

**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN  
METODE *ROCK STRUCTURE RATING* (RSR) DAN  
*ATTERBERG LIMIT* DI JALAN LINTAS RIAU – SUMBAR KM  
165 KECAMATAN HARAU, KABUPATEN LIMA PULUH  
KOTA, PROVINSI SUMATRA BARAT**

**TUGAS AKHIR**

Studi: Geomekanika

Oleh:

**SHAURY ALDILA**  
**143610365**

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



**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE ROCK  
STRUCTURE RATING (RSR) DAN ATTERBERG LIMITS DI JALAN  
LINTAS RIAU – SUMBAR KM 165 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  
Pekanbaru**



**OLEH :**

**SHAURY ALDILA**

**143610365**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2019**



# HALAMAN PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE ROCK  
STRUCTURE RATING (RSR) DAN ATTERBERG LIMITS DI JALAN  
LINTAS RIAU – SUMBAR KM 165 KECAMATAN HARAU,  
KABUPATEN LIMA PULUH KOTA,  
PROVINSI SUMATRA BARAT**

**DISUSUN OLEH :**

**SHAURY ALDILA**  
**143610365**

**Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal  
12 November 2019 Dan Dinyatakan  
Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima**

**Disetujui Oleh :**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

  
**Dewandra Bagus E.P., M.Sc**  
**NIDN: 1021128902**

  
**Husnul Kausarian, Ph.D**  
**NIDN: 1014028602**

**Disahkan Oleh :**

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



**Dekan Fakultas Teknik**

  
**H. H. Abdul Kudus Zaini, MT., Ms.Tr**  
**NIDN: 10110076202**

  
**Dewandra Bagus E.P., 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, 5 November 2019  
Yang Bersangkutan Pernyataan,



SHAURY ALDILA  
NPM : 143610365

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

Sebagai civitas akademik Universitas Islam Riau, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Shaury Aldila  
NPM : 143610365  
Program Studi : Teknik Geologi  
Fakultas : Fakultas Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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

**“ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE *ROCK STRUCTURE RATING* (RSR) DAN *ATTERBERG LIMITS* DI JALAN LINTAS RIAU – SUMBAR KM 165 KECAMATAN HARAU, KABUPATEN LIMA PULUH KOTA, PROVINSI SUMATRA BARAT”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak tersebut maka Universitas Islam Riau berhak menyimpan, mengalih mediakan/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, 5 November 2019



an Pernyataan,

**SHAURY ALDILA**

NPM : 143610365



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas karunia-Nya yang tidak ternilai, sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode *Rock Structure Rating (RSR)* dan *Atterberg Limits* di Jalan Lintas Riau – Sumbar KM 165 Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatra Barat ”**.

Berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada Bapak Dewandra Bagus Eka Putra, Bsc (Hons)., MSc dan Bapak Husnul Kausarian Ph.D yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih juga penulis hanturkan kepada:

1. Rektor Universitas Islam Riau.
2. Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Staff Tata Usaha Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Ketua Prodi dan Sekretaris Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Prodi Teknik Geologi yang telah memberikan arahan dan nasehat selama penulis menuntut ilmu di Prodi Teknik Geologi, Universitas Islam Riau.
6. Kedua orangtua ku Yulius dan Enni Adriwati, kakak dan abangku Dewi, Meli, Budi, Olin dan Pipi serta seluruh keluarga besar yang selalu berdoa dan memberikan dorongan kepada penulis sehingga penulis dapat menjalankan dan menyelesaikan studi dengan baik.
7. Tim lereng Riki Ariyuswanto, Ulfa Yusti dan Yos Admojo yang telah membantu mengambil data dilapangan dan setia tanpa lelah dalam mengambil data lereng ini.
8. Teman-teman sepernasiban Niki, Ulfa Mega, Agil, Rusman, Susilo, Atika Wulandari, Sandi, Riyan Subekti atas semua bantuan dan tenaga nya. Serta

seluruh masyarakat HMTG Bumi Lancang Kuning Riau yang telah mendukung.

9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun, demi kesempurnaan laporan ini.

Pekanbaru, 5 November 2019

Shaury Aldila



**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE *ROCK  
STRUCTURE RATING (RSR)* DAN *ATTERBERG LIMITS* DI JALAN  
LINTAS RIAU - SUMBAR KM 165 KECAMATAN HARAU, KABUPATEN  
LIMA PULUH KOTA, PROVINSI SUMATRA BARAT**

**SHAURY ALDILA**

Program Studi Teknik Geologi

**SARI**

Kestabilan pada lereng dianggap penting untuk keamanan masyarakat yang melewati jalan raya. Kegagalan lereng pada jalan raya dapat menimbulkan kerugian terlebih jalan raya memiliki peran penting bagi aktivitas masyarakat. Lokasi penelitian berada di jalan lintas Riau – Sumbar Km 165. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui *treatment* atau mitigasi yang dapat diberikan pada lereng penelitian dan mengetahui klasifikasi tanah berdasarkan analisis *Atterberg Limit*. Lereng penelitian dibagi menjadi 3 bagian dengan menggunakan metode analisis *Rock Structure Rating (RSR)* yang berdasarkan atas kondisi lereng yang berbeda. Dan 1 bagian lereng yang telah menjadi tanah dengan menggunakan metode analisis *Atterberg Limit*. *Treatment* atau mitigasi yang dapat diberikan pada lereng penelitian yaitu penggunaan *rockbolt* dan *shotcrete* berdasarkan diagram RSR serta penggunaan tanggul batuan penahan longsor.

Kata Kunci: *Rock Structure Rating (RSR)*, *Atterberg Limits*, Kestabilan Lereng, Longsor.



**ANALYSIS OF SLOPE STABILITY USING ROCK STRUCTURE  
RATING METHOD AND ATTERBERG LIMITS IN RIAU – SUMBAR  
KM 165 HARAU DISTRICT, LIMA PULUH KOTA REGENCY, WEST  
SUMATRA PROVINCE**

**SHAURY ALDILA**

Geological Engineering Study Program

**ABSTRACT**

Slope stability is important for the people that using the road. Landslide and avalanches causes financial loss because the highway had important rules for the people. The research is located on the Riau – West Sumatra highway Km 165. The purpose of this research is to determine the treatment or mitigation that can be given to the slope stability and to determine the soil classification based on the Atterberg Limits. The research slope is divided into 3 parts using the Rock Structure Rating analysis on different slope conditions. And 1 part of the slope using the Atterberg Limits analysis. The treatment or mitigation that can be done is by installing bolt and shotcrete basen on RSR diagrams.

Keyword: Rock Structure Rating (RSR), Atterberg Limits, Slope Stability,  
Landslide

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS</b>	
<b>AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</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>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian.....	3
1.7 Waktu Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Geologi Regional .....	5
2.2 Struktur Geologi Regional .....	5
2.3 Lereng .....	6
2.3.1 Kestabilan Lereng .....	7
2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng.....	7
2.4 Riwayat Bencana Longsor di Jalan Lintas Riau – Sumatra	
Barat .....	8
2.5 Uji Analisis Butiran / <i>Grain Size</i> .....	9
2.6 <i>Atterberg Limits</i> (Batas – Batas Atterberg).....	12
2.7 <i>Rock Structure Rating</i> (RSR).....	13



<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Objek Penelitian .....	15
3.2 Alat-alat yang Digunakan .....	15
3.2.1 Alat-Alat di Lapangan .....	15
3.2.2 Alat-Alat di Laboratorium .....	15
3.3 Langkah-Langkah Penelitian .....	16
3.3.1 Tahap Persiapan .....	16
3.3.2 Tahap Pengumpulan Data .....	16
3.3.3 Tahap Analisi Data .....	20
3.4 Analisis Ayakan ( <i>Sieve Analysis</i> ) .....	20
3.5 Analisis <i>Atterberg Limits</i> (Batas – Batas Atterberg) .....	21
3.5.1 Analisis Batas Cair ( <i>Liquid Limit</i> ) .....	22
3.5.2 Analisis Batas Plastis ( <i>Plastic Limit</i> ) .....	23
3.6 Analisis Metode <i>Rock Structure Rating</i> (RSR) .....	25
3.7 Tahap Penyusunan Laporan .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Ketersediaan Data .....	30
4.2 Kondisi Lereng .....	30
4.2.1 Scanline 1 .....	30
4.2.2 Scanline 2 .....	31
4.2.3 Scanline 3 .....	31
4.2.4 Scanline 4 .....	33
4.3 Tingkat Pelapukan Lereng .....	34
4.4 Analisis Ayakan ( <i>Sieve Analysis</i> ) .....	35
4.5 Analisis <i>Atterberg Limits</i> (Batas – Batas Atterberg) .....	41
4.5.1 Uji <i>Liquid Limit</i> (Batas Cair) .....	41
4.5.2 Uji <i>Plastic Limit</i> (Batas Plastis) .....	44
4.5.3 Uji <i>Plasticity Index</i> (Indeks Plastisitas) .....	46
4.6 Analisis Metode <i>Rock Structure Rating</i> (RSR) .....	47
4.7 Preferensi dan Mitigasi Pada Lereng Penelitian .....	56

<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>61</b>
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN</b>	





## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian .....	3
2.1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian .....	5
2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem <i>Unified</i> (USCS).....	11
2.3 Percobaan Uji <i>Liquid Limit</i> .....	12
2.4 Percobaan Uji <i>Plastic Limit</i> .....	13
3.1 Kurva Distribusi Ukuran Bujur .....	21
3.2 Grafik <i>Liquid Limit</i> .....	23
3.3 Grafik <i>Plastic Limit</i> .....	25
3.4 Diagram RSR (Wickham, 1972).....	28
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	29
4.1 Lokasi Pengukuran <i>Scanline</i> 1 .....	31
4.2 Lokasi Pengukuran <i>Scanline</i> 2 .....	32
4.3 Lokasi Pengukuran <i>Scanline</i> 3 .....	33
4.4 Lokasi Pengukuran <i>Scanline</i> 4 .....	34
4.5 Lereng Penelitian Keseluruhan .....	34
4.6 Sketsa Tingkat Pelapukan Lereng Penelitian .....	34
4.7 Lereng Penelitian Pengambilan Sampel Tanah.....	36
4.8 Grafik Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Bawah .....	37
4.9 Grafik Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Atas .....	39
4.10 Grafik Pengujian <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah di Bagian Bawah.....	42
4.11 Grafik Pengujian <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah di Bagian Atas.....	43
4.12 Grafik <i>Plasticity Index</i> (Indeks Plastisitas) dari Sampel Tanah.....	46
4.13 Lereng Penelitian RSR Bagian 1 .....	48
4.14 Grafik RSR Lereng Bagian 1 .....	50
4.15 Lereng Penelitian RSR Bagian 2 .....	51
4.16 Grafik RSR Lereng Bagian 2 .....	53
4.17 Lereng Penelitian RSR Bagian 3 .....	54
4.18 Grafik RSR Lereng Bagian 3 .....	56

<b>4.19</b> Ilustrasi Sketsa <i>Rockbolt</i> Berdiameter 1 inci dengan Spasi 3,1 feet Pada Lereng Bagian 1 .....	57
<b>4.20</b> Ilustrasi Sketsa <i>Shotcrete</i> dengan Ketebalan 3,3 inci Pada Lereng Bagian 1 .....	57
<b>4.21</b> Ilustrasi Sketsa <i>Rockbolt</i> Berdiameter 1 inci dengan Spasi 3,5 feet Pada Lereng Bagian 2 .....	58
<b>4.22</b> Ilustrasi Sketsa <i>Shotcrete</i> dengan Ketebalan 2,7 inci Pada Lereng Bagian 2 .....	58
<b>4.23</b> Ilustrasi Sketsa <i>Rockbolt</i> Berdiameter 1 inci dengan Spasi 3,8 feet Pada Lereng Bagian 3 .....	50
<b>4.24</b> Ilustrasi Sketsa <i>Shotcrete</i> dengan Ketebalan 2,6 inci Pada Lereng Bagian 3 .....	50
<b>4.25</b> Mitigasi Longsor dengan Tanggul Batuan Penahan .....	51



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1.1 Jadwal Penelitian Tugas Akhir .....	4
2.1 Riwayat Bencana Longsor di Jalan Lintas Riau – Sumatra Barat .....	9
2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Buitr .....	10
2.3 Ukuran Lubang Untuk Masing-Masing Nomor Saringan.....	10
2.4 Nilai Indeks Plastisitas dan Ragam Tanah .....	13
3.1 Tipe Struktur Geologi .....	16
3.2 Jenis Panjang Kekar .....	17
3.3 Jenis Lebar Rekahan Diskontinuitas .....	17
3.4 Jenis Material Pengisi Bidang Diskontinuitas.....	18
3.5 Jenis Kekasaran Bidang Diskontinuitas .....	18
3.6 Kondisi Air Pada Lereng.....	19
3.7 Sistem Klasifikasi Derajat Pelapukan Batuan.....	19
3.8 Pengujian Batas Cair .....	23
3.9 Pengujian Batas Plastis .....	24
3.10 Parameter A, Geologi: Geologi Umum.....	26
3.11 Parameter B, Geometri: Pola kekar, Arah drive .....	27
3.12 Parameter C, Pengaruh Kondisi Airtanah dan Kondis Kekar .....	28
4.1 Data Hasil Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Bawah.....	36
4.2 Hasil Perhitungan Berdasarkan Grafik Analisis Ayakan .....	38
4.3 Data Hasil Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Atas .....	38
4.4 Hasil Perhitungan Berdasarkan Grafik Analisis Ayakan .....	40
4.5 Data Hasil Perhitungan <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah di Bagian Bawah.....	41
4.6 Data Hasil Perhitungan <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah di Bagian Atas.....	42
4.7 Hasil Analisis Pengujian <i>Liquid Limit</i> Lereng Penelitian .....	44
4.8 Data Hasil Perhitungan <i>Plastic Limit</i> Sampel Tanah di Bagian Bawah .....	44
4.9 Data Hasil Perhitungan <i>Plastic Limit</i> Sampel Tanah di Bagian Atas .....	45
4.10 Hasil Analisis Pengujian <i>Plastic Limit</i> Sampel Tanah Lereng Penelitian ..	45
4.11 Klasifikasi Tanah Yang di Dapat Berdasarkan Klasifikasi (USCS) .....	47
4.12 Tabel Parameter A: Geologi.....	48

4.13 Parameter B: Geometri.....	49
4.14 Parameter C: Kondisi Airtanah .....	49
4.15 Nilai RSR Lereng Penelitian Bagian 1 .....	50
4.16 Tabel Parameter A: Geologi.....	51
4.17 Parameter B: Geometri.....	52
4.18 Parameter C: Kondisi Airtanah .....	52
4.19 Nilai RSR Lereng Penelitian Bagian 2 .....	53
4.20 Tabel Parameter A: Geologi.....	54
4.21 Parameter B: Geometri.....	55
4.22 Parameter C: Kondisi Airtanah .....	55
4.23 Nilai RSR Lereng Penelitian Bagian 3 .....	56





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Lereng adalah suatu permukaan yang menghubungkan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah, dan stabilitas lereng erat kaitannya dengan longsor atau gerakan tanah yang merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah (Korach dan Sarajar, 2014). Pergerakan tanah ini dapat terjadi karena perubahan daya dukung tanah dan akan berhenti setelah mencapai keseimbangan baru. Kegagalan dari suatu lereng dapat menyebabkan terjadinya longsor, umumnya terjadi jika tanah sudah tidak mampu menahan berat lapisan tanah di atasnya karena ada penambahan beban pada permukaan lereng dan berkurangnya daya ikat butiran tanah tersebut.

