekurangan, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini nantinya dapat bermanfaat semua pihak.

Pekanbaru , September 2019

Ulfa Yusti

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PENELITIAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	iv
SARI .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah Penelitian .....	2
1.4.1 Batasan Lokasi Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Waktu Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Geologi Regional .....	5
2.2 Lereng .....	5

2.3 Gerakan Massa Tanah .....	6
2.4 Pengertian RMR .....	6
2.5 Analisis Kinematik Terhadap Kestabilan Lereng .....	8
2.6 Sejarah Bencana Longsor .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Objek Penelitian .....	12
3.2 Langkah Penelitian .....	12
3.3 Metode Pengambilan Data Diskontinuitas .....	13
3.4 Analisis Data .....	13
3.4.1 Analisis Kinematik .....	13
3.4.2 Analisis RMR .....	16
3.4.2 Analisis SMR .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Kondisi Lereng .....	28
4.1.1 Scanline 1 .....	28
4.1.2 Scanline 2 .....	28
4.1.3 Scanline 3 .....	29
4.2 Tingkat Pelapukan Lereng .....	30
4.3 Klasifikasi Massa Batuan .....	31
4.3.1 Metode RMR .....	31
4.3.1.1 Scanline 1 .....	31
4.3.1.2 Scanline 2 .....	35
4.3.1.3 Scanline 3 .....	39
4.3.1.4 Total Nilai Seluruh <i>scanline</i> .....	43
4.4 Analisis Kinematik .....	44
4.3 Analisis SMR .....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47

5.2 Saran ..... 48

**DAFTAR PUSTAKA ..... 49**

**LAMPIRAN.....**



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1.1 Peta Lokasi Penelitian .....	3
2.1 Peta Geologi Regional Penelitian.....	5
2.2 Grafik Persentase Bencana Alam.....	11
3.1 Model Stereonet kondisi stuktur yang dapat menyebabkan jenis – jenis longsoran utama pada batuan .....	16
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	26
4.1 Tempat Pengukuran <i>Scanline</i> I .....	27
4.2 Tempat Pengukuran <i>Scanline</i> II.....	28
4.3 Tempat Pengukuran <i>Scanline</i> III.....	28
4.4 Lereng Keseluruhan .....	29
4.5 Tingkat Pelapukan Lereng Penelitian .....	29
4.6 Hasil plot data set diskontinuitas.....	43
4.7 Pemodelan lereng berdasarkan mitigasi SMR (tampak depan) .....	43
4.8 Pemodelan lereng berdasarkan mitigasi SMR (tampak samping) .....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Jadwal Waktu Penelitian .....	4
3.1 Indeks Klasifikasi UCS .....	17
3.2 Nilai RQD .....	18
3.3 Jarak antar spasi diskontinuitas .....	18
3.4 Penggolongan dan pembobotan kekasaran menurut Bieniawski (1976) .....	19
3.5 Tingkat pelapukan batuan menurut Bieniawski (1976) .....	20
3.6 Panduan klasifikasi kondisi kekar Bieniawski (1976) .....	20
3.7 Parameter Kondisi Air Tanah .....	21
3.8 Petunjuk ekskavasi dan dukungan pada lereng (Bieniawski, 1989) .....	22
3.9 Klasifikasi massa batuan (Bieniawski, 1989) .....	23
3.10 Penentuan Nilai F4 (Romana, 1985) .....	24
3.11 Bobot Kriteria Faktor Koreksi (Romana, 1985) .....	25
3.12 Deskripsi Setiap kelas pada system klasifikasi SMR (Romana, 1985) .....	25
3.13 Rekomendasi jenis support untuk setiap kelas SMR (Romana, 1985) .....	26
4.1 Nilai UCS pada <i>scanline</i> I .....	31
4.2 Nilai RQD pada <i>scanline</i> I .....	32
4.3 Nilai Jarak antar spasi kekar pada <i>scanline</i> I .....	32
4.4 Nilai parameter untuk menentukan diskontinuitas pada <i>scanline</i> I .....	33
4.5 Nilai kondisi air tanah pada <i>scanline</i> I .....	34
4.6 Hasil perhitungan RMR pada <i>scanline</i> I .....	34
4.7 Nilai UCS pada <i>scanline</i> II .....	35
4.8 Nilai RQD pada <i>scanline</i> II .....	36
4.9 Nilai Jarak antar spasi kekar pada <i>scanline</i> II .....	36
4.10 Nilai parameter untuk menentukan diskontinuitas pada <i>scanline</i> II .....	37
4.11 Nilai kondisi air tanah pada <i>scanline</i> II .....	37
4.12 Hasil perhitungan RMR pada <i>scanline</i> II .....	38
4.13 Nilai UCS pada <i>scanline</i> III .....	39
4.14 Nilai RQD pada <i>scanline</i> III .....	40
4.15 Nilai Jarak antar spasi kekar pada <i>scanline</i> III .....	40

4.16 Nilai parameter untuk menentukan diskontinuitas pada *scanline* III..... 41  
4.17 Nilai kondisi air tanah pada *scanline* III. .... 41  
4.18 Hasil perhitungan RMR pada *scanline* III ..... 42  
4.19 Total bobot RMR seluruh *scanline* ..... 43  
4.18 Perhitungan *Slope Mass Rating* (SMR) ..... 45



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Longsor (*landslide*) merupakan perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah ataupun material campuran yang bergerak kebawah atau keluar lereng. Longsor terjadi karena pergerakan tanah atau batuan dalam jumlah yang besar secara tiba – tiba karena kurangnya tingkat kestabilan lereng, umumnya terjadi didaerah perbukitan ataupun lereng yang terjal. Apabila terhadap tanah atau batuan tersebut dikenakan suatu kegiatan seperti pengangkutan, penurunan, penggalian, penimbunan, erosi atau aktivitas lain yang menyebabkan terganggunya kesetimbangan, tanah atau batuan tersebut akan berusaha untuk mencapai kesetimbangan baru dengan cara pengurangan beban terutama dalam bentuk terjadinya longsoran (Atmaja, 2014).

Kestabilan lereng pada batuan lebih ditentukan oleh adanya bidang-bidang lemah yang disebut dengan bidang diskontinuitas. Seperti penggalian pada suatu lereng akan menyebabkan terjadinya perubahan gaya-gaya pada lereng tersebut, sehingga menyebabkan lereng tersebut longsor (Hariadi, Sundek; Wahyudhi, 2016). Gerakan massa adalah perpindahan massa batuan, regolit dan tanah dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah karena pengaruh gaya gravitasi (Priyono, 2015).

Kelok Sembilan merupakan salah satu wisata yang terdapat pada daerah Sumatra Barat, banyak terdapat lereng - lereng di sepanjang jalan jembatan kelok Sembilan, jembatan yang lama maupun jembatan yang baru. Dan jajaran lereng-lereng tersebut memiliki tingkat kestabilan yang berbeda, sehingga dapat menyebabkan resiko yang besar apabila terjadi kegagalan pada daerah wisata tersebut. Maka dari itu, analisis kestabilan lereng pada jalan lintas kelok sembilan tersebut sangat diperlukan agar dapat meminimalisir kegagalan pada lereng.

Adapun penelitian ini merujuk kepada dua metode analisis kestabilan lereng yang meliputi analisis berdasarkan geologi teknik dengan menggunakan metoda Analisis Kinematik, RMR (*Rock Mass Rating*) dan SMR (*Slope Mass Rating*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada daerah penelitian sering terjadi bencana tanah longsor yang menyebabkan tertutupnya badan jalan dan juga menyebabkan terputusnya jalan antar provinsi. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, dan daerah penelitian termasuk kedalam tempat wisata sehingga diperlukan analisis kestabilan lereng untuk mengetahui perubahan kestabilan lereng. Maka dari itu dilakukan penelitian tentang kestabilan lereng dengan menggunakan Metode Analisis Kinematik, *Rock Mass Rating* (RMR), dan *Slope Mass Rating* (SMR).

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik sifat ketenikan pada daerah penelitian.
2. Untuk mengetahui kestabilan lereng massa batuan disepanjang ruas jalan di daerah penelitian.
3. Untuk mengetahui jenis kegagalan lereng yang mungkin terjadi pada daerah penelitian.
4. Untuk mengetahui daerah yang berpotensi longsor.
5. Untuk mengetahui tingkatan kelapukan lereng pada daerah penelitian.

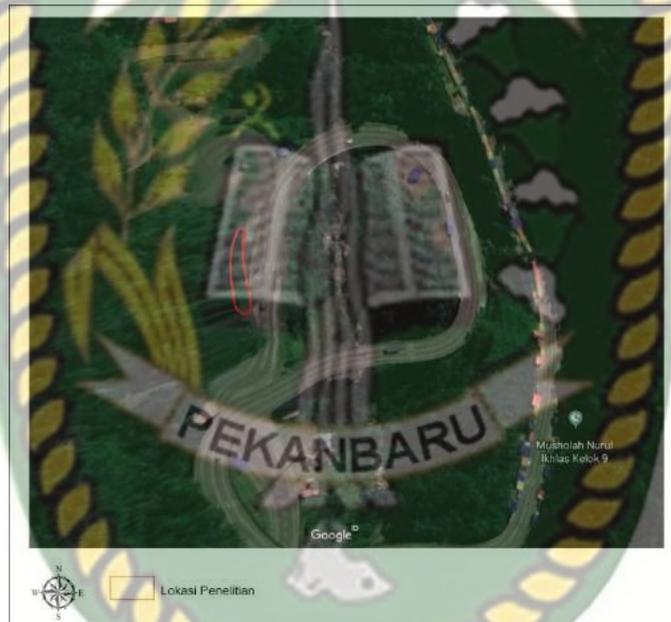
## 1.4 Batasan Masalah Penelitian

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah kestabilan lereng pada daerah penelitian dengan menentukan sifat keteknikan batuan dan menentukan kemungkinan jenis kegagalan berdasarkan data diskontinuitas yang didapatkan dari

data lapangan pada lereng tersebut dan juga menentukan tingkat pelapukan berdasarkan geoteknik pada daerah penelitian.

#### 1.4.1 Batasan Lokasi Penelitian

Secara administratif, daerah penelitian berada di Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatra Barat. Sedangkan secara geografis, lokasi penelitian terletak pada koordinat pada  $0^{\circ} 04' 11.1''$  LS dan  $100^{\circ} 41' 53.0''$  BT (Gambar 1.1). Penelitian dilakukan pada salah satu lereng yang berada di pinggir jalan KM. 160 Riau – Sumbar. Lokasi penelitian dapat ditempuh selama  $\pm 3$  jam dengan menggunakan transportasi darat dari Kota Pekanbaru menuju Jembatan kelok sembilan.



Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian KM. 160 Riau-Sumbar (sumber: *Modified Google Earth*)

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan gambaran tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng sehingga masyarakat dapat melakukan upaya penanggulangannya.
2. Mengetahui tingkat kerentanan wilayahnya untuk terjadi gerakan tanah.

3. Mengetahui pengetahuan tentang stabilitas lereng.
4. Sebagai pengembangan ilmu

**1.6 Waktu Penelitian**

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April 2019 – September 2019 yang terdiri atas tahap studi literatur, pengambilan sampel, merapikan data, pembuatan proposal dan pengurusan sk, analisis, penyusunan laporan, bimbingan , acc hingga seminar hasil. Pengambilan sampel dilaksanakan pada bulan April 2019 selama lebih kurang 2 hari, yaitu dari tanggal 17 - 19 April 2018. Dapat dilihat pada **Tabel 1.1.**

NO	Kegiatan	2019																					
		April				Mei				Juni				Juli				Agustus - September				Oktober	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Studi Literatur																						
2	Pengambilan Sampel																						
3	Merapikan Data																						
4	Pembuatan Proposal dan Pengurusan SK																						
5	Analisis																						
6	Penyusunan Laporan																						
7	Bimbingan dan Acc Laporan																						

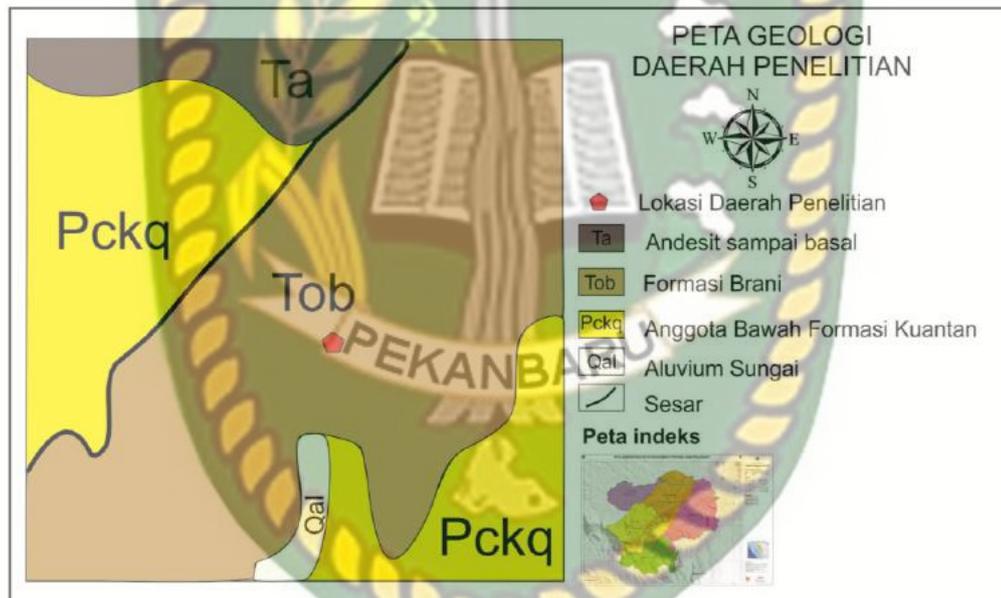


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Geologi Regional

Lokasi daerah penelitian termasuk dalam formasi Brani yang berumur Oligosen awal hingga tengah berdasarkan peta geologi regional Lembar Solok, Sumatra (P.H Silitonga dan Kastowo, 1995). Formasi ini diendapkan secara menjemari dengan Formasi Sangkarewang. Litologinya tersusun oleh Konglomerat dengan sisipan Batupasir , Lingkungan pengendapannya berupa Kipas Alluvial. (Dawson, et. al, 1997).



