

**ANALISIS KESTABILAN LERENG PADA PEMBANGUNAN JALAN  
LINTAS ROKAN IV KOTO – PASAMAN DESA CIPANG KIRI HILIR  
KECAMATAN ROKAN IV KOTO KABUPATEN ROKAN HULU  
PROVINSI RIAU DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
SLOPE MASS RATING DAN STEREOGRAFIS**

**TUGAS AKHIR**

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



Oleh :

**ALFAHMI IHSAN**  
**153610721**

**PRODI TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2020**

## 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 di cantumkan 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, 21 April 2020

Yang Bersangkutan Pernyataan,

ALFAHMI IHSAN  
NPM : 153610721

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KESTABILAN LERENG PADA PEMBANGUNAN JALAN  
LINTAS ROKAN IV KOTO – PASAMAN DESA CIPANG KIRI HILIR  
KECAMATAN ROKAN IV KOTO KABUPATEN ROKAN HULU  
PROVINSI RIAU DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
SLOPE MASS RATING DAN STEREOGRAFIS**

Disusun Oleh :

**ALEAHMIHSAN**

**153610721**

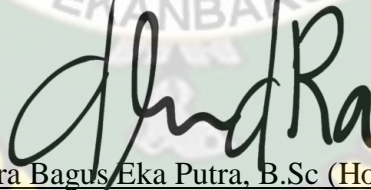
Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal

21 April 2020 Dan Dinyatakan

Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

Disetujui Oleh :

Pembimbing

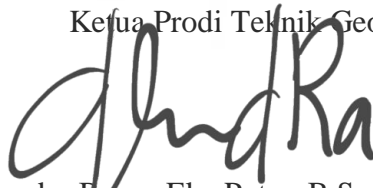


Dewandra Bagus Eka Putra, B.Sc (Hons), M.Sc.

NIDN.1021128902

Disahkan Oleh :

Pekanbaru, 21 April 2020  
Ketua Prodi Teknik Geologi



Dewandra Bagus Eka Putra, B.Sc (Hons), M.Sc.

NIDN. 1021128902

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyusun laporan tugas akhir hingga selesai. Semoga laporan ini dapat membantu dan memberikan tambahan ilmu pengetahuan yang dapat di manfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Penulis juga mengucapkan terima kasih pada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung dalam pembuatan laporan tugas akhir / skripsi ini. Adapun pihak-pihak yang telah berjasa dalam pembuatan laporan akhir ini di antaranya :

1. Dewandra Bagus Eka Putra, B.Sc, (Hons)., M.Sc. sebagai pembimbing
2. Ketua Prodi dan Sekretaris Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Prodi Teknik Geologi yang telah memberikan arahan serta nasehat selama penulis menuntut ilmu di Prodi Teknik Geologi, Universitas Islam Riau
4. Orang tuaku Darwi Zerman dan Ratiza S.Pd, abang Rio, Abang Dika & Abang Rezi serta seluruh keluarga besar yang selalu berdoa dan memberikan dorongan kepada penulis sehingga penulis dapat menjalankan studi dengan baik.
5. Teman-teman yang telah ikut memberikan semangat dalam mengerjakan laporan tugas akhir terutama Nurhakim S.T, M. Iqbal S.T, Afriadma, Evan Trionaldi, Miftahul Jannah.
6. Teman-teman Pekanbaru Max Owners telah ikut memberikan semangat dalam mengerjakan laporan tugas akhir ini.

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, April 2020

Alfahmi Ihsan

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

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

Nama : Alfahmi Ihsan

NPM 153610721

Program Studi : Teknik Geologi

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**“ANALISIS KESTABILAN LERENG PADA PEMBANGUNAN JALAN LINTAS ROKAN IV KOTO – PASAMAN DESA CIPANG KIRI HILIR KECAMATAN ROKAN IV KOTO KABUPATEN ROKAN HULU PROVINSI RIAU DENGAN MENGGUNAKAN METODE SLOPE MASS RATING DAN STEREOGRAFIS”**

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, 21 April 2020

Yang Menyatakan,

Alfahmi Ihsan

**ANALISIS KESTABILAN LERENG PADA PEMBANGUNAN JALAN  
LINTAS ROKAN IV KOTO – PASAMAN DESA CIPANG KIRI HILIR  
KECAMATAN ROKAN IV KOTO KABUPATEN ROKAN HULU  
PROVINSI RIAU DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
SLOPE MASS RATING DAN STEREOGRAFIS**

Program Studi Teknik Geologi

**ALFAHMI IHSAN**

**153610721**

**SARI**

Penelitian terletak pada Jalan Lintas Rokan IV Koto – Pasaman, dengan litologi lereng berupa batupasir, Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mencari jenis kegagalan dan penanggulangannya menggunakan studi Geoteknik yaitu *Slope Mass Rating* (SMR) dan Stereografis. 8 *scanline* dengan batas 10 m masing-masing telah diteliti untuk menentukan nilai RMR. Nilai UCS dari lereng dikelompokkan menjadi batu yang lemah (2-25 MPa). Variasi RQD bernilai rata – rata 44,875 % disebabkan oleh perbedaan kelas pelapukan. Jarak diskontinuitas berkisar antara 82.5 – 185.7 mm dengan permukaan sedikit kasar dan kondisi lereng yang kering. Rata-rata nilai RMR adalah 33,87 Oleh karena itu, lereng diklasifikasikan sebagai Kelas IV (Jelek). Analisis Stereografis mengungkapkan bahwa lereng memiliki jenis kemungkinan kegagalan yaitu Wedges. Berdasarkan hasil analisis RMR dan Stereografis yang dihubungkan dengan analisis SMR dapat membuktikan kegagalan lereng yang terjadi, didapatkan nilai SMR 27.87 dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa lereng yang berada pada daerah penelitian termasuk kedalam golongan kelas IV (jelek) dengan kondisi lereng tidak stabil. Dengan deskripsi kemungkinan bentuk longsoran bidang atau baji besar dan sangat perlu perbaikan.

Kata Kunci : *Kestabilan Lereng, RMR, Stereografis, SMR, Riau.*

**SLOPE STABILITY ANALYSIS ON THE ROKAN IV KOTO – PASAMAN  
CIPANG KIRI HILIR DEVELOPMENT ROKAN IV KOTO DISTRICT  
ROKAN HULU REGENCY RIAU PROVINCE USING SLOPE MASS  
RATING (SMR) AND STEREOGRAPHIC**

Department of Geological Engineering

**ALFAHMI IHSAN**

**153610721**

**ABSTRACT**

*The research located at the Rokan IV Koto – Pasaman roadway and the lithology of slope is sandstone. The purpose of this research is to know the type and mitigation methods of slope failure using geotechnique, those are Stereographic analysis and Slope Mass Rating (SMR). The space limit of scanline has been determined with the stereographic analysis has a failure, that is Wedge. Based on RMR value, the category of the UCS value of slope is weak stone (2 – 25 Mpa). The average of RQD value is 44,875% caused by weathering class differences. The range of discontinuity is 82.5 – 185.7 mm with slightly rough surface and the dry slope condition. The average of RMR value is 33,87. Therefore, the classification of slope as Class IV (poor). Based on the RMR value and Stereographic analysis, the SMR value is 27,87 indicating the possibility of slope failure in the study area. The conclusion from this research is the slope categorized as class IV (poor) with unstable slope condition, the possible type of failure is wedge and several mitigation methods should be installed.*

*Keywords: Slope Stability, RMR, Stereographic analysis, SMR, Riau.*

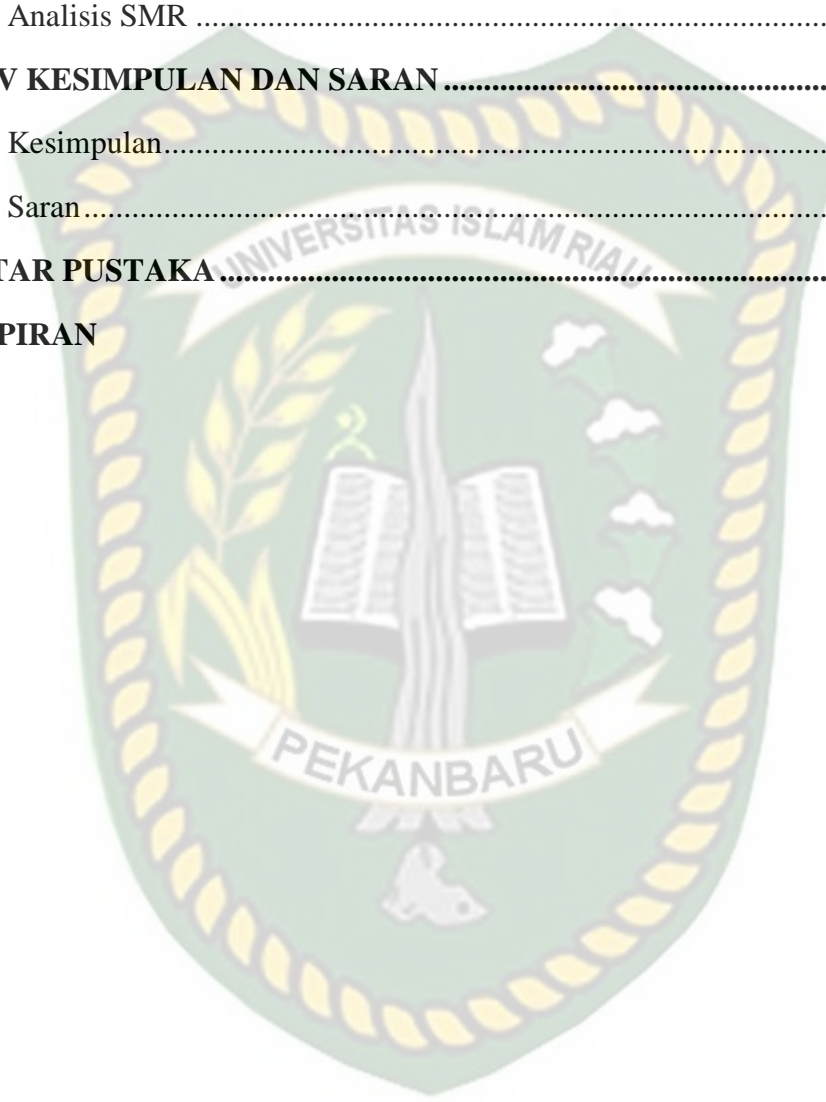
## DAFTAR ISI

<b>COVER .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>v</b>
<b>SARI .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<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 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Lokasi Penelitian .....	3
1.6 Jadwal Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Geologi Regional Penelitian.....	5
2.2 Defenisi dan Klasifikasi Lereng .....	5
2.3 Pengaruh Struktur Terhadap Lereng .....	6
2.4 RMR ( <i>Rock Mass Rating</i> ) .....	7
2.5 Analisis Stereografis Dalam Kestabilan Lereng.....	8
2.6 SMR ( <i>Slope Mass Rating</i> ).....	9
2.7 Studi Literatur Penelitian Terdahulu .....	10



<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Objek Penelitian .....	13
3.2 Langkah Penelitian .....	13
3.3 Metode Pengambilan Data Diskontinuitas .....	14
3.4 Analisis Data .....	14
3.4.1 Analisis RMR ( <i>Rock Mass Rating</i> ) .....	14
3.4.2 Analisis Stereografis.....	20
3.4.3 Analisis SMR ( <i>Slope Mass Rating</i> ).....	21
3.4.4 Diagram Alir Penelitian.....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1 Kondisi Lereng .....	25
4.1.1 Scanline 1 .....	25
4.1.2 Scanline 2 .....	26
4.1.3 Scanline 3 .....	26
4.1.4 Scanline 4 .....	27
4.1.5 Scanline 5 .....	27
4.1.6 Scanline 6 .....	28
4.1.7 Scanline 7 .....	28
4.1.8 Scanline 8 .....	29
4.1.9 Stratigrafi Daerah Penelitian .....	29
4.1.9.1 Litologi .....	29
4.2 Analisis RMR .....	32
4.2.1 Kekuatan Batuan Utuh (UCS) .....	32
4.2.2 RQD ( <i>Rock Quality Designation</i> ) .....	34
4.2.3 Jarak Antar Diskontinuitas .....	37
4.2.4 Kondisi Diskontinuitas .....	38
4.2.5 Kondisi Airtanah .....	39

4.2.6 Orientasi Diskontinuitas .....	39
4.2.7 Total Bobot Tiap Scanline.....	40
4.2.8 Total Bobot Seluruh Scanline.....	44
4.3 Analisis Stereografis.....	45
4.4 Analisis SMR .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Lokasi Penelitian .....	4
<b>Gambar 2.1</b> Geologi Regional Kota Pekanbaru (M.C.G Clarke et al, 1982) .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Bentuk Lereng .....	6
<b>Gambar 3.1</b> Hammer Test .....	15
<b>Gambar 3.2</b> Diagram uji Schmidt Hammer.....	16
<b>Gambar 3.3</b> Model stereoplot kondisi struktur yang dapat menyebabkan jenis-jenis longsoran utama pada batuan (Hoek,2000) .....	21
<b>Gambar 3.4</b> Pedoman support lereng berdasarkan SMR (Romana, 1985).....	23
<b>Gambar 4.1</b> Lokasi pengukuran diskontinuitas scanline 1 .....	25
<b>Gambar 4.2</b> Lokasi pengukuran diskontinuitas scanline 2 .....	26
<b>Gambar 4.3</b> Lokasi pengukuran diskontinuitas scanline 3 .....	26
<b>Gambar 4.4</b> Lokasi pengukuran diskontinuitas scanline 4 .....	27
<b>Gambar 4.5</b> Lokasi pengukuran diskontinuitas scanline 5 .....	27
<b>Gambar 4.6</b> Lokasi pengukuran diskontinuitas scanline 6 .....	28
<b>Gambar 4.7</b> Lokasi pengukuran diskontinuitas scanline 7 .....	28
<b>Gambar 4.8</b> Lokasi pengukuran diskontinuitas scanline 8 .....	29
<b>Gambar 4.9</b> Pengamatan Sayatan tipis batupasir.....	30
<b>Gambar 4.10</b> Peta Kerangka Kerja .....	31
<b>Gambar 4.11</b> Diagram hasil nilai Schmidt Hammer .....	33
<b>Gambar 4.12</b> Hasil plot data set diskontinuitas .....	46
<b>Gambar 4.13</b> Hasil interpretasi support SMR pada daerah penelitian.....	47
<b>Gambar 4.14</b> Hasil pemodelan lereng daerah penelitian .....	48