Faktor lainnya yang mempengaruhi kestabilan lereng meliputi faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal terjadi dari tubuh lereng itu sendiri terutama disebabkan peranan air dalam tubuh lereng. Sedangkan faktor eksternal terjadi di luar lereng, yaitu pengaruh iklim atau cuaca, pelapukan dan erosi, penurunan dan gerakan tanah, getaran atau gempa, dan akibat ulah manusia yang melakukan penambangan tanah, pasir ataupun batuan yang tidak terkendali sehingga menyebabkan ketidakseimbangan beban yang berada di puncak lereng dengan beban yang berada di kaki lereng.

Berlatar belakang hal tersebut, maka penelitian tentang kestabilan lereng menjadi sangat penting untuk memberikan informasi mengenai daerah atau lokasi yang berpotensi terjadinya gerakan tanah dengan kenampakan alam yang ada sehingga bisa melakukan berbagai macam cara pencegahan sebelum gerakan tanah menjadi bencana yang tidak diharapkan. Lereng yang menjadi objek penelitian berada di jalan lintas Riau – Sumbar Km 165. Adapun penelitian ini menggunakan metode *Rock Structure Rating (RSR)* dan analisis keteknikan *Atterberg Limits*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian disederhanakan dalam bentuk pertanyaan yang menjadi landasan terhadap penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil klasifikasi tanah berdasarkan analisis *Atterberg Limits*?
2. Bagaimana kondisi lereng berdasarkan analisis metode *Rock Structure Rating* (RSR)?
3. Bagaimana *treatment* yang dilakukan pada lereng di daerah penelitian?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai klasifikasi tanah berdasarkan *Atterberg Limits* yaitu nilai batas cair, nilai batas plastis dan plastisitas indeks dari sampel tanah yang telah diambil.
2. Untuk mengetahui kondisi lereng berdasarkan analisis metode *Rock Structure Rating* (RSR).
3. Untuk mengetahui *treatment* yang dilakukan pada lereng di daerah penelitian?

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian yaitu mengetahui kestabilan lereng pada daerah penelitian dengan menggunakan metode *Rock Structure Rating* (RSR) dan *Atterberg Limits* serta *treatment* yang sesuai pada kondisi lereng tersebut.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

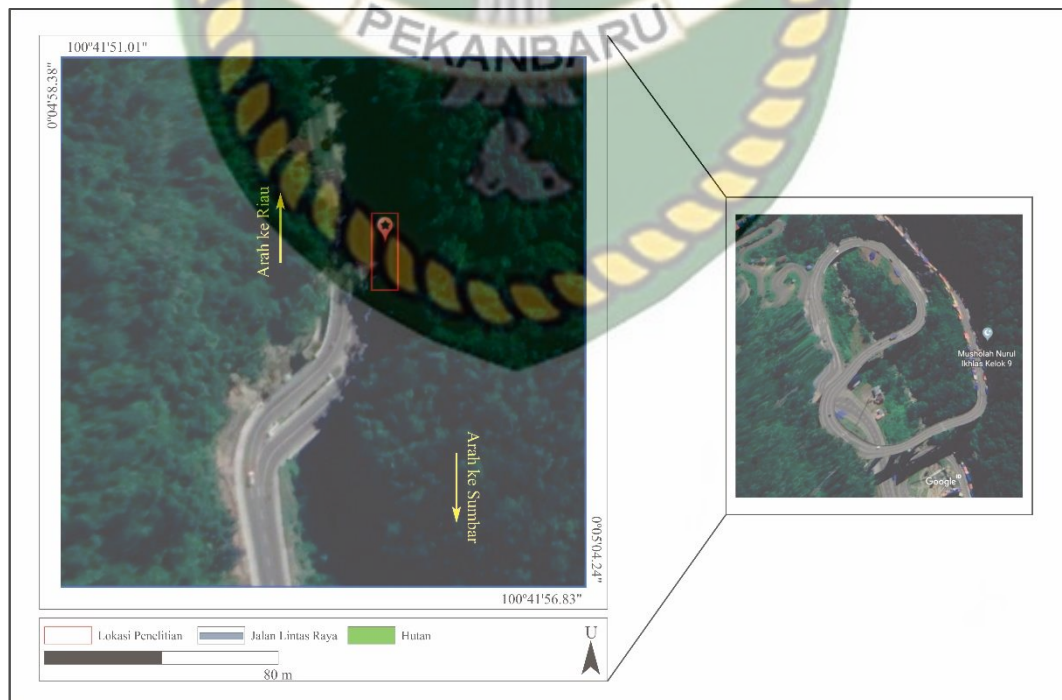
1. Menambah pengetahuan tentang kestabilan lereng.
2. Memberikan gambaran tentang faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng sehingga masyarakat dapat melakukan upaya penanggulangannya.



3. Memberikan informasi tentang *treatment* yang dapat dilakukan pada lereng.
4. Memberikan informasi atau masukan kepada pemerintah daerah dan juga masyarakat setempat untuk tidak melakukan penambangan batuan di kaki lereng karena dapat menyebabkan longsor.
5. Menjadikan penelitian ini sebagai acuan referensi bagi penelitian lanjutan.

### 1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Secara administratif, lokasi penelitian terletak di Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatra Barat. Sedangkan secara geografis berada pada koordinat  $0^{\circ} 05' 00.7''$  LS dan  $100^{\circ} 41' 55.6''$  BT. Penelitian dilakukan pada salah satu lereng yang berada di pinggir jalan lintas Riau – Sumbar Km 165. Lokasi penelitian ini dapat ditempuh menggunakan transportasi darat dan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda dua atau roda empat selama kurang lebih 4 jam dari kota Pekanbaru menuju jembatan kelok Sembilan.



**Gambar 1.1** Peta Lokasi Daerah Penelitian

### 1.7 Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni – November 2019 yang terdiri dari tahap studi literatur, pembuatan proposal dan pengurusan SK, pengambilan data di lapangan, pengolahan dan analisis data, penyusunan laporan, bimbingan dan acc laporan, dan yang terakhir seminar hasil. Dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Jadwal Penelitian Tugas Akhir

No	Keterangan	Bulan																	
		Juni				Juli				Agustus				September – Oktober				November	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Studi literatur																		
2	Pembuatan proposal dan pembuatan SK																		
3	Pengambilan data																		
4	Pengolahan dan analisis data																		
5	Penyusunan laporan																		
6	Bimbingan dan acc laporan																		
7	Seminar hasil																		

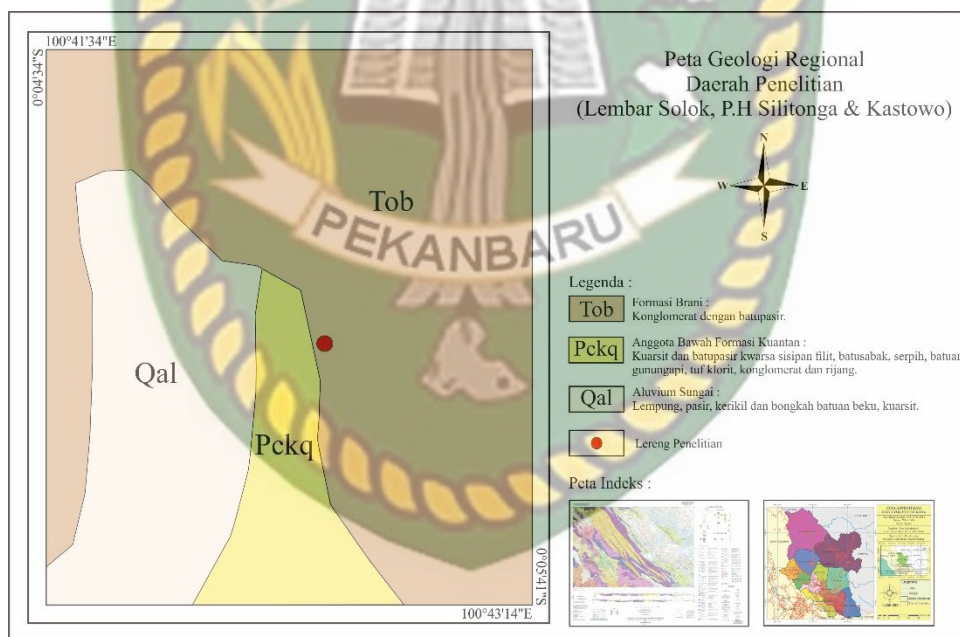


## BAB II

## TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Geologi Regional

Kabupaten Lima Puluh Kota berada pada rangkaian perbukitan yang dikenal dengan “Bukit Barisan” dan merupakan bagian dari “*Volcanic Arc*” tatanan atau kerangka tektonik lempeng di daerah Sumatra. Lokasi penelitian termasuk ke dalam formasi Brani berdasarkan peta geologi Lembar Solok (P.H Silitonga & Kastowo, 1995) yang berumur Eosen – Oligosen. Formasi Brani memiliki hubungan menjemari dengan formasi Sangkarewang (P.H Silitonga & Kastowo, 1995). Litologi pada formasi ini berupa konglomerat dengan sisipan batupasir dan memiliki lingkungan pengendapan yaitu kipas alluvial.



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

## 2.2 Struktur Geologi Regional

Struktur geologi regional daerah penelitian sangat dipengaruhi oleh tatanan geologi Sumatra. Dari struktur geologi, daerah ini termasuk ke dalam daerah cekungan Payakumbuh, yang memiliki struktur sesar atau patahan berupa struktur sesar normal dan sesar geser yang merupakan refleksi dari *basement* daerah berupa

*Block Faulting System* (Sistem Sesar Bongkah). Secara umum arah struktur di daerah Kabupaten Lima Puluh Kota adalah Baratlaut-Tenggara. Pada batuan Pra-Tersier, selain arah tersebut terdapat arah Timurlaut-Baratdaya dan Utara-Selatan. Perlipatan pada batuan Tersier mempunyai kemiringan pada umumnya tidak lebih dari  $20^\circ$ , sedangkan pada batuan Pra-Tersier lebih tajam. Sesar utama di daerah ini adalah bagian dari sesar Sumatra yang berarah Baratlaut-Tenggara dan berupa sesar geser menganan yang berkaitan dengan pembentukan gunung berapi, selain itu terdapat pula yang berarah Timurlaut-Baratdaya dan Utara-Selatan.

Perkembangan struktur di daerah Kabupaten Lima Puluh Kota adalah Sesar Normal Kelok Sembilan, Solok Bio-Bio, selain itu juga terdapat sesar normal lainnya yaitu Sesar Normal Batu Balang, Sesar Normal Bukik Bulek Banjar Laweh, Sesar Normal Koto Alam, Sesar Normal Bukik Bapanasan, Sesar Geser Taratak dan Sesar Geser Suliki. Struktur perlipatan terdapat disekitar daerah Gunung Malintang, berupa struktur Sinklin ke arah tenggara. Struktur geologi lainnya yaitu kekar (*joint*) berupa kekar silang (*shear joint*), dan kekar tarik (*tension joint*).

### 2.3 Lereng

Lereng adalah suatu permukaan yang menghubungkan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah, dan stabilitas lereng erat kaitannya dengan longsor atau gerakan tanah yang merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah (Korach dan Sarajar, 2014).

Tingkat kemiringan lereng dipengaruhi oleh kondisi di bawah permukaan. Pada lereng yang memiliki tingkat kemiringan tinggi, jumlah rembesan air dan energi transportasi air juga besar. Ini disebabkan oleh gravitasi yang lebih besar sejalan dengan kemiringan permukaan dari bidang horizontal. Ketika kemiringan menjadi dua kali lebih curam, maka jumlah erosi 2 – 2.5 kali lebih banyak (Putra, D.E.B dan Choanji T, 2016).

Lereng yang ada secara umum dibagi menjadi dua kategori 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.

### 2.3.1 Kestabilan Lereng

Lereng adalah bagian dari permukaan bumi yang berbentuk miring sedangkan kestabilan/kemantapan lereng adalah suatu kondisi atau keadaan yang mantap atau stabil terhadap suatu bentuk dan dimensi lereng (Samantha, 2002). Analisa kestabilan bertujuan untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang berpotensi (Hardiyatmo, 1994). Tingkat kemiringan suatu lereng dipengaruhi oleh kondisi batuan di bawah permukaan.

Tujuan utama dalam analisa kestabilan lereng adalah untuk memberikan suatu tinjauan dan perencanaan lereng yang aman dan ekonomis. Metode analisa untuk kestabilan lereng tidak dapat dilepaskan dari pengetahuan mengenai mekanisme dari keruntuhan lereng, jenis material dan asal usulnya, topografi dan kondisi geologi setempat.

### 2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

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

1. Geometri Lereng

Geometri lereng meliputi bentuk lereng, baik tinggi lereng dan besar sudut lereng. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kestabilannya.

2. Penyebaran Batuan

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

3. Struktur Geologi

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, kekar, lipatan, rekahan, dan bidang perlapisan (Yunita, 2013). Struktur sangat menjadi penting didaerah penelitian karena lokasi tersebut terletak pada zona lemah dari sesar aktif di pulau Sumatra yaitu zona patahan Sumatra (Yuskar, et al, 2017).

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

#### 5. Iklim

Iklim berpengaruh terhadap kestabilan lereng karena mempengaruhi perubahan suhu. Perubahan suhu yang cepat berubah dalam waktu yang singkat akan mempercepat proses pelapukan batuan. Curah hujan sebagai salah satu komponen iklim, akan mempengaruhi kadar air dan kejenuhan air.