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Daerah

#### 2.2 Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. (Arief, 2007).

##### 1. Lereng Alami

Lereng Alam merupakan lereng yang terbentuk karena proses demodasi. Contoh dari lereng alami yaitu lereng pada suatu bukit atau gunung dan tebing sungai.

## 2. Lereng Buatan

Lereng buatan adalah lereng yang terbentuk akibat aktivitas manusia misalnya pada penggalian suatu tambang atau konstruksi galian pada pekerjaan teknik sipil.

### 2.3 Gerakan Massa Tanah

Pergerakan tanah (*mass movement*) dengan longsor (*landslide*) mempunyai kesamaan. Gerakan tanah adalah perpindahan massa tanah atau batu arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula, gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsor. Dari definisi gerakan tanah dapat disimpulkan bahwa longsor adalah bagian dari gerakan tanah (Widjojo, 1985).

Gerakan massa tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan definisi dengan longsor. Longsor di klasifikasikan oleh beberapa peneliti berdasarkan jenis gerakan dan materialnya. Definisi longsor (*landslide*) menurut (Sharpe 1938, dalam Hansen, 1984), adalah luncuran atau gelinciran (*sliding*) atau jatuhan (*falling*) dari massa batuan/tanah atau campuran keduanya.

Secara sederhana, (Coates 1977, dalam Hansen, 1984) membagi longsor menjadi luncuran atau gelinciran (*slide*), aliran (*flow*) dan jatuhan (*fall*). Menurut Varnes (1978, dalam Hansen, 1984) longsor (*landslide*) dapat diklasifikasikannya menjadi: jatuhan (*fall*), jungkiran (*topple*), luncuran (*slide*) dan nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerak bentang lateral (*lateral spread*), dan gerakan majemuk (*complex movement*).

### 2.4 Pengertian RMR

Pada Saat ini telah berkembang berbagai metode klasifikasi massa batuan. Di antara metode klasifikasi itu, ada yang digunakan untuk kepentingan perancangan empiris, dan ada pula yang digunakan hanya sebagai data masukan untuk klasifikasi massa batuan yang lain (Manik, 2007).

Menurut (Bieniawski, 1989) pembuatan klasifikasi massa batuan bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi parameter-parameter penting yang mempengaruhi perilaku massa batuan.
2. Membagi formasi massa batuan kedalam grup yang mempunyai perilaku sama menjadi kelas massa batuan.
3. Memberikan dasar-dasar untuk pengertian karakteristik dari setiap kelas massa batuan.
4. Menghubungkan pengalaman dari kondisi massa batuan di satu lokasi dengan lokasi lainnya.
5. Mengambil data kuantitatif dan pedoman untuk rancangan rekayasa (engineering).

Memberikan dasar umum untuk kemudahan komunikasi diantara para insinyur. Agar dapat dipergunakan dengan baik maka klasifikasi massa batuan harus mempunyai beberapa sifat seperti berikut (Bieniawski, 1989):

1. Sederhana, mudah diingat dan dimengerti.
2. Sifat-sifat massa batuan yang penting harus disertakan.
3. Parameter dapat diukur dengan mudah dan murah.
4. Pembobotan dilakukan secara relatif.
5. Menyediakan data-data kuantitatif.

Klasifikasi massa batuan dapat dikelompokkan berdasarkan bentuk dan tipe dari klasifikasi massa batuan tersebut. Pengelompokan menurut bentuk berkaitan dengan data masukan dari klasifikasi massa batuan. Sedangkan pengelompokan berdasarkan tipe, berhubungan dengan penerapan dari klasifikasi massa batuan tersebut (Palmstorm, 1995).

Bieniawski (1976) mempublikasikan suatu klasifikasi massa batuan yang disebut Klasifikasi Geomekanika atau lebih dikenal dengan Rock Mass Rating (RMR). Setelah bertahun-tahun, klasifikasi massa batuan ini telah mengalami penyesuaian dikarenakan adanya penambahan data masukan sehingga Bieniawski

membuat perubahan nilai rating pada parameter yang digunakan untuk penilaian klasifikasi massa batuan tersebut (Bieniawski, 1989).

## 2.5 Analisis Kinematik Terhadap Kestabilan Lereng

Analisis Kinematik merupakan suatu analisis diskontinuitas pada massa batuan dengan menggunakan stereonet. Kinematik menunjukkan pergerakan suatu benda tanpa memperhitungkan gaya yang menyebabkannya bergerak (Goodman, 1989). Diskontinuitas merupakan suatu kenampakan struktur yang memisahkan blok-blok pada batuan dalam satu massa batuan (Hoek dan Bray, 1981).

Analisis kinematik dilakukan untuk Menentukan kemungkinan mode kegagalan dalam kemiringan lereng batuan. Hubungan sudut antara diskontinuitas dan permukaan lereng juga diterapkan untuk mengidentifikasi potensi dan model kegagalan (Putra B.E.P dan Choanji T, 2016).

Pertimbangan dasar dari analisis ini arah bidang lemah batuan berkaitan dengan orientasi penggalian atau pemotongan lereng dan besar sudut geser dalam. Hubungan keduanya dapat ditentukan berdasarkan analisis stereografi dari bidang-bidang diskontinuitas dengan arah lereng alami atau arah pemotongan lereng yang digunakan untuk menentukan potensi kegagalan.

Suatu lereng dikatakan stabil atau tidaknya tergantung oleh beberapa faktor yang mempengaruhi lereng tersebut, antara lain (Bria, 2017) :

### 1. Geometri Lereng

Geometri lereng meliputi bentukan lereng, baik tinggi lereng dan besar sudut lereng. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kestabilannya. Daerah yang curam mengakibatkan pengikisan yang lebih intensif dibandingkan daerah yang landai. Karena erosi yang intensif, banyak dijumpai singkapan yang mengalami pelapukan yang lebih cepat. Batuan yang lapuk mempunyai kekuatan yang lebih rendah sehingga kestabilan lereng menjadi berkurang.

## 2. Penyebaran Batuan

Hal ini disebabkan karena sifat fisik dan mekanik suatu jenis batuan akan berbeda dengan jenis batuan yang lainnya sehingga kekuatannya pun akan berbeda pula.

## 3. Kandungan Airtanah

Kandungan airtanah sebagai *moisture* tanah pada suatu lereng akan memberikan tambahan beban yang besar pada lereng. Selain itu, kondisi material yang jenuh dengan airtanah akan mengalami penurunan kuat tarik akibat adanya tekanan air pori di dalam tubuh material tersebut.

Penambahan airtanah pada pori-pori tanah atau batuan akan memperbesar beban dan akan menimbulkan gaya penggerak yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor. Pengaruh airtanah terhadap kestabilan lereng yaitu adanya tekanan ke atas dari air pada bidang-bidang lemah yang secara efektif mengurangi kuat tarik (*shear strength*) dan mempercepat proses pelapukan dari batuan.

Lereng dengan muka airtanah yang lebih tinggi akan mempunyai kestabilan yang lebih kecil dibandingkan lereng dengan muka airtanah yang lebih rendah.

## 4. Iklim

Iklim berpengaruh terhadap kestabilan lereng karena mempengaruhi perubahan *temperature*. Perubahan *temperature* yang cepat berubah dalam waktu yang singkat akan mempercepat proses pelapukan batuan.

## 5. Gaya Luar

Berdasarkan Bowles (1989), gaya-gaya dari luar lereng yang dapat mengurangi kestabilan suatu lereng adalah:

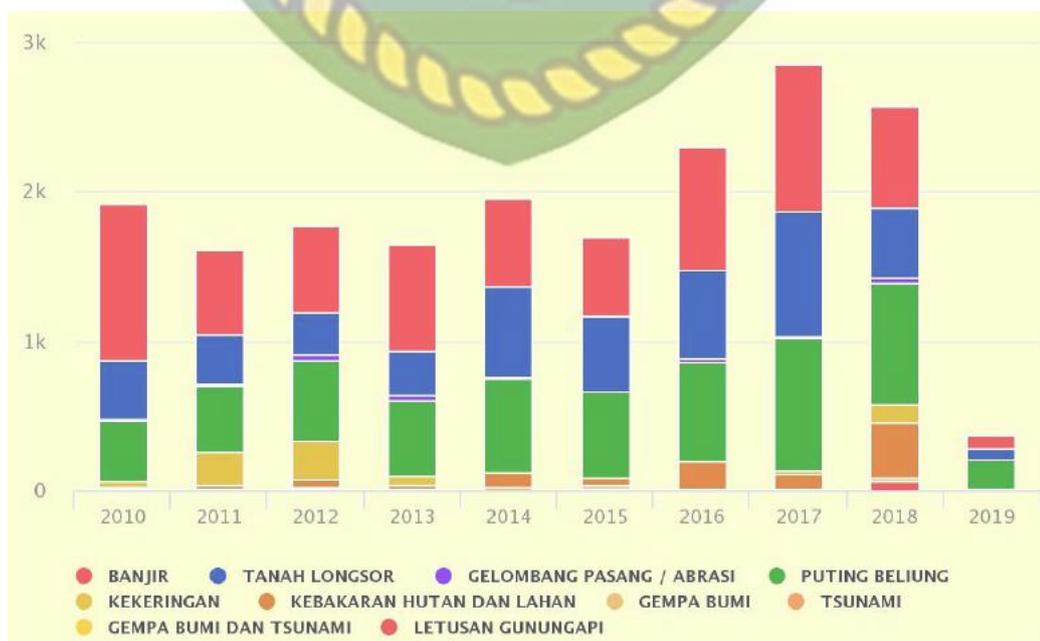
- a. Getaran yang diakibatkan oleh gempa
- b. Peledakan di dekat lereng

- c. Pemakaian alat-alat mekanis yang berat.

## 2.6 Sejarah Bencana Longsor

Indonesia merupakan Negara yang bisa dikatakan sebagai Negara yang hampir sering terjadi bencana alam, salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia ialah tanah longsor. Tanah Longsor berada pada urutan ketiga dalam bencana yang paling sering terjadi di Indonesia. Bencana ini juga terjadi dalam skala kecil hingga besar, banyak dampak yang dihasilkan dari bencana tanah longsor ini, seperti kerusakan bangunan, putusnya jalur transportasi darat dan juga menimbulkan korban jiwa yang tidak sedikit. Berikut merupakan diagram bencana yang terjadi di Indonesia dalam waktu 10 tahun belakangan menurut BNPB.

Menurut data BNPB Indonesia, tanah longsor merupakan bencana alam yang berada di urutan ketiga paling banyak terjadi dan juga merupakan bencana alam yang paling mematikan di Indonesia. Jutaan masyarakat Indonesia yang berada di daerah perbukitan yang curam terancam dari bencana longsor. Selama 10 tahun terakhir daerah-daerah yang paling banyak terjadi longsor adalah Sumatera Barat, Riau, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Kalimantan Timur.



**Gambar 2.2** Grafik persentase bencana alam di Indonesia (sumber: BNPB Indonesia)

Daerah-daerah lain juga sering terjadi longsor saat hujan deras. Daerah rawan longsor merupakan daerah-daerah pegunungan dan perbukitan yang banyak penduduknya karena keterbatasan lahan yang ada masyarakat sering membangun rumah ataupun tempat singgah di tepi lereng sehingga menyebabkan daya tahan dan Pengurangan beban di daerah kaki lereng berdampak menurunkan Faktor Keamanan. Makin besar pengurangan beban di kaki lereng, makin besar pula penurunan Faktor Keamanan lerengnya, sehingga lereng makin labil atau makin rawan longsor.

Berikut adalah 2 contoh kasus tanah longsor yang terjadi di provinsi Sumatra Barat :

1. Tanah Longsor Perbatasan Riau-Sumbar 2013

Pada 8 Desember 2013, jalan Nasional penghubung Riau dan Sumatera Barat Desa Rantau Berangin, Kecamatan Bangkinang Barat, Kabupaten Kampar Provinsi Riau tertutup longsor sepanjang 80 m. Longsor tersebut diakibatkan oleh penambangan liar oleh warga di bukit yang berada di samping jalan. Tidak adanya korban jiwa pada kejadian ini.

2. Tanah Longsor Sijunjung 2015

Tanah longsor yang terjadi di Desa Kenagarian Muaro Sijunjung, Kecamatan Sijunjung, Kabupaten Sijunjung, Provinsi Sumatera Barat pada 4 Juni 2015 yang disebabkan oleh penambangan Emas tanpa izin (liar) mengakibatkan 4 dari 12 orang pekerja meninggal dunia dan sisanya menderita luka ringan.

wilayah Bogor dan sekitarnya sejak dua pekan terakhir dan menyebabkan 25 KK harus mengungsi. Dari 20 rumah yang terdampak, 5 unit di antaranya ambruk dan 15 unit rusak sedang.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Objek Penelitian

Pada penelitian ini, yang menjadi objek atau materi penelitian adalah lereng yang memiliki panjang 33 m dan lebar 10 m yang berada di daerah penelitian. Sebelum melakukan penelitian dilakukan studi pustaka berupa studi literatur dengan memahami studi regional Sumatera Barat untuk mengetahui secara umum proses mengenai karakteristik geologi dan geoteknik meliputi jenis batuan pada daerah penelitian. Setelah itu dilakukan pengambilan data dilapangan untuk mengetahui unsur kestabilan lerengnya dengan menggunakan metode analisis kinematik, metode RMR (*Rock Mass Rating*) dan SMR (*Slope Mass Rating*).