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Tabel Jadwal Penelitian.....	4
<b>Tabel 3.1</b> Indeks klasifikasi UCS .....	17
<b>Tabel 3.2</b> Indeks Nilai RQD .....	17
<b>Tabel 3.3</b> Jarak antar (spasi) diskontinuitas (Bieniawski, 1989).....	17
<b>Tabel 3.4</b> Panduan Klasifikasi Kondisi Kekar Bieniawski (1976).....	18
<b>Tabel 3.5</b> Indeks Klasifikasi airtanah .....	19
<b>Tabel 3.6</b> Bobot metode penggalian lereng (Romana,1985).....	22
<b>Tabel 3.7</b> Bobot pengatur untuk kekar, F1, F2, dan F3 (Romana,1985).....	22
<b>Tabel 3.8</b> Deskripsi kelas – kelas SMR (Romana,1985).....	23
<b>Tabel 4.1</b> Data uji Schmidt Hammer .....	32
<b>Tabel 4.2</b> Nilai kekuatan batuan utuh tiap <i>scanline</i> .....	34
<b>Tabel 4.3</b> Nilai RQD <i>scanline</i> 1 .....	34
<b>Tabel 4.4</b> Nilai RQD <i>scanline</i> 2 .....	35
<b>Tabel 4.5</b> Nilai RQD <i>scanline</i> 3 .....	35
<b>Tabel 4.6</b> Nilai RQD <i>scanline</i> 4 .....	35
<b>Tabel 4.7</b> Nilai RQD <i>scanline</i> 5 .....	36
<b>Tabel 4.8</b> Nilai RQD <i>scanline</i> 6 .....	36
<b>Tabel 4.9</b> Nilai RQD <i>scanline</i> 7 .....	37
<b>Tabel 4.10</b> Nilai RQD <i>scanline</i> 8 .....	37
<b>Tabel 4.11</b> Nilai jarak antar diskontinuitas tiap <i>scanline</i> .....	37
<b>Tabel 4.12</b> Nilai kondisi diskontinuitas tiap <i>scanline</i> .....	38
<b>Tabel 4.13</b> Nilai kondisi air tanah tiap <i>scanline</i> .....	39
<b>Tabel 4.14</b> Nilai orientasi diskontinuitas tiap <i>scanline</i> .....	39
<b>Tabel 4.15</b> Total bobot RMR <i>scanline</i> 1 .....	40
<b>Tabel 4.16</b> Total bobot RMR <i>scanline</i> 2 .....	40
<b>Tabel 4.17</b> Total bobot RMR <i>scanline</i> 3 .....	41

<b>Tabel 4.18</b> Total bobot RMR <i>scanline</i> 4 .....	41
<b>Tabel 4.19</b> Total bobot RMR <i>scanline</i> 5 .....	42
<b>Tabel 4.20</b> Total bobot RMR <i>scanline</i> 6 .....	42
<b>Tabel 4.21</b> Total bobot RMR <i>scanline</i> 7 .....	43
<b>Tabel 4.22</b> Total bobot RMR <i>scanline</i> 8 .....	44
<b>Tabel 4.23</b> Total bobot RMR seluruh <i>scanline</i> .....	44
<b>Tabel 4.24</b> Perhitungan <i>slope mass rating</i> (SMR) .....	47



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Masalah kestabilan lereng pada batuan merupakan suatu hal yang menarik, sifat-sifat dan perilakunya yang berbeda dengan kestabilan lereng pada tanah. Kestabilan lereng pada batuan lebih ditentukan oleh adanya bidang-bidang yang disebut dengan bidang diskontinuitas, tidak demikian halnya dengan lereng-lereng pada tanah.

Gerakan massa tanah pada umumnya dapat terjadi karena kestabilan lereng berkurang akibat degradasi tanah, yaitu menurunnya sifat keteknikan tanah baik oleh faktor alam seperti meningkatnya curah hujan, adanya pelapukan atau akibat aktivitas manusia. Bencana ketidakstabilan lereng sering menimbulkan kerugian infrastruktur dan terganggunya sistem perekonomian karena kerugian material yang cukup besar, dan bahkan dapat mengakibatkan korban jiwa yang tidak sedikit jumlahnya

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).

Lereng yang terdapat pada pembangunan Jalan Lintas Rokan IV Koto - Pasaman yang merupakan jalur alternatif yang menghubungkan dua provinsi. Lereng-lereng yang terdapat pada jalan lintas Rokan IV Koto – Pasaman ini memiliki tingkat kestabilan yang berbeda, sehingga apabila terjadinya kegagalan lereng maka jalur alternatif ini bisa terputus dan nantinya akan merugikan masyarakat, karena masyarakat sekitar harus melewati jalan lain yang jauh dan

waktu perjalanan yang lama untuk menuju ke Pasaman, selain itu perekonomian seperti pengiriman bahan pokok nantinya juga akan terganggu. Oleh sebab itu lereng tersebut perlu dilakukan analisis kestabilan lereng, data kestabilan lereng ini nantinya sangat diperlukan sebagai parameter apakah lereng yang terdapat di daerah penelitian termasuk dalam kondisi stabil atau tidak stabil, dengan diketahuinya tingkat kestabilan lereng tersebut dapat dijadikan sebagai sumber data bagi pemerintah dan dinas terkait dalam mengantisipasi kegagalan lereng yang terjadi pada jalan lintas Rokan IV Koto – Pasaman.

Adapun penelitian ini merujuk kepada dua analisis kestabilan lereng yang meliputi analisis berdasarkan geologi teknik dengan menggunakan metode SMR (Slope Mass Rating) dan Stereografis di lokasi penelitian.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang di uraikan diatas, maka permasalahan yang muncul pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana tingkat kestabilan lereng pada daerah penelitian berdasarkan analisis SMR (*Slope Mass Rating*) dan *Stereografis* yang telah dilakukan?
2. Apa saja kemungkinan jenis longsoran yang terjadi dan arah penyebaran di daerah penelitian?
3. Bagaimana korelasi antara hasil analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode SMR (*Slope Mass Rating*) dan *Stereografis* di daerah penelitian?
4. Bagaimana solusi yang digunakan dalam menjaga kestabilan lereng di daerah penelitian?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin di capai dari penelitian ini untuk menyusun laporan Tugas Akhir mengenai stabilitas lereng terhadap bahaya kegagalan lereng. Tujuan utama dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng pada daerah penelitian berdasarkan analisis SMR (*Slope Mass Rating*) dan *Stereografis* yang telah dilakukan?

2. Untuk mengetahui kemungkinan jenis longsoran yang terjadi dan arah penyebaran di daerah penelitian?
3. Untuk mengetahui korelasi antara hasil analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode SMR (*Slope Mass Rating*) dan *Stereografis* di daerah penelitian?
4. Untuk mengetahui solusi yang digunakan dalam menjaga kestabilan lereng di daerah penelitian?

#### 1.4 Manfaat Penelitian

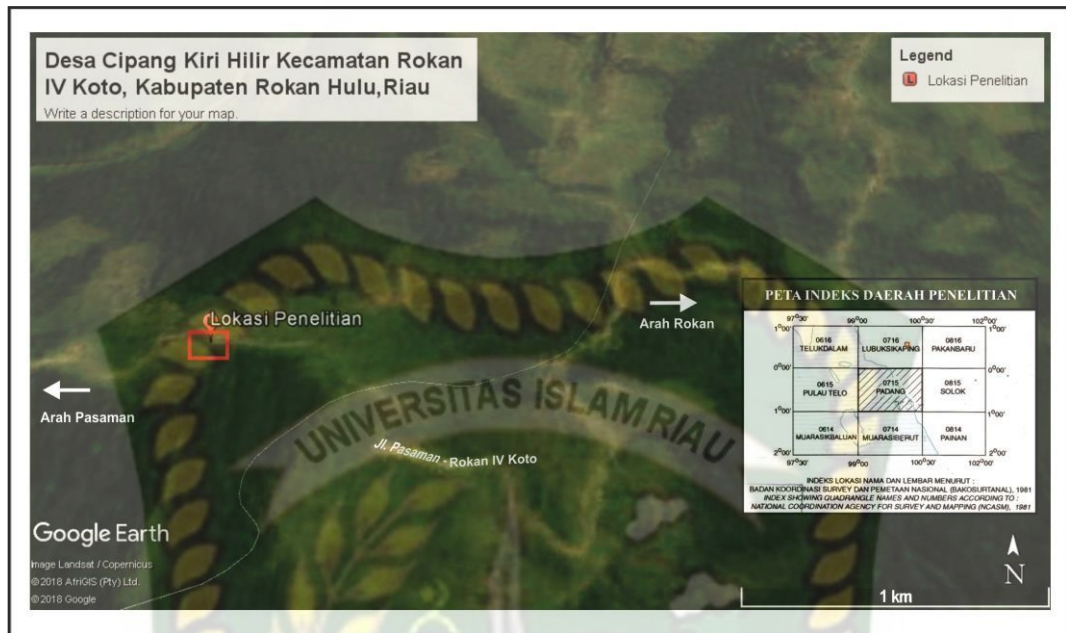
Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Menambah pengetahuan mengenai studi geologi keteknikan dan khususnya dalam analisis kestabilan lereng.
2. Memperkuat pemahaman mengenai penerapan aplikasi geologi keteknikan.
3. Kemampuan mengintegrasikan analisis data - data yang diperoleh dari lapangan dalam analisis geologi keteknikan.
4. Melengkapi dan menambah hasil studi maupun data - data yang belum terlengkapi dari penelitian terdahulu, khususnya yang terkait dengan daerah penelitian sehingga data hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi pemerintah atau dinas terkait dalam mencegah terjadinya kegagalan lereng pada daerah penelitian tersebut.
5. Dengan penelitian ini diharapkan dapat memajukan dunia pendidikan yang terkait dengan ilmu kebumihan, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Riau umumnya

#### 1.5 Lokasi Penelitian

Secara administrasi lokasi penelitian terletak pada pembangunan jalan lintas Rokan IV Koto – Pasaman, Desa Cipang Kiri Hilir Kecamatan Rokan IV Koto, Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. Daerah penelitian ini berjarak sekitar 125 Km dengan waktu tempuh kurang lebih 3 - 4 jam dari kota Pekanbaru. Secara geografis daerah penelitian terletak pada koordinat  $00^{\circ}31'45.36''$  LS /  $100^{\circ}22'24.35''$  BT (Gambar 1.1).





**Gambar 1.1** Lokasi Penelitian

### 1.6 Jadwal Penelitian

Waktu penelitian akan dilaksanakan pada bulan September 2019 – Februari 2020 dengan jadwal penelitian yang telah dibuat terlebih dahulu (Tabel 1.1).

**Tabel 1.1** Jadwal Penelitian

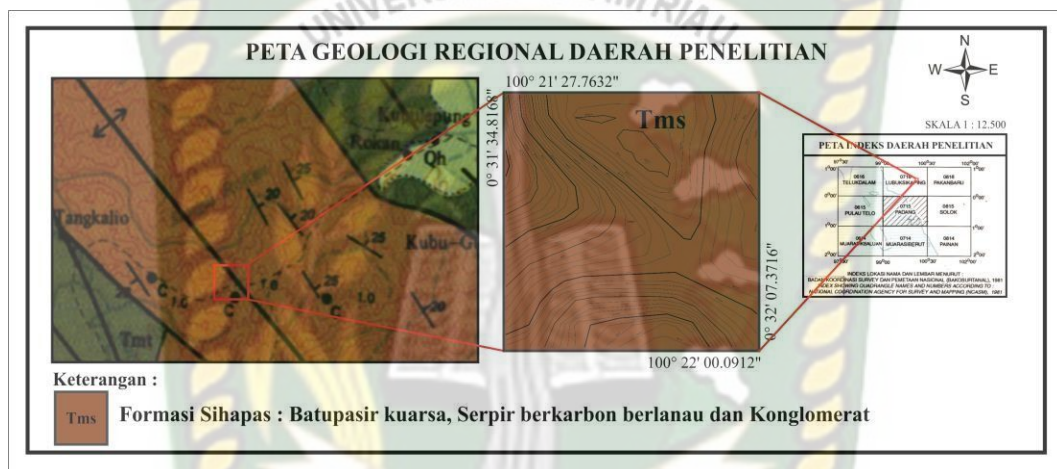
Bulan / Minggu	Oktober 2019				November 2019				Desember 2019				Januari 2020				Februari 2020				Maret 2020			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																								
Pembuatan Proposal dan Pengurusan SK																								
Kegiatan Penelitian																								
Penyusunan Laporan																								
Bimbingan Laporan																								
Seminar Hasil TA																								

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Geologi Regional Penelitian

Secara regional daerah penyelidikan termasuk dalam Peta Geologi Lembar Lubuk Sikaping, Sumatra, Edisi 2, Skala 1 : 250.000 (Clarke, M.C. G., Kartawa, W., dkk., 1982).