#### 6. 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.

### 2.4 Riwayat Bencana Longsor di Jalan Lintas Riau – Sumatra Barat

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng (Iswanto dan Raharja, 2009). Bencana tanah longsor dapat terjadi karena faktor alamiah dan faktor ulah manusia. Di jalan lintas Riau dan Sumatra



Barat berpotensi longsor karena keberadaan lereng yang ditambang sebagai penambangan batu oleh masyarakat setempat. Faktor utama terjadinya longsor adalah struktur geologis, karena lereng yang ditambang dianggap sebagai lereng batuan yang memiliki banyak kekar dan kemungkinan kegagalan lereng lebih tinggi (Putra, D.E.B dan Choanji T, 2016).

Berikut ini adalah beberapa riwayat bencana longsor yang pernah terjadi di jalan lintas Riau – Sumatra Barat:

**Tabel 2.1** Riwayat Bencana Longsor di Jalan Lintas Riau – Sumatra Barat

Kejadian	Tahun	Lokasi
Longsor	<b>2016</b>	
	28/1/2016	Km 79 Dusun Rantau Berangin, Desa Merangin
	13/11/2016	Km 77, 80, 82 Desa Merangin
Longsor	<b>2017</b>	
	2/3/2017	Kecamatan Kapur IX, Kabupaten Lima Puluh Kota
	15/3/2017	Kecamatan Pangkalan, Kabupate Lima Puluh Kota
Longsor	<b>2018</b>	
	19/4/2018	Km 77 Desa Merangin
	23/10/2018	Jalan lintas Riau – Sumatra Barat, Dusun Rantau Berangin, Desa Merangin
	15/11/2018	Km 81 PLTA Koto Panjang
	6/12/2018	Km 110 perbatasan Riau – Sumatra Barat

## 2.5 Uji Analisis Butiran / *Grain Size*

Sifat-sifat tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Oleh karena itu, analisis ukuran butiran ini merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan. Nama dan sifat tanah ditentukan atau dipengaruhi oleh gradasi (untuk tanah berbuit kasar) dan batas-batas konsistensinya (untuk tanah berbutir halus). Yang dalam hal ini disebut sifat indeks tanah. Tanah terdiri dari beraneka ragam butiran dengan perbandingan persentasi butiran keanekaragaman. Dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butir (Santosa, dkk., 1998)

Jenis tanah	Ukuran butir (mm)
Gravel (kerikil)	>2.00
Sand (pasir)	2.00 – 0.06
Silt (lanau)	0.06 – 0.002
Clay (lempung)	<0.002

Untuk distribusi tanah berbutir kasar, dapat dilakukan penyaringan. Penyaringan ini secara teknis adalah dengan meloloskan tanah ke dalam satu set saringan yang memiliki ukuran berbeda-beda. Berdasarkan standar di Amerika Serikat, ukuran saringan dibagi menjadi nomor-nomor saringan yang ditunjukkan sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Ukuran Lubang Untuk Masing-Masing Nomor Saringan (Das, Endah, & Mochtar, 1995)

No. Saringan	Ukuran Lubang (mm)
4	4,750
6	3,350
8	2,360
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	0,450
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

### Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah unified atau *Unified Soil Classification System* (USCS), mengklasifikasikan tanah kedalam dua kategori utama yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), yaitu tanah berbutir kasar dengan kurang dari 50% dari berat total tanah dengan lolos ayakan No.200.



simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

2. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*) yaitu tanah berbutir halus dengan lebih dari 50% dari berat total tanah adalah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf M untuk lanau (*moum* atau *silt*), C untuk lempung (*clay*), dan O untuk tanah organik (*organic soils*) serta PT digunakan untuk tanah gambut (*peat soils*).

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW
		Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	GP
		Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	GM
		Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	GC
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW
		Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	SP
		Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	SM
		Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	SC
	Pasir dengan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	ML
		Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )	CL
		Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	OL
	Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	MH
		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )	CH
		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	OH
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber : Hary Christady, 1996.

Gambar 2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified* (USCS)

## 2.6 *Atterberg Limits* (Batas – Batas Atterberg)

Atterberg Limit diciptakan oleh Albert Atterberg (1911), seorang kimiawan Swedia, yang kemudian diperbaharui oleh Arthur Casagrande. Digunakan dalam perhitungan dasar dari tanah berbutir halus. Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap disekeliling permukaannya. Menurut Atterberg, cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan air tanah. Ada beberapa pengujian yang dilakukan dalam menentukan konsistensi tanah yaitu:

### 1. *Liquid Limit* (Batas Cair)

*Liquid limit* adalah kadar air tanah yang berada pada batas antara kondisi cair dan kondisi plastis. Penentuan batas cair dengan menggunakan alat uji Casagrande. Tujuan dari analisis batas cair adalah untuk menghitung nilai konsistensi batas cair.



Gambar 2.3 Percobaan Uji *Liquid Limit*

### 2. *Plastic Limit* (Batas Plasis)

*Plastic limit* adalah kadar air yang berada diantara kondisi semi padat dan plastis yang ditandai dengan tanah yang mulai retak-retak. Batas plastis dapat ditentukan dengan pengujian yang sederhana dengan menggulung sejumlah tanah secara berulang sehingga berbentuk ellipsoidal. Kadar air contoh tanah yang mana tanah mulai retak-retak didefinisikan sebagai plastis. Tujuan dari analisis batas

plastis adalah untuk menghitung nilai konsistensi plastisitas dan indeks plastisitas tanah.



**Gambar 2.4** Percobaan Uji *Plastic Limit*

### 3. *Plasticity Index* (Indeks Plastisitas)

Indeks Plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dengan batas plastis pada tanah. Nilai PI ditunjukkan dengan persamaan:

$$PI = LL - PL$$

Indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah, jika nilai PI tinggi maka tanah mengandung banyak lempung, dan jika nilai PI rendah maka tanah mengandung banyak lanau. Ciri dan sifat dari tanah lanau adalah dengan kadar air yang berkurang sedikit saja tanah akan menjadi kering. Oleh Atterberg diberikan batasan nilai Indeks Plastisitas dengan sifat-sifat, ragam tanah dan kohesifitasnya, sebagai berikut:

**Tabel 2.4** Nilai Indeks Plastisitas dan Ragam Tanah

PI	Sifat	Ragam Tanah	Kohesif
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7-17	Platisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

### 2.7 *Rock Structure Rating* (RSR)

*Rock Structure Rating* dikemukakan oleh Wickham pada tahun 1972, menjelaskan metode kuantitas untuk mendeskripsikan kualitas massa batuan dan untuk memilih dukungan yang tepat untuk batuan tersebut. Dalam pengembangan



metode ini digunakan untuk terowongan yang relatif kecil. Meskipun begitu, metode ini merupakan yang pertama kali dalam membuat referensi *shotcrete* sebagai dukungan pada batuan. Dalam penggunaan metode ini perlu adanya pemeriksaan detail karena perlu menggunakan logika dalam pengembangan sistem kualifikasi massa batuan. Berikut parameter yang terdapat dalam metode RSR, yaitu:

- a. Parameter A, Geologi: Penilaian umum struktur geologi, yaitu:
  1. Jenis batuan asal (beku, metamorf dan sedimen)
  2. Kekerasan batuan (keras, sedang, lunak, lapuk)
  3. Struktur geologi (*massive, slightly faulted/folded, moderately faulted/folded, intensely faulted/folded*)
- b. Parameter B, Geometri: Pengaruh pola diskontinuitas sehubungan dengan arah *drive*, yaitu:
  1. Jarak antar kekar (*Joint spacing*)
  2. Orientasi kekar (*joint orientation, strike and slip*)
  3. Arah tunnel (*Direction of tunnel drive*)
- c. Parameter C, Pengaruh airtanah dan kondisi kekar, yaitu:
  1. Keseluruhan kualitas massa batuan berdasarkan gabungan parameter A dan B
  2. Kondisi kekar (baik, buruk, sangat buruk)
  3. Jumlah arus masuk air

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Objek Penelitian

Sebelum melakukan penelitian dilakukan studi pustaka berupa studi literatur untuk mengetahui gambaran umum mengenai karakteristik geologi dan geoteknik pada daerah penelitian. Setelah itu dilakukan pengambilan data di lapangan berupa data kekar dan sampel tanah pada lereng penelitian. Lereng penelitian memiliki panjang 48 meter dan tinggi 10 meter yang dibagi menjadi empat *scanline* dengan menggunakan metode RSR (*Rock Structure Rating*) untuk mengetahui kestabilan lereng, dan 12 meter berupa lereng yang telah mengalami pelapukan dengan menggunakan metode *Atterberg Limits* untuk menentukan klasifikasi tanah di daerah penelitian.

#### 3.2 Alat-Alat yang Digunakan

Untuk menunjang dan memperlancar pelaksanaan penelitian skripsi ini diperlukan alat-alat sebagai berikut:

##### 3.2.1 Alat-Alat di Lapangan

Adapun alat lapangan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kompas
2. GPS
3. Palu geologi
4. Meteran
5. Alat tulis dan penggaris
6. Kamera
7. Pipa ukuran 2 inchi sepanjang 20 cm

##### 3.2.2 Alat- Alat di Laboratorium

Adapun alat laboratorium yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Ayakan
2. Mesin sekker

3. Oven
4. Kuas
5. Neraca
6. Plat kaca
7. Alat cassagrande
8. Cawan

### 3.3 Langkah – Langkah Penelitian

Dalam melakukan penelitian perlu adanya rencana kerja yang tersusun dan terstruktur, baik sebelum ke lapangan, selama di lapangan dan setelah kembali dari lapangan. Rencana kerja tersebut meliputi beberapa tahap yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data dan tahap analisis data.

#### 3.3.1 Tahap Pesiapan

Tahap persiapan yang dilakukan meliputi studi pustaka mengenai metode yang akan dijadikan sebagai kajian penelitian, geologi regional daerah penelitian dan cara analisis geomekanika lereng menggunakan metode RSR (*Rock Structure Rating*) dan *Atterberg Limits* serta melakukan perizinan baik dari Universitas Islam Riau maupun pemerintah daerah di lokasi penelitian.

#### 3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Dalam tahap pengumpulan data ini meliputi pengambilan data di lapangan berupa data kekar serta perhitungan diskontinuitas, pengambilan data menggunakan metode RSR dan sampel tanah. Dalam pengambilan data di lapangan terdapat beberapa parameter yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut:

- a. Jarak (*spacing*): mengukur jarak antar satu kekar dengan kekar yang lainnya. *Spacing* dinyatakan dalam cm.
- b. Tipe struktur geologi: menentukan tipe struktur geologi pada lereng tersebut. Terdapat 0 – 9 tipe struktur geologi pada parameter ini.

**Tabel 3.1** Tipe Struktur Geologi

Nomor	Jenis
0	<i>Shear</i>



1	Zona patahan
2	Patahan
3	Kekar
4	Lapisan
5	Foliasi
6	Retakan
7	Rekahan
8	<i>Schistosity</i>
9	<i>Fissure</i>

- c. Jurus/kemiringan (*strike/dip*): data jurus/kemiringan didapat menggunakan kompas geologi. Data *strike* menunjukkan arah pola jurus lapisan atau kekar, sedangkan data *dip* menunjukkan sudut kemiringan lapisan atau kekar.
- d. Panjang kekar (*persistence/lenght*): mengukur panjang kekar yang terdapat pada batuan di lereng tersebut. *Persistence/lenght* dinyatakan dalam meter. Terdapat jenis parameter *persistence/length*, yaitu:

Tabel 3.2 Jenis Panjang Kekar

Nomor	Jenis
1	Terlihat
2	Tidak terlihat (1 end)
3	Tidak terlihat (2 end)

- e. Lebar rekahan diskontinuitas (*Apperture*): menentukan lebar bukaan dari kekar, dengan skala 0 - >200mm. Terdapat jenis 7 jenis kategori pada penentuan *aperture*, yaitu:

Tabel 3.3 Jenis Lebar Rekahan Diskontinuitas

Nomor	Jenis
1	Sangat lebar (> 200 mm)
2	Lebar (60 – 200 mm)
3	Sedikit lebar (20 – 60 mm)
4	Sedikit sempit (6 – 20 mm)
5	Sempit (2 – 6 mm)

6	Sangat sempit ( $< 0 - 2 \text{ mm}$ )
7	Rapat (0 mm)

- f. Material pengisi bidang diskontinuitas (*Infilling*): menentukan ada atau tidaknya pengisi kekar pada lereng. Terdapat 8 jenis parameter dalam menentukan jenis pengisi, yaitu:

**Tabel 3.4** Jenis Material Pengisi Bidang Diskontinuitas

Nomor	Jenis
1	Bersih
2	Berwarna
3	Tidak berpadu
4	Lempung tidak aktif
5	Lempug aktif
6	Semen
7	<i>Chlorite, talc dan gypsum</i>
8	Lainnya

- g. Kekasaran bidang diskontinuitas (*Roughness*): menentukan tingkat kekasaran permukaan pada kekar. Parameter ini disimbolkan dengan angka romawi. Terdapat 9 parameter dalam menentukan jenis kekar bidang diskontinuitas, yaitu:

**Tabel 3.5** Jenis Kekasaran Bidang Diskontinuitas

Nomor	Jenis
I	<i>Rough stepped</i>
II	<i>Smooth stepped</i>
III	<i>Slickensided stepped</i>
IV	<i>Rough undulating</i>
V	<i>Smooth undulating</i>
VI	<i>Slickensided undulating</i>
VII	<i>Rough planar</i>
VIII	<i>Smooth planar</i>
IX	<i>Slickensided planar</i>

- h. Air (*water*): menentukan kondisi air pada lereng. Terdapat 4 jenis parameter dalam menentukan jenis air, yaitu:

**Tabel 3.6** Kondis Air Pada Lereng

Nomor	Jenis
1	Kering
2	Lembab
3	Basah
4	Mengalir

Setelah dilakukan pengambilan data diskontinuitas berdasarkan beberapa parameter di lapangan, kemudian pada lereng tersebut dilihat tingkat pelapukannya, yang dibagi menjadi beberapa tingkat pelapukan yang dapat dilihat pada **Tabel 3.7**.