### 3.2 Langkah Penelitian

Dalam melakukan suatu penelitian perlu dilakukan susunan rencana kerja sebelum ke lapangan, selama di lapangan hingga telah kembali dari lapangan. Rencana kerja tersebut meliputi beberapa tahap, antara lain:

#### 1. Tahap persiapan

Tahap persiapan meliputi studi pustaka mengenai metode yang akan digunakan studi pustaka daerah penelitian, pengenalan software, dan data-data yang diperlukan serta cara analisis kestabilan lereng dengan menggunakan tiga parameter analisis yaitu analisis kinematik, metode RMR (*Rock Mass Rating*) dan SMR (*Slope Mass Rating*).

#### 2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data ini meliputi pengambilan data dilapangan dan pengambilan contoh sampel batuan dan penghitungan diskontinuitas.

#### 3. Tahap Analisis Data

Tahap analisis data merupakan pengolahan data lapangan yang telah dikumpulkan kemudian di lakukan analisis data, analisis ini menggunakan

beberapa metode, yaitu: analisis kinematik, metode RMR (*Rock Mass Rating*) dan SMR (*Slope Mass Rating*).

### 3.3 Metode Pengambilan Data Diskontinuitas

Pada metode ini pengambilan data dilakukan dengan secara sistematis dengan menggunakan metode scanline sampling. Dalam metode ini, pencatatan atribut diskontinuitas dilakukan sepanjang garis pengamatan dengan batasan 10 meter dari tiap garis pengamatan. Diskontinuitas yang dicatat dan diobservasi adalah diskontinuitas yang memotong garis pengamatan dan berada pada jarak tertentu. Salah satu ujung dari garis pengamatan menjadi datum dalam pengukuran jarak diskontinuitas yang lainnya (Aris, 2007). Pada pengukuran dilapangan kebanyakan jarak diskontinuitas yang terukur pada scanline merupakan jarak semu.

### 3.4 Analisis Data

Dalam penelitian ini, ada dua macam analisis yang akan dilakukan, yaitu analisis kinematik, analisis RMR (*Rock Mass Rating*) dan analisis SMR (*Slope Mass Rating*).

#### 3.4.1 Analisis Kinematik

Pada analisis kinematik, terdapat beberapa jenis potensi kegagalan yang dibentuk oleh kedudukan lereng dengan kedudukan diskontinuitas, diantaranya adalah kegagalan geser planar (*planar failure*), kegagalan geser baji (*wedge failure*), kegagalan jungkiran (*toppling*), atau blok runtuh dan kegagalan geser melengkung (*circular failure*).

Dalam memperhitungkan stabilitas lereng batuan, data kedudukan bidang-bidang diskontinuitas hasil pengukuran *scanline sampling* digambarkan di dalam stereonet. Pada umumnya, jika data struktur geologi tersebut telah diplot, beberapa konsentrasi kutub yang signifikan dapat hadir di dalam stereonet.

- a. Kegagalan Geser Planar

Kegagalan planar merupakan potensi kegagalan yang terjadi pada lereng ketika blok batuan berada pada bidang gelincir tunggal dengan kemiringan lebih rendah dari pada muka lereng (Hoek dan Bray, 1981). Syarat umum terjadinya kegagalan ini adalah:

1. Bidang gelincir memiliki jurus sejajar atau hampir sejajar (maksimal  $\pm 20^\circ$ ) dengan muka lereng.
2. Kemiringan bidang gelincir lebih kecil dari kemiringan lereng.
3. Kemiringan bidang gelincir lebih besar daripada sudut geser dalamnya.
4. Bidang gelincir berpotongan dengan permukaan atas lereng atau dianggap sebagai retakan tarikan (*tension crack*).

b. Kegagalan Geser Baji

Kegagalan geser baji merupakan kegagalan yang terjadi pada dua bidang gelincir apabila memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Terdapat dua bidang lemah atau lebih yang berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji terhadap lereng.
2. Sudut lereng lebih besar daripada sudut garis potong kedua bidang lemah.
3. Sudut garis potong kedua bidang lemah lebih besar daripada sudut geser dalamnya.

Kegagalan geser baji juga dapat berupa kegagalan dengan bidang geser tunggal apabila arah kemiringan (*dip direction*) salah satu bidang lemah berada di antara arah garis perpotongan kedua bidang lemah dan arah kemiringan lereng. Uji Markland (Hoek dan Bray, 1981) dilakukan untuk menentukan kemungkinan terjadinya keruntuhan geser baji (*wedge sliding failure*), dengan arah luncuran terjadi pada penunjaman garis perpotongan antara dua buah bidang diskontinu planar. Uji ini juga mencakup longsoran bidang yang merupakan kasus khusus dari longsoran baji. Pada longsoran baji, jika kontak pada kedua bidang tetap terjadi, luncuran hanya dapat terjadi pada arah penunjaman garis perpotongan.

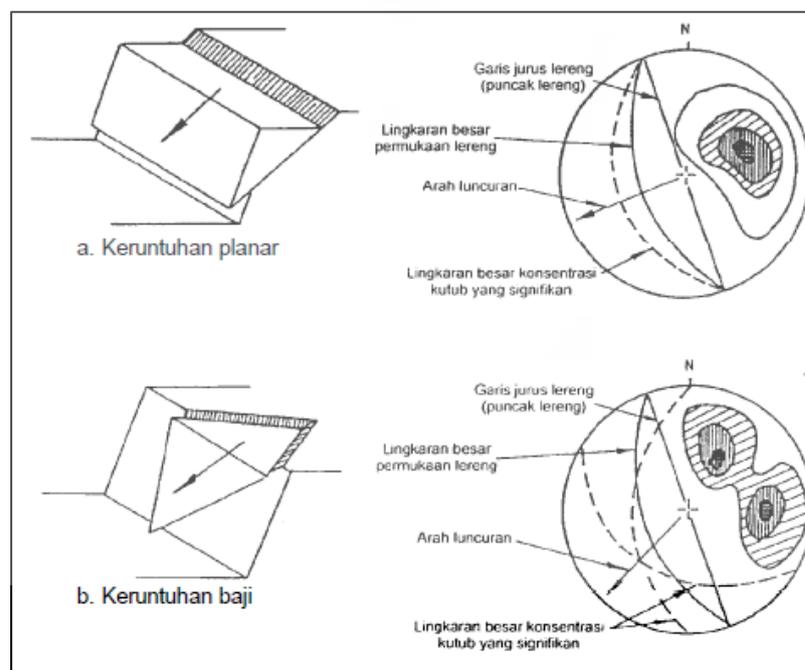
c. Kegagalan Geser Jungkiran

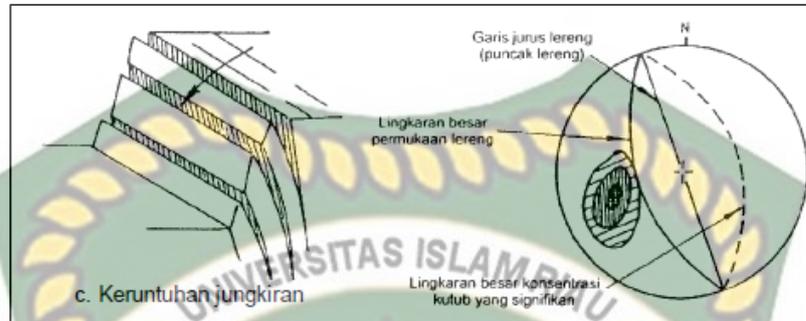
Kegagalan jungkiran umumnya terjadi pada massa batuan yang kemiringan bidang-bidang diskontinuitasnya berlawanan arah dengan kemiringan lereng. Bidang-bidang diskontinuitas tersebut membentuk kolom-kolom yang akan mengguling bila bidang diskontinuitas yang menghubungkan antar kolom menggelincir.

Analisis kegagalan jungkiran lebih rumit bila dibandingkan dengan bentuk kegagalan planar dan baji. Karena interaksi antar kolom-kolom yang mengguling secara simultan serta gaya-gaya geser yang terjadi antar kolom harus diperhatikan. Beberapa kondisi yang dapat menyebabkan keruntuhan tipe jungkiran adalah :

1. Jurus dari bidang diskontinuitas harus paralel atau mendekati paralel dengan jurus permukaan lereng (perbedaan arah maksimal  $20^\circ$ ).
  2. Sudut kemiringan bidang diskontinuitas harus sama besar dengan kemiringan permukaan lereng.
  3. *Plunge* dari bidang gelincir harus lebih kecil dari kemiringan permukaan lereng dikurangi sudut geser dalam dari bidang gelincir tersebut (Goodman, 1989).
- d. Kegagalan Geser Melengkung

Kegagalan dengan bidang gelincir berbentuk melengkung atau *circular failure* merupakan keruntuhan yang terbentuk pada kondisi massa batuan yang terkekarkan kuat dengan orientasi diskontinuitas yang menyebar atau pada batuan yang sangat lapuk. Kegagalan ini merupakan kegagalan dengan tipe *soil-like* atau menyerupai tanah.





**Gambar 3.1** Model stereonet kondisi struktur yang dapat menyebabkan jenis-jenis longsoran utama pada batuan (Hoek, 2000)

### 3.4.2 Analisis RMR

Pada penelitian ini, klasifikasi massa batuan yang digunakan adalah klasifikasi massa batuan versi tahun 1989 (Bieniawski, 1989). Parameter yang digunakan dalam klasifikasi massa batuan menggunakan Sistem RMR yaitu:

- a. Kekuatan batuan utuh
- b. Rock Quality Designation (RQD)
- c. Spasi bidang diskontinuitas.
- d. Kondisi bidang diskontinuitas
- e. Kondisi airtanah
- f. Orientasi/arah bidang diskontinuitas.

RMR dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$RMR = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 \quad (1)$$

Keterangan:

$R_1$  = Rating kekuatan batuan utuh

$R_2$  = Rating RQD

$R_3$  = Rating spasi bidang diskontinuitas

$R_4$  = Rating kondisi diskontinuitas

$R_5$  = Rating kondisi airtanah

Beberapa parameter utama dalam metode RMR adalah:

## 1. Kekuatan Batuan Utuh (UCS)

Kekuatan batuan utuh (*intact rock*) dalam RMR dinyatakan dengan *Uniaxial Compressive Strength* (UCS). Hoek dan Brown (1980) memberikan *index classification of rock material* (Tabel 3.1) untuk mengestimasi kisaran nilai kuat tekan batuan di lapangan dengan menggunakan kuku, pisau, dan palu geologi.

**Tabel 3.1** Indeks klasifikasi UCS

Tingkat	Istilah	UCS (MPa)	Kekuatan dari perkiraan lapangan	Contoh batuan
R6	Terlalu sangat kuat	>250	Contoh batuan hanya bisa dikikis oleh palu geologi	Fresh basalt, rijang, diabas, gneis, granit, kuarsit
R5	Sangat kuat	100 – 250	Diperlukan beberapa pukulan palu geologi untuk meretakkan contoh batuan	Amfibolit, batupasir, basalt, gabro, gneis, granodiorit, batugamping, marmer, riolit, tuff
R4	Kuat	50 – 100	Diperlukan lebih dari satu pukulan palu geologi untuk meretakkan contoh batuan	Batugamping, marmer, filit, batupasir, skis, shale
R3	Menengah	25 – 50	Tidak bisa digerus atau dikikis menggunakan pisau, contoh batuan mengalami rekahan akibat satu pukulan palu geologi	Batulempung, batubara, beton, skis, shale, batulanau
R2	Lemah	5 – 25	Susah untuk dikikis menggunakan pisau, adanya bentukan lekukan pada permukaan akibat beberapa pukulan dari palu geologi	Batu kapur, batu garam, kalsium karbonat
R1	Sangat lemah	1 – 5	Hancur dengan beberapa pukulan palu geologi, bisa dikikis menggunakan pisau	Batuan dengan tingkat pelapukan dan alterai yang tinggi
R0	Terlalu sangat lemah	0.25 – 1	Dikikis dengan jari tangan	Batuan dengan banyak patahan

## 2. RQD (Rock Quality Designation)

RQD didefinisikan sebagai persentase dari perolehan inti bor (*core*) yang secara tidak langsung didasarkan pada jumlah bidang lemah dan jumlah bagian yang lunak dari massa batuan yang diamati dari inti bor (*core*). Dengan kata lain, RQD adalah ukuran sederhana dari persentasi perolehan batuan yang baik dari sebuah interval kedalaman lubang bor. Dalam menghitung nilai RQD, metode

langsung digunakan apabila *core log* tersedia. Metode RQD yang dilakukan adalah metode tidak langsung karena *core log* yang tidak tersedia. Metode perhitungan RQD menurut Palmstrom (1982) adalah sebagai berikut:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v \dots (2)$$

Dimana  $J_v$  merupakan jumlah total kekar per volume.

**Tabel 3.2** nilai RQD

Nilai RQD	Rating
90% - 100%	20
75% - 90%	17
50% - 75%	13
25% - 50%	8
< 25%	3

### 3. Jarak antar diskontinuitas (*Spacing of Discontinuities*)

Pada perhitungan nilai RMR, parameter jarak antar (spasi) kekar diberi bobot berdasarkan nilai spasi kekaranya.

**Tabel 3.3** Jarak antar (spasi) diskontinuitas (Bieniawski, 1989)

Deskripsi	Spasi kekar (m)	Rating
Sangat lebar (very wide)	>2	20
Lebar (wide)	0,6 - 2	15
Sedang (moderate)	0,2 - 0,6	10
Rapat (close)	0,006 - 0,2	8
Sangat rapat (very close)	<0,006	5

### 4. Kondisi Diskontinuitas (*Condition of Discontinuities*)

Kondisi diskontinuitas ditentukan dari deskripsi tiap bidang diskontinuitas. Terdapat lima karakteristik yang masuk dalam pengertian kondisi diskontinuitas, yaitu kemenerusan (*persistence*), jarak antar permukaan diskontinuitas atau celah (*separation/aperture*), kekasaran kekar (*roughness*), material pengisi (*infilling/gouge*), dan tingkat kelapukan (*weathering*). Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut:

a. Kekasaran (*Roughness*)

*Roughness* atau kekasaran permukaan bidang diskontinuitas merupakan parameter yang penting untuk dapat menentukan kondisi bidang diskontinuitas. Suatu permukaan yang kasar akan dapat mencegah terjadinya pergeseran antara kedua permukaan. Tingkat kekasaran permukaan kekar dapat dilihat dari bentuk gelombang permukaannya. Semakin besar kekasaran dapat menambah kuat geser kekar dan dapat juga mengubah kemiringan pada bagian tertentu dari kekar tersebut. Penggolongan dan pembobotan kekasaran dapat dilihat dari jenis kekasaran permukaan yang terdapat pada tabel menurut Bieniawski, 1976.