**Gambar 2.1** Geologi Regional Kota Pekanbaru (M.C.G Clarke et al,1982.)

Daerah penelitian merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Tengah, salah satu dari tiga cekungan busur belakang Sumatera (*Sumatera back arc basin*) yang terbentuk selama periode Tersier Awal (Eosen – Oligosen), terdiri dari rangkaian blok horst dan graben yang terbentuk sebagai respon ekstensi busur belakang. Ketebalan sedimen dalam cekungan ini mencapai 2,5 – 3 km, terdiri dari sekuen-sekuen *syn-rift* dan *post-rift*.

Daerah penelitian termasuk kedalam Formasi Sihapas, berupa Batupasir kuarsa, Serpih berkarbon, batulanau, dan konglomerat. Formasi ini berumur Miosen Tengah (N8-N23) yang diendapkan selaras diatas Pematang Grup.

#### 2.2 Defenisi dan Klasifikasi Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das 1985). Lereng

yang ada secara umum dibagi menjadi dua kategori lereng tanah, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami terbentuk secara alamiah yang biasanya terdapat di daerah perbukitan. Sedangkan lereng buatan terbentuk oleh manusia biasanya untuk keperluan konstruksi, seperti tanggul sungai, bendungan tanah, tanggul untuk badan jalan kereta api.



**Gambar 2.2** Bentuk Lereng

### 2.3 Pengaruh Struktur Terhadap Lereng

Struktur geologi merupakan bidang lemah (diskontinuitas) yang berkembang di dalam massa batuan dan dapat menurunkan kestabilan suatu lereng. Struktur geologi yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng antara lain sesar (*fault*), kekar (*joint*), lipatan (*fold*), rekahan (*crack*), dan bidang perlapisan (*bedding plane*) (Yunita, 2012). Struktur menjadi sangat penting di daerah penelitian karena lokasi tersebut terletak pada zona lemah dari sesar aktif di Pulau Sumatra yaitu zona patahan Sumatra (Yuskar, et. al, 2017). Pola struktur geologi kekar dan sesar terhadap lereng akan sangat berpengaruh dalam menentukan tipe kegagalan, arah kegagalan, serta geometri kegagalan. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh struktur geologi yang tersingkap saat ini dengan menggunakan analisis stabilitas lereng. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan kondisi kestabilan lereng aktual dan dapat meminimalisir terjadinya kegagalan batuan.

## 2.4 RMR ( *Rock Mass Rating* )

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.

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 Stereografis Dalam Kestabilan Lereng

Analisis stereografis merupakan metode yang digunakan pada tahap awal dalam melakukan analisis kestabilan lereng sebelum melangkah ketahap perhitungan faktor keamanan. Dengan melakukan analisis kinematik, dapat diketahui arah umum longsor dan jenis longsor yang mungkin terjadi dilokasi penelitian. Metode analisis stereografis (stereonet) hanya dipakai untuk batuan yang mempunyai bidang lemah atau bidang diskontinuitas seperti perlapisan, kekar, sesar, dan sebagainya. Data yang berupa bidang perlapisan dan bidang kekar diperoleh dengan melakukan pengukuran arah kemiringan (dip/dip direction) bidang perlapisan dan bidang kekar dengan menggunakan kompas geologi dan rol meter. Analisis kekar dilakukan untuk mengetahui arah umum dan kemiringannya serta untuk memperkirakan jenis dan potensi longsor yang mungkin terjadi pada suatu lereng.

Analisis stereografis 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).

Berdasarkan jenis longsor dan prosesnya, dibedakan menjadi empat macam untuk longsor batuan (Hoek and Bray,1981) yaitu :

1. Longsor Bidang (Plane Failure) Adalah longsor yang terjadi karena pada bidang luncurnya rata. Seperti pada sesar, kekar maupun bidang perlapisan batuan. Longsor bidang terjadi karena syarat syarat berikut:

- a) Jurus (strike) mendekati sejajar atau hampir sejajar terhadap arah permukaan lereng (tidak lebih  $20^\circ$ ).
  - b) kemiringan bidang luncur kurang dari kemiringan bidang permukaan lereng
  - c) Sudut geser dalam lebih kecil dari kemiringan bidang luncur.
  - d) Bidang gelincir berpotongan dengan permukaan atas lereng atau dianggap sebagai retakan tarikan (tension crack).
2. Longsor Baji (Wedge Failure), longsor Baji terjadi karena syarat-syarat sebagai berikut :
    - a. Terdapat dua bidang lemah atau lebih yang berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji terhadap lereng.
    - b. Sudut lereng lebih besar daripada sudut garis potong kedua bidang lemah.
    - c. Sudut garis potong kedua bidang lemah lebih besar daripada sudut geser dalamnya.
  3. Longsor Geser Melengkung, longsor dengan bidang gelincir berbentuk melengkung atau *circular failure* merupakan keruntuhan yang terbentuk pada kondisi massa batuan yang terkekalkan kuat dengan orientasi diskontinuitas yang menyebar atau pada batuan yang sangat lapuk. Kegagalan ini merupakan kegagalan dengan tipe *soil-like* atau menyerupai tanah.
  4. Longsor Guling (Toppling Failure), Beberapa kondisi yang dapat menyebabkan keruntuhan tipe jungkiran adalah jurus dari bidang diskontinuitas harus paralel atau mendekati paralel dengan jurus permukaan lereng (perbedaan arah maksimal  $20^\circ$ ). Sudut kemiringan bidang diskontinuitas harus sama besar dengan kemiringan permukaan lereng. Plunge dari bidang gelincir harus lebih kecil dari kemiringan permukaan lereng dikurangi sudut geser dalam dari bidang gelincir tersebut (Goodman, 1980).

## 2.6 SMR ( *Slope Mass Rating* )

SMR (*Slope Mass Rating*) dikembangkan berdasarkan 87 kasus studi Valencia dan jenis longsor bidang dan toppling. Romana (1985, 1993, 1995)

mengusulkan modifikasi pada konsep penggunaan RMR (Bieniawski, 1983) dalam Rai dkk (2013) khususnya untuk kemantapan lereng.

Pada klasifikasi massa batuan lereng (SMR) ini ada penambahan satu faktor, F4 yaitu faktor koreksi terhadap metode penggalian sehingga faktor penyesuaian keseluruhan menjadi empat (F1, F2, F3, dan F4) yaitu :

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 penggalian yang tergantung pada metode yang digunakan pada waktu membentuk lereng.

Slope Mass Rating (SMR) diperoleh dengan menjumlahkan faktor penyesuaian yang bergantung pada orientasi bidang diskontinuitas dan metode penggalian. Usulan Slope Mass Rating didapat dari RMR dengan mengurangi faktor penyesuaian yang bergantung pada kekar – hubungan lereng dan menambahkan suatu faktor bergantung pada metode penggalian.

Dalam perhitungan nilai SMR harus memperhatikan tipe keruntuhan yang paling berpotensi. Tipe keruntuhan ditentukan dengan analisis kinematik menggunakan *software dips*. Tipe keruntuhan yang paling berpotensi ini menjadi dasar untuk melakukan analisis SMR. Setiap tipe keruntuhan yang berbeda akan megubah rumus parameter F1, F2, dan F3. Oleh karena itu, penentuan tipe keruntuhan berdasarkan analisis stereografis menjadi hal yang sangat penting dalam menggunakan metode SMR

## 2.7 Studi Literatur Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah hasil penelitian kestabilan lereng menggunakan metode Slope Mass Rating dan Stereografis oleh peneliti terdahulu, yaitu :

Peneliti Terdahulu	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Marlinus Martius Lollong et al (2019)	Analisis Kestabilan Lereng dengan menggunakan metode Rock Mass Rating dan metode Slope Mass Rating pada penambangan batu pasir daerah Bukit Pinang Kecamatan Samarinda Ulu Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur.	Nilai klasifikasi massa batuan berdasarkan metode RMR yaitu 67 masuk kedalam kelas massa batuan nomor II. Nilai klasifikasi massa batuan berdasarkan metode SMR terbagi menjadi 3 dikarenakan pada lokasi penelitian terdapat 3 jenis longsoran yang kemungkinan terjadi, yaitu : a. Longsoran bidang terjadi pada joint set 1 terhadap lereng. Nilai SMR pada longsoran bidang ini adalah 50,2 termasuk kedalam kelas massa batuan nomor III. b. Longsoran Baji terjadi pada joint set 2 dan 3 terhadap lereng. Nilai SMR pada longsoran baji ini adalah 43 termasuk kedalam kelas massa batuan nomor III. c. Longsoran Guling terjadi pada beding plane terhadap lereng. Nilai SMR pada longsoran guling ini adalah 49,5 termasuk kedalam kelas massa batuan nomor III.
Audah et al (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 Sumatra Selatan.	Kondisi Lereng berdasarkan analisis klasifikasi Slope Mass Rating, dapat disimpulkan bahwa kondisi lereng pada dinding barat berada dikelas II, ini berarti bahwa lereng pada lokasi penelitian dalam keadaan stabil. Setelah dilakukan analisis stereografis dengan bantuan software Dips V 6 kemungkinan longsor yang terjadi dilokasi penelitian adalah longsor baji karena adanya perpotongan antar bidang lemah dan menghadap ke lereng. Untuk lokasi 1 dengan prediksi arah longsoran N 232° E, lokasi 2 dengan prediksi arah longsoran N 28° E, dan lokasi 3 dengan prediksi arah longsoran N 256° E.



Riyan Subekti dan Dewandra Bagus E.P (2017)	Geomechanical Analysis On Slopes Using Rock Mass Rating (RMR).	Dari penelitian didapatkan hasil Lereng 1 termasuk dalam nomor kelas V ( <i>Very Poor Rock</i> ), Lereng 2 dan Lereng 3 termasuk dalam nomor kelas IV ( <i>Poor Rock</i> ).
M. Arif Fadhillah (2017)	Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating (SMR) Pada jalan lintas Riau-Sumbar KM 83 Kecamatan Kuok Kabupaten Kampar, Riau.	Dari penelitian dapat diketahui dalam kelas III (normal) dengan kondisi lereng stabil sebagian ( <i>partially stable</i> ).

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Objek Penelitian

Pada penelitian ini, yang menjadi objek atau materi penelitian adalah lereng yang berada di daerah penelitian dengan meneliti dua unsur, yaitu:

1. Karakteristik geologi dan geoteknik meliputi jenis batuan pada daerah penelitian.
2. Klasifikasi massa batuan dan jenis kegagalan lereng pada lokasi penelitian.

#### 3.2 Langkah Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini perlu adanya rencana kerja yang terprogram sebelum kelapangan, selama di lapangan maupun setelah kembali dari lapangan. Rencana kerja tersebut meliputi lima tahap.

Tahap pertama yaitu studi pustaka dari peneliti terdahulu. Studi pustaka dilakukan untuk mengetahui dengan jelas geologi regional daerah penelitian, cara analisis kestabilan lereng dengan menggunakan dua analisis yaitu analisis SMR dan analisis stereografis.

Tahap kedua yaitu kerja lapangan. Pada saat di lapangan dilakukan pengambilan contoh batuan dan penghitungan diskontinuitas massa batuan yang tersingkap di permukaan lereng.

Tahap ketiga yaitu analisis data. Data lapangan yang telah diproses selanjutnya dilakukan analisis data. Analisis data dilakukan menggunakan dua metode, yaitu analisis SMR (*Slope Mass Rating*) dan analisis stereografis.

Tahap yang terakhir yaitu pembuatan laporan. Data yang telah dihasilkan dianalisis selanjutnya disajikan dalam bentuk laporan lengkap.

### 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

Adapun analisis data yang harus dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 3.4.1 Analisis RMR ( *Rock Mass Rating* )

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:

$$RMR = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

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*). Untuk mendapatkan nilai *UCS* ini menggunakan metode Schmidt Hammer test dan densitas batuan. Langkah kerja metode Schmidt Hammer test (British standart) sebagai berikut :

- a. Siapkan sampel dengan ukuran maksimum 300 mm persegi.
- b. Tembakan hammer dengan arah tegak lurus ke permukaan sampel sebanyak 9 sampai 25 kali.
- c. Hitung nilai rata-rata nilai pantulnya
- d. Setelah didapatkan nilai rata-rata uji Schmidt Hammer selanjutnya dikorelasikan dengan nilai densitas sampel batuan kedalam diagram Schmidt Hammer (Gambar 3.2). Densitas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan :

$\rho$  = massa

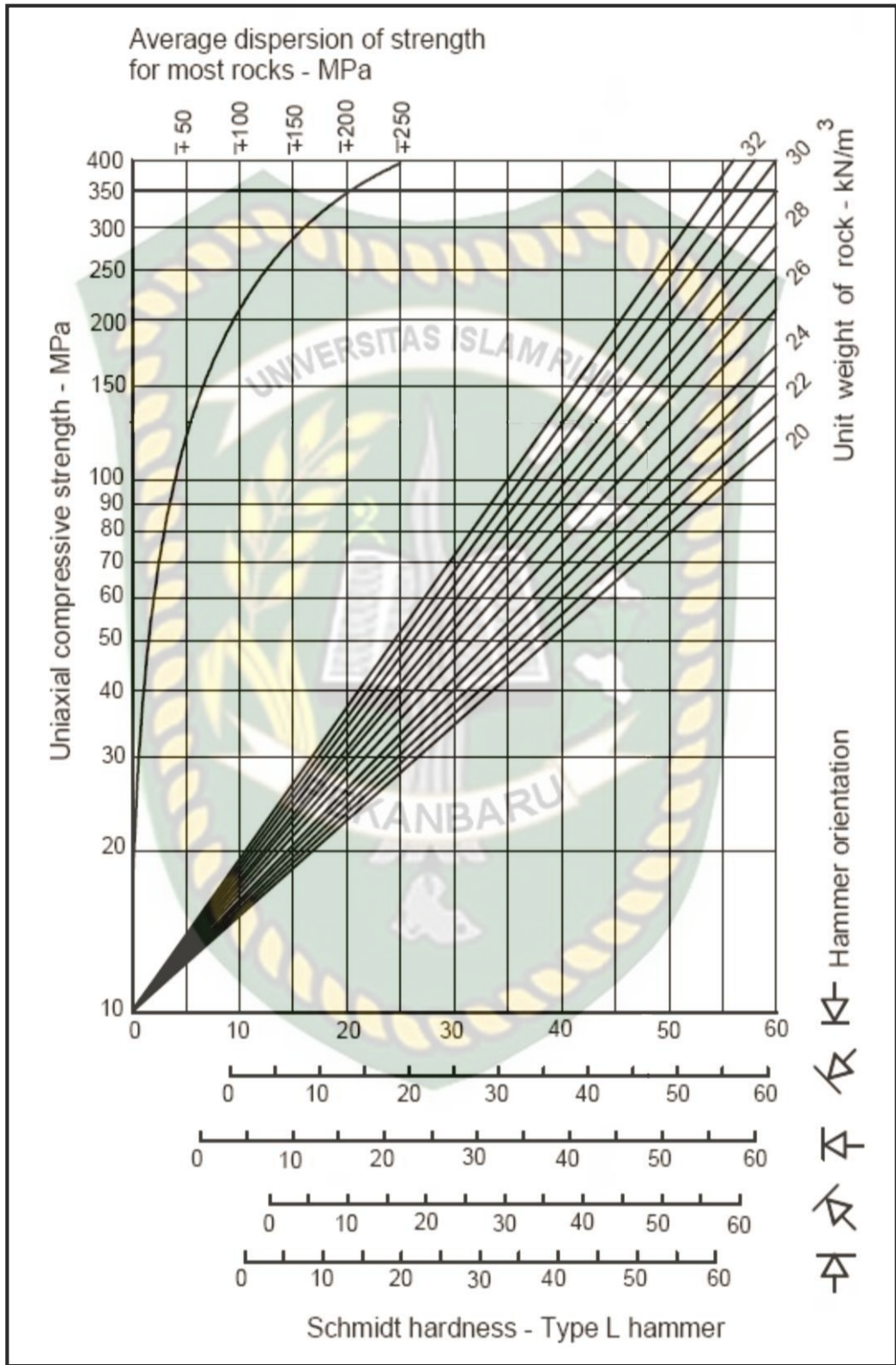
jenis m =

massa

V = volume



**Gambar 3.1** Hammer test



Gambar 3.2 Diagram uji Schmidt Hammer

**Tabel 3.1** Indeks klasifikasi UCS

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

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*). 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:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

Dimana  $J_v$  merupakan jumlah total kekar per *scanline*

**Tabel 3.2** Indeks nilai RQD

Nilai RQD	Kualitas batuan	Rating
90% - 100%	Sangat baik	20
75% - 90%	Baik	17
50% - 75%	Sedang	13
25% - 50%	Buruk	8
< 25%	Sangat buruk	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 diskontinuitas	Bobot
Sangat lebar ( <i>very wide</i> )	>2 m	20
Lebar ( <i>wide</i> )	0.6 – 2 m	15
Sedang ( <i>moderate</i> )	200 - 600 mm	10

Rapat ( <i>close</i> )	60 – 200 mm	8
Sangat rapat ( <i>very close</i> )	<60 mm	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*), kekasaran permukaan bidang diskontinuitas merupakan parameter yang penting untuk menentukan kondisi bidang diskontinuitas.
- 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.
- e. Material pengisi (*Infilling*), material pengisi antara dua permukaan bidang diskontinuitas mempengaruhi stabilitas bidang diskontinuitas dilihat dari ketebalan, konsistensi dan sifat material pengisi tersebut.

**Tabel 3.4** Panduan Klasifikasi Kondisi Kekar Bieniawski (1976)

Parameter	Bobot				
	< 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	< 0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5 mm
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

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 3.5** Indeks Klasifikasi airtanah

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

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.

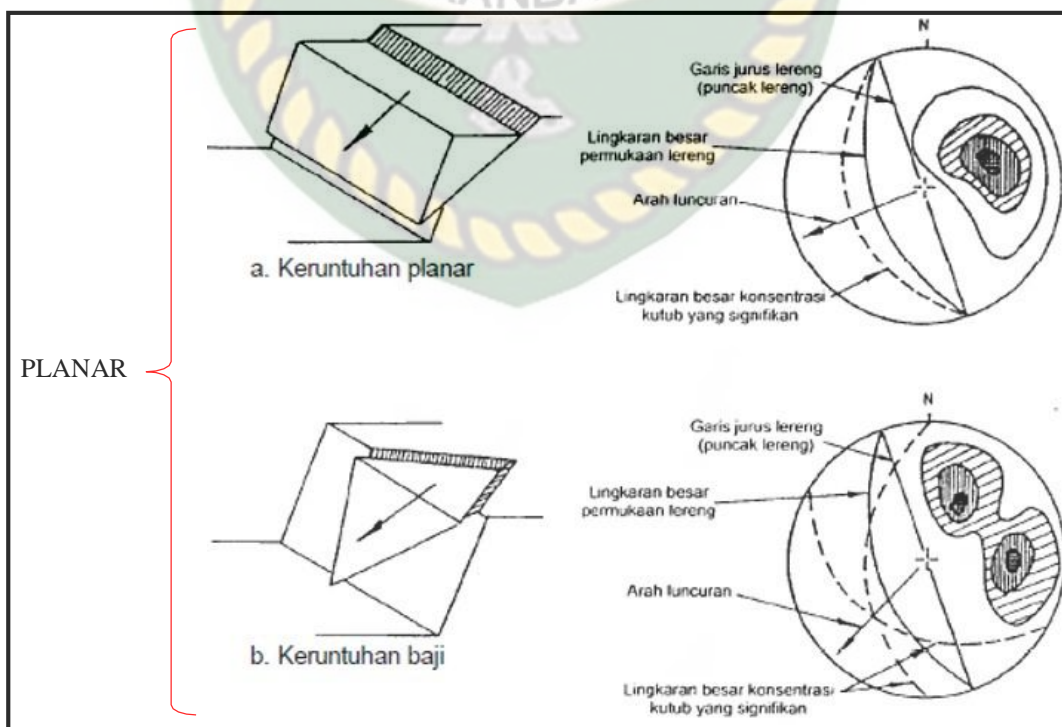


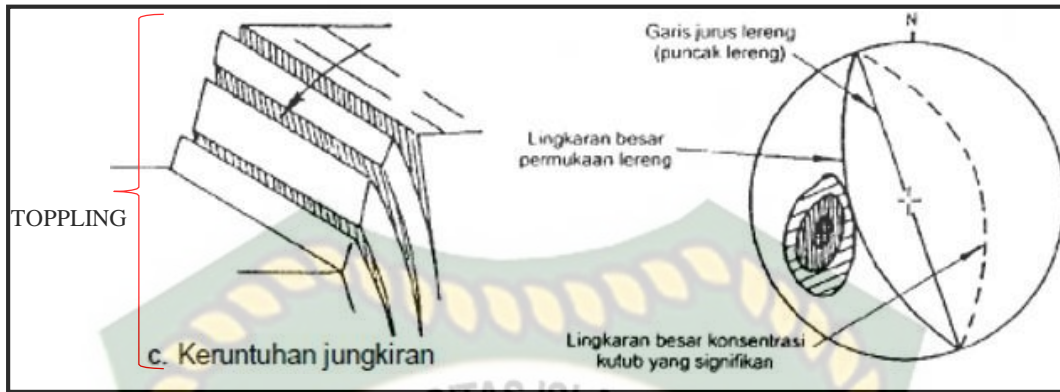
### 3.4.2 Analisis Stereografis

Pada metode Stereografis ini data-data yang digunakan merupakan data-data perhitungan kekar dengan menggunakan kompas geologi dan rol meter yang didapat dilapangan, semua data kekar akan diolah menggunakan dips, setelah semua di input didalam dips nanti akan diketahui arah tegasan dan arah kemungkinan terjadinya longsor pada lereng tersebut. Pada analisis Stereografis, terdapat beberapa jenis potensi kegagalan yang dibentuk oleh kedudukan lereng dengan kedudukan diskontinuitas, diantaranya adalah kegagalan geser planar, kegagalan geser baji, kegagalan jungkiran atau blok runtuh.

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

Modifikasi Hoek (2000) telah membuat grafik untuk SMR yang dapat memberikan gambaran kapan terjadinya longsor tersebut (gambar 3.3).





**Gambar 3.3** Model stereoplot kondisi struktur yang dapat menyebabkan jenis-jenis longsoran utama pada batuan (Modifikasi Hoek,2000).

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

Slope mass rating (SMR) adalah sistem klasifikasi massa batuan yang dirancang khusus untuk lereng. Metode ini dikemukakan oleh Romana (1985). Sistem ini mendasarkan 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 penggalan lereng yang diterapkan. Hubungan antara *slope mass rating* (SMR) dengan *rock mass rating* (RMR) ditunjukkan pada persamaan dibawah ini.

$$SMR = RMR + (F1 + F2 + F3)$$

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:

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

Untuk Longsoran Guling atau Topling;

- $F1 = \alpha_j - \alpha_s - 180$
- $F2 = \beta_j$
- $F3 = \beta_j - \beta_s$

$$\alpha_j = \alpha_s + \{(\alpha_j - \alpha_s - 180^\circ) \cos(\alpha_j - \alpha_s) + \sin(\alpha_j - \alpha_s)\}$$

Untuk nilai F4 dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 3.6** Bobot metode penggalan lereng (Romana,1985)

Metode	Lereng alamiah	Peledakan Prespliting	Peledakan smooth	Peledakan mekanis	Peledakan buruk
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 3.7** Bobot pengatur untuk kekar, F1, F2, dan F3 (Romana,1985)

Kasus	Kriteria factor koreksi	Sangat menguntungkan	Menguntungkan	Sedang	Tak menguntungkan	Sangat tak menguntungkan
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	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	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

Keterangan :

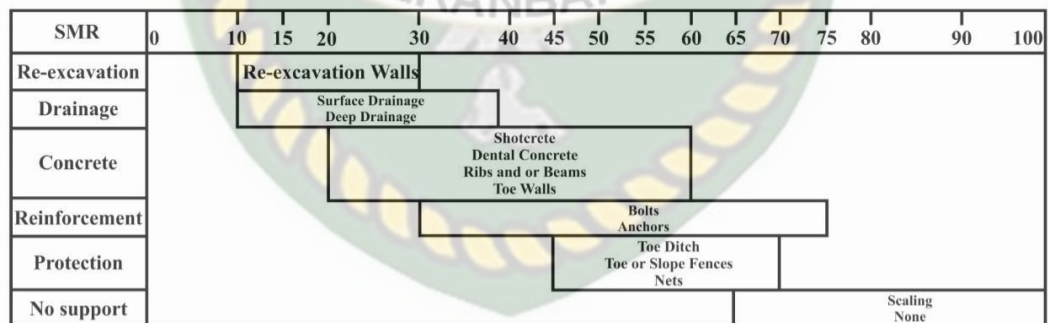
- P= Longsoran bidang                       $\alpha_j = \alpha_s + \{(\alpha_j - \alpha_s - 180^\circ) \cos(\alpha_j - \alpha_s) + \sin(\alpha_j - \alpha_s)\}$
- T= Longsoran guling                       $\beta_j = \beta_s + \{(\beta_j - \beta_s - 180^\circ) \cos(\beta_j - \beta_s) + \sin(\beta_j - \beta_s)\}$