**Tabel 3.7** Sistem Klasifikasi Derajat Pelapukan Batuan (Irfan dan Dearman, 1978)

Istilah	Derajat	Deskripsi
Batuan Segar	I	Tidak terdapat tanda-tanda batuan mengalami pelapukan, mungkin terdapat sedikit perubahan warna pada permukaan diskontinuitas utamanya.
Lapuk Ringan	II	Perubahan warna menunjukkan pelapukan pada material batuan dan permukaan diskontinuitas.
Lapuk Sedang	III	Kurang dari 35% material batuan telah terdekomposisi dan/atau terdisintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau perubahan warna pada batuan masih dapat dijumpai sebagai kerangka diskontinuitas atau inti batuan.
Lapuk Tinggi	IV	Lebih dari 35% material batuan telah terdekomposisi dan/atau terdisintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau perubahan warna pada batuan masih dapat dijumpai sebagai kerangka diskontinuitas atau inti batuan.
Lapuk Sempurna	V	Seluruh material batuan telah terdekomposisi dan/atau terdisintegrasi menjadi tanah. Struktur massa yang asli sebagian masih utuh.
Tanah Residu	VI	Seluruh material batuan telah berubah menjadi tanah. Struktur massa dan kemas ( <i>fabric</i> ) material telah rusak. Disini terjadi perubahan volume menjadi lebih besar tetapi tanah belum mengalami transportasi.

### 3.3.3 Tahap Analisis Data

Tahap analisis data merupakan pengolahan data lapangan yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan analisis data menggunakan *Atterberg Limits* dan metode RSR (*Rock Structure Rating*).



### 3.4 Analisis Ayakan (*Sieve Analysis*)

Analisis ayakan dilakukan untuk menentukan persebaran ukuran butir halus dan ukuran butir kasar menggunakan ayakan. Analisis ayakan dilakukan dengan melakukan percobaan sebagai berikut:

- Keringkan sampel didalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C} - 115^{\circ}\text{C}$ .
- Saring sampel lewat saringan dengan nomor mesh 8, 16, 30, 50, 100, 200 dan pan secara berurutan, kemudian guncang saringan dengan tangan dan setelah itu menggunakan mesin pengguncang selama 5 menit.
- Setelah sampel selesai diguncang, lengkapi tabel pemeriksaan analisa ayakan.
- Plot data yang telah dihitung ke dalam grafik akumulatif.
- Setelah grafik diperoleh, selanjutnya membuat analisa mengenai sebaran butir dari sampel tanah tersebut.

Untuk menentukan jenis tipe gradasi tanah ada beberapa parameter, antara lain:

- Ukuran efektif adalah diameter yang dalam kurva distribusi ukuran butir yang bersesuaian dengan 10% yang lebih halus (lolos ayakan).
- Koefisien keseragaman adalah koefisien yang menunjukkan sifat seragam tanah.

Hasil dari analisis ayakan umumnya digambarkan pada kurva distribusi ukuran butir (**Gambar 3.1**). Adapun rumus yang dipakai untuk perhitungan analisis ayakan sebagai berikut:

- D<sub>60</sub>: Diameter butir (dalam mm) yang berhubungan dengan 60% lolos.
- D<sub>30</sub>: Diameter butir (dalam mm) yang berhubungan dengan 30% lolos.
- D<sub>10</sub>: Diameter butir (dalam mm) yang berhubungan dengan 10% lolos.
- Koefisien Keseragaman:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Jika:

Nilai  $Cu = 1$ , maka butir tanah berukuran sama

Nilai  $Cu > 5$ , maka butir tanah makin tidak seragam

Nilai  $C_u < 3$ , maka butir tanah makin seragam

- Koefisien Gradasi:

$$C_z = \frac{D_{30}^2}{(D_{60} \times D_{10})}$$

Jika:

Nilai  $C_z = 1$ , maka butir tanah berukuran sama

Nilai  $C_z < 5$ , bergradasi buruk

Nilai  $C_z > 5$ , bergradasi baik

- Koefisien Sortasi:

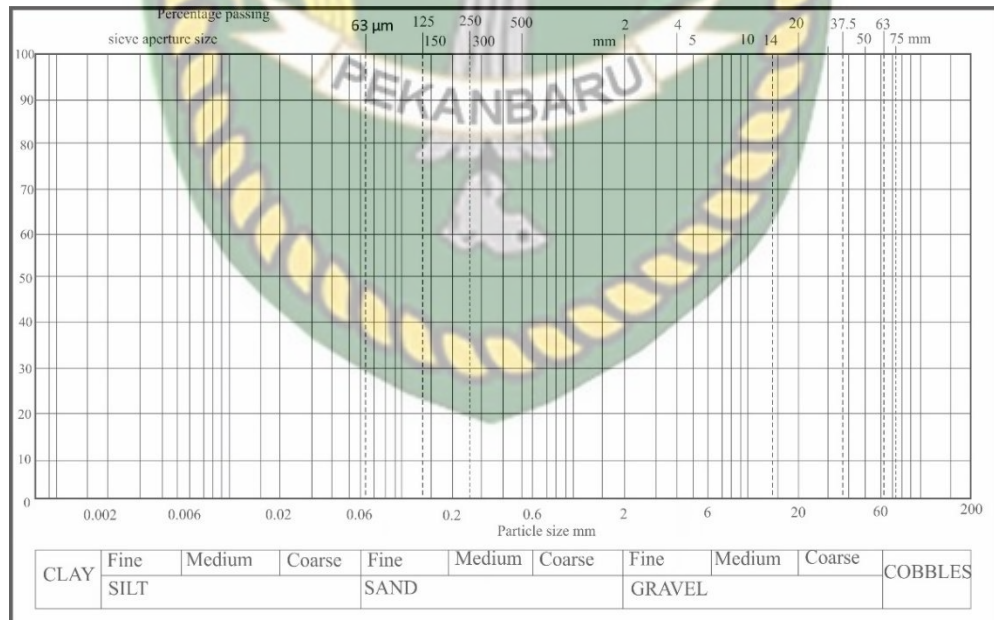
$$S_o = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}}$$

Jika:

- Nilai  $S_o < 2.5$ , maka sortasi baik

- Nilai  $S_o 2.5 - 4$ , maka sortasi sedang

- Nilai  $S_o > 4$ , maka sortasi buruk



Gambar 3.1 Kurva Distribusi Ukuran Butir

### 3.5 Analisis Atterberg Limits (Batas – Batas Atterberg)

Batas – batas Atterberg merupakan metode yang digunakan untuk menentukan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi.

Tanah memiliki beberapa keadaan tertentu, yaitu dari keadaan cair sampai padat. Parameter batas – batas Atterberg dibagi menjadi 3 yaitu *Liquid Limit* (Batas Cair), *Plastic Limit* (Batas Plastis) dan *Plasticity Index* (Indeks Plastisitas).

### 3.5.1 Analisis Batas Cair (*Liquid Limit*)

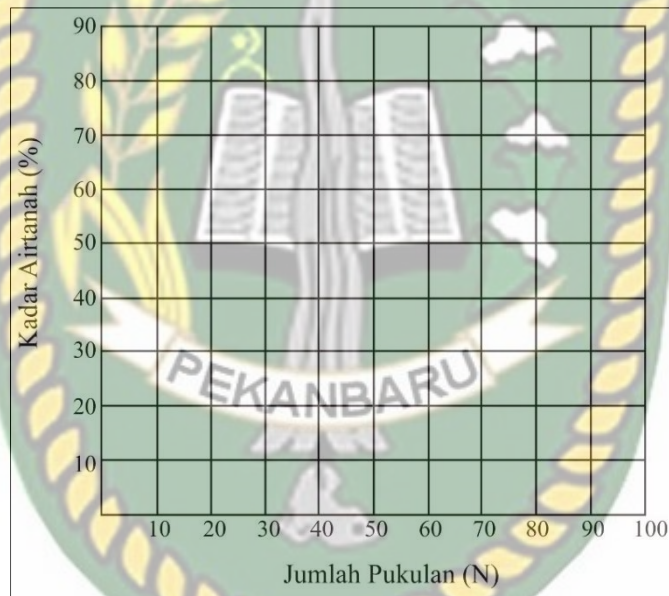
Analisis batas cair dilakukan dengan melakukan percobaan sebagai berikut:

- a. Siapkan 150 gram sampel tanah di atas plat kaca.
- b. Masukkan air sedikit demi sedikit dengan mengaduk sampel tanah tersebut sampai benda uji berada pada keadaan homogen.
- c. Setelah sampel tanah menjadi campuran homogen, ambil sebagian dan letakkan diatas mangkok alat batas cair, kemudian ratakan permukaan sampel hingga sejajar dengan dasar alat, bagian tebal harus  $\pm 1$  cm.
- d. Sampel tanah yang berada diatas mangkok alat batas cair dibuat alur dengan dibagi dua menggunakan *grooving tool* melalui garis tengah pemegang mangkok dan simetris. Pada waktu pembuatan alur, posisi *grooving tool* harus tegak lurus dipermukaan mangkok.
- e. Putar alat cassagrande tersebut hingga mangkok naik turun dengan kecepatan 2 putaran per dektik.
- f. Lakukan pemutaran sampai dasar alur sampel tanah menyatu dan catat jumlah pukulannya pada waktu sampel tanah tersebut menyatu.
- g. Ambil sampel tanah sebagian dari mangkok, kemudian masukkan ke dalam cawan yang telah disiapkan untuk mengetahui kadar airnya. Berat cawan dan sampel tanah basah tersebut ditimbang dahulu dan kemudian dimasukkan ke dalam oven. Setelah kering cawan dan sampel kering tanah ditimbang kembali untuk mengetahui kadar air yang diteliti.
- h. Ulangi langkah diatas dengan variasi kadar air yang berbeda, sehingga diperoleh perbedaan pukulan. Setelah itu dimasukkan kedalam tabel (**Tabel 3.8**) dan diplotkan ke grafik (**Gambar 3.2**) hasil dari batas cair tersebut.



Tabel 3.8 Pengujian Batas Cair

No	Keterangan	I	II	III
A	Nomor Cawan			
B	Banyak Pukulan			
C	Berat Cawan			
D	Berat Cawan + Sampel Basah			
E	Berat Cawan + Sampel Kering			
F	Berat Air (D – E)			
G	Berat Contoh Kering (E – C)			
H	Kadar Air ( $F/G \times 100\%$ )			

Gambar 3.2 Grafik *Liquid Limit*

### 3.5.2 Analisis Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Analisis batas plastis dilakukan dengan melakukan percobaan sebagai berikut:

- Letakkan sampel tanah sebanyak 150 gram diatas plat, kemudian aduk hingga kadar airnya rata.
- Setelah kadar air rata, buatlah sampel berbentuk bola – bola seberat  $\pm 8$  gr. Kemudian bola – bola tadi digiling diatas kaca, dilakukan menggunakan telapak tangan dengan kecepatan 80 – 90 gilingan per menit.

- c. Lakukan penggilingan sampai sampel tanah berbentuk batang dengan diameter 3 mm, bila penggilingan telah mencapai diameter yang dimaksud dan sampel mengalami keretakan maka satukan kembali sampel dengan menambahkan air sedikit demi sedikit dan aduk hingga rata. Namun, jika penggilingan telah mencapai diameter 3 mm tetapi sampel belum juga menunjukkan keretakan maka sampel tanah perlu dibiarkan beberapa saat di udara bebas agar kadar airnya berkurang sedikit.
- d. Setelah sampel mengalami keretakan maka sampel tersebut dipotong seukuran 2 cm, kemudian sampel basah tersebut yang telah dipotong dimasukkan kedalam cawan dan ditimbang, setelah itu dimasukkan ke dalam oven.
- e. Sampel tanah yang telah kering ditimbang kembali. Data hasil sampel tersebut dimasukkan ke dalam tabel (**Tabel 3.9**) dan grafik pengujian tabel plastis (**Gambar 3.3**).
- f. Kadar air rata – rata dari pengamatan di atas merupakan batas plastisnya.

Dari pengujian ini dapat ditentukan *Plasticity Index* (Indeks Plastisitas)

$$PI = LL - PL$$

Keterangan:

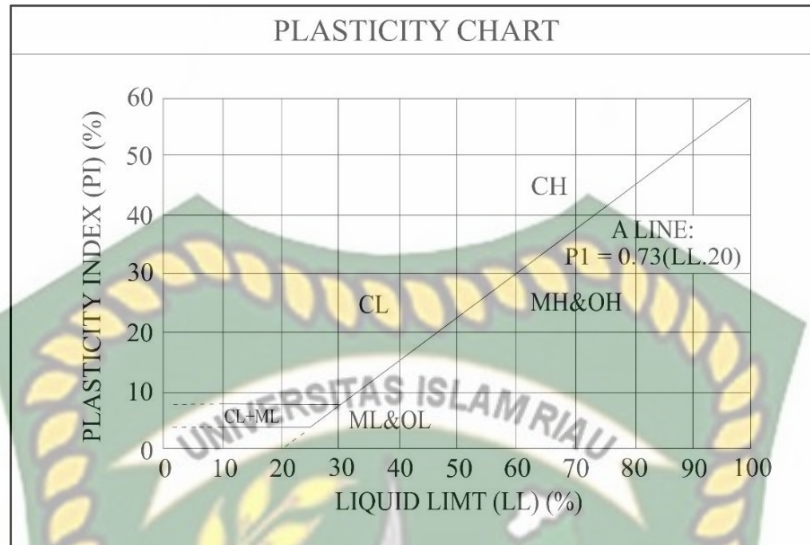
PI = *Plasticity Index* (Indeks Plastisitas)

LL = *Liquid Limit* (Batas Cair)

PL = *Plastic Limit* (Batas Plastis)

**Tabel 3.9** Pengujian Batas Plastis

No	Keterangan	I	II	III
A	Nomor Cawan			
B	Berat Cawan			
C	Berat Cawan + Sampel Basah			
D	Berat Cawan + Sampel Kering			
E	Berat Air (C – D)			
F	Berat Contoh Kering (D – B)			
G	Kadar Air (E / F) x 100%			



Gambar 3.3 Grafik Plastic Limit

### 3.6 Analisis Metode Rock Structure Rating (RSR)

Pada tahun 1972, Wickham memaparkan 3 tabel dalam menentukan nilai RSR yaitu parameter A (geologi), parameter B (geometri) dan parameter C (pengaruh air tanah dan kondisi kekar). Sistem RSR menerapkan konsep penilaian dari tiap parameter, sehingga didapat persamaan, yaitu:

$$RSR = A + B + C$$

Dimana A merupakan parameter A, B merupakan parameter B dan C merupakan parameter C. Parameter tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Parameter A, Geologi. Penilaian umum struktur geologi, berdasarkan:
  1. Jenis batuan asal (batuan beku, metamorf, sedimen)
  2. Kekerasan batuan (keras, sedang, lunak, lapuk)
  3. Struktur geologi (*massive, slightly faulted/folded, moderately faulted/folded, intensely faulted/folded*)

Pada parameter A yang harus dilakukan yaitu menentukan jenis batuan pada lereng seperti batuan beku, metamorf ataupun sedimen. Setelah ditentukan jenis batuan, kemudian menentukan tingkat kekerasan pada batuan yang terbagi atas keras, sedang, lunak atau lapuk. Dari penentuan jenis dan kekerasan batuan didapat nilai dari parameter tersebut. Setelah menentukan jenis dan kekerasan batuan,



kemudian menentukan struktur geologi yang terdapat pada lereng seperti *massive*, *slightly faulted/folded*, *moderately slightly faulted/folded* dan *intensively faulted/folded*. Jika sudah ditentukan maka didapat nilai rating pada parameter struktur geologi tersebut. Setelah nilai rating dari tiap parameter didapat, selanjutnya yaitu menjumlahkan nilai rating tersebut, maka akan didapatkan nilai rating dari parameter A.