Tabel 3.4 Penggolongan dan pembobotan kekasaran menurut Bieniawski(1976)

Kekasaran permukaan	Deskripsi	Rating
Sangat kasar (very rough)	Apabila diraba permukaan sangat tidak rata, membentuk punggung dengan sudut terhadap bidang datar mendekati vertical.	6
Kasar (rough)	Bergelombang, permukaan tidak rata, butiran pada permukaan terlihat jelas, permukaan kekar terasa kasar.	5
Sedikit kasar (slightly rough)	Butiran permukaan terlihat jelas, dapat dibedakan, dan dapat dirasakan apabila diraba.	3
Halus (smooth)	Permukaan rata dan terasa halus bila diraba.	1
Licin berlapis (slickensided)	Permukaan terlihat mengkilap	0

b. Bukaan (*Separation*)

Merupakan jarak antara kedua permukaan bidang diskontinuitas. Bukaan dapat diisi oleh material lainnya (*filling material*) diisi oleh air atau tidak memiliki bahan pengisi.

c. Kemenerusan (*Continuity*)

Kemenerusan merupakan panjang dari suatu bidang diskontinuitas.

d. Pelapukan (*Weathering*)

Menunjukkan derajat kelapukan permukaan diskontinuitas. Penentuan tingkat pelapukan kekar didasarkan pada perubahan warna pada batuanya dan terdekomposisinya batuan atau tidak. Semakin besar tingkat perubahan warna dan tingkat terdekomposisi, batuan semakin lapuk (Tabel 3.5).

Tabel 3.5 Tingkat pelapukan batuan menurut Bieniawski (1976).

Klasifikasi	Keterangan
Tidak Terlapukkan	Tidak terlihat tanda-tanda pelapukan, batuan segar, butiran kristal terlihat jelas dan terang.
Sedikit Terlapukkan	Kekar terlihat bewarna atau kehitaman, biasanya terisi dengan lapisan tipis material pengisi. Tanda kehitaman biasanya akan nampak mulai dari permukaan sampai ke dalam batuan sejauh 20% dari spasi.
Terlapukkan	Tanda kehitaman Nampak pada permukaan batuan dan sebagian material batuan terdekomposisi. Tekstur asli batuan masih utuh namun mulai menunjukkan butiran batuan mulai terdekomposisi menjadi tanah.
Sangat Terlapukkan	Keseluruhan batuan mengalami perubahan warna atau kehitaman. Dilihat secara penampakan menyerupai tanah, namun tekstur batuan masih utuh dan butiran batuan telah terdekomposisi menjadi tanah.

e. Material pengisi (*Infilling*)

*Infilling* atau material pengisi antara dua permukaan bidang diskontinuitas mempengaruhi stabilitas bidang diskontinuitas dilihat dari ketebalan, konsistensi dan sifat material pengisi tersebut. Material pengisi yang lebih tebal, memiliki sifat mengembang bila terkena air dan berbutir sangat halus akan menyebabkan bidang diskontinu menjadi lemah.

Dalam perhitungan RMR, beberapa parameter diatas diberi bobot masing-masing dan kemudian dijumlahkan sebagai bobot total kondisi kekar.

Tabel 3.6 Panduan Klasifikasi Kondisi Kekar Bieniawski (1976)

Parameter	Rating
-----------	--------

Panjang kekar ( <i>Persistence continuity</i> )	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20m
	6	4	2	1	0
Jarak antar permukaan kekar ( <i>Separation aperture</i> )	Tidak ada	< 0,1mm	0,1-1mm	1-5mm	>5mm
	6	5	4	1	0
Kekasaran kekar ( <i>Roughness</i> )	Sangat kasar	kasar	Sedikit kasar	Halus	Slickensided
	6	5	3	1	0
Material pengisi	Tidak ada	Keras < 5mm	Keras > 5mm	Lunak < 5mm	Lunak > 5mm
	6	4	2	2	0
Pelapukan ( <i>Weathering</i> )	Tidak lapuk	Sedikit lapuk	Lapuk	Sangat lapuk	Hancur
	6	5	3	1	0

#### 5. Kondisi Airtanah (*Condition of Groundwater*)

Airtanah sangat berpengaruh terhadap lubang bukaan suatu lereng, sehingga posisi muka air tanah terhadap posisi lubang bukaan sangat perlu diperhatikan. Kondisi airtanah dapat dinyatakan secara umum, yaitu kering (*dry*), lembab (*damp*), basah (*wet*), menetes (*dripping*), dan mengalir (*flowing*).

**Tabel 3.7** Parameter Kondisi Airtanah

Deskripsi	Kekar Tidak Terisi		Kekar Terisi	
	Kekar	Aliran	Aliran	Kekar
Kering	Kering	Tidak ada	Kering	Kering
Lembab	Pengotor	Tidak ada	Lembab	Pengotor
Basah	Lembab	Tidak ada	Basah	Lembab
Menetes	Basah	Kadang-kadang	Menetes	Basah
Mengalir	Basah	Menerus	Mengalir	Basah
Mengalir	Basah	Menerus	Mengalir	Basah

#### 6. Orientasi Diskontinuitas (*Orientation of Discontinuity*)

Orientasi diskontinuitas merupakan strike/dip diskontinuitas (*dip/dip direction*). Orientasi bidang diskontinuitas sangat mempengaruhi kestabilan lubang bukaan terowongan, terutama apabila adanya gaya deformasi yang mengakibatkan berkurangnya suatu kuat geser. Orientasi bidang diskontinuitas yang tegak lurus sumbu lintasan terowongan, sangat menguntungkan. Sebaliknya orientasi bidang diskontinuitas yang sejajar dengan sumbu lintasan terowongan, akan sangat tidak menguntungkan. Di lapangan, orientasi bidang diskontinuitas dapat diperoleh dengan mengukur strike/dip kekar menggunakan kompas geologi. Begitu pula dengan arah lintasan terowongan, dapat diperoleh dengan mengukur azimuth arah lintasan terowongan menggunakan kompas geologi.

Dari hasil perhitungan bobot RMR tersebut, didapatkan cara-cara untuk meminimalisir dan mengantisipasi kegagalan yang terjadi menurut kelas massa batuan (Tabel 3.8).

Kelas Massa Batuan	Ekskavasi	Rock bolts (diameter 20 mm, fully grouted)	Shotcrete	Steel sets
I ( <i>Very good rock</i> ) RMR: 81-100	Seluruh bagian, 3 m untuk tahap lanjutan	Umumnya tidak adanya <i>support</i> kecuali tempat pembautan.		
II ( <i>Good rock</i> ) RMR: 61-80	Seluruh bagian, 1 – 1.5 m untuk tahap lanjutan. Support dilengkapi sebesar 20 m dari muka lereng.	Tepat pada bagian yang diperlukan, baut dengan kawat berlubang pada bagian puncak sepanjang 3 m dan spasi 2.5 m.	50 mm di bagian puncak (ketika diperlukan).	Tidak ada.
III ( <i>Fair rock</i> ) RMR: 41-60	Bagian atas dan dudukan lereng, sebesar 1.5 – 3 m tahap lanjutan untuk bagian atas. Dimulai setelah peledakan. Support dilengkapi sebesar 10 m dari muka lereng.	Baut dengan kawat berlubang di bagian puncak diletakkan secara teratur pada bagian puncak dan dinding sepanjang 4 m dan spasi 1.5 – 2 m.	50-100 mm pada bagian puncak dan 30 mm pada bagian sisi-sisi lereng.	Tidak ada.
IV ( <i>Poor rock</i> ) RMR: 21-40	Bagian atas dan dudukan lereng, sebesar 1.0-1.5 m tahap lanjutan untuk bagian atas. Pemasangan <i>support</i> bersamaan dengan kegiatan ekskavasi, 10 m dari muka lereng.	Baut dengan kawat berlubang di bagian puncak diletakkan secara teratur pada bagian puncak dan dinding sepanjang 4-5 m dan spasi 1 –1.5 m.	100-150 mm pada bagian puncak dan 100 mm pada bagian sisi-sisi lereng.	Besi ringan hingga sedang dengan spasi 1.5 m ketika diperlukan.

V (Very poor rock) RMR: < 20	Penimbunan keseluruhan pada bagian atas sebesar 0.5-1.5 m untuk tahap lanjutan. Pemasangan <i>support</i> bersamaan dengan kegiatan ekskavasi. <i>Shotcrete</i> dipasang secepatnya setelah peledakan.	Baut dengan kawat berlubang di bagian puncak diletakkan secara teratur pada bagian puncak dan dinding sepanjang 5-6 m dan spasi 1-1.5 m. Baut diletak secara terbalik.	150-200 mm pada bagian puncak, 150 mm pada bagian sisi-sisi lereng dan 50 mm pada muka lereng.	Besi sedang hingga berat dengan spasi 0.75 m dengan <i>steel lagging</i> dan <i>forepoling</i> jika diperlukan. Penutup diletak secara terbalik.
---------------------------------	--	--	--	--

Tabel 3.8 Petunjuk ekskavasi dan dukungan pada lereng (Bieniawski, 1989)

Tabel 3.9 Tabel klasifikasi massa batuan (Bieniawski, 1989)

A. KLASIFIKASI PARAMETER DAN PEMBOBOTANNYA									
PARAMETER		RENTANG NILAI							
1.	Kekuatan batuan utuh	<i>Point Load</i>	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Untuk nilai yang kecil dipakai hasil UCS		
		<i>Uniaxial</i>	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Pembobotan		15	12	7	4	2	1	0
2.	RQD (Rock Quality Designation)		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Pembobotan		20	17	13	8	3		
3.	JARAK DISKONTINUITAS		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Pembobotan		20	15	10	8	5		
4.	KONDISI DISKONTINUITAS (lihat E)		Permukaan sangat kasar, Tidak menerus, Tidak renggang, Tidak lapuk	Permukaan kasar, Renggang < 1 mm, Agak lapuk	Permukaan agak kasar, Renggang < 1 mm, Sangat lapuk	<i>Slicken-side / Gouge</i> < 5 mm, atau Renggang < 1 - 5 mm, Menerus	Gouge lemah tebal < 5 mm, atau Renggang > 5 mm, Menerus		
	Pembobotan		30	25	20	10	0		
5.	AIR TANAH	Aliran per-10m panjang terowongan	Tidak ada	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Tekanan pori) / (Teg. utama max.)	0	< 0,1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
	Kedadaan umum		Kering	Lembab	Basah	Menetes	Mengalir		
	Pembobotan		15	10	7	4	0		
B. PENYESUAIAN PEMBOBOTAN UNTUK ORIENTASI DISKONTINUITAS PADA BEBERAPA KEPERLUAN (Lihat F)									
Orientasi jurus dan kemiringan ( <i>strike/dip</i> )		Sangat Menguntungkan	Menguntungkan	Sedang	Tidak Menguntungkan	Sangat Tidak Menguntungkan			
Bobot	Terowongan	0	-2	-5	-10	-12			
	Fondasi	0	-2	-7	-15	-25			
	Lereng	0	-5	-25	-50				
C. KELAS TOTAL PEMBOBOTAN MASSA BATUAN									
Bobot	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21				
Nomor Kelas	I	II	III	IV	V				
Deskripsi	Sangat Baik	Baik	Sedang	Jelek	Sangat Jelek				
D. ARTI DARI KELAS BATUAN									
Nomor Kelas	I	II	III	IV	V				
<i>Stand-up time</i>	20 tahun untuk span 15 m	1 tahun untuk span 10 m	1 minggu untuk span 5 m	10 jam untuk span 2.5 m	30 menit untuk span 1 m				
Kohesi (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100				
Sudut geser dalam (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15				
E. PETUNJUK UNTUK KLASIFIKASI KONDISI DISKONTINUITAS									
Panjang Diskontinuitas Bobot	< 1 m 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	> 20 m 0				
Bukaan Bobot	None 6	< 0.1 mm 5	0.1 - 1 mm 4	1 - 5 mm 1	> 5 mm 0				
Kekasaran Bobot	Sangat kasar 6	Kasar 5	Sedikit kasar 3	Halus 1	<i>Slickensided</i> 0				
Pengisi ( <i>gouge</i> ) Bobot	Tidak ada 6	Keras < 5 mm 4	Keras > 5 mm 2	Lunak < 5 mm 2	Lunak > 5 mm 0				
Tingkat pelapukan Bobot	Tidak terlapukkan 6	Sedikit terlapukkan 5	Sedang 3	Sangat terlapukkan 1	Terdekomposisi 0				
F. PENGARUH ORIENTASI JURUS DAN KEMIRINGAN PADA PEMBUATAN TEROWONGAN**									
Arah jurus tegak lurus sumbu terowongan					Arah jurus sejajar dengan sumbu terowongan				
Maju searah kemiringan 45° - 90°		Maju searah kemiringan 20° - 45°			Kemiringan 45° - 90°		Kemiringan 20° - 45°		

### 3.4.3 Analisis *Slope Mass Rating* (SMR)

#### 3.4.3 Analisis *Slope Mass Rating* (SMR)

*Slope mass rating* (SMR) adalah sistem klasifikasi massa batuan yang dirancang khusus untuk lereng. Metode ini dikemukakan oleh Romana (1985). Sistem ini didasarkan pada hasil RMR dengan memberikan beberapa penyesuaian. Parameter yang dibutuhkan untuk klasifikasi *slope mass rating* (SMR) ialah Arah kemiringan (*dip direction*) dari permukaan lereng ( $\alpha_s$ ), Arah kemiringan (*dip direction*) diskontinuitas ( $\alpha_j$ ), sudut kemiringan diskontinuitas ( $\beta_j$ ).