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

**Tabel 3.8** Deskripsi kelas – kelas SMR (Romana,1985)

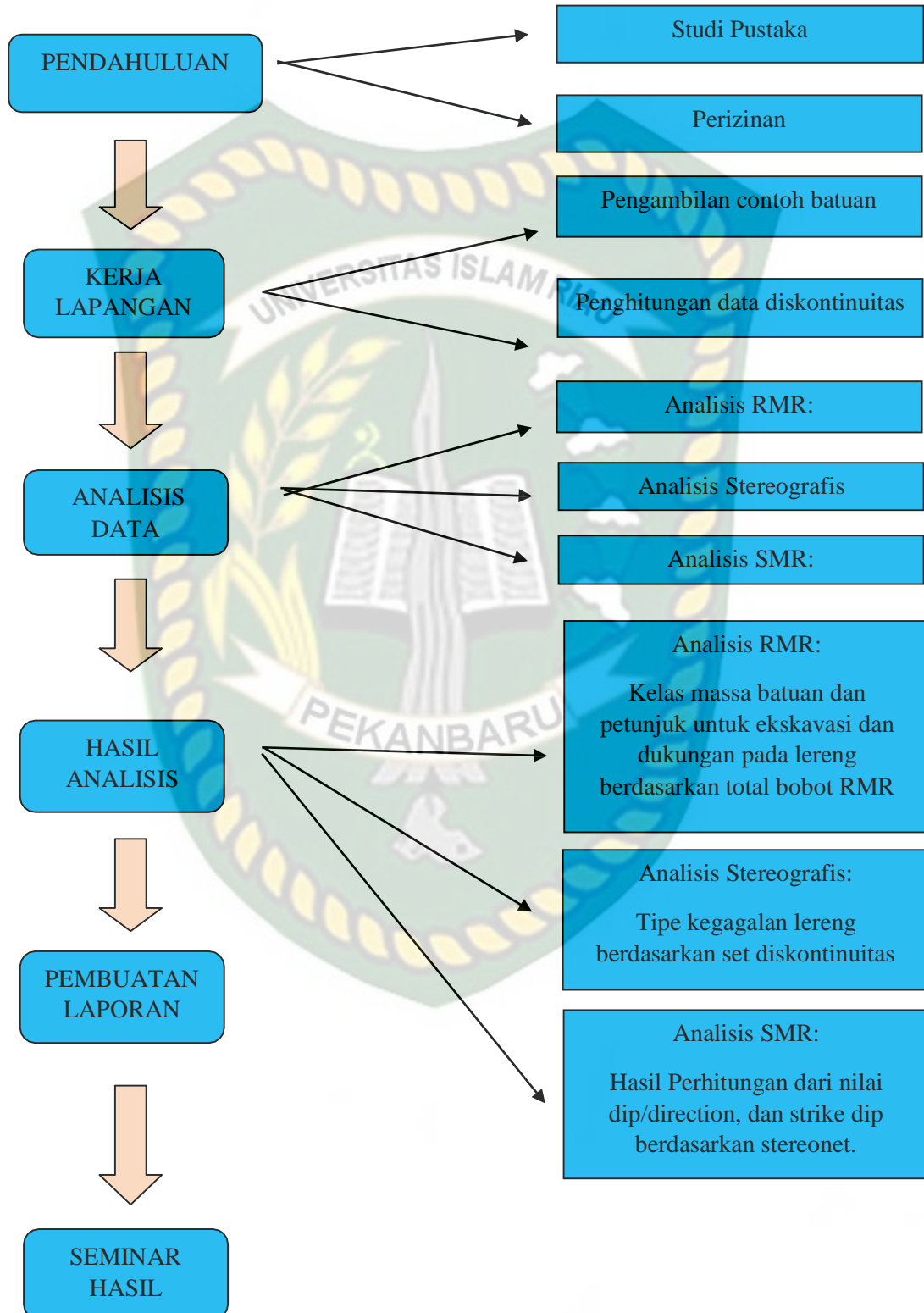
Profil massa batuan	Deskripsi				
	I	II	III	IV	V
No kelas					
Rating	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
Kelas massa batuan	Sangat baik	Baik	Sedang	Jelek	Sangat jelek
Longsor	Tidak ada	Beberapa blok	beberapa kekar atau banyak baji	Bidang atau baji besar	Bidang besar atau seperti tanah
Penyanggan	Tidak ada	Sewaktu-waktu	Sistematis	Sangat perlu perbaikan	Reexcavation

Setelah didapatkan kelas SMR, maka ditentukan *support* pada lereng untuk mencegah terjadinya longsor pada daerah penelitian (gambar 3.4). Untuk ukuran dan jarak material dari *support* ini, dimana untuk ukuran *shotcrete* memiliki ketebalan 75 – 100 mm, jarak pemasangan *deep drainage* 1 meter menggunakan pipa PVC berdasarkan (Abdullah,2017 & Putra.A.P, 2018).



**Gambar 3.4** Pedoman support lereng berdasarkan SMR (Romana, 1985)

## DIAGRAM ALIR PENELITIAN



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kondisi Lereng

Lereng yang dijadikan objek penelitian terletak di pinggir jalan lintas Rokan IV Koto Kabupaten Rokan Hilir – Pasaman. Pada lereng tersebut banyak ditemukan diskontinuitas yang dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya kegagalan. Maka dari itu dilakukan analisis SMR (*Slope Mass Rating*) dan Stereografis terhadap lereng di lokasi penelitian. Terdapat 8 *scanline* utama yang menjadi objek penelitian pada lereng tersebut.

##### 4.1.1 *Scanline* 1



**Gambar 4.1** Lokasi pengukuran diskontinuitas *scanline* 1

Dari pengukuran dan pengamatan lapangan, didapatkan data panjang lereng 10 m dan ketinggian lereng 4 m. Data diskontinuitas pada *scanline* 1 hanya berupa data kekar, dimana terdapat 26 data kekar. Jenis litologi pada *scanline* 1 adalah batupasir.

#### 4.1.2 Scanline 2



**Gambar 4.2** Lokasi pengukuran diskontinuitas *scanline 2*

Dari pengukuran dan pengamatan lapangan, didapatkan data panjang lereng 10 m dan ketinggian lereng 5 m. Data diskontinuitas pada *scanline 2* hanya berupa data kekar, dimana terdapat 20 data kekar. Jenis litologi pada *scanline 2* adalah batupasir.

#### 4.1.3 Scanline 3



**Gambar 4.3** Lokasi pengukuran diskontinuitas *scanline 3*

Dari pengukuran dan pengamatan lapangan, didapatkan data panjang lereng 10 m dan ketinggian lereng 3 m. Data diskontinuitas pada *scanline* 3 hanya berupa data kekar. dimana terdapat 28 data kekar. Jenis litologi pada *scanline* 3 adalah batupasir.

#### 4.1.4 *Scanline* 4



Gambar 4.4 Lokasi pengukuran diskontinuitas *scanline* 4

Dari pengukuran dan pengamatan lapangan, didapatkan data panjang lereng 10 m dan ketinggian lereng 4 m. Data diskontinuitas pada *scanline* 4 hanya berupa data kekar. dimana terdapat 18 data kekar. Jenis litologi pada *scanline* 4 adalah batupasir.

#### 4.1.5 *Scanline* 5



Gambar 4.5 Lokasi pengukuran diskontinuitas *scanline* 5



Dari pengukuran dan pengamatan lapangan, didapatkan data panjang lereng 10 m dan ketinggian lereng 4 m. Data diskontinuitas pada *scanline* 5 hanya berupa data kekar. dimana terdapat 24 data kekar. Jenis litologi pada *scanline* 5 adalah batupasir.

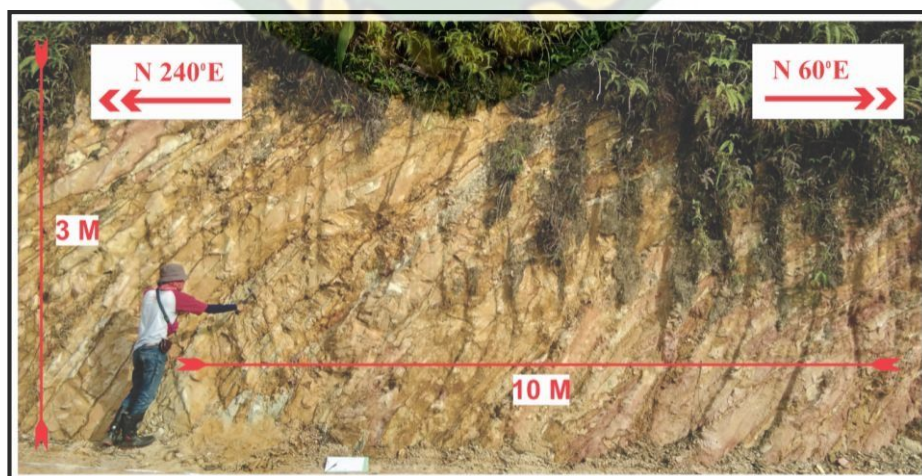
#### 4.1.6 *Scanline* 6



**Gambar 4.6** Lokasi pengukuran diskontinuitas *scanline* 6

Dari pengukuran dan pengamatan lapangan, didapatkan data panjang lereng 10 m dan ketinggian lereng 4 m. Data diskontinuitas pada *scanline* 6 hanya berupa data kekar. dimana terdapat 30 data kekar. Jenis litologi pada *scanline* 6 adalah batupasir.

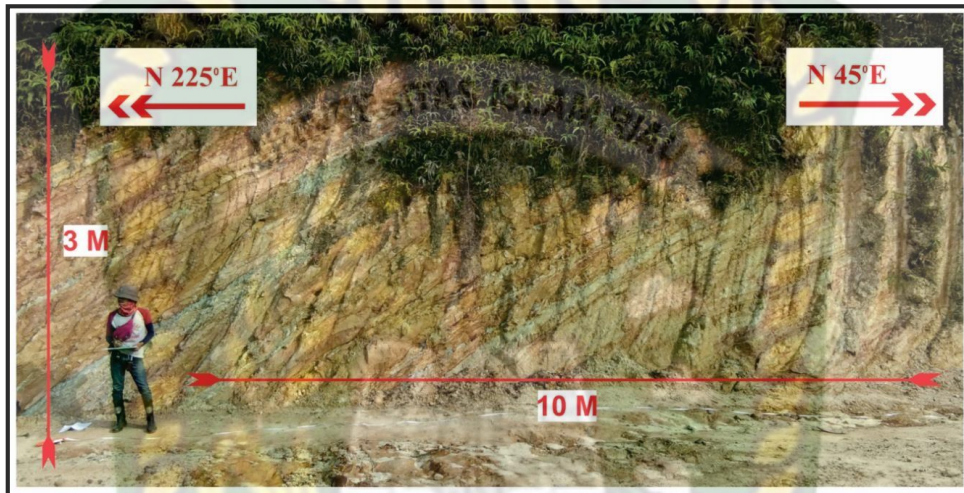
#### 4.1.7 *Scanline* 7



**Gambar 4.7** Lokasi pengukuran diskontinuitas *scanline* 7

Dari pengukuran dan pengamatan lapangan, didapatkan data panjang lereng 10 m dan ketinggian lereng 3 m. Data diskontinuitas pada *scanline* 7 hanya berupa data kekar, dimana terdapat 14 data kekar. Jenis litologi pada *scanline* 7 adalah batupasir.

#### 4.1.8 *Scanline* 8



**Gambar 4.8** Lokasi pengukuran diskontinuitas *scanline* 8

Dari pengukuran dan pengamatan lapangan, didapatkan data panjang lereng 10 m dan ketinggian lereng 3 m. Data diskontinuitas pada *scanline* 8 hanya berupa data kekar, dimana terdapat 10 data kekar. Jenis litologi pada *scanline* 8 adalah batupasir.

#### 4.1.9 Stratigrafi Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan serta interpretasi dan analisis laboratorium, diperoleh tatanan stratigrafi dan litologi penyusun daerah penelitian dari yang tua hingga muda yaitu sebagai berikut :

##### 4.1.9.1 Litologi

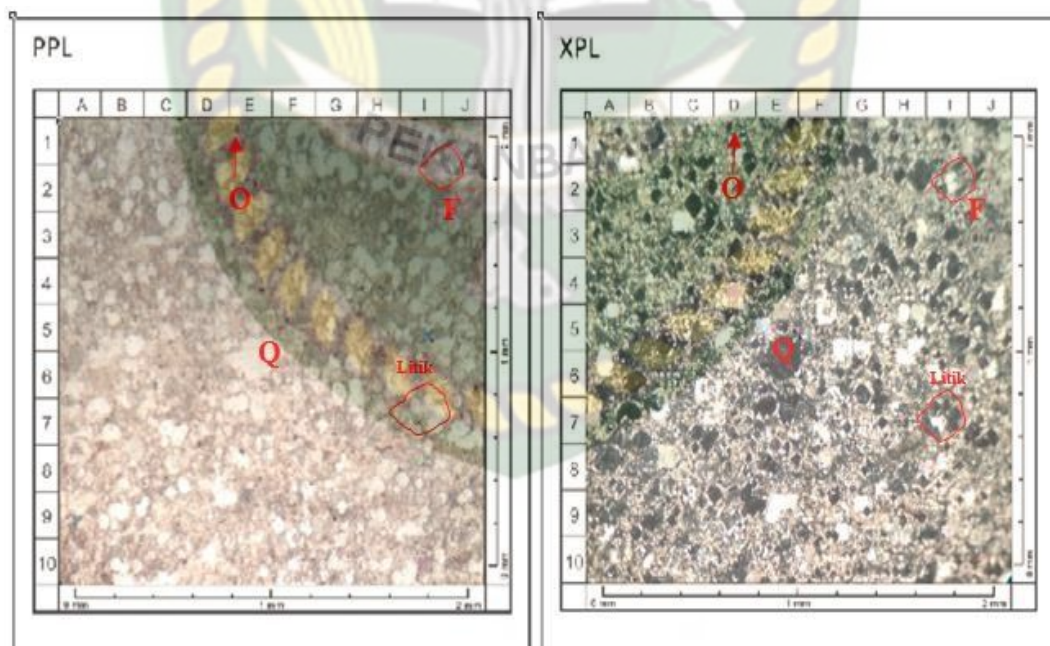
Satuan Batupasir ini memiliki satu jenis litologi yaitu batupasir, dimana analisis litologi dibagi menjadi dua yaitu analisis makroskopis dan analisis mikroskopis. Analisis litologi tersebut dijelaskan sebagai berikut :