**Tabel 3.10** Parameter A, Geologi. Geologi Umum

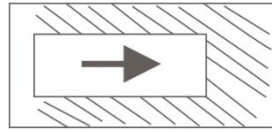
	Jenis Dasar Batuan				Struktur Geologi		
	Keras	Sedang	Lunak	Lapuk			
Beku	1	2	3	4	Sedikit	Sedang	Intensif
Metamorf	1	2	3	4	Lipatan atau	Lipatan atau	Lipatan atau
Sediment	2	3	4	4	<i>Massive</i> Patahan	Patahan	Patahan
Tipe 1	30				22	15	9
Tipe 2	27				20	13	8
Tipe 3	24				18	12	7
Tipe 4	19				15	10	6

- b. Parameter B, Geometri. Pengaruh pola diskontinuitas sehubungan dengan arah *drive*, berdasarkan:

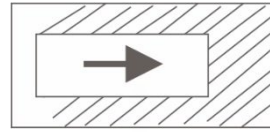
1. Jarak antar kekar (*joint spacing*)
2. Orientasi kekar (*joint orientation, strike and dip*)
3. Arah tunnel (*direction of tunnel drive*)

Pada parameter B langkah pertama yang harus dilakukan yaitu menentukan lereng tersebut termasuk dalam *strike* tegak lurus terhadap *axis* atau *strike* searah dengan *axis*. Setelah dapat ditentukan, kemudian menghitung jarak kekar pada lereng. Dari kedua data itu akan didapat rating pada parameter B.

Pada parameter B terdapat dua jenis arah jalan terhadap lereng atau *direction of drive*, yaitu A merupakan jenis jalan yang searah atau parallel dengan kemiringan lereng, B merupakan jenis jalan yang berlawanan dengan kemiringan lereng.



A. Jalan searah dengan kemiringan Lereng



B. Jalan berlawanan arah dengan kemiringan Lereng

**Tabel 3.11** Parameter B, Geometri: Pola kekar, Arah *drive*

Rata-rata jarak kekar	Strike $\perp$ terhadap sumbu					Strike $\parallel$ terhadap sumbu		
	Arah pergerakan					Arah pergerakan		
	Kedu anya	Dengan <i>Dip</i>		Berlawanan <i>Dip</i>		Salah satu arah		
		<i>Dip</i> dari kekar tampak <sup>a</sup>					<i>Dip</i> dari kekar tampak	
	Datar	<i>Dipping</i>	Vertikal	<i>Dipping</i>	Vertikal	Datar	<i>Dipping</i>	Vertikal
1. Kekar sangat dekat < 2 in	9	11	13	10	12	9	9	7
2. Kekar dekat, 2-6 in	13	16	19	15	17	14	14	11
3. Jarak kekar sedang, 6-12 in	23	24	28	19	22	23	23	19
4. Sedang hingga <i>Blocky</i> , 1-2 ft	30	32	36	25	28	30	28	24
5. <i>Blocky</i> hingga <i>massive</i> , 2-4 ft	36	38	40	33	35	36	24	28
6. <i>Massive</i> , > 4 ft	40	43	45	37	40	40	38	34

<sup>a</sup> *Dip*: datar: 0-20°; *dipping*: 20-50°; dan vertikal: 50-90°

c. Parameter C, Pengaruh airtanah dan kondisi kekar (*joint*), berdasarkan:

1. Keseluruhan kualitas massa batuan berdasarkan gabungan parameter A dan B
2. Kondisi kekar baik, buruk, dan sangat buruk
3. Jumlah arus masuk air (dalam setiap gallon per menit per 1000 kaki terowongan)

Pada parameter C langkah pertama yaitu menentukan dip lereng termasuk ke dalam *range* nilai 13 – 44 atau 45 – 75. Nilai dip lereng dapat dilihat dari *slope face* pada lereng tersebut. Terdapat keterangan pada nilai dip, dip dikatakan *flat* jika nilai dip 0° – 20°, *dipping* jika nilai dip 20° – 50°, dan *vertical* jika nilai dip 50° – 90°.

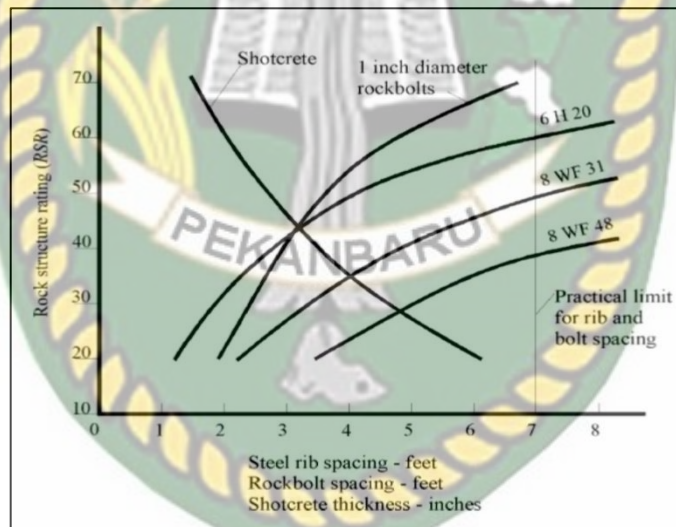
Setelah mengetahui *range* dip, selanjutnya menentukan aliran air pada lereng dalam *gallons per minutes*. Kemudian menentukan kondisi kekar termasuk ke dalam baik, sedang atau buruk. Setelah semua ditentukan, maka didapatkan nilai rating pada parameter C.

**Tabel 3.12** Parameter C. Pengaruh Kondisi Airtanah dan Kondisi Kekar

Arus air masuk yg diantisipasi gpm/1000 ft pada <i>tunnel</i>	Jumlah dari Parameter A + B					
	13 - 44			45 - 75		
	Kondisi kekar <sup>b</sup>					
	Baik	Sedang	Buruk	Baik	Sedang	Buruk
Tidak ada	22	18	12	25	22	18
Sedikit, < 200 gpm	19	15	9	23	19	14
Sedang, 200-1000 gpm	15	22	7	21	16	12
Berat, > 1000 gpm	10	8	6	18	14	10

<sup>b</sup> Kondisi kekar: baik = rapat atau tersemen; sedang = sedikit pelapukan atau terubah; buruk = sangat lapuk, terubah atau terbuka

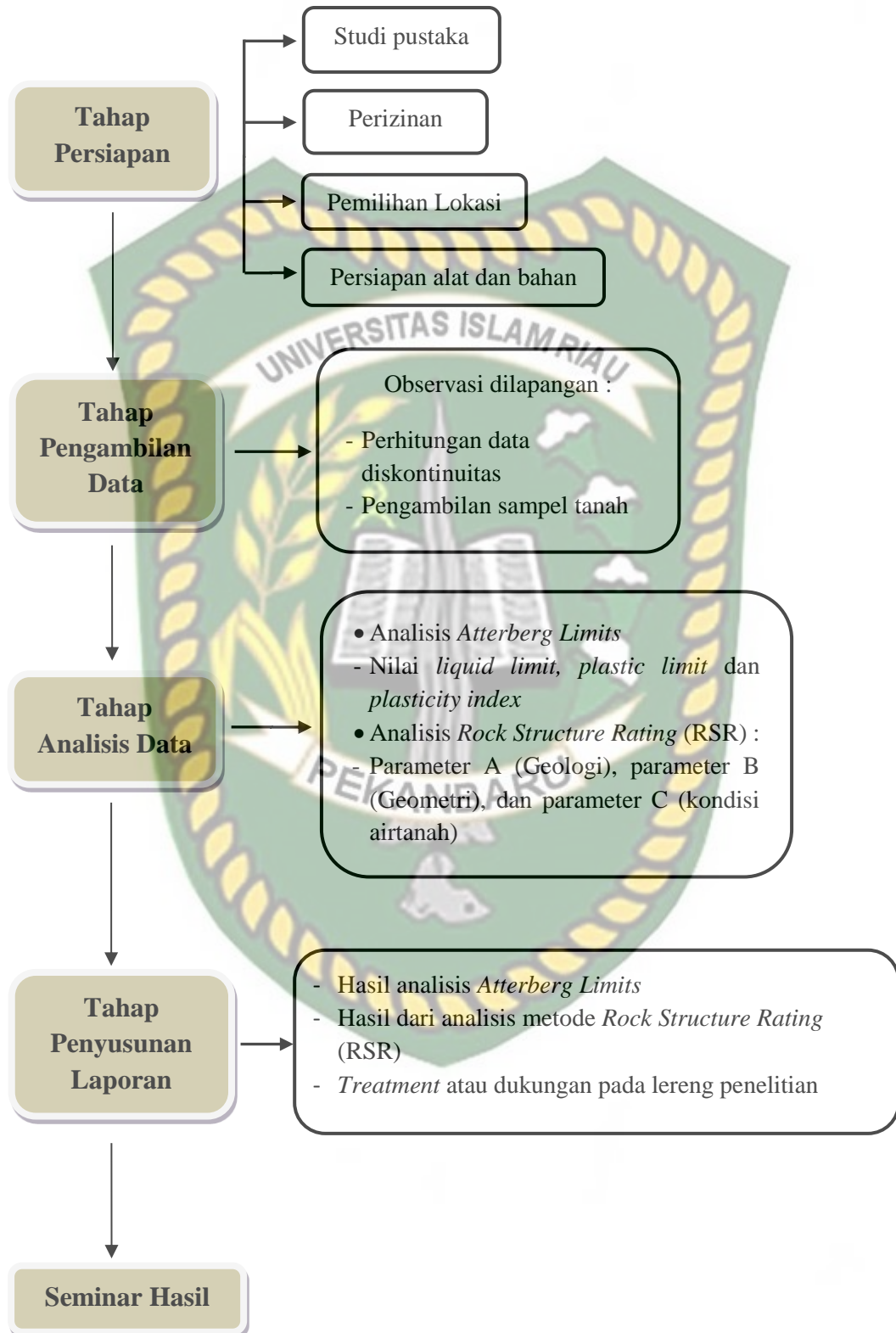
Setelah didapatkan nilai dari parameter A,B dan C kemudian nilai tersebut dijumlahkan agar mendapatkan nilai RSR. Nilai yang didapatkan kemudian diplotkan pada diagram RSR, sehingga dapat diketahui dukungan (*treatment*) yang akan diberikan pada lereng tersebut.

**Gambar 3.4** Diagram RSR (Wickham, 1972)

### 3.7 Tahap Penyusunan Laporan

Setelah peneliti melakukan pengolahan data, selanjutnya yaitu menganalisis data yang telah diambil supaya mempermudah penarikan kesimpulan, terdiri dari analisis metode *Atterberg Limits* dan *Rock Structure Rating* (RSR) serta mengetahui *treatment* atau dukungan pada lereng yang diteliti tersebut. Setelah itu dilakukan penyusunan dan penulisan laporan penelitian dari hasil pengolahan data yang didapat dan kemudian disajikan dalam bentuk tulisan ilmiah.





Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Ketersediaan Data

Lereng yang diambil sebagai objek penelitian terletak di pinggir jalan lintas Riau – Sumatra Barat km 165, Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatra Barat. Pada penelitian ini terdapat 1 lereng yang akan diteliti dengan kondisi lereng yang berbeda. Analisis yang dilakukan yaitu pengambilan data diskontinuitas/kekar yang dibagi menjadi beberapa *scanline*, pengambilan sampel tanah yang digunakan untuk melakukan analisis *Atterberg Limit*, melihat tingkat pelapukan lereng, pengambilan data menggunakan metode *Rock Structure Rating* (RSR) dan mengetahui *treatment* atau dukungan yang dapat dilakukan pada lereng penelitian.

#### 4.2 Kondisi Lereng

Lereng yang akan diteliti tersebut memiliki banyak diskontinuitas yang dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya kegagalan. Untuk mengetahui kondisi lereng tersebut, maka dilakukan pengambilan data berdasarkan pengukuran *scanline* yang dibagi menjadi 4 *scanline*.