Romana (1985) mengembangkan suatu sistem klasifikasi *slope mass rating* (SMR) yang memungkinkan sistem RMR diaplikasikan untuk menganalisis kemantapan lereng. SMR menyertakan bobot parameter pengaruh orientasi kekar terhadap metode penggalian lereng yang diterapkan. Hubungan antara *slope mass rating* (SMR) dengan *rock mass rating* (RMR) ditunjukkan pada persamaan dibawah ini.

$$SMR = RMR_{Basic} + (F1 \times F2 \times F3) + F4 \quad (3)$$

Untuk Longsoran Bidang dan Longsoran Baji;

- $F1 = \alpha_j - \alpha_s$
- $F2 = \beta_j$
- $F3 = \beta_j - \beta_s$

Dengan demikian persamaan SMR untuk longsoran bidang dan longsoran baji menjadi:

$$SMR = RMR + \{(\alpha_j - \alpha_s) \beta_j (\beta_j - \beta_s)\} + F4 \quad (4)$$

Untuk Longsoran Guling atau Toppling;

- $F1 = \alpha_j - \alpha_s - 180$

- $F2 = \beta_j$
- $F3 = \beta_j - \beta_s$

$$SMR = RMR + \{(\alpha_j - \alpha_s - 180^\circ) \beta_j (\beta_j - \beta_s)\} + F4 \quad (5)$$

Untuk nilai F4 dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 3.10** Tabel Penentuan Nilai F4 (Romana, 1985)

Method	Natural	Presplitting	Smooth Blasting	Blasting or Mechanical	Defficient Blasting
F4	15	10	8	0	-8

Sebagai keterangan:

- $\alpha_j$  = dip dir. kekar                       $\beta_s$  = dip lereng
- $\beta_j$  = dip kekar                               $\alpha_s$  = dip dir. lereng
- P = longsoran bidang                      T = longsoran guling

Bobot kriteria faktor koreksi yang dihitung berdasarkan paralelisme antara orientasi lereng dengan orientasi kekar.

**Tabel 3.11** Bobot kriteria faktor koreksi (Romana, 1985)

Case		Very Favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
P	$ \alpha_j - \alpha_s $	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
T	$ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ $					
P/T	$F1 = (1 - \sin  \alpha_j - \alpha_s )^2$	0.15	0.4	0.7	0.85	1
P	$ \beta_j $	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
P	$F2 = \tan^2 \beta_j$	0.15	0.4	0.7	0.85	1
T	F2	1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
T	$\beta_j - \beta_s$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
P/T	F3	0	-6	-25	-50	-60

P= Keruntuhan bidang (Plane failure)                       $\alpha_j$  = Joint dip direction                       $\beta_j$  = Joint dip  
 T= Keruntuhan jungkiran (Toppling failure)                       $\alpha_s$  = Slope dip direction                       $\beta_s$  = Slope dip

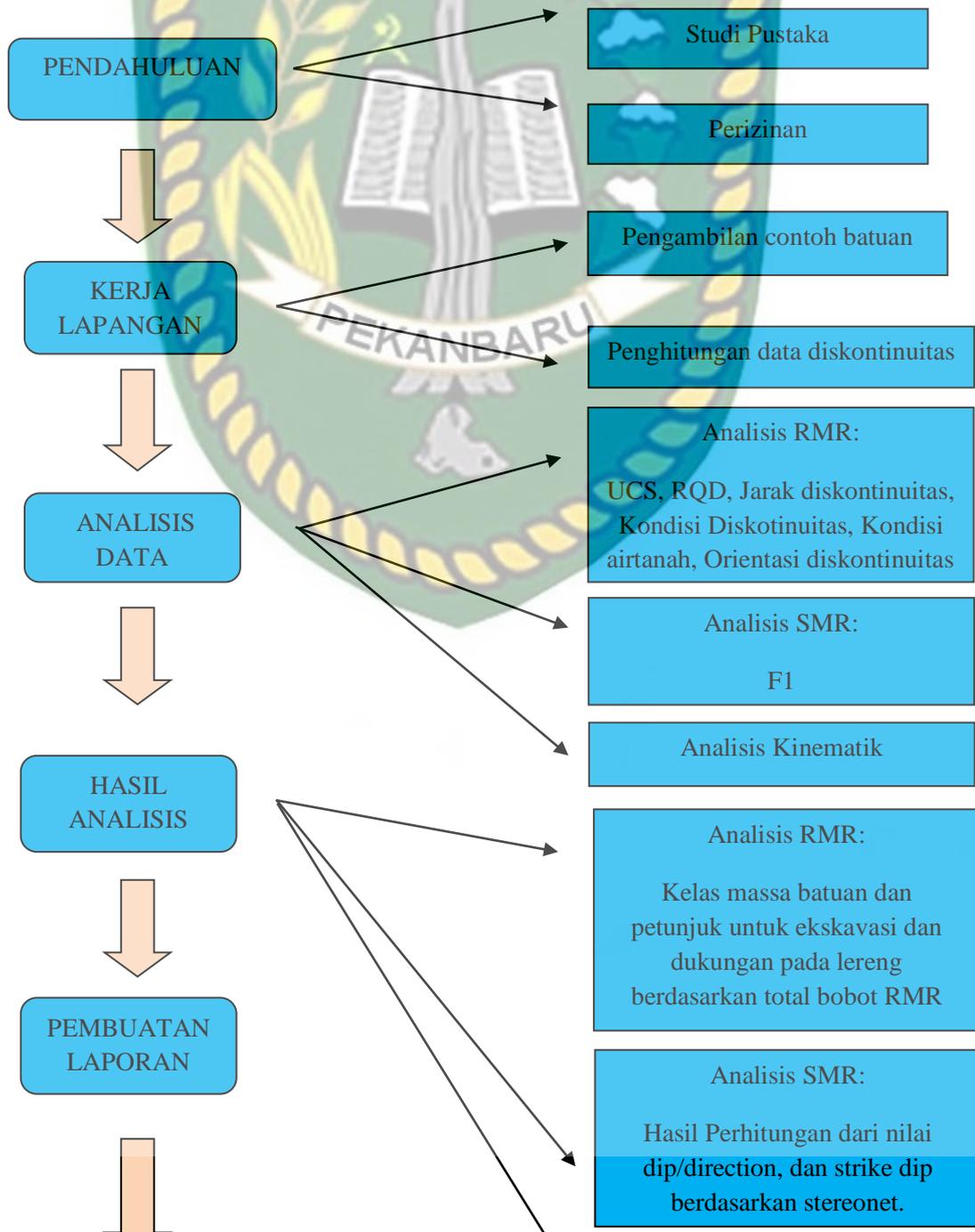
Setelah nilai SMR diperoleh, maka nilai tersebut akan berada dalam salah satu kelas dengan nilai bobot tertentu.

**Tabel 3.12** Deskripsi setiap kelas pada sistem klasifikasi SMR (Romana, 1985)

SMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
-----	--------	---------	---------	---------	----------

Class	V	IV	III	II	I
Description	Very Bad	Bad	Normal	Good	Very Good
Stability	Completely Unstable	Unstable	Partially Stable	Stable	Completely Stable
Failures	Big Planar or Soil Like	Planar or Big Wedges	Some Joints or Many Wedges	Some Blocks	None
Support	Reecavation	Important Corrective	Systematic	Occasional	None

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kondisi Lereng

Lereng yang diambil sebagai objek penelitian terletak di pinggir jalan lintas Riau – Sumbar. Lereng tersebut memiliki banyak diskontinuitas yang dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya kegagalan. Maka dari itu dilakukan analisis RMR, SMR dan analisis kinematik terhadap lereng di lokasi penelitian. Terdapat 3 *scanline* utama yang dijadikan objek penelitian pada lereng tersebut.

#### 4.1.1 *Scanline I*

Diskontinuitas yang ada pada lereng *scanline I* berupa rekahan, jenis litologi pada *scanline I* batupasir dan konglomerat, dengan batupasir yang sudah mengalami pelapukan tinggi berdasarkan kenampakan dilapangan dan ISRM 1981b termasuk kedalam pelapukan tingkat IV, pada lereng ini ditemukan 62 rekahan dan hanya satu bidang perlapisan yang berada pada jarak pengamatan *scanline*.



Gambar 4.1 Tempat pengukuran *scanline I*

#### 4.1.2 *Scanline II*

Diskontinuitas yang ada pada lereng *scanline II* berupa rekahan, jenis litologi pada *scanline II* konglomerat yang sudah mengalami sedikit pelapukan

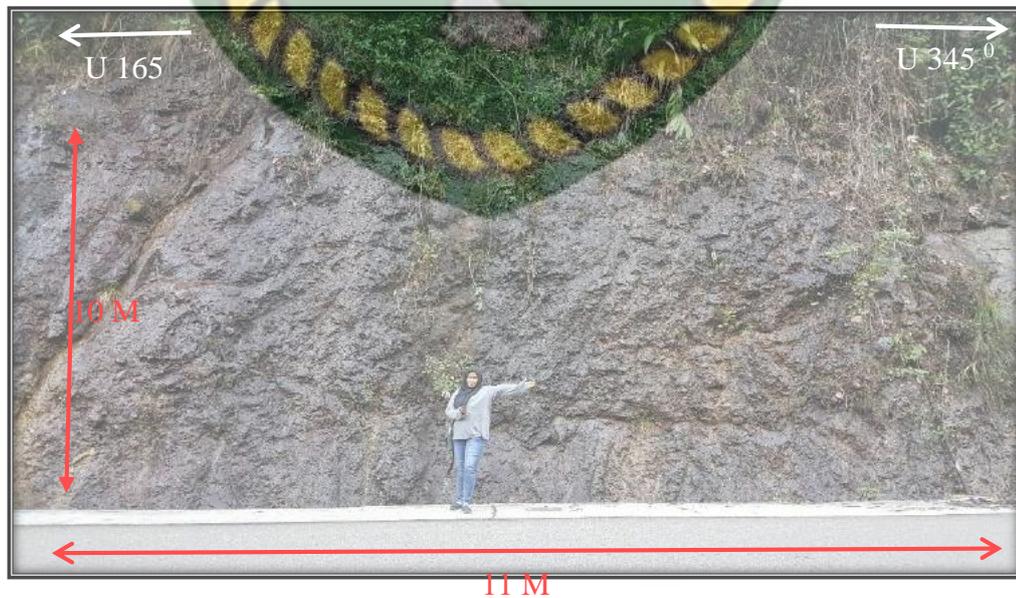
yaitu hanya terjadi perubahan warna batuan, pada lereng ini ditemukan 94 rekahan dan hanya satu bidang perlapisan yang berada pada jarak pengamatan *scanline*.



Gambar 4.2 Tempat pengukuran *scanline* II

#### 4.1.3 *Scanline* III

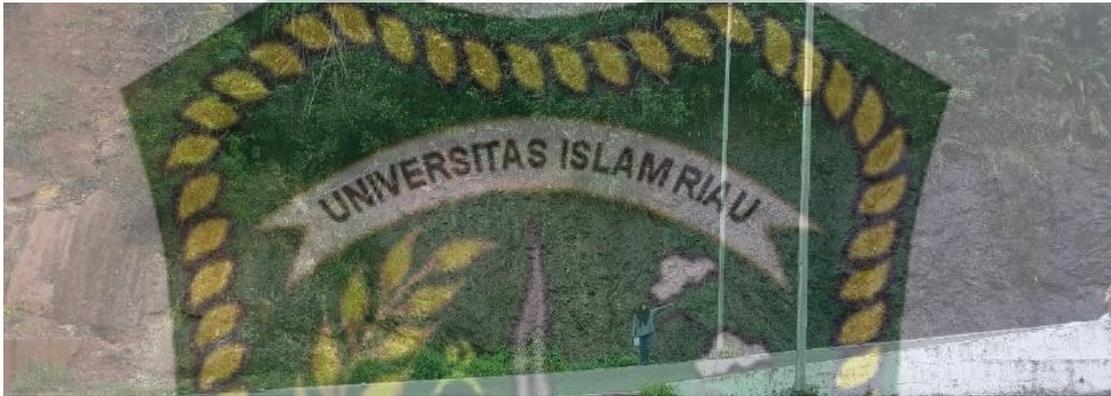
Diskontinuitas yang ada pada lereng *scanline* III berupa rekahan, jenis litologi pada *scanline* III konglomerat yang sudah mengalami sedikit pelapukan yaitu hanya terjadi perubahan warna batuan, pada lereng ini ditemukan 100 rekahan dan hanya satu bidang perlapisan yang berada pada jarak pengamatan *scanline*.



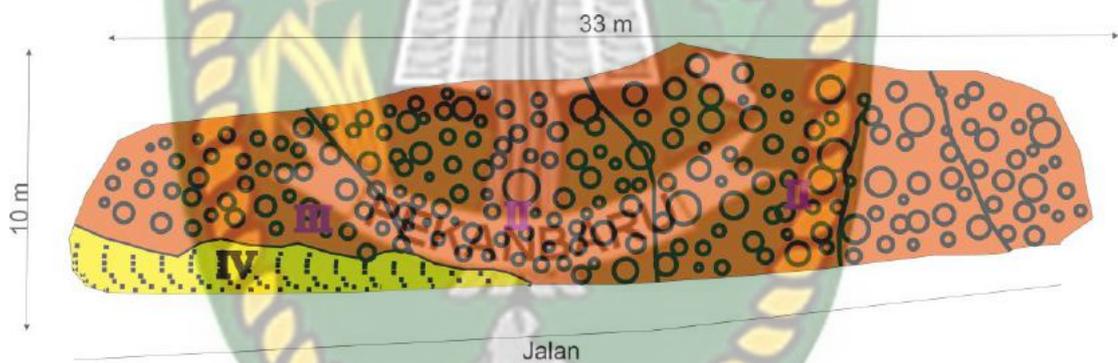
Gambar 4.3 Tempat pengambilan *scanline* III

#### 4.2 Tingkat Pelapukan Lereng

Tingkat pelapukan lereng di kelompokkan berdasarkan kondisi lereng dilapangan, kemudian di bandingkan dengan tingkat kelapukan berdasarkan ISRM, 1981b dalam Bieniawski, 1989.