### a. Analisis Makroskopis

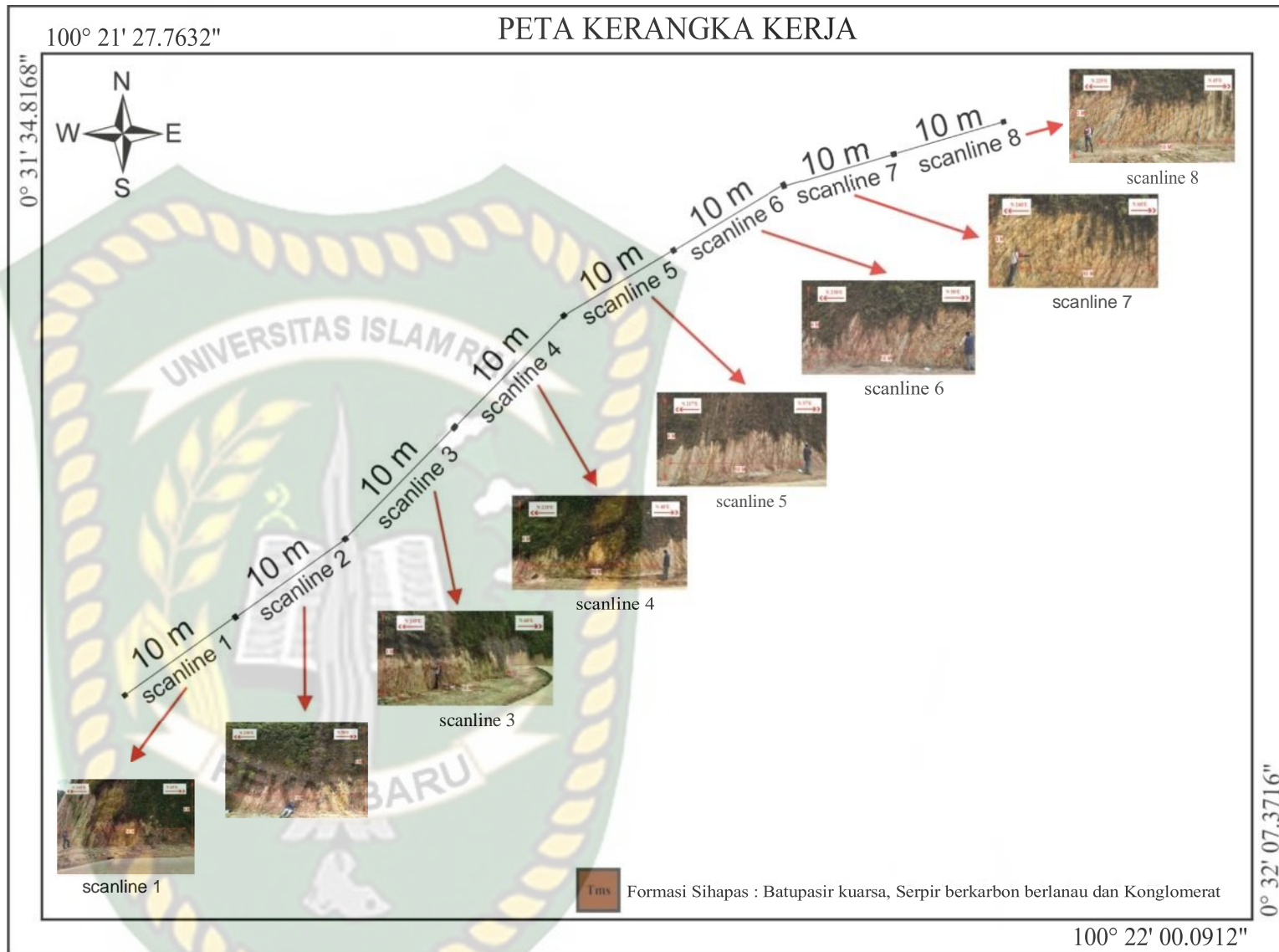
Batupasir ini berwarna lapuk hijau kecoklatan, warna segar putih kekuningan , besar butir pasir halus, kebundaranya yaitu membuldar, kemasnya tertutup, struktur sedimen yaitu masif dan perlapisan, bersifat non-karbonatan.

### b. Analisis Mikroskopis

Berdasarkan hasil observasi mikroskopis sayatan tipis batupasir dengan menggunakan mikroskop menunjukkan, pada pengamatan nikol sejajar, batupasir non-karbonatan berwarna abu-abu dan pada pengamatan nikol silang berwarna abu-abu kehitaman. Batupasir non- karbonatan karbonatan terdiri dari komposisi mineral yaitu mineral kuarsa dengan persentase 45 % , mineral feldspar dengan persentase 35%, masa dasar (*mud*) dengan persentase 10%, mineral opak dengan persentase 5%, dan litik dengan persentase 5% dengan besar butir mineral  $<1/256 - 1/8$  mm (*clay-very fine sand*). Pengamatan sayatan tipis dari batupasir non-karbonatan ini dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Pengamatan Sayatan tipis batupasir



## 4.2 Analisis RMR

### 4.2.1 Kekuatan Batuan Utuh (*Uniaxial Compressive Strength*)

Dari hasil pengujian sampel yang diambil dilapangan dengan menggunakan *Schmidt Hammer Test* dan densitas sampel batuan, sehingga didapatkan hasil *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) sebagai berikut :

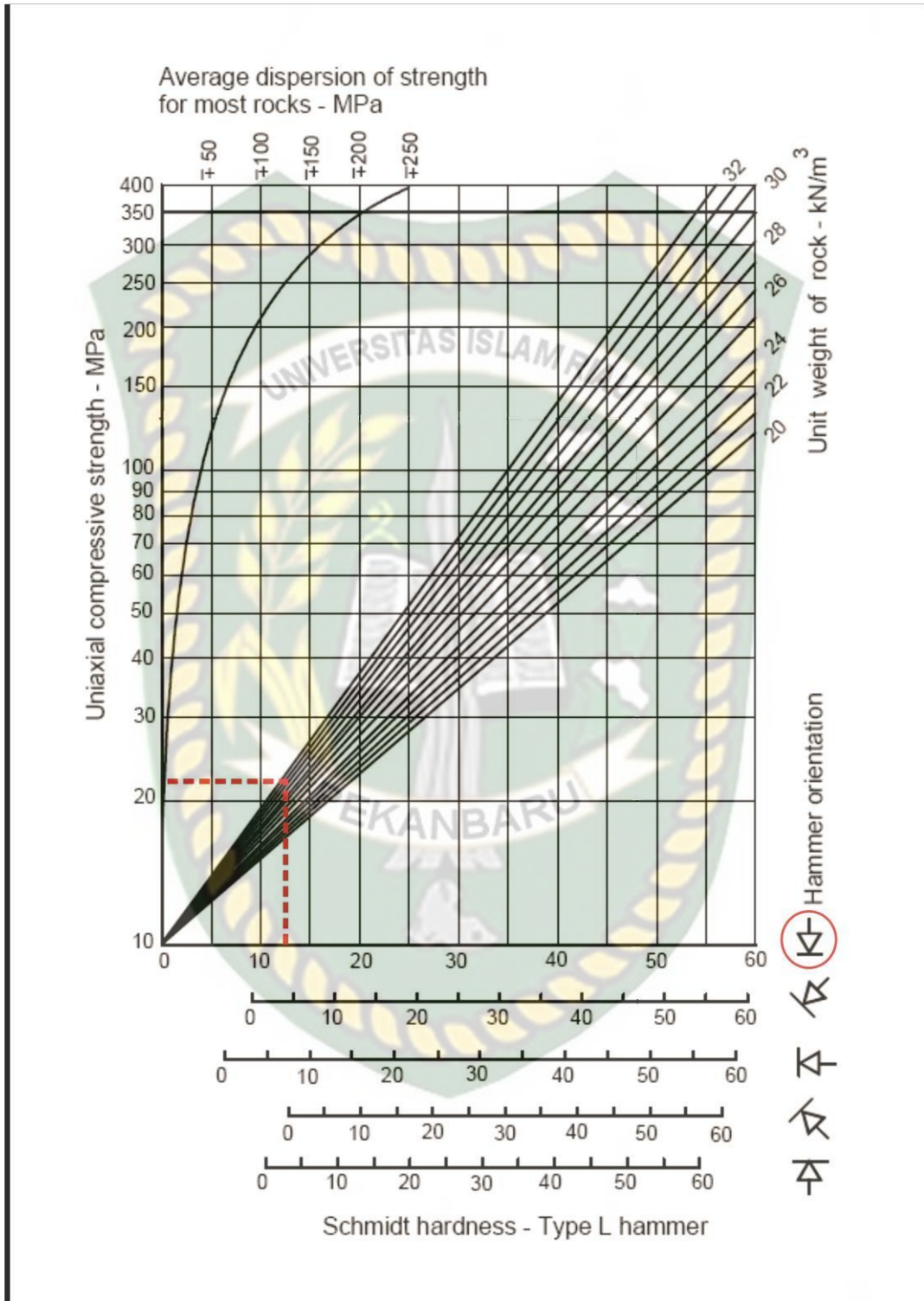
**Tabel 4.1** Data uji Schmidt Hammer

No	Data	No	Data
1	17	9	14
2	14	10	12
3	13	11	10
4	10	12	16
5	20	13	13
6	11	14	14
7	14	15	11
8	10		

Maka nilai rata-rata dari uji Schmidt Hammer adalah 13.2. Rata-rata ini akan digunakan untuk korelasi pada diagram Schmidt Hammer untuk mendapatkan nilai *Uniaxial Compressive Strength* (UCS). Sedangkan untuk nilai densitas sampel batuan adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.53 \text{ kg}}{0.00017 \text{ m}^3} = 3117 \text{ kg/m}^3 = 31 \text{ kN/m}^3$$

Setelah didapat nilai rata-rata uji Schmidt Hammer dan densitas sampel batuan, maka dikorelasikan kedalam diagram Schmidt Hammer untuk mendapatkan nilai *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) dapat dilihat pada **gambar 4.11**. Berdasarkan hasil nilai *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) didapatkan nilai dengan 21 MPa, termasuk dalam bobot 2 dan termasuk dalam kategori lemah (dapat dilihat pada tabel 4.2).



Gambar 4.11 Diagram hasil nilai Schmidt Hammer

**Tabel 4.2** Nilai kekuatan batuan utuh tiap *scanline*

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

#### 4.2.2 RQD (*Rock Quality Designation*)

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai RQD di seluruh *scanline* berkisar antara 16% - 82%. Dari hasil rata-rata nilai tersebut, maka lereng di lokasi penelitian memiliki empat bobot hasil perhitungan RQD yang berbeda, yaitu 3, 8, 13, 17.

1. Perhitungan RQD *scanline* 1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{RQD} &= 115 - 3.3 J_v \\
 &= 115 - 3.3 \times 26 \\
 &= 29.2 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut, RQD pada *scanline* 1 berada pada rentang 25% - 50% dengan bobot sebesar 8 (Tabel 4.3).

**Tabel 4.3** Nilai RQD *scanline* 1

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

2. Perhitungan RQD *scanline* 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{RQD} &= 115 - 3.3 J_v \\
 &= 115 - 3.3 \times 20 \\
 &= 49 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut, RQD pada *scanline* 2 berada pada rentang 25% - 50% dengan bobot sebesar 8 (Tabel 4.4).

**Tabel 4.4** Nilai RQD *scanline* 2

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

3. Perhitungan RQD *scanline* 3 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{RQD} &= 115 - 3.3 \text{ Jv} \\
 &= 115 - 3.3 \times 28 \\
 &= 22.6 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut, RQD pada *scanline* 3 berada pada rentang <25% dengan bobot sebesar 3 (Tabel 4.5).

**Tabel 4.5** Nilai RQD *scanline* 3

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

4. Perhitungan RQD *scanline* 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{RQD} &= 115 - 3.3 \text{ Jv} \\
 &= 115 - 3.3 \times 18 \\
 &= 55.6 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut, RQD pada *scanline* 4 berada pada rentang 50% - 75% dengan bobot sebesar 13 (Tabel 4.6).

**Tabel 4.6** Nilai RQD *scanline* 4

Nilai RQD	Rating
90% - 100%	20



75% - 90%	17
50% - 75%	13
25% - 50%	8
< 25%	3

5. Perhitungan RQD *scanline* 5 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{RQD} &= 115 - 3.3 J_v \\ &= 115 - 3.3 \times 24 \\ &= 35.8 \% \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut, RQD pada *scanline* 5 berada pada rentang 25% - 50% dengan bobot sebesar 8 (Tabel 4.7).

**Tabel 4.7** Nilai RQD *scanline* 5

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

6. Perhitungan RQD *scanline* 6 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{RQD} &= 115 - 3.3 J_v \\ &= 115 - 3.3 \times 30 \\ &= 16 \% \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut, RQD pada *scanline* 6 berada pada rentang <25% dengan bobot sebesar 3 (Tabel 4.8).

**Tabel 4.8** Nilai RQD *scanline* 6

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

7. Perhitungan RQD *scanline* 7 sebagai berikut:

$$\text{RQD} = 115 - 3.3 J_v$$

$$= 115 - 3.3 \times 14$$

$$= 68.8 \%$$

Dari hasil tersebut, RQD pada *scanline* 7 berada pada rentang 50% - 75% dengan bobot sebesar 13 (Tabel 4.9).

**Tabel 4.9** Nilai RQD *scanline* 7

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

8. Perhitungan RQD *scanline* 8 sebagai berikut:

$$\text{RQD} = 115 - 3.3 J_v$$

$$= 115 - 3.3 \times 10$$

$$= 82 \%$$

Dari hasil tersebut, RQD pada *scanline* 8 berada pada rentang 75% - 90% dengan bobot sebesar 17 (Tabel 4.10).

**Tabel 4.10** Nilai RQD *scanline* 8

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

Dari hasil nilai rata – rata RQD di setiap *scanline* adalah 44,875 % yang di kategorikan dalam kelas jelek (*poor*).

#### 4.2.3 Jarak Antar Diskontinuitas

Untuk analisis jarak spasi diskontinuitas data yang digunakan adalah data lapangan yang diambil dari rata-rata jarak diskontinuitas di semua *scanline* dengan jarak 82.5 – 185.7 milimeter dengan deskripsi rapat, sehingga dari data tersebut didapati bobot nilai sebesar 8 (Tabel 4.11).