##### 4.2.1 *Scanline* 1

Lereng pada *scanline* 1 memiliki panjang lereng 12 m dan tinggi lereng 10 m. Litologi yang terdapat berupa batupasir dilapisan bawah dan konglomerat dilapisan atas. Batupasir dengan warna lapuk kuning kecoklatan dan warna segar kuning keputihan, besar butir pasir halus-sedang, membulat tanggung-menyudut tanggung, pemilahan baik, kekompakan lunak dapat diremas. Sedangkan pada konglomerat memiliki warna lapuk coklat kekuningan dan warna segar coklat keputihan, besar butir fragmen kerikil-bongkah (1-20cm), bentuk butir fragmen membulat-membulat tanggung, kemas terbuka, kekompakan lunak-agak keras. Pada *scanline* ini telah mengalami pelapukan tinggi, dikarenakan lebih dari

setengah batuan sudah mulai terdekomposisi dan perubahan warna yang signifikan. Data diskontinuitas pada *scanline* 1 berupa kekar/rekahan, ditemukan 50 kekar dengan rata-rata jarak antar kekar dekat, lebar rekahan diskontinuitas sedikit sempit, dan kondisi air lembab. Pada pengambilan data diskontinuitas hanya satu bidang perlapisan yang berada pada jarak pengambilan *scanline*. Dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Pengukuran *Scanline* 1

#### 4.2.2 *Scanline* 2

Lereng pada *scanline* 2 memiliki panjang lereng 12 m dengan tinggi lereng yang berbeda-beda, dibagian kiri lereng memiliki tinggi sekitar 10 m, bagian tengah 5 m dan bagian kanan 8 m. Litologi yang terdapat berupa batupasir dilapisan bawah dan konglomerat dilapisan atas. Batupasir dengan warna lapuk kuning kecoklatan dan warna segar abu-abu kehitaman, besar butir pasir halus-sedang, membulat tanggung-menyudut tanggung, pemilahan baik, kekompakan keras. Sedangkan pada konglomerat memiliki warna lapuk coklat kekuningan dan warna segar coklat keputihan, besar butir fragmen kerakal-berangkal, bentuk butir fragmen membulat tanggung-membulat, kemas terbuka, kekompakan keras. Pada *scanline* 2



mengalami pelapukan ringan, dikarenakan batuan mengalami perubahan warna pada agregat yang rusak atau pada permukaan bidang diskontinuitas. Data diskontinuitas pada *scanline* 2 berupa kekar / rekahan, ditemukan 70 kekar dengan rata-rata jarak antar kekar sedang, lebar rekahan diskontinuitas sedikit sempit, dan kondisi air basah. Pada pengambilan data diskontinuitas hanya satu bidang perlapisan yang berada pada jarak pengambilan *scanline*. Dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lokasi Pengukuran *Scanline* 2

#### 4.2.3 *Scanline* 3

Lereng pada *scanline* 3 memiliki panjang lereng 12 m dan tinggi lereng 8 m. Litologi yang terdapat berupa batupasir dilapisan bawah dan konglomerat dilapisan atas. Batupasir dengan warna lapuk kuning kecoklatan dan warna segar abu-abu kehitaman, besar butir pasir halus-sedang, membulat tanggung-menyudut tanggung, pemilahan baik, kekompakan keras. Sedangkan pada konglomerat memiliki warna lapuk coklat kekuningan dan warna segar coklat keputihan, besar butir fragmen kerikil-berangkal, bentuk butir fragmen membulat-membulat tanggung, kemas terbuka, kekompakan agak keras-keras. Pada *scanline* 3 mengalami pelapukan ringan. Data diskontinuitas pada *scanline* 3 berupa kekar/

rekahan, ditemukan 80 kekar dengan rata-rata jarak antar kekar sedang, lebar rekahan diskontinuitas sedikit sempit, dan kondisi air basah. Pada pengambilan data diskontinuitas hanya satu bidang perlapisan yang berada pada jarak pengambilan *scanline*. Dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



**Gambar 4.3** Lokasi Pengukuran *Scanline* 3

#### 4.2.4 *Scanline* 4

Lereng pada *scanline* 4 memiliki panjang lereng 12 m dan tinggi lereng 8 m. Litologi yang terdapat berupa batupasir dilapisan bawah dan konglomerat dilapisan atas. Batupasir dengan warna lapuk kuning kecoklatan dan warna segar abu-abu kehitaman, besar butir pasir halus-sedang, membulat tanggung-menyudut tanggung, pemilahan baik, kekompakan keras. Sedangkan pada konglomerat memiliki warna lapuk coklat kekuningan dan warna segar coklat keputihan, besar butir fragmen kerikil-berangkal, bentuk butir fragmen membulat-membulat tanggung, kemas terbuka, kekompakan agak keras-keras. Data diskontinuitas pada *scanline* 4 berupa kekar/rekahan, ditemukan 70 kekar dengan rata-rata jarak antar kekar dekat, lebar rekahan diskontinuitas sedikit sempit dan kondisi air lembab. Pada *scanline* 3 mengalami pelapukan ringan, dikarenakan batuan mengalami perubahan warna pada agregat yang rusak atau permukaan bidang diskontinuitas.



Pada pengambilan data diskontinuitas hanya satu bidang perlapisan yang berada pada jarak pengambilan *scanline*. Dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



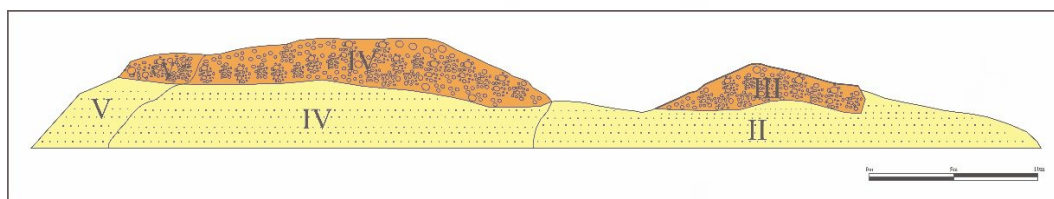
**Gambar 4.4** Lokasi Pengukuran *Scanline* 4

#### 4.3 Tingkat Pelapukan Lereng

Tingkat pelapukan lereng dikelompokkan berdasarkan kondisi lereng dilapangan, kemudian dibandingkan dengan tingkat pelapukan berdasarkan ISRM 1981 dalam Bienawski, 1989.



**Gambar 4.5** Lereng Penelitian Keseluruhan



**Gambar 4.6** Sketsa Tingkat Pelapukan Lereng Penelitian



Pada lereng penelitian dibagi menjadi 4 tingkat pelapukan, yaitu:

a. Tingkat pelapukan II (Lapuk Ringan):

Batupasir pada lereng yang memiliki tingkat pelapukan II dicirikan dengan perubahan warna pada material batuan dilapangan, rekahan ditutupi dengan material pengisi aliran berupa lempung yang belum signifikan, belum terdapat butiran – butiran pasir pada lereng, hanya terjadi perubahan warna.

b. Tingkat pelapukan III (Lapuk Sedang):

Konglomerat pada lereng yang memiliki tingkat pelapukan III dicirikan dengan perubahan warna yang cukup kontras pada material batuan tersebut, sudah mulai terdekomposisi atau sebagian lereng terdapat pasir, tetapi masih kurang dari 35% atau tidak seluruh material batuan.

c. Tingkat pelapukan IV (Lapuk Tinggi):

Batupasir dan konglomerat pada lereng yang memiliki tingkat pelapukan IV dicirikan dengan perubahan warna yang kontras dan sudah banyak terdapat pasir atau material sudah sangat terdekomposisi, lebih dari 35% kondisi pada daerah tersebut sudah berubah menjadi tanah dan sampel sudah bisa diambil dan diremas dengan tangan.

d. Tingkat pelapukan V (Lapuk Sempurna):

Batupasir dan konglomerat pada lereng yang memiliki tingkat pelapukan V dicirikan dengan semua material sudah terdekomposisi menjadi tanah, tetapi struktur massa yang asli sebagian masih utuh dan sebagian sisi pada lereng sudah mengalami longsor.

#### 4.4 Analisis Ayakan (*Sieve Analysis*)

Lereng penelitian yang mengalami pelapukan tinggi sehingga sebagian material batuan sudah menjadi tanah dijadikan sampel yang digunakan untuk melakukan analisis ayakan (*sieve analysis*). Lereng penelitian tersebut memiliki panjang 15 meter dan tinggi 10 meter. Sampel tanah yang dijadikan analisis ayakan dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian atas dan bagian bawah. Dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



**Gambar 4.7** Lereng Penelitian Pengambilan Sampel Tanah

Setelah dilakukan pengambilan sampel tanah tersebut, dilakukan uji analisis ayakan di laboratorium yang kemudian data dari hasil tanah yang didapat tersebut dihitung.

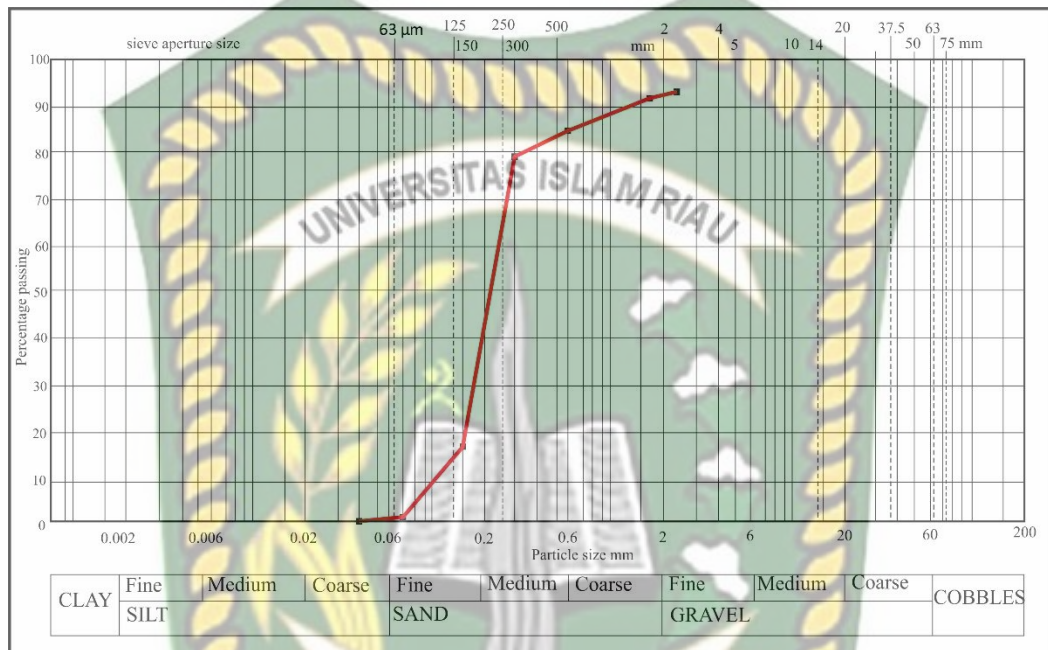
### 1. Uji Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Bawah

Hasil dari sampel tanah yang telah dilakukan uji analisis ayakan berdasarkan nomor ayakan tersebut dimasukkan ke dalam tabel. Dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Data Hasil Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Bawah

No Ayakan	Ukuran ayakan (mm)	Berat tertahan W <sub>n</sub> (gr)	Persentase W <sub>n</sub> R <sub>n</sub> = W <sub>n</sub> / W <sub>t</sub>	Persentase kumulatif ΣR <sub>n</sub> (100%)	%Finer 100 – ΣR <sub>n</sub> (%)
8	2.3	4.43	2.967	2.967	97.033
16	1.1	21.22	14.214	17.181	82.819
30	0.6	28.11	18.830	36.081	63.919
50	0.3	15.49	10.376	46.387	53.613
100	0.1	47.58	31.872	78.259	21.741
200	0.075	29.49	19.754	98.013	1.969
Pan	Pan	2.96	1.982	100	0
	Total	149.28	100		

Setelah didapatkan nilai dari hasil analisis ayakan (**Tabel 4.1**), kemudian nilai tersebut diplotkan kedalam diagram analisis ayakan (**Gambar 4.8**) untuk mengetahui sebaran butir dari sampel tanah tersebut. Nilai yang diplotkan kedalam diagram analisis ayakan yaitu nilai %Finer dan ukuran ayakan.



**Gambar 4.8** Grafik Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Bawah

Setelah di plotkan kedalam grafik maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- a. *Uniformity Coefficient* / Koefisiensi Keseragaman ( $C_u$ )

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_u = \frac{0.45 \text{ mm}}{0.1 \text{ mm}}$$

$$C_u = 4.5$$

- b. *Coefficient of Gradation* / Koefisien Gradasi ( $C_z$ )

$$C_z = \frac{D_{30} \times D_{30}}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$C_z = \frac{0.18 \text{ mm} \times 0.18 \text{ mm}}{0.45 \text{ mm} \times 0.1 \text{ mm}}$$

$$C_z = 0.66$$

- c. *Sorting Coefficient* / Koefisien Pemilahan ( $S_o$ )



$$S_o = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}}$$

$$S_o = \sqrt{\frac{1.3 \text{ mm}}{0.18 \text{ mm}}}$$

$$S_o = 2.68$$

**Tabel 4.2** Hasil Perhitungan Berdasarkan Grafik Analisis Ayakan

Cu	Cz	So	Keseragaman	Gradasi	Pemilahan
4.5	0.66	2.68	Seragam	Buruk	Sedang

Berdasarkan grafik pada (**Gambar 4.8**) dapat disimpulkan bahwa pada sampel tanah dibagian bawah lereng didapatkan distribusi ukuran butir paling kecil lanau sampai ukuran butir paling besar pasir kasar dan juga didapatkan nilai Cu = 4.4 berarti butir tanah seragam, nilai Cz = 0.66 berarti tanah bergradasi buruk. Tanah bergradasi buruk adalah tanah yang memiliki ukuran butir tidak terbagi secara merata dari ukuran butir besar hingga ukuran kecil. Dan nilai So = 2.68 berarti sortasi atau pemilahan sedang dengan ukuran butir yang tidak seragam.

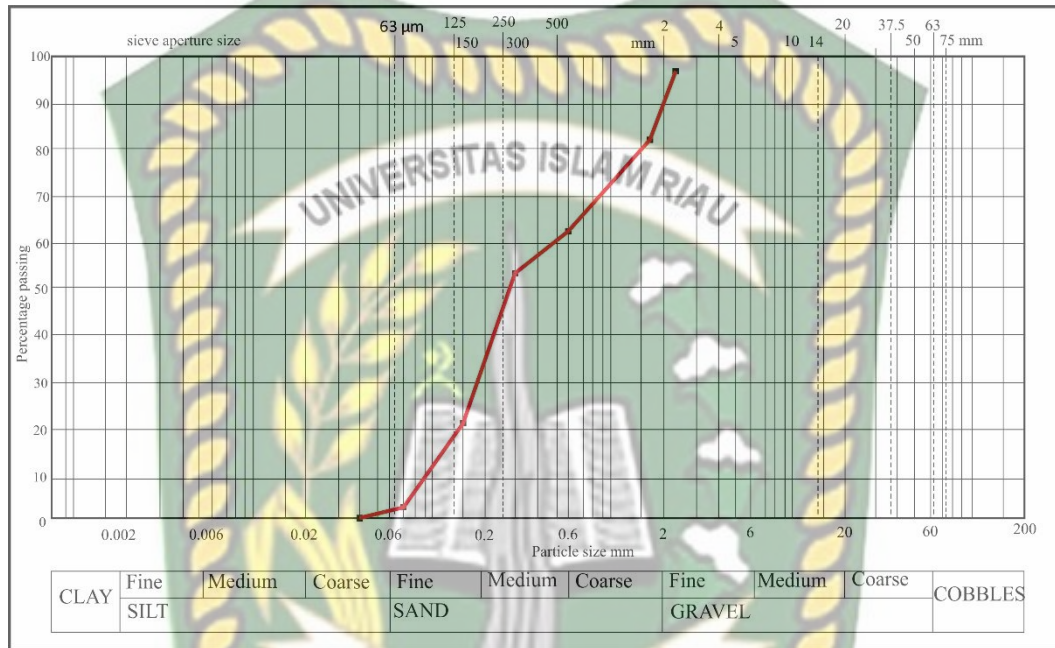
## 2. Uji Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Atas

Hasil dari sampel tanah yang telah dilakukan uji analisis ayakan berdasarkan nomor ayakan tersebut dimasukkan ke dalam tabel. Dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.3** Data Hasil Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Atas

No Ayakan	Ukuran ayakan (mm)	Berat tertahan Wn (gr)	Persentase Wn Rn = Wn / Wt	Persentase kumulatif $\sum R_n$ (100%)	%Finer 100 – $\sum R_n$ (%)
8	2.3	7.79	5.227	5.227	94.773
16	1.1	4.05	2.717	7.944	92.056
30	0.6	9.03	6.059	14.003	85.997
50	0.3	9.8	6.575	20.578	79.422
100	0.1	90.53	60.746	81.324	18.676
200	0.075	26.93	18.070	99.394	0.606
Pan	Pan	0.9	0.603	100	0
	Total	149.03	100		

Setelah didapatkan nilai dari hasil analisis ayakan (**Tabel 4.3**), kemudian nilai tersebut diplotkan kedalam diagram analisis ayakan (**Gambar 4.9**) untuk mengetahui sebaran butir dari sampel tanah tersebut. Nilai yang diplotkan kedalam diagram analisis ayakan yaitu nilai %Finer dan ukuran ayakan.