Gambar 4.4 Gambar Lereng Keseluruhan



Gambar 4.5 Tingkat pelapukan lereng daerah penelitian

Pada daerah penelitian, lereng tersebut memiliki 3 tingkat pelapukan, yaitu tingkat II, III dan IV. Berikut kondisi lereng berdasarkan tingkat pelapukan :

- a. Tingkat II : Terdapat perubahan warna pada material batuan, rekahan ditutupi dengan material pengisi aliran, belum terdapat butiran-butiran pasir pada lereng, hanya terjadi perubahan warna.
- b. Tingkat III : Terdapat perubahan warna pada material batuan, sudah mulai terdapat butiran-butiran pasir atau material sudah mulai terdekomposisi, tetapi masih kurang dari setengah atau tidak seluruh material batuan.

- c. Tingkat IV : Terdapat perubahan warna dan sudah banyak terdapat pasir atau material sudah sangat terdekomposisi, 80 % kondisi pada daerah tersebut sudah berubah menjadi tanah, dan sampel sudah bisa diambil dengan tangan.

### 4.3 Klasifikasi Massa Batuan

Pada klasifikasi massa batuan ini terdapat beberapa metode yang digunakan untuk mengetahui kestabilan suatu lereng, seperti metode *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Slope Mass Rating* (SMR).

#### 4.3.1 Metode *Rock Mass Rating* (RMR)

Pada metode ini dilakukan beberapa analisis yang menggunakan beberapa parameter untuk menentukan klasifikasi massa batuan. Analisis ini dilakukan berdasarkan data *scanline sampling* yang telah didapati.

##### 4.3.1.1 *Scanline I*

###### a. Kuat Tekan Uniaxial Batuan Utuh

Dari hasil pengujian didapatkan hasil 1-2 kali pukulan dengan tenaga normal batuan yang ada di lereng telah hancur, di akibatkan kondisi pada lereng *scanline* ini memiliki tingkat pelapukan yang tinggi, sehingga didapatkan hasil nilai *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) pada tiap *scanline* berkisar antara 1MPa – 5 MPa. Berdasarkan nilai tersebut, maka lereng di lokasi penelitian mendapatkan nilai rating 1 dan termasuk dalam kategori sangat lemah.

Tabel 4.1 Nilai UCS pada *scanline I*

Deskripsi Kualitatif	UCS (MPa)	PLI (MPa)	Rating
Sangat kuat sekali ( <i>exceptionally strong</i> )	>250	>10	15
Sangat kuat ( <i>very strong</i> )	100-250	4-10	12
Kuat ( <i>strong</i> )	50-100	2-4	7
Sedang ( <i>average</i> )	25-50	1-2	4
Lemah ( <i>weak</i> )	5-25	Penggunaan UCS lebih dilanjutkan	2
Sangat lemah ( <i>very weak</i> )	1-5		1
Sangat lemah sekali ( <i>extremely weak</i> )	<1		0

b. *Rock Quality Designation* (RQD)

Pada analisis RQD ini nilai kualitas batuan yang di ambil secara kuantitatif berdasarkan kerapatan kekar yang ada, analisis ini dilakukan dengan menghitung nilai dari data lapangan. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai RQD senilai 96.4 persen sehingga pada tabel klasifikasi masa batuan didapati nilai rating sebesar 20.

Berikut perhitungan RQD pada *scanline* I

$$\begin{aligned} \text{RQD} &= 115 - 3.3J_V \\ &= 115 - 3.3 \times 62 / (11 \times 1 \times 1) \\ &= 115 - 18.6 \\ &= 96.4 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Nilai RQD pada *scanline* I

Nilai RQD	Rating
90% - 100%	20
75% - 90%	17
50% - 75%	13
25% - 50%	8
< 25%	3

c. Jarak Antar Spasi Kekar

Untuk analisis jarak spasi kekar data yang digunakan adalah data lapangan yang diambil dari rata-rata jarak spasi kekar dengan jarak 0,006 – 0,2 meter dengan deskripsi rapat, sehingga dari data tersebut didapati nilai ratingnya 8.

Tabel 4.3 Nilai Jarak Antar Spasi Kekar pada Scanline I

Deskripsi	Spasi diskontinuitas (m)	Rating
Sangat lebar ( <i>very wide</i> )	>2	20
Lebar ( <i>wide</i> )	0.6 – 2	15
Sedang ( <i>moderate</i> )	0.2 – 0.6	10
Rapat ( <i>close</i> )	0.006 – 0.2	8
Sangat rapat ( <i>very close</i> )	<0,006	5

d. Kondisi Diskontinuitas

Pada analisis ini data yang digunakan adalah data yang diambil dari lapangan yang meliputi panjang kekar, bukaan, kekasaran, material pengisi,

pelapukan dari diskontinuitas. Berikut hasil perhitungan yang didapat dari lapangan:

- Panjang diskontinuitas pada scanline I kurang dari 1 meter sehingga didapatkan nilai rating 6.
- Bukaan yang terdapat pada lokasi penelitian ini adalah berkisar antara tidak ada - < 0.1 mm. Dari nilai tersebut didapatkan nilai rating 6 dan 5. Tetapi lebih mendominasi tidak terdapat bukaan pada scanline 1 ini.
- Kekasaran diskontinuitas yang didapatkan adalah kasar, sehingga didapatkan nilai rating 5.
- Tidak adanya bahan pengisi pada bukaan di scanline I ini , sehingga didapatkan nilai rating 6.
- Pelapukan yang terjadi pada scanline I berada pada tingkat pelapukan sedikit lapuk, sehingga didapatkan nilai rating 5.

**Tabel 4.4** Nilai Parameter Untuk Menentukan Kondisi Diskontinuitas *scanline* I

Parameter	Rating				
	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20m
Panjang diskontinuitas ( <i>Persistence continuity</i> )	6	4	2	1	0
Jarak antar permukaan diskontinuitas ( <i>separation aperture</i> )	Tidak ada 6	< 0,1 mm 5	0,1-1 mm 4	1-5 mm 1	> 5 mm 0
Kekasaran diskontinuitas ( <i>Roughness</i> )	Sangat kasar 6	Kasar 5	Sedikit kasar 3	Halus 1	Slickensided 0
Material pengisi ( <i>infilling</i> )	Tidak ada 6	Keras < 5 mm 4	Keras > 5 mm 2	Lunak < 5 mm 2	Lunak > 5 mm 0
Pelapukan ( <i>weathering</i> )	Tidak lapuk 6	Sedikit lapuk 5	Lapuk 3	Sangat lapuk 1	Hancur 0
Jumlah Rating = 22					

## e. Kondisi Air Tanah

Kondisi air tanah yang berada pada lereng pengamatan *scanline* I adalah lembab-menetes, tetapi kondisi air tanah pada *scanline* I didominasi dengan kondisi yang basah sehingga nilai rating yang didapatkan 7.

Tabel 4.5 Nilai kondisi air tanah pada *scanline* I

Kondisi Air Tanah	Bobot
Kering ( <i>completely dry</i> )	15
Lembab ( <i>wamp</i> )	10
Basah ( <i>wet</i> )	7
Menetes ( <i>dripping</i> )	4
Mengalir ( <i>flowing</i> )	0

## f. Orientasi Diskontinuitas

Lereng daerah penelitian memiliki nilai slope face 78, dan kondisi diskontinuitas lereng terhadap jalan tegak lurus, sehingga didapatkan kondisi sedang dengan rating -25.

Dari hasil perhitungan RMR menggunakan data parameter *scanline* I pada Tabel 4.6, didapatkan nilai RMR. dengan nilai tersebut dapat diketahui bahwa massa batuan penyusun lereng *scanline* I masuk kedalam

Tabel 4.6 Hasil perhitungan RMR pada *scanline* I

Parameter	Nilai / Kondisi	Rating
Kekuatan batuan	1-5	4
RQD	96.4 %	20
Spasi Diskontinuitas	0.006 – 0.2 m	8
Kondisi Diskontinuitas	Panjang Kekar	<1 m
	Jarak Kekar	>5 mm
	Kekasaran	Kasar
	Pelapukan	Sedikit Lapuk
Kondisi Air Tanah	Basah	7
Orientasi Diskontinuitas	Favourable ( <i>Slopes</i> )	-25
Jumlah Rating		34
Kelas RMR		IV
Deskripsi Kelas RMR		Poor Rock

*Scanline* I dengan total Rating RMR sebesar 34 termasuk dalam kelas IV dan bersifat *Poor Rock*. Bagian atas dan dudukan lereng sebesar 1.0 – 1.5 m tahap lanjutan untuk bagian atas, pemasangan support bersamaan dengan kegiatan ekskavasi, 10 m dari muka lereng. Pemasangan *Rock Bolt* baut dengan kawat berlubang di bagian puncak diletakkan secara teratur pada bagian puncak dan dinding sepanjang 4-5 m dan spasi 1 –1.5 m. Pemasangan *Shot crete* 100-150 mm pada bagian puncak dan 100 mm pada bagian sisi-sisi lereng. Pemasangan *steel sets* besi ringan hingga sedang dengan spasi 1.5 m ketika diperlukan.

#### 4.3.1.2 *Scanline* II

##### a. Kuat Tekan Uniaxial Batuan Utuh

Pada uji kuat tekan uniaxial batuan utuh, dilakukan menggunakan palu geologi, Dari hasil pengujian langsung didapatkan hasil 4-10 kali pukulan dengan tenaga normal batuan yang ada dilereng telah hancur, sehingga didapatkan hasil nilai *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) pada tiap *scanline* berkisar antara 100MPa – 250 MPa. Berdasarkan nilai tersebut, maka lereng di lokasi penelitian mendapatkan nilai rating 12 dan termasuk dalam kategori sangat kuat.

Tabel 4.7 Nilai UCS pada *scanline* II

Deskripsi Kualitatif	UCS (MPa)	PLI (MPa)	Rating
Sangat kuat sekali ( <i>exceptionally strong</i> )	>250	>10	15
Sangat kuat ( <i>very strong</i> )	100-250	4-10	12
Kuat ( <i>strong</i> )	50-100	2-4	7
Sedang ( <i>average</i> )	25-50	1-2	4
Lemah ( <i>weak</i> )	5-25	Penggunaan	2
Sangat lemah ( <i>very weak</i> )	1-5	UCS lebih	1
Sangat lemah sekali ( <i>extremely weak</i> )	<1	dilanjutkan	0

##### b. *Rock Quality Designation* (RQD)

Pada analisis RQD ini nilai kualitas batuan yang di ambil secara kuantitatif berdasarkan kerapatan kekar yang ada, analisis ini dilakukan dengan menghitung nilai dari data lapangan. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai RQD senilai 86.8 persen sehingga pada tabel klasifikasi masa batuan didapati nilai rating sebesar 17. Berikut perhitungan RQD pada *scanline* II

$$\begin{aligned}
 RQD &= 115 - 3.3J_v \\
 &= 115 - 3.3 \times 94 / (11 \times 1 \times 1) \\
 &= 115 - 28.2 \\
 &= 86.8
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.8** Nilai RQD pada *scanline* II

Nilai RQD	Rating
90% - 100%	20
75% - 90%	17
50% - 75%	13
25% - 50%	8
< 25%	3

c. Jarak Antar Spasi Kekar

Untuk analisis jarak spasi kekar data yang digunakan adalah data lapangan yang diambil dari rata-rata jarak spasi kekar dengan jarak 0,006 – 0,2 meter dengan deskripsi rapat, sehingga dari data tersebut didapati nilai ratingnya 8.

**Tabel 4.9** Nilai Jarak Antar Spasi Kekar pada *Scanline* II

Deskripsi	Spasi diskontinuitas (m)	Rating
Sangat lebar ( <i>very wide</i> )	>2	20
Lebar ( <i>wide</i> )	0.6 – 2	15
Sedang ( <i>moderate</i> )	0.2 – 0.6	10
Rapat ( <i>close</i> )	0.006 – 0.2	8
Sangat rapat ( <i>very close</i> )	<0,006	5

d. Kondisi Diskontinuitas

Pada analisis ini data yang digunakan adalah data yang diambil dari lapangan yang meliputi panjang kekar, bukaan, kekasaran, material pengisi, pelapukan dari diskontinuitas. Berikut hasil perhitungan yang didapat dari lapangan:

- Panjang diskontinuitas pada *scanline* II kurang dari 1 meter sehingga didapatkan nilai rating 6.
- Bukaan yang terdapat pada *scanline* II ini adalah >5 mm. Dari nilai tersebut didapatkan nilai rating 0.

- c. Kekasaran diskontinuitas yang didapatkan adalah sedikit kasar, sehingga didapatkan nilai rating 3.
- d. Tidak adanya bahan pengisi pada bukaan di *scanline* II ini , sehingga didapatkan nilai rating 6.
- e. Pelapukan yang terjadi pada *scanline* II berada pada tingkat pelapukan sedikit lapuk, sehingga didapatkan nilai rating 5.