**Tabel 4.11** Nilai jarak antar diskontinuitas tiap *scanline*

Deskripsi	Spasi diskontinuitas	Bobot
Sangat lebar ( <i>very wide</i> )	>2 m	20
Lebar ( <i>wide</i> )	0.6 – 2 m	15
Sedang ( <i>moderate</i> )	200 - 600 mm	10
Rapat ( <i>close</i> )	60 – 200 mm	8
Sangat rapat ( <i>very close</i> )	<60 mm	5

#### 4.2.4 Kondisi Diskontinuitas

Pada analisis ini data yang digunakan adalah data yang diambil dari lapangan yang meliputi panjang, bukaan, kekasaran, material pengisi, dan pelapukan dari diskontinuitas. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, didapatkan kondisi diskontinuitas dari beberapa parameter berupa:

- a. Panjang diskontinuitas berkisar antara 0.037 – 0.1044 m. Dari nilai tersebut didapatkan bobot yakni 6.
- b. Bukaan yang terdapat pada lokasi penelitian ini adalah berkisar antara none - < 1.29 mm. Dari nilai tersebut didapatkan bobot yakni 6, 5, 4 dan 1 .
- c. Kekasaran diskontinuitas yang didapatkan adalah sedikit kasar, sehingga didapatkan bobot sebesar 3.
- d. Rata – rata tidak adanya bahan pengisi pada bukaan, sehingga didapatkan bobot yakni sebesar 6.
- e. Pelapukan yang terjadi pada lokasi penelitian berada pada tingkat sedikit terlapukkan. Dari tingkat tersebut, didapatkan bobot penilaian sebesar 5.

Dari keseluruhan data parameter kondisi diskontinuitas didapatkan bobot nilai sebesar 26 (Tabel 4.12).

**Tabel 4.12** Nilai kondisi diskontinuitas tiap *scanline*

Parameter	Bobot				
	< 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	< 0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5 mm
	6	5	4	1	0
Kekasaran diskontinuitas	Sangat	Kasar	Sedikit	Halus	Slickensided

<i>(Roughness)</i>	kasar		kasar		
	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
Total bobot	26				

#### 4.2.5 Kondisi Air Tanah

Kondisi air tanah yang berada pada lereng pengamatan tiap *scanline* adalah kering (*completely dry*) karena pada lereng ini tidak dijumpai air mengalir ataupun membasahi permukaan lereng sehingga didapatkan bobot nilai sebesar 15 (Tabel 4.13).

**Tabel 4.13** Nilai kondisi air tanah tiap *scanline*

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

#### 4.2.6 Orientasi Diskontinuitas

Lereng berada pada arah jurus tegak lurus sumbu terowongan dan nilai kemiringan sebesar  $45^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  dengan maju berlawanan arah kemiringan, maka diskontinuitas yang terdapat di lokasi penelitian secara keseluruhan adalah sedang (maju berlawanan arah kemiringan) dan lokasi penelitian ini adalah sebuah lereng. Dari hasil tersebut didapatkan bobot nilai sebesar -25 (Tabel 4.14).

**Tabel 4.14** Nilai orientasi diskontinuitas tiap *scanline*

Orientasi Diskontinuitas ( <i>Slopes</i> )	Bobot
--	-------

Sangat Menguntungkan	0
Menguntungkan	-5
Sedang	-25
Tidak Menguntungkan	-50
Sangat Tidak Menguntungkan	-

#### 4.2.7 Total Bobot Tiap Scanline

Dari hasil pengamatan dan perhitungan dari beberapa parameter terhadap lereng di lokasi penelitian, maka didapatkan hasil bobot RMR dari tiap *scanline* pada tabel berikut :

**Tabel 4.15** Total bobot RMR *scanline* 1

Parameter	Nilai / Kondisi	Bobot
Kekuatan batuan	21 Mpa	2
RQD	29.20%	8
Jarak diskontinuitas	185.7 mm	8
Kondisi diskontinuitas	Sedikit kasar, tidak ada bukaan, sedikit terlapukkan	26
Kondisi air tanah	Kering	15
Orientasi diskontinuitas	Sedang (lereng)	-25
Jumlah bobot		34
Kelas masa batuan		IV
Deskripsi		Jelek
Average stand-up time		10 jam untuk span 2.5 m
Kohesi (kPa)		100 - 200
Sudut geser dalam		$15^0 - 25^0$

*Scanline* 1 dengan total bobot RMR sebesar 34 termasuk dalam kelas IV dan bersifat Jelek. Stand-up time pada *scanline* 1 sekitar 10 jam untuk span 2.5 m, dengan nilai kohesi 100 – 200 kPa dan nilai sudut geser dalam  $15^0 - 25^0$ .

**Tabel 4.16** Total bobot RMR *scanline* 2

Parameter	Nilai / Kondisi	Bobot
Kekuatan batuan	21 Mpa	2
RQD	49 %	8
Jarak diskontinuitas	83 mm	8

Kondisi diskontinuitas	Sedikit kasar, bukaan 0.65 mm, sedikit terlapukkan	24
Kondisi air tanah	Kering	15
Orientasi diskontinuitas	Sedang (lereng)	-25
Jumlah bobot		32
Kelas masa batuan		IV
Deskripsi		Jelek
Average stand-up time		10 jam untuk span 2.5 m
Kohesi (kPa)		100 - 200
Sudut geser dalam		$15^0 - 25^0$

*Scanline 2* dengan total bobot RMR sebesar 32 termasuk dalam kelas IV dan bersifat Jelek. Stand-up time pada *scanline 2* sekitar 10 jam untuk span 2.5 m, dengan nilai kohesi 100 – 200 kPa dan nilai sudut geser dalam  $15^0 - 25^0$ .

**Tabel 4.17** Total bobot RMR *scanline 3*

Parameter	Nilai / Kondisi	Bobot
Kekuatan batuan	21 Mpa	2
RQD	22.6 %	3
Jarak diskontinuitas	102.5 mm	8
Kondisi diskontinuitas	Sedikit kasar, tidak ada bukaan, sedikit terlapukkan	26
Kondisi air tanah	Kering	15
Orientasi diskontinuitas	Sedang (lereng)	-25
Jumlah bobot		29
Kelas masa batuan		IV
Deskripsi		Jelek
Average stand-up time		10 jam untuk span 2.5 m
Kohesi (kPa)		100 - 200
Sudut geser dalam		$15^0 - 25^0$

*Scanline 3* dengan total bobot RMR sebesar 29 termasuk dalam kelas IV dan bersifat Jelek. Stand-up time pada *scanline 3* sekitar 10 jam untuk span 2.5 m, dengan nilai kohesi 100 – 200 kPa dan nilai sudut geser dalam  $15^0 - 25^0$ .

**Tabel 4.18** Total bobot RMR *scanline 4*

Parameter	Nilai / Kondisi	Bobot
Kekuatan batuan	21 Mpa	2
RQD	55.6 %	13
Jarak diskontinuitas	120.5 mm	8
Kondisi diskontinuitas	Sedikit kasar, bukaan 0.072 mm, sedikit terlapukkan	25
Kondisi air tanah	Kering	15
Orientasi diskontinuitas	Sedang (lereng)	-25
Jumlah bobot		38
Kelas masa batuan		IV
Deskripsi		Jelek
Average stand-up time		10 jam untuk span 2.5 m
Koehesi (kPa)		100 - 200
Sudut geser dalam		$15^0 - 25^0$

*Scanline* 4 dengan total bobot RMR sebesar 38 termasuk dalam kelas IV dan bersifat Jelek. Stand-up time pada *scanline* 4 sekitar 10 jam untuk span 2.5 m, dengan nilai koehesi 100 – 200 kPa dan nilai sudut geser dalam  $15^0 - 25^0$ .

**Tabel 4.19** Total bobot RMR *scanline* 5

Parameter	Nilai / Kondisi	Bobot
Kekuatan batuan	21 Mpa	2
RQD	35.8 %	8
Jarak diskontinuitas	82.5 mm	8
Kondisi diskontinuitas	Sedikit kasar, bukaan 1.29 mm, sedikit terlapukkan	21
Kondisi air tanah	Kering	15
Orientasi diskontinuitas	Sedang (lereng)	-25
Jumlah bobot		29
Kelas masa batuan		IV
Deskripsi		Jelek
Average stand-up time		10 jam untuk span 2.5 m
Koehesi (kPa)		100 - 200
Sudut geser dalam		$15^0 - 25^0$

*Scanline* 5 dengan total bobot RMR sebesar 29 termasuk dalam kelas IV dan bersifat Jelek. Stand-up time pada *scanline* 5 sekitar 10 jam untuk span 2.5 m, dengan nilai kohesi 100 – 200 kPa dan nilai sudut geser dalam  $15^0 - 25^0$ .

**Tabel 4.20** Total bobot RMR *scanline* 6

Parameter	Nilai / Kondisi	Bobot
Kekuatan batuan	21 Mpa	2
RQD	16 %	3
Jarak diskontinuitas	92 mm	8
Kondisi diskontinuitas	Sedikit kasar, bukaan 0.26 mm, sedikit terlapukkan	24
Kondisi air tanah	Kering	15
Orientasi diskontinuitas	Sedang (lereng)	-25
Jumlah bobot		27
Kelas masa batuan		IV
Deskripsi		Jelek
Average stand-up time		10 jam untuk span 2.5 m
Kohesi (kPa)		100 - 200
Sudut geser dalam		$15^0 - 25^0$

*Scanline* 6 dengan total bobot RMR sebesar 27 termasuk dalam kelas IV dan bersifat Jelek. Stand-up time pada *scanline* 6 sekitar 10 jam untuk span 2.5 m, dengan nilai kohesi 100 – 200 kPa dan nilai sudut geser dalam  $15^0 - 25^0$ .

**Tabel 4.21** Total bobot RMR *scanline* 7

Parameter	Nilai / Kondisi	Bobot
Kekuatan batuan	21 Mpa	2
RQD	68.8 %	13
Jarak diskontinuitas	92 mm	8
Kondisi diskontinuitas	Sedikit kasar, tidak ada bukaan, sedikit terlapukkan	26
Kondisi air tanah	Kering	15
Orientasi diskontinuitas	Sedang (lereng)	-25
Jumlah bobot		39
Kelas masa batuan		IV
Deskripsi		Jelek



Average stand-up time	10 jam untuk span 2.5 m
Kohesi (kPa)	100 - 200
Sudut geser dalam	$15^0 - 25^0$

*Scanline 7* dengan total bobot RMR sebesar 39 termasuk dalam kelas IV dan bersifat Jelek. Stand-up time pada *scanline 7* sekitar 10 jam untuk span 2.5 m, dengan nilai kohesi 100 – 200 kPa dan nilai sudut geser dalam  $15^0 - 25^0$ .

**Tabel 4.22** Total bobot RMR *scanline 8*

Parameter	Nilai / Kondisi	Bobot
Kekuatan batuan	21 Mpa	2
RQD	82 %	17
Jarak diskontinuitas	85 mm	8
Kondisi diskontinuitas	Sedikit kasar, tidak ada bukaan, sedikit terlapukkan	26
Kondisi air tanah	Kering	15
Orientasi diskontinuitas	Sedang (lereng)	-25
Jumlah bobot		43
Kelas masa batuan		III
Deskripsi		Sedang
Average stand-up time		1 minggu untuk span 5 m
Kohesi (kPa)		200 - 300
Sudut geser dalam		$25^0 - 35^0$

*Scanline 8* dengan total bobot RMR sebesar 43 termasuk dalam kelas III dan bersifat Sedang. Stand-up time pada *scanline 8* sekitar 1 minggu untuk span 5 m, dengan nilai kohesi 200 – 300 kPa dan nilai sudut geser dalam  $25^0 - 35^0$ .

#### 4.2.8 Total Bobot Seluruh *Scanline*

Dari hasil pengamatan dan perhitungan dari beberapa parameter terhadap lereng di lokasi penelitian, didapatkan total bobot RMR yang berkisar antara 27 – 43. Pada total bobot tersebut, lereng di lokasi penelitian rata-rata berada di kelas IV dan termasuk pada kategori Jelek yang mana lereng pada kelas IV memiliki Stand-

up time sekitar 10 jam untuk span 2.5 m,, dengan nilai kohesi 100 - 200 kPa dan nilai sudut geser dalam  $15^0 - 25^0$  (Tabel 4.23).