**Gambar 4.9** Grafik Analisis Ayakan Sampel Tanah di Bagian Atas

Setelah di plotkan kedalam grafik maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- a. *Uniformity Coefficient* / Koefisiensi Keseragaman ( $C_u$ )

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_u = \frac{0.23 \text{ mm}}{0.1 \text{ mm}}$$

$$C_u = 2.3$$

- b. *Coefisient of Gradation* / Koefisien Gradasi

$$C_z = \frac{D_{30} \times D_{30}}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$C_z = \frac{0.18 \text{ mm} \times 0.18 \text{ mm}}{0.23 \text{ mm} \times 0.1 \text{ mm}}$$

$$C_z = 1.3$$

c. *Sorting Coefficient* / Koefisien Pemilahan ( $S_o$ )

$$S_o = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}}$$

$$S_o = \sqrt{\frac{0.28 \text{ mm}}{0.17 \text{ mm}}}$$

$$S_o = 1.28$$

**Tabel 4.4** Hasil Perhitungan Berdasarkan Grafik Analisis Ayakan

Cu	Cz	So	Keseragaman	Gradasi	Pemilahan
2.3	1.3	1.28	Seragam	Buruk	Baik

Berdasarkan grafik pada (**Gambar 4.9**) dapat disimpulkan bahwa pada sampel tanah dibagian atas lereng didapatkan distribusi ukuran butir paling kecil lanau sampai ukuran butir paling besar pasir kasar dan juga didapatkan nilai  $C_u = 2.3$  berarti butir tanah seragam, nilai  $C_z = 1.3$  berarti tanah bergradasi buruk. Tanah bergradasi buruk adalah tanah yang memiliki ukuran butir tidak terbagi secara merata dari ukuran butir besar hingga ukuran kecil. Dan nilai  $S_o = 1.28$  berarti sortasi atau pemilahan baik dengan ukuran butir yang seragam.

Berdasarkan dari hasil analisis ayakan dapat disimpulkan, yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Hasil Perhitungan Keseluruhan dari Sampel Tanah Penelitian

Bagian	Cu	Cz	So	Keseragaman	Gradasi	Pemilahan
Bawah	4.5	0.66	2.68	Seragam	Buruk	Sedang
Atas	2.3	1.3	1.28	Seragam	Buruk	Baik

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa sampel tanah bagian bawah mempunyai keseragaman butir yang seragam dengan gradasi buruk dan pemilahan sedang, besar butir sedang dan sedikit terdapat kerikil. Sedangkan pada bagian atas mempunyai keseragaman butir yang seragam dengan gradasi buruk dan pemilahan baik, besar butir pasir halus-sedang dan sedikit terdapat kerikil.



#### 4.5 Analisis *Atterberg Limits* (Batas – Batas *Atterberg*)

Analisis *Atterberg Limits* yaitu menganalisa sampel tanah pada lereng yang telah mengalami pelapukan tinggi. Pada analisis ini yang menjadi objek penelitian berupa sampel tanah yang terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian bawah dan atas. Dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.

##### 4.5.1 Uji *Liquid Limit* (Batas Cair)

Berikut ini adalah analisis uji liquid limit di laboratorium, yaitu sebagai berikut:

##### 1. Uji *Liquid Limit* Sampel Tanah Bagian Bawah

Pada pengujian *liquid limit* (batas cair) ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan kadar air yang berbeda – beda. Hasil dari perhitungan *liquid limit* dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

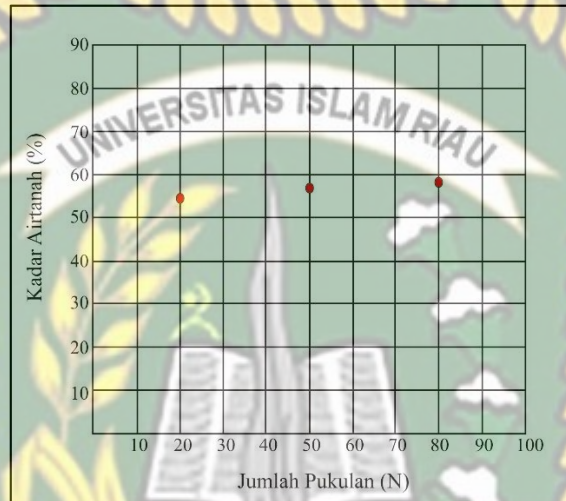
**Tabel 4.5** Data Hasil Perhitungan *Liquid Limit* Sampel Tanah di Bagian Bawah

No	Keterangan (gr)	I	II	III
A	Nomor Cawan	1	2	3
B	Banyak Pukulan	80	50	20
C	Berat Cawan	31.03	31.03	31.03
D	Berat Cawan + Sampel Basah	100.77	91.02	84.75
E	Berat Cawan + Sampel Kering	81.9	74.6	68.96
F	Berat Air (D – E)	18.87	16.42	15.79
G	Berat Contoh Kering (E – C)	50.87	43.57	37.93
H	Kadar Air ( $F/G \times 100\%$ )	59.09	57.68	55.62
I	Batas Cair (%)	57.4%		

Pada uji *liquid limit* dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan kadar air yang berbeda – beda. Percobaan 1 dilakukan dengan kadar air yang sedikit hasil uji *liquid limit* nya adalah 59.09% membutuhkan pukulan sebanyak 80 kali. Percobaan 2 dilakukan dengan kadar air yang sedang hasil uji *liquid limit* nya adalah 57.68% membutuhkan pukulan sebanyak 50 kali. Dan percobaan 3 dilakukan dengan kadar air yang banyak hasil uji *liquid limit* nya adalah 55.62% membutuhkan pukulan

sebanyak 20 kali. Dari hasil ketiga percobaan uji *liquid limit* pada sampel tanah bagian bawah menghasilkan nilai batas cair yaitu 57.4%.

Setelah didapat nilai perhitungan *liquid limit*, kemudian data jumlah pukulan dan kadar airtanah diplotkan kedalam grafik. Dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



**Gambar 4.10** Grafik Pengujian *Liquid Limit* Sampel Tanah di Bagian Bawah

## 2. Uji *Liquid Limit* Sampel Tanah di Bagian Atas

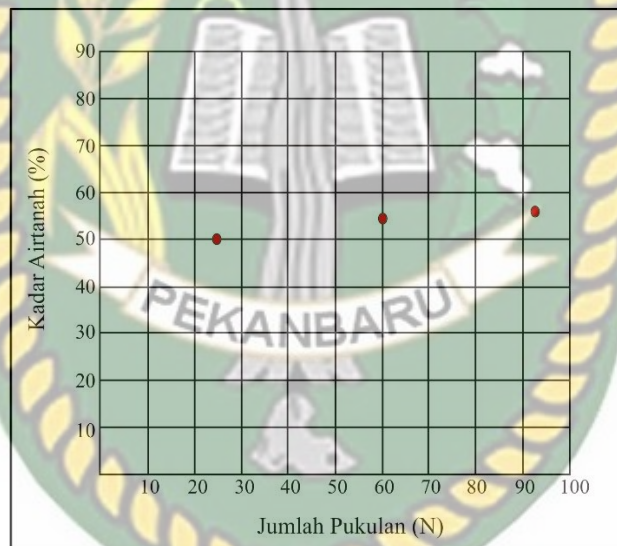
Pada pengujian *liquid limit* (batas cair) ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan kadar air yang berbeda – beda. Hasil dari perhitungan *liquid limit* dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

**Tabel 4.6** Data Hasil Perhitungan *Liquid Limit* Sampel Tanah di Bagian Atas

No	Keterangan (gr)	I	II	III
A	Nomor Cawan	1	2	3
B	Banyak Pukulan	92	60	25
C	Berat Cawan	31.03	31.03	31.03
D	Berat Cawan + Sampel Basah	91.90	87.35	86.34
E	Berat Cawan + Sampel Kering	82.35	79.80	76.85
F	Berat Air (D – E)	9.55	7.55	9.49
G	Berat Contoh Kering (E – C)	51.32	48.77	45.82
H	Kadar Air (F/G x 100%)	58.86	55.48	50.71
I	Batas Cair (%)	55.01%		

Pada uji *liquid limit* dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan kadar air yang berbeda – beda. Percobaan 1 dilakukan dengan kadar air yang sedikit hasil uji *liquid limit* nya adalah 58.86% membutuhkan pukulan sebanyak 92 kali. Percobaan 2 dilakukan dengan kadar air yang sedang hasil uji *liquid limit* nya adalah 55.48% membutuhkan pukulan sebanyak 60 kali. Dan percobaan 3 dilakukan dengan kadar air yang banyak hasil uji *liquid limit* nya adalah 50.71% membutuhkan pukulan sebanyak 25 kali. Dari hasil ketiga percobaan uji *liquid limit* pada sampel tanah bagian bawah menghasilkan nilai batas cair yaitu 55.01%.

Setelah didapat nilai perhitungan *liquid limit*, kemudian data jumlah pukulan dan kadar airtanah diplotkan kedalam grafik. Dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



**Gambar 4.11** Grafik Pengujian *Liquid Limit* Sampel Tanah di Bagian Atas

Kesimpulan dari pengujian batas cair dari 2 sampel tanah didapatkan nilai yang berbeda – beda. Bagian bawah lereng mempunyai nilai 38.8% dan bagian atas lereng mempunyai nilai 15.01% (**Tabel 4.7**). Dari hasil analisis itu disebabkan karena kadar air yang berbeda – beda menyebabkan setiap percobaan memiliki jumlah pukulan yang berbeda juga, semakin sedikit kadar air dalam sampel maka jumlah pukulan akan semakin banyak. Sedangkan semakin banyak kadar air dalam sampel maka jumlah pukulan akan semakin sedikit.



**Tabel 4.7** Hasil Analisis Pengujian *Liquid Limit* Lereng Penelitian

Nilai Batas Cair	Bawah	Atas
	57.4%	55.01%

#### 4.5.2 Uji *Plastic Limit* (Batas Plastis)

Berikut ini adalah analisis hasil uji *plastic limit* di laboratorium, yaitu sebagai berikut:

##### 1. Uji *Plastic Limit* Sampel Tanah di Bagian Bawah

Pada pengujian batas plastis ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan kadar air yang berbeda – beda. Hasil dari perhitungan *plastic limit* dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

**Tabel 4.8** Data Hasil Perhitungan *Plastic Limit* Sampel Tanah di Bagian Bawah

No	Keterangan (gr)	I	II	III
A	Nomor Cawan	1	2	3
B	Berat Cawan	31.03	31.03	31.03
C	Berat Cawan + Sampel Basah	40.38	47.87	40.81
D	Berat Cawan + Sampel Kering	38.17	45.75	38.45
E	Berat Air (C – D)	2.21	2.12	2.36
F	Berat Contoh Kering (D – E)	35.96	43.63	36.09
G	Kadar Air (E / F) x 100%	6.14	4.85	6.53
I	Batas Plastis (%)	5.84		

Pada uji *plastic limit* dilakukan percobaan sebanyak 3 kali percobaan. Percobaan 1 dilakukan dengan kadar air yang sedikit hasil uji *plastic limit* nya yaitu 6.14%. Percobaan 2 dilakukan dengan kadar air yang sedang hasil uji *plastic limit* nya yaitu 4.85%. Dan percobaan 3 dilakukan dengan kadar air yang banyak hasil uji *plastic limit* nya yaitu 6.53%. Dari hasil ketiga percobaan uji *plastic limit* pada sampel tanah bagian bawah menghasilkan nilai batas plastis yaitu 5.84%.

## 2. Uji *Plastic Limit* Sampel Tanah di Bagian Atas

Pada pengujian *plastic limit* (batas plastis) ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan kadar air yang berbeda – beda. Hasil dari perhitungan *plastic limit* dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

**Tabel 4.9** Data Hasil Perhitungan *Plastic Limit* Sampel Tanah di Bagian Atas

No	Keterangan (gr)	I	II	III
A	Nomor Cawan	1	2	3
B	Berat Cawan	31.03	31.03	31.03
C	Berat Cawan + Sampel Basah	46.85	47.70	40.34
D	Berat Cawan + Sampel Kering	45.68	46.19	36.88
E	Berat Air (C – D)	1.17	1.51	3.46
F	Berat Contoh Kering (D – E)	44.51	44.68	33.42
G	Kadar Air (E / F) x 100%	2.62	3.37	10.35
I	Batas Plastis (%)	5.44%		

Pada uji *plastic limit* dilakukan percobaan sebanyak 3 kali percobaan. Percobaan 1 dilakukan dengan kadar air yang sedikit hasil uji *plastic limit* nya yaitu 2.62%. Percobaan 2 dilakukan dengan kadar air yang sedang hasil uji *plastic limit* nya yaitu 3.37%. Dan percobaan 3 dilakukan dengan kadar air yang banyak hasil uji *plastic limit* nya yaitu 10.35%. Dari hasil ketiga percobaan uji *plastic limit* pada sampel tanah bagian bawah menghasilkan nilai batas plastis yaitu 5.44%.

**Tabel 4.10** Hasil Analisis Pengujian *Plastic Limit* Sampel Tanah Lereng Penelitian

Nilai Batas Plastis	Bawah	Atas
	5.84%	5.44%

Kesimpulan dari hasil pengujian *plastic limit* (batas plastis) dari 2 sampel tanah didapatkan nilai yang berbeda – beda. Bagian bawah lereng mempunyai nilai 5.84% dan bagian atas lereng mempunyai nilai 5.44% (**Tabel 4.9**). Dari hasil analisis itu disebabkan karena kadar air yang berbeda – beda menyebabkan setiap percobaan memiliki tingkat plastisitas yang berbeda. Jika semakin sedikit kadar air dalam sampel maka tingkat plastisitas rendah sedangkan semakin banyak kadar air dalam sampel maka tingkat plastisitas tinggi.