**Tabel 4.10** Nilai Parameter Untuk Menentukan Kondisi Diskontinuitas *scanline* II

Parameter	Rating				
	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20m
Panjang diskontinuitas ( <i>Persistence continuity</i> )	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20m
	6	4	2	1	0
Jarak antar permukaan diskontinuitas ( <i>separation aperture</i> )	Tidak ada	< 0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5 mm
	6	5	4	1	0
Kekasaran diskontinuitas ( <i>Roughness</i> )	Sangat kasar	Kasar	Sedikit kasar	Halus	Slickensided
	6	5	3	1	0
Material pengisi ( <i>infilling</i> )	Tidak ada	Keras < 5 mm	Keras > 5 mm	Lunak < 5 mm	Lunak > 5 mm
	6	4	2	2	0
Pelapukan ( <i>weathering</i> )	Tidak lapuk	Sedikit lapuk	Lapuk	Sangat lapuk	Hancur
	6	5	3	1	0
Jumlah Rating = 20					

e. Kondisi Air Tanah

Kondisi air tanah yang berada pada lereng pengamatan *scanline* II adalah basah-mengalir , tetapi kondisi air tanah pada *scanline* II didominasi dengan kondisi yang basah (wet) sehingga nilai rating yang didapatkan 7.

**Tabel 4.11** Nilai kondisi air tanah pada *scanline* II

Kondisi Air Tanah	Bobot
Kering ( <i>completely dry</i> )	15
Lembab ( <i>wamp</i> )	10

Basah ( <i>wet</i> )	7
Menetes ( <i>dripping</i> )	4
Mengalir ( <i>flowing</i> )	0

f. Orientasi Diskontinuitas

Lereng daerah penelitian memiliki nilai slope face 78, dan kondisi diskontinuitas lereng terhadap jalan tegak lurus, sehingga didapatkan kondisi sedang dengan rating -25.

Dari hasil perhitungan RMR menggunakan data parameter *scanline* II pada Tabel 4.12, didapatkan nilai RMR. dengan nilai tersebut dapat diketahui bahwa massa batuan penyusun lereng *scanline* II masuk kedalam.

**Tabel 4.12** Hasil perhitungan RMR pada *scanline* II

Parameter	Nilai / Kondisi	Rating
Kekuatan batuan	100-250 Mpa	12
RQD	86.8%	17
Spasi Diskontinuitas	0.006 – 0.2 m	8
Kondisi Diskontinuitas	Panjang Kekar	< 1 m
	Jarak Kekar	>5 mm
	Kekasaran	Sedikit Kasar
	Pelapukan	Sedikit Lapuk
Kondisi Air Tanah	Basah	7
Orientasi Diskontinuitas	Favourable ( <i>Slopes</i> )	-25
Jumlah Rating		39
Kelas RMR		IV
Deskripsi Kelas RMR		Poor Rock

*Scanline* II dengan total Rating RMR sebesar 39 termasuk dalam kelas IV dan bersifat *Poor Rock*. Bagian atas dan dudukan lereng sebesar 1.0 – 1.5 m tahap lanjutan untuk bagian atas, pemasangan support bersamaan dengan kegiatan ekskavasi, 10 m dari muka lereng. Pemasangan *Rock Bolt* baut dengan kawat berlubang di bagian puncak diletakkan secara teratur pada bagian puncak dan dinding sepanjang 4-5 m dan spasi 1 –1.5 m. Pemasangan *Shot crete* 100-150 mm pada bagian puncak dan 100 mm pada bagian sisi-sisi lereng. Pemasangan *steel sets* besi ringan hingga sedang dengan spasi 1.5 m ketika diperlukan.

### 4.3.1.3 Scanline III

#### a. Kuat Tekan Uniaxial Batuan Utuh

Pada uji kuat tekan uniaxial batuan utuh, dilakukan menggunakan palu geologi, Dari hasil pengujian langsung didapatkan hasil 4-10 kali pukulan dengan tenaga normal batuan yang ada ditereng telah hancur, sehingga didapatkan hasil nilai *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) pada tiap *scanline* berkisar antara 100MPa – 250 MPa. Berdasarkan nilai tersebut, maka lereng di lokasi penelitian mendapatkan nilai rating 12 dan termasuk dalam kategori sangat kuat.

**Tabel 4.13** Nilai UCS pada *scanline* III

Deskripsi Kualitatif	UCS (MPa)	PLI (MPa)	Rating
Sangat kuat sekali ( <i>exceptionally strong</i> )	>250	>10	15
Sangat kuat ( <i>very strong</i> )	100-250	4-10	12
Kuat ( <i>strong</i> )	50-100	2-4	7
Sedang ( <i>average</i> )	25-50	1-2	4
Lemah ( <i>weak</i> )	5-25	Penggunaan	2
Sangat lemah ( <i>very weak</i> )	1-5	UCS lebih	1
Sangat lemah sekali ( <i>extremely weak</i> )	<1	dilanjutkan	0

#### b. *Rock Quality Designation* (RQD)

Pada analisis RQD ini nilai kualitas batuan yang di ambil secara kuantitatif berdasarkan kerapatan kekar yang ada, analisis ini dilakukan dengan menghitung nilai dari data lapangan. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai RQD senilai 85 persen sehingga pada tabel klasifikasi masa batuan didapati nilai rating sebesar 17. Berikut perhitungan RQD pada *scanline* III

$$\begin{aligned}
 RQD &= 115 - 3.3J_v \\
 &= 115 - 3.3 \times 100 / (11 \times 1 \times 1) \\
 &= 115 - 30 \\
 &= 85
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Nilai RQD pada *scanline* III

Nilai RQD	Rating
90% - 100%	20
75% - 90%	17
50% - 75%	13
25% - 50%	8
< 25%	3

## c. Jarak Antar Spasi Kekar

Untuk analisis jarak spasi kekar data yang digunakan adalah data lapangan yang diambil dari rata-rata jarak spasi kekar dengan jarak 0,006 – 0,2 meter dengan deskripsi rapat, sehingga dari data tersebut didapati nilai ratingnya 8.

Tabel 4.15 Nilai Jarak Antar Spasi Kekar pada *Scanline* III

Deskripsi	Spasi diskontinuitas (m)	Rating
Sangat lebar ( <i>very wide</i> )	>2	20
Lebar ( <i>wide</i> )	0.6 - 2	15
Sedang ( <i>moderate</i> )	0.2 – 0.6	10
Rapat ( <i>close</i> )	0.006 – 0.2	8
Sangat rapat ( <i>very close</i> )	<0,006	5

## d. Kondisi Diskontinuitas

Pada analisis ini data yang digunakan adalah data yang diambil dari lapangan yang meliputi panjang kekar, bukaan, kekasaran, material pengisi, pelapukan dari diskontinuitas. Berikut hasil perhitungan yang didapat dari lapangan:

- Panjang diskontinuitas pada *scanline* III kurang dari 1 meter sehingga didapatkan nilai rating 6.
- Bukaan yang terdapat pada *scanline* II ini adalah >5 mm. Dari nilai tersebut didapatkan nilai rating 0.
- Kekasaran diskontinuitas yang didapatkan adalah kasar, sehingga didapatkan nilai rating 5.
- Tidak adanya bahan pengisi pada bukaan di *scanline* III ini, sehingga didapatkan nilai rating 6.

- e. Pelapukan yang terjadi pada *scanline* III berada pada tingkat pelapukan sedikit lapuk, sehingga didapatkan nilai rating 5.

**Tabel 4.16** Nilai Parameter Untuk Menentukan Kondisi Diskontinuitas *scanline* II

Parameter	Rating				
	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20m
Panjang diskontinuitas ( <i>Persistence continuity</i> )	6	4	2	1	0
Jarak antar permukaan diskontinuitas ( <i>separation aperture</i> )	Tidak ada 6	< 0,1 mm 5	0,1-1 mm 4	1-5 mm 1	> 5 mm 0
Kekasaran diskontinuitas ( <i>Roughness</i> )	Sangat kasar 6	Kasar 5	Sedikit kasar 3	Halus 1	Slickensided 0
	Tidak ada 6	Keras < 5 mm 4	Keras > 5 mm 2	Lunak < 5 mm 2	Lunak > 5 mm 0
Pelapukan ( <i>weathering</i> )	Tidak lapuk 6	Sedikit lapuk 5	Lapuk 3	Sangat lapuk 1	Hancur 0
	Jumlah Rating = 22				

- e. Kondisi Air Tanah

Kondisi air tanah yang berada pada lereng pengamatan *scanline* III adalah basah-mengalir, tetapi kondisi air tanah pada *scanline* III didominasi dengan kondisi yang mengalir (*flowing*) sehingga nilai rating yang didapatkan 0.

**Tabel 4.17** Nilai kondisi air tanah pada *scanline* III

Kondisi Air Tanah	Rating
Kering ( <i>completely dry</i> )	15
Lembab ( <i>wamp</i> )	10
Basah ( <i>wet</i> )	7
Menetes ( <i>dripping</i> )	4
Mengalir ( <i>flowing</i> )	0

## f. Orientasi Diskontinuitas

Lereng daerah penelitian memiliki nilai slope face 78, dan kondisi diskontinuitas lereng terhadap jalan tegak lurus, sehingga didapatkan kondisi sedang dengan rating -25.

Dari hasil perhitungan RMR menggunakan data parameter *scanline* III pada Tabel 4.18, didapatkan nilai RMR. dengan nilai tersebut dapat diketahui bahwa massa batuan penyusun lereng *scanline* III masuk kedalam.

**Tabel 4.18** Hasil perhitungan RMR pada *scanline* III

Parameter	Nilai / Kondisi	Rating
Kekuatan batuan	100-250 Mpa	12
RQD	85%	17
Spasi Diskontinuitas	0.006 – 0.2 m	8
Kondisi Diskontinuitas	Panjang Kekar	<1 m
	Jarak Kekar	>5 mm
	Kekasaran	Kasar
	Pelapukan	Sedikit Lapuk
Kondisi Air Tanah	Mengalir	0
Orientasi Diskontinuitas	Favourable ( <i>Slopes</i> )	-25
Jumlah Rating		28
Kelas RMR		IV
Deskripsi Kelas RMR		Poor Rock

*Scanline* III dengan total Rating RMR sebesar 28 termasuk dalam kelas IV dan bersifat *poor rock*. Bagian atas dan dudukan lereng sebesar 1.0 – 1.5 m tahap lanjutan untuk bagian atas, pemasangan support bersamaan dengan kegiatan ekskavasi, 10 m dari muka lereng. Pemasangan *Rock Bolt* baut dengan kawat berlubang di bagian puncak diletakkan secara teratur pada bagian puncak dan dinding sepanjang 4-5 m dan spasi 1 –1.5 m. Pemasangan *Shot crete* 100-150 mm pada bagian puncak dan 100 mm pada bagian sisi-sisi lereng. Pemasangan *steel sets* besi ringan hingga sedang dengan spasi 1.5 m ketika diperlukan.

#### 4.3.1.4 Total nilai seluruh *scanline*

Dari hasil pengamatan dan perhitungan dari beberapa parameter terhadap lereng di lokasi penelitian, didapatkan total bobot RMR yang berkisar antara 28 - 39. Pada total bobot tersebut, lereng di lokasi penelitian rata-rata berada di kelas IV dan termasuk pada kategori *Poor Rock*.

**Tabel 4.19** Total bobot RMR seluruh *scanline*

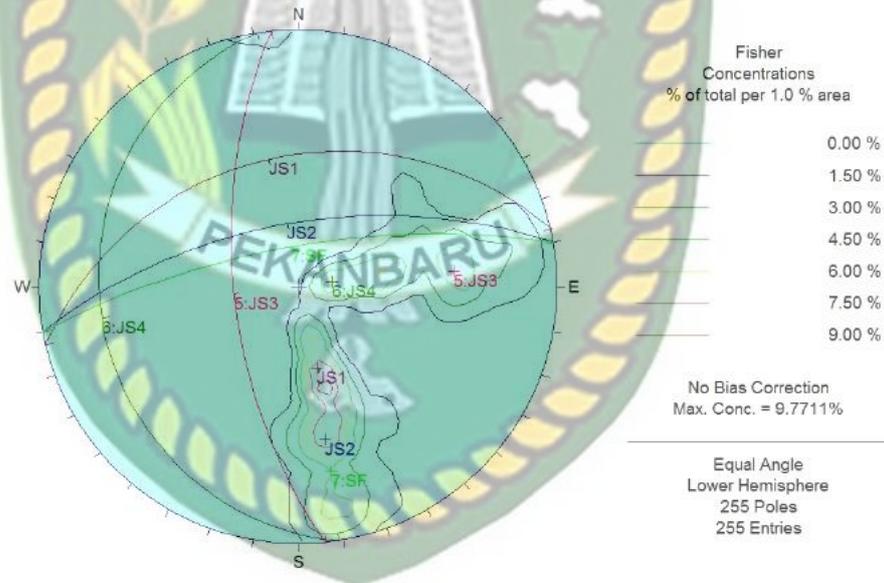
Parameter	Rating Scanline		
	1	2	3
Kekuatan batuan	4	12	12
RQD	20	17	17
Jarak diskontinuitas	8	8	8
Kondisi diskontinuitas	22	20	16
Kondisi airtanah	7	7	0
Orientasi diskontinuitas	-25	-25	-25
Total bobot	34	39	28
Kelas	IV	IV	IV
RMR Total	109		
RMR Basic	33.66		
Deskripsi	Buruk		

Dari hasil penentuan kelas massa batuan menggunakan RMR, terdapat cara-cara untuk ekskavasi dan jenis dukungan yang akan dilakukan terhadap lereng penelitian yang diharapkan dapat meminimalisir dan mengantisipasi terjadinya kegagalan pada lokasi penelitian yaitu *rock bolts* dan *shotcrete* yang sudah ditentukan dari ukuran panjang dan tebalnya. Pemasangan *rock bolts* Baut dengan kawat berlubang dibagian puncak diletakkan secara teratur pada bagian puncak dan dinding sepanjang 4-5 m dan spasi 1-1.5 m. sedangkan pemasangan *shotcrete* 100 – 150 mm pada bagian puncak dan 100 mm pada bagian sisi-sisi lereng, dan untuk *steel sets* Besi ringan hingga sedang dengan spasi 1.5 m ketika diperlukan.