**Tabel 4.23** Total bobot RMR seluruh scanline

Parameter	Scanline							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kekuatan batuan	2	2	2	2	2	2	2	2
RQD	8	8	3	13	8	3	13	17
Jarak diskontinuitas	8	8	8	8	8	8	8	8
Kondisi diskontinuitas	26	24	26	25	21	24	26	26
Kondisi air tanah	15	15	15	15	15	15	15	15
Orientasi diskontinuitas	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
Total bobot	34	32	29	38	29	27	39	43
Kelas	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III
Deskripsi	Jelek	Jelek	Jelek	Jelek	Jelek	Jelek	Jelek	Sedang
<i>Average stand-up time</i>	10 jam untuk span 2.5 m	10 jam untuk span 2.5 m	10 jam untuk span 2.5 m	10 jam untuk span 2.5 m	10 jam untuk span 2.5 m	10 jam untuk span 2.5 m	10 jam untuk span 2.5 m	1 minggu untuk span 5 m
Kohesi (kPa)	100 - 200	100 - 200	100 - 200	100 - 200	100 - 200	100 - 200	100 - 200	200 - 300
Sudut geser dalam	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	25 - 35
RMR Total	271							
RMR <sub>Basic</sub>	33.87							
Deskripsi Kelas RMR	IV (Jelek)							

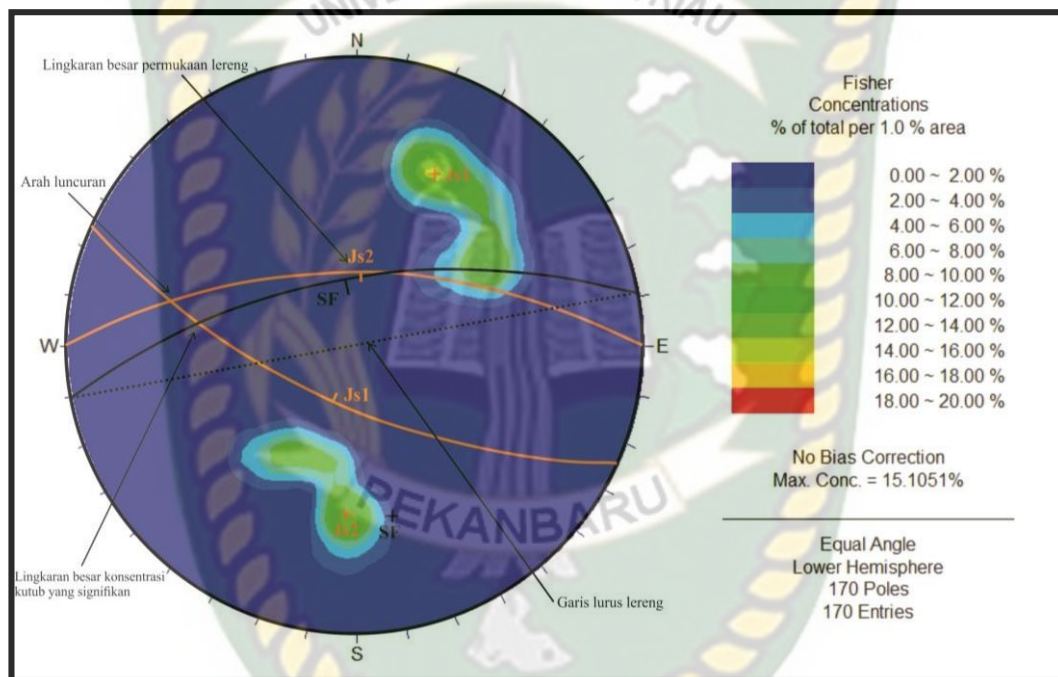
Dari hasil penentuan kelas masa batuan RMR, terdapat cara – cara support yang akan dilakukan terhadap lereng penelitian yang diharapkan dapat meminimalisir dan mengantisipasi terjadinya kegagalan pada lokasi penelitian yaitu *ekskavasi, rock bolts, scotcrete dan steel sets*.

### 4.3 Analisis Stereografis

Dari hasil data diskontinuitas *scanline 1 – scanline 8* di dapat data rekahan yang melewati garis pengamatan, dari proses pengelompokkan seluruh set

diskontinuitas dari tiap *scanline* dengan menggunakan bantuan *software Dips v.5.1*. didapatkan satu set diskontinuitas yaitu JS2 dengan nilai strike/dipr  $64^{\circ}$  / N  $270^{\circ}$  E/ dan dari perhitungan di lapangan didapatkan nilai *slope face* yaitu  $63^{\circ}$  / N  $260^{\circ}$  E. Jenis kegagalan yang didapatkan ialah keruntuhan Wedges (Gambar 4.12).

Analisis set diskontinuitas juga mendapatkan nilai  $\alpha_s, \alpha_j, \beta_j, \beta_s$ . dari hasil kedua set diskontinuitas tersebut JS2 memiliki nilai  $\alpha_s = 350, \alpha_j = 360, \beta_j = 64, \beta_s = 63$ .



**Gambar 4.12** Hasil plot data set diskontinuitas

#### 4.4 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 8 titik pengamatan dengan nilai RMR 33.87, sedangkan hasil analisis kinematika didapati jenis lereng di daerah penelitian memiliki tipe kegagalan lereng wedges.

Perhitungan SMR :

$$\alpha_j = JS2 + 90 \qquad \alpha_s = 260 + 90 \qquad \beta_s = 63 \qquad \beta_j = 64$$

$$= 270 + 90 = 350$$

$$= 360$$

$$F1 = \alpha_j - \alpha_s = 360 - 350 = 10 \dots (0.85)$$

$$F2 = \beta_j = 64 \dots (1)$$

$$F3 = \beta_j - \beta_s = 64 - 63 = 1 \dots (-6)$$

$$F4 = 0$$

**Tabel 4.24** Perhitungan *slope mass rating* (SMR)

Lereng	RMRbasic	Set diskontinuitas	$\alpha_s$	$\alpha_j$	$\beta_j$	$\beta_s$	F1	F2	F3	F4	SMR
1	33.87	JS1	350	360	64	63	0.85	1	-6	0	28.77

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.

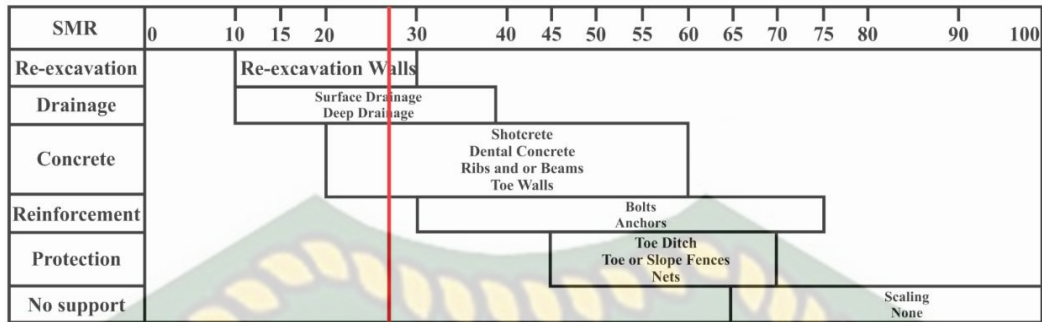
F2 = Menerangkan hubungan sudut kekar sesuai dengan model longsoran.

F3 = Menggambarkan hubungan sudut lereng dengan sudut diskontinuitas.

F4 = Faktor penyesuaian untuk metode penggalian yang tergantung pada metode yang digunakan pada waktu membentuk lereng.

Dari hasil perhitungan diatas didapati nilai SMR 28.77 dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa lereng yang berada pada daerah penelitian termasuk kedalam golongan kelas IV (jelek) dengan kondisi lereng tidak stabil dan dengan deskripsi kemungkinan bentuk longsoran bidang atau baji besar dan sangat perlu perbaikan.

Setelah didapatkan nilai SMR, maka ditentukan *support* pada lereng untuk mencegah terjadinya longsor pada daerah penelitian (gambar 4.13).



**Gambar 4.13** Hasil interpretasi *support* SMR pada daerah penelitian



**Gambar 4.14** Hasil pemodelan lereng daerah penelitian

Dari pemodelan diatas dilakukan *support* SMR karena *support* SMR lebih cocok dan mendukung bagi lereng tersebut, dapat dijelaskan bahwa lereng tersebut awalnya dilakukan (*re-excitation*) penggalian kembali pada sebagian lereng, setelah dilakukan penggalian lalu dilakukan semenisasi (*shotcrete*) umumnya memiliki ketebalan 75 – 100 mm, dimana saat itu telah terlebih dahulu dipasangkan ribs yang berfungsi sebagai penahan atau penyangga kestabilan lereng dan juga dipasangkan pipa PVC (*deep drainage*) dengan panjang pipa melebihi ketebalan semenisasi sekitar 150 – 300 mm dengan jarak pipa satu dengan pipa lainnya 1 meter, *deep drainage* berfungsi untuk aliran air dari atas permukaan lereng yang

meresap kedalam tanah yang tertahan akibat semenisasi yang disalurkan keluar permukaan lereng, semenisasi (*shotcrete*) telah ditambahkan *dental concrete* sebagai bahan perekat atau bahan tambalan. Selanjutnya dibuat dinding penahan (*toe walls*) yang berfungsi sebagai pencegah / penahan material runtuh lereng agar tidak ke jalan / mempengaruhi badan jalan. Dan yang terakhir pembuatan parit (*surface drainage*) yang berfungsi sebagai saluran pembuangan air dari pipa PVC (*deep drainage*) dan air sekitar lereng juga berfungsi mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi banjir di lokasi tersebut.

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau



## 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 dibagi menjadi 8 titik pengamatan mulai dari *scanline* 1 hingga *scanline* 8.
2. Berdasarkan hasil perhitungan  $RMR_{basic}$  didapatkan kisaran nilai rata – rata keseluruhan adalah 33,87. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa lereng tersebut termasuk kedalam kelas IV (*poor rock*) dengan nilai kohesi 100 – 200 kPa dan nilai sudut geser dalam sebesar  $15^0 - 25^0$ .
3. Berdasarkan analisis stereografis, lereng di daerah penelitian memiliki satu set diskontinuitas yaitu JS2 (N  $270^0$  E /  $64^0$ ) dengan muka lereng N  $260^0$  E /  $63^0$  sehingga lereng ini termasuk kedalam tipe longsoran Wedges.
4. Berdasarkan analisis SMR yang didapatkan, lereng di daerah penelitian memiliki nilai F1=1, F2=1, F3=-6, F4=0. Dari hasil analisis didapati nilai SMR sebesar 28,77, lereng di daerah penelitian dapat diklasifikasikan dalam kelas IV (jelek) dengan kondisi lereng tidak stabil dengan bentuk longsoran bidang atau baji dan sangat perlu perbaikan.
5. Dari hasil penelitian didapati bahwa lereng yang berada di daerah penelitian termasuk kedalam kondisi lereng yang tidak stabil.

#### 5.2 Saran

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

1. Sangat diperlukan untuk melakukan pengawasan dan perawatan agar mengurangi potensi kegagalan pada lereng penelitian dengan berdasarkan petunjuk ekskavasi dan dukungan dari total hasil perhitungan SMR.

2. Tidak dilakukannya penambangan liar karena lereng berada di pinggir jalan alternatif Rokan – Pasaman dan dapat membahayakan para pengguna jalan.
3. Perlu dilakukannya penelitian yang berkelanjutan pada lereng tersebut dan sekitarnya agar dapat terus dipantau sehingga potensi kegagalan pada lereng – lereng tersebut dapat diminimalisir.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N.M., Muttaqin., Husaini. 2017. Analisis Deformasi dan Retakan Struktur Terowongan Dengan Pemodelan *Pseudoshell*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala. 6 (3), 243 – 250. ISSN 2088-9321 & ISSN e-2502-5295.
- Arief, S. 2007. Dasar – Dasar Analisis Kestabilan Lereng. PT INCO: Sorowako.
- Audah et al., 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 Sumatra Selatan.
- Bieniawski, Z.T., 1976. *Rock Mass Classification in Rock Engineering*. In: Bieniawski, Z.T., Ed., *Symposium Proceedings of Exploration for Rock Engineering*, 1, 97-106.
- Bieniawski, Z. T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification. Mining and Mineral Resources Research Institute*. The Pennsylvania State University.
- BSI 0-1. 2002. *Uniaxial Compressive Strength*. British Standart, Britania. *BS4408 pt.4 atau ASTM G80S-89*.
- 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.
- Clarke, M.C.G. Kartawa, W. dkk., 1982. Peta Geologi Regional Pekanbaru, Sumatera, Peta Geologi bersistem Sumtera.
- Fadhillah, M.A. 2017. Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode *Slope Mass Rating* Pada Jalan Lintas Riau – Sumbar KM 83 Kecamatan Kuok, Kabupaten Kampar, Riau.
- Goni, Griffith, “Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Struktur Bangunan dengan Menggunakan *Hammer Test* dan Sampel Benda Uji Kubus dengan

Menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan”, Skripsi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.

Hariadi, Sundek; 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.

Hoek, E and Bray. J.W. 2005. *Rock Slope Engineering. 4rd. ed.* New York: Taylor & Francis e-Library.

Karundeng, Vilty Stilvan, “Penerapan Metode Schimdt *Hammer Test* dan *Core Drilled Test* untuk Evaluasi Kuat Tekan Beton pada Ruang IGD RSGM UNSRAT Guna Alih Fungsi Bangunan”, Skripsi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.

Marlinus, M.L, et al., 2019. Analisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode *Rock Mass Rating* dan Metode *Slope Mass Rating* Pada Penambangan Batupasir Daerah Bukit Pinang Kecamatan Samarinda Ulu Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur.

Mawardi, Lubis, 2003, Pengujian Struktur Beton dengan Metode *Hammer Test* dan Metode Uji Pembebanan (*Load Test*), USU Digital Library.

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, A.P., Septanto, D., Praja,S,W. 2018. Penanganan Daerah Rawan Longsor Dengan Menggunakan Metode *Shotcrete*. Jurnal Perkerataapian Indonesia V 2 No.2. ISSN 2550 – 1127.
- 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 Adjustment Rating for Application of Bieniawski Classification, International Syposium on the Role of Rock Mechanics*, Zacatecas.
- Romana, M., Seron, J.B (2003)., Montalar, E., “*SMR Geomechanics Classification: aplication, Experince and Validation ISMR, Technology roadmap for rock mechanics*”, South African Institute of Mining and Metallurgy.
- Sharpe (1938, dalam Hansen, 1984). Definisi longsoran (*landslide*) menurut adalah luncuran atau gelinciran (*sliding*) atau jatuhan (*falling*) dari massa batuan/tanah atau campuran keduanya.
- Subekti, Riyan., & Putra, D. B. E. 2017. *Geomechanical Analysis on Slopes Using Rock Mass Rating (RMR)*.The 12th SEATUC Symposium. Yogyakarta.
- Yuskar, Y., Putra, D. B. E., Choanji, T., Faiez, Z., & Habibi, M. 2017. *Sandstone Reservoir Characteristic Based On Surficial Geological Data Of Sihapas Formation In Bukit Suligi Area, Southwest Central Sumatra Basin*. Proceeding of International Conference on Science Engineering and Technology, 1(1), 112– 117.