#### 4.4 Analisis Kinematik

Dari hasil data diskontinuitas *scanline* I – *scanline* III di dapat data rekahan yang melewati garis pengamatan, dari proses pengelompokkan seluruh set diskontinuitas dari tiap *scanline* dengan menggunakan bantuan *software Dips v.7*, didapatkan dua set diskontinuitas yaitu JS1 dan JS2 dengan nilai dip/dipdirection  $36^{\circ}/N\ 347^{\circ}\ E$  (JS1) dan  $62^{\circ}/N\ 350^{\circ}\ E$ , dan dari perhitungan di lapangan didapatkan nilai *slope face* yaitu  $72^{\circ}/260^{\circ}$ . Sehingga jenis kegagalan yang didapatkan ialah keruntuhan Planar. (Gambar 4.7).

Analisis set diskontinuitas juga mendapatkan nilai  $\alpha_s$ ,  $\alpha_j$ ,  $\beta_j$ ,  $\beta_s$ . dari hasil kedua set diskontinuitas tersebut JS1 memiliki nilai  $\alpha_s = 350$ ,  $\alpha_j = 347$ ,  $\beta_j = 36$ ,  $\beta_s = 72$ , dan JS2 memiliki nilai  $\alpha_s = 350$ ,  $\alpha_j = 350$ ,  $\beta_j = 62$ ,  $\beta_s = 72$



Gambar 4.6 Hasil plot data set diskontinuitas

#### 4.5 Analisis SMR

Pada analisis SMR ini data yang digunakan didapatkan dari hasil perhitungan nilai rata-rata RMR atau nilai RMR Basic dan hubungan kedudukan lereng dengan diskontinuitas massa batuan.

Hasil analisis massa batuan dengan metode RMR, diperoleh kelas massa batuan rata – rata *Poor Rock (IV)* dari 3 titik pengamatan dengan nilai RMR 33.6, sedangkan hasil analisis kinematika didapati jenis lereng di daerah penelitian memiliki tipe kegagalan lereng Planar .

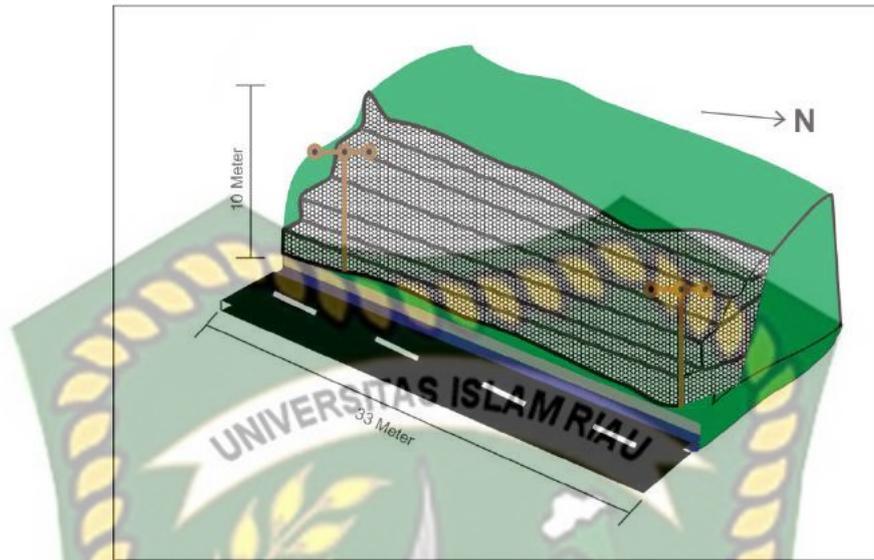
Lereng	RMR <i>Basic</i>	Set diskontinuitas	$\alpha_s$	$\alpha_j$	$\beta_j$	$\beta_s$	F1	F2	F3	F4	Nilai SMR
1	33.6	JS 1	350	347	36	72	1	0.85	0	15	48.66
1	33.6	JS 2	350	350	62	72	1	1	0	15	48.66
RMR Total											48.66

Tabel 4.20 Perhitungan *Slope Mass Rating (SMR)*

Sebagai keterangan:

- $\alpha_j$  = Arah kemiringan diskontinuitas       $\beta_s$  = dip lereng  
 $\beta_j$  = Sudut kemiringan diskontinuitas       $\alpha_s$  = Arah kemiringan muka lereng  
 F1 = Menggambarkan keparalelan antara arah kemiringan lereng dan diskontinuitas.  
 F2 = Menerangkan hubungan sudut kekar sesuai dengan model longoran.  
 F3 = Menggambarkan hubungan sudut lereng dengan sudut diskontinuitas.  
 F4 = Faktor penyesuaian untuk metode penggalan yang tergantung pada metode yang digunakan pada waktu membentuk lereng.

Dari hasil perhitungan diatas didapati nilai SMR Total 48.66 dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa lereng yang berada pada daerah penelitian termasuk kedalam golongan kelas III (normal) dengan kondisi lereng stabil sebagian. Dengan deskripsi memiliki beberapa kekar dan support yang dibutuhkan dengan cara sistematis yaitu dengan jenis perkuatan yang dibutuhkan berupa paritan pada kaki lereng (*toe ditch*), atau dengan penggunaan jala kawat(*nets*), pada beberapa titik lereng dengan menggunakan baut batuan (*bolting*).



Gambar 4.7 Pemodelan lereng berdasarkan mitigasi SMR (tampak depan)



Gambar 4.8 Pemodelan lereng berdasarkan mitigasi SMR (tampak samping)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

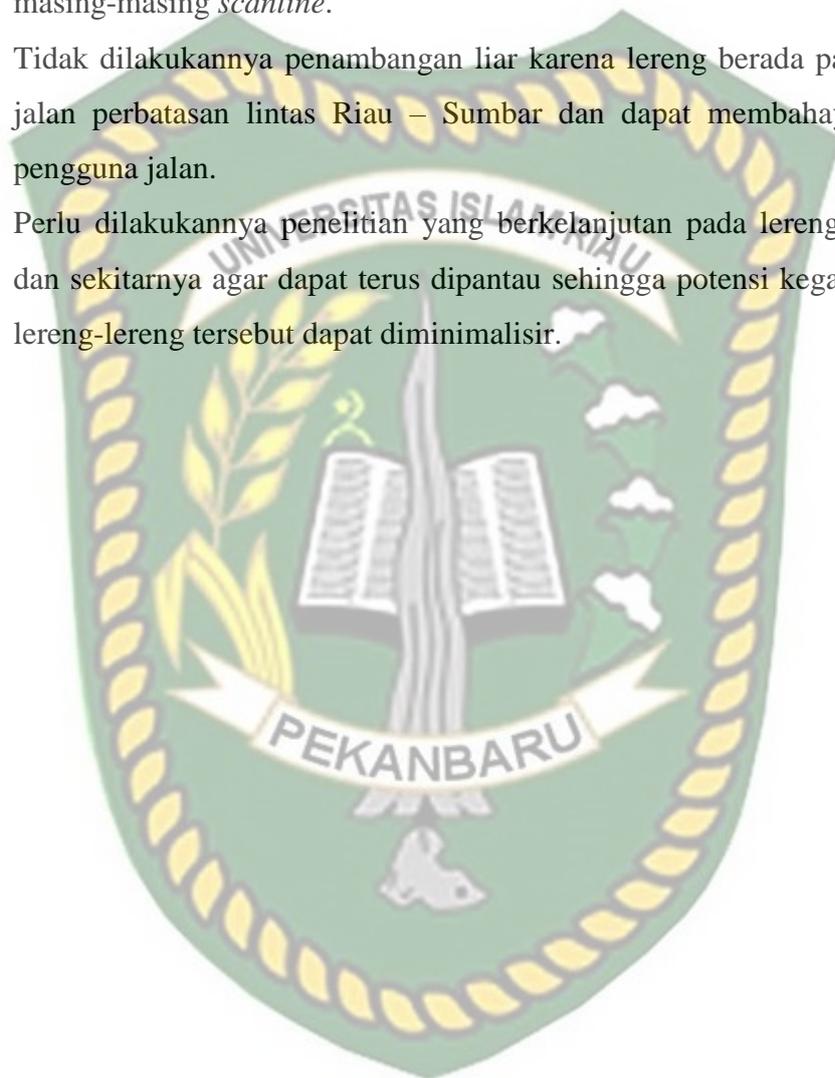
Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Daerah penelitian merupakan satu lereng yang terbagi menjadi 3 titik pengamatan mulai dari scanline 1 hingga scanline 3.
2. Berdasarkan analisis kinematik, lereng di daerah penelitian memiliki satu set diskontinuitas yaitu JS1(N 347<sup>0</sup> E / 36<sup>0</sup>) dengan muka lereng N 260<sup>0</sup> E / 72<sup>0</sup> sehingga lereng ini termasuk kedalam tipe longsoran Planar.
3. Berdasarkan halis klasifikasi massa batuan didapatkan nilai RMR masing masing *scanline* yaitu, *Scanline* 1 = 34, *scanline* 2 = 39, *scanline* 3 = 28, dari nilai tersebut *scanline* 1, 2 dan 3 termasuk kedalam kelas IV (*poor rock*).
4. Berdasarkan hasil perhitungan RMR<sub>basic</sub>, didapatkan kisaran nilai rata – rata keseluruhan adalah 33.66. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa lereng tersebut termasuk kedalam kelas IV (*poor rock*).
5. Berdasarkan Nilai SMR yang didapatkan, lereng di daerah penelitian memiliki nilai F1 = 1, F2 = 0.85, F3 = 0, F4 = 15 . Dari hasil analisis didapati nilai SMR sebesar 48.66, lereng didaerah penelitian dapat diklasifikasikan dalam kelas III (*normal*) dengan kondisi lereng stabil sebagian (*partially stable*).
6. Dari hasil penelitian didapati bahwa lereng yang berada di daerah penelitian termasuk kedalam kondisi lereng yang stabil sebagian.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan beberapa kesimpulan diatas, maka didapatkan beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai acuan yaitu sebagai berikut:

1. Sangat diperlukan untuk melakukan pengawasan dan perawatan untuk mengurangi potensi kegagalan pada lereng penelitian dengan berdasarkan petunjuk ekskavasi dan dukungan dari hasil perhitungan bobot RMR dari masing-masing *scanline*.
2. Tidak dilakukannya penambangan liar karena lereng berada pada pinggir jalan perbatasan lintas Riau – Sumbar dan dapat membahayakan para pengguna jalan.
3. Perlu dilakukannya penelitian yang berkelanjutan pada lereng penelitian dan sekitarnya agar dapat terus dipantau sehingga potensi kegagalan pada lereng-lereng tersebut dapat diminimalisir.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arief, S. 2007. *Dasar – Dasar Analisis Kestabilan Lereng*. PT INCO: Sorowako.
- Atmaja, D.A., 2014. *Kajian Klasifikasi Massa Batuan dan Analisis Stereografis Terhadap Stabilitas Lereng Pada Operasi Penambangan Tambang Batubara Air Laya Desa Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Sumatera Selatan*.
- Bieniawski, Z. T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. Mining and Mineral Resources Research Institute. The Pennsylvania State University.
- Bieniawski, Z. T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. Mining and Mineral Resources Research Institute. The Pennsylvania State University.
- Bowles, E.J. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Clark, B.C., Baird, A.K., Weldon, R.J., Tsusaki, D.M., Schabel, L. and Candelaria, M.P. 1982. Chemical composition of martian fines. *Journal of Geophysical Research* 87: 10,059-10,067.
- Dawson, T. P., Curran, P. J., and Plummer, S. E. 1997. The 171–177. potential for understanding the biochemical signal in spectra of forest canopies using a coupled leaf and canopy model. In *Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing* (A. Guyot and T. Phulpin, Eds.) Balkema, Rotterdam, pp. 463–470.
- Definisi longsoran (*landslide*) menurut Sharpe (1938, dalam Hansen, 1984), adalah luncuran atau gelinciran (*sliding*) atau jatuhan (*falling*) dari massa batuan/tanah atau campuran keduanya.
- Endartyanto, Aris, 2007. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Kinematik dan Klasifikasi Massa Batuan; Studi Kasus di Area Penambangan Andesit Desa Jelekong Kecamatan Bale Endah Kabupaten Bandung Jawa Barat*. Bandung.
- Goodman, R.E., 1989. *Introduction to Rock Mechanics*. 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd., New York.

- Hansen, M.J., 1984, *Strategies for Classification of Landslides*, (ed. : Brunsten, D, & Prior, D.B., 1984, Slope Instability, John Wiley & Sons, p.1-25
- Hariadi, Sunde; Wahyudhi, A., 2016. Kajian Stabilitas Lereng Timbunan Pada PT. Kayan Kaltara Coal Job Site PT. Nata Energi Resources Kabupaten Bulungan Propinsi Kalimantan Utara. *J. Geol. Pertamb.* 1.
- Hoek, E. and Brown, E.T. 1980. Empirical strength criterion for rock masses. *J. Geotech. Engng Div., ASCE* 106(GT9), 1013-1035.
- Hoek, E. dan Bray, J. W., 1981. *Rock Slope Engineering : 3rd Edition*. Institution of Mining and Metallurgy, London. 402 hal.
- Hoek, E., 2000. *Rock Engineering : Course Note*. Evert Hoek Consulting Engineering Inc. Vancouver, Kanada.
- Priyono, 2015. Hubungan lasifikasi Longsor, Klasifikasi Tanah Rawan Longsor dan Klasifikasi Tanah Peraatanian Rawan Longsor. *GEMA*.
- Palmström, A. 1982. The volumetric joint count - a useful and simple measure of the degree of rock jointing. *Proc. 4th Congr. Int. Assn Engng Geol., Delhi* 5, 221-228.
- Putra, D. B. E., & Choanji, T. 2016. Preliminary Analysis of Slope Stability in Kuok and Surrounding Areas. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 1(1), 41–44.
- Romana, M., 1985, New Adjusment Rating for Application of Bieniawski Classification, *International Syposium on the Role of Rock Mechanics, Zacatecas*.
- Silitonga P.H. & Kastowo, 1995: *Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera, Peta Geologi bersistem Sumtera*, PPPG, Bandung.