### 4.5.3 Uji *Plasticity Index* (Indeks Plastisitas)

Setelah didapatkan nilai batas cair dan batas plastis, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai indeks plastisitas dan nilainya diplotkan ke dalam grafik.

a. *Plasticity Index* Sampel Tanah di Bagian Bawah

$$PI = LL - PL$$

$$PI = 57.4\% - 5.84\%$$

$$PI = 51.56\%$$

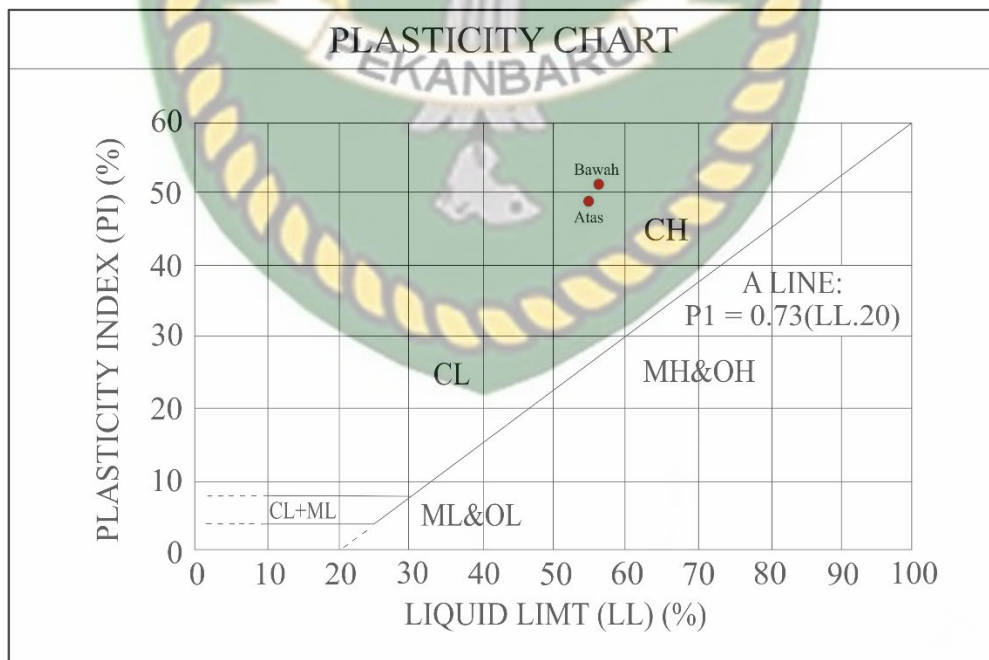
b. *Plasticity Index* Sampel Tanah di Bagian Atas

$$PI = LL - PL$$

$$PI = 55.01\% - 5.44\%$$

$$PI = 49.57\%$$

Kemudian dari hasil perhitungan indeks plastisitas diplotkan kedalam grafik (Gambar 4.12), untuk mengetahui klasifikasi tanah yang terdapat di daerah penelitian.



**Gambar 4.12** Grafik *Plasticity Index* (Indeks Plastisitas) dari Sampel Tanah



Penentuan jenis tanah pada sampel menggunakan klasifikasi USCS, klasifikasi tanah didapat dari hasil dari plottingan grafik. Dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

**Tabel 4.11** Klasifikasi Tanah Yang di Dapat Berdasarkan Klasifikasi (USCS)

Keterangan	<i>Liquid Limit</i>	<i>Plastic Limit</i>	<i>Plasticity Index</i>	Jenis Tanah
Bawah	57.4%	5.84%	51.56%	CH ( <i>Clay High Plasticity</i> ), lempung anorganik dengan plastisitas yang tinggi
Atas	55.01%	5.44%	49.57%	CH ( <i>Clay High Plasticity</i> ), lempung anorganik dengan plastisitas yang tinggi

Berdasarkan hasil analisis *Atterberg Limit* didapatkan hasil sampel tanah pada dua bagian lereng bagian bawah dan atas yaitu CH (*Clay High Plasticity*), lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Dari analisis sampel tersebut diketahui bahwa lempung yang mempunyai plastisitas tinggi dapat mengakibatkan kegagalan lereng atau terjadinya longsor dikarenakan lempung bersifat mampu menyerap/menyimpan air tetapi tidak dapat meloloskan air. Dengan kondisi kadar air yang tinggi tersebut mengakibatkan kekuatan tanah semakin buruk yang memicu terjadinya longsor. Maksud dari tanah berplastisitas tinggi yaitu tanah yang mempunyai kembang susut tanah yang tinggi, jadi jika semakin tinggi rentang kadar air dalam tanah maka kekuatan tanah tersebut akan rendah atau buruk.

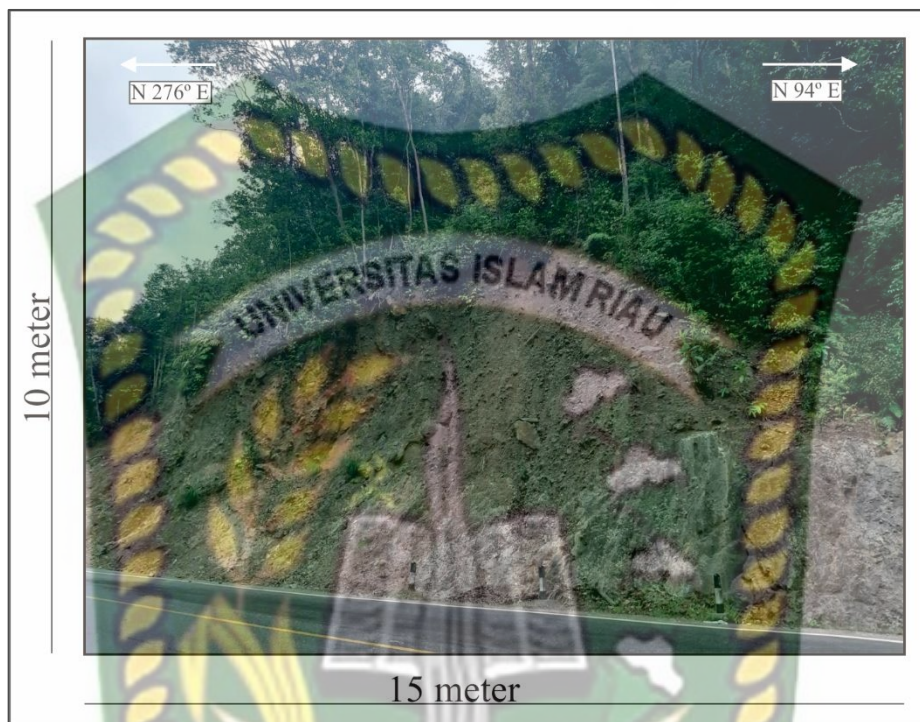
#### 4.6 Analisis Metode *Rock Structure Rating* (RSR)

Pada analisis metode *Rock Structure Rating* (RSR), lereng penelitian dibagi menjadi 3 bagian dikarenakan kondisi lereng yang berbeda-beda dan *treatment* atau dukungan yang dihasilkan berbeda juga.

##### 1. Lereng Bagian 1

Lereng bagian 1 pada analisis metode RSR ini memiliki panjang lereng yang diteliti yaitu 15 meter dan tinggi lereng 10 meter. Memiliki tingkat pelapukan tinggi dengan litologi batupasir dan konglomerat. Pada pengambilan data dengan metode *Rock Structure Rating* (RSR) diambil 3 parameter pada pengamatan lereng yaitu

parameter A (Geologi), parameter B (Geometri) dan parameter C (Kondisi airtanah). Lereng bagian 1 dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.



**Gambar 4.13** Lereng Penelitian RSR Bagian 1

Pada parameter A diketahui jenis batuan berupa sedimen lapuk dengan tipe 4 dan terdapat struktur geologi dalam penelitian ini yaitu intensif lipatan atau patahan dengan *rating* 6. Dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4.12** Parameter A: Geologi

	Jenis Dasar Batuan				Struktur Geologi			
	Keras	Sedang	Lunak	Lapuk				
Beku	1	2	3	4	Massive	Sedikit	Sedang	Intensif
Metamorf	1	2	3	4		Lipatan atau	Lipatan atau	Lipatan atau
Sediment	2	3	4	4		Patahan	Patahan	Patahan
Tipe 1					30	22	15	9
Tipe 2					27	20	13	8
Tipe 3					24	18	12	7
Tipe 4					19	15	10	6

Kemudian pada parameter B diketahui strike tegak lurus terhadap sumbu dengan arah pergerakan dengan dip diketahui dari pengamatan langsung dilapangan, kemudian *slope face* pada lereng tersebut memiliki nilai  $75^\circ$  yang masuk dalam tabel vertikal, jarak antar kekar sangat dekat  $< 2$  in, hal ini diketahui dari pengukuran jarak antar kekar dengan menggunakan alat ukur dilapangan dengan *rating* 13. Dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

**Tabel 4.13** Parameter B: Geometri

Rata-rata jarak kekar	Strike $\perp$ terhadap sumbu					Strike $\parallel$ terhadap sumbu			
	Kedu anya	Arah pergerakan				Arah pergerakan			
		Dengan <i>Dip</i>		Berlawanan <i>Dip</i>		Salah satu arah			
		<i>Dip</i> dari kekar tampak <sup>a</sup>					<i>Dip</i> dari kekar tampak		
		Datar	<i>Dipping</i>	Vertikal	<i>Dipping</i>	Vertikal	Datar	<i>Dipping</i>	Vertikal
1. Kekar sangat dekat < 2 in	9	11	13	10	12	9	9	7	
2. Kekar dekat, 2-6 in	13	16	19	15	17	14	14	11	
3. Jarak kekar sedang, 6-12 in	23	24	28	19	22	23	23	19	
4. Sedang hingga <i>Blocky</i> , 1-2 ft	30	32	36	25	28	30	28	24	
5. <i>Blocky</i> hingga <i>massive</i> , 2-4 ft	36	38	40	33	35	36	24	28	
6. <i>Massive</i> , > 4 ft	40	43	45	37	40	40	38	34	

Lalu pada parameter C dengan melihat kondisi air pada lereng penelitian, yang mana lereng penelitian pada bagian 1 masuk dalam kategori tidak ada air dan kondisi kekar masuk dalam kategori sedang dengan *rating* 18. Dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

**Tabel 4.14** Parameter C: Kondisi Airtanah

Arus air masuk yg diantisipasi gpm/1000 ft pada <i>tunnel</i>	Jumlah dari Parameter A + B					
	13 - 44			45 - 75		
	Kondisi kekar <sup>b</sup>					
	Baik	Sedang	Buruk	Baik	Sedang	Buruk
Tidak ada	22	18	12	25	22	18
Sedikit, < 200 gpm	19	15	9	23	19	14
Sedang, 200-1000 gpm	15	22	7	21	16	12
Berat, > 1000 gpm	10	8	6	18	14	10

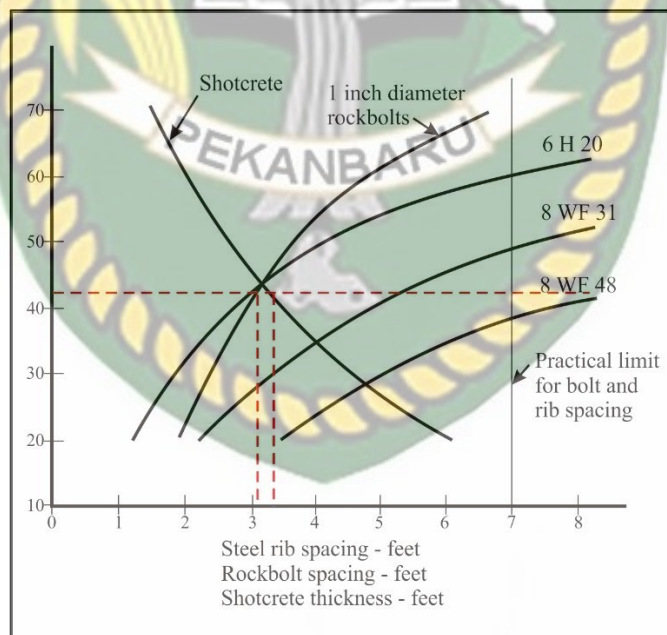
Setelah parameter A, B dan C diketahui kemudian dijumlahkan dengan dimasukkan ke dalam **Tabel 4.15**.



Tabel 4.15 Nilai RSR Lereng Penelitian Bagian 1

Parameter	Kondisi	Rating
A	Intensif lipatan atau patahan	6
B	Jarak kekar dekat	19
C	Tidak ada air, kondisi kekar sedang	18
Total A + B + C		43

Kemudian *rating* pada setiap parameter dijumlahkan dan didapat nilai RSR, nilai RSR pada lereng bagian 1 yaitu 43. Lalu nilai tersebut diplotkan pada grafik RSR. Pada grafik tersebut dapat diketahui *treatment* atau pendukung pada lereng bagian 1 yaitu pemberian *rockbolts* dan *shotcrete*. *Rockbolts* yang digunakan pada metode *Rock Structure Rating* (RSR) yaitu dengan diameter 1 inci, dengan spasi antar *rockbolts* yaitu 3,1 feet. Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 3,3 inci. Dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14 Grafik RSR Lereng Bagian 1

## 2. Lereng Bagian 2

Lereng bagian 2 pada analisis metode RSR ini memiliki panjang lereng yang diteliti yaitu 6 meter dan tinggi lereng 4 meter. Memiliki tingkat pelapukan ringan

dengan litologi batupasir dan konglomerat. Pada pengambilan data dengan metode *Rock Structure Rating* (RSR) diambil 3 parameter pada pengamatan lereng yaitu parameter A (Geologi), parameter B (Geometri) dan parameter C (Kondisi airtanah). Lereng bagian 2 dapat dilihat pada **Gambar 4.15**.



**Gambar 4.15** Lereng Penelitian RSR Bagian 2

Pada parameter A diketahui jenis batuan berupa sedimen keras dengan tipe 2 dan terdapat struktur geologi dalam penelitian ini yaitu intensif lipatan atau patahan dengan *rating* 8. Dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

**Tabel 4.16** Parameter A: Geologi

	Jenis Dasar Batuan							
	Keras	Sedang	Lunak	Lapuk	Struktur Geologi			
Beku	1	2	3	4	Massive	Sedikit	Sedang	Intensif
Metamorf	1	2	3	4		Lipatan atau	Lipatan atau	Lipatan atau
Sediment	2	3	4	4		Patahan	Patahan	Patahan
Tipe 1					30	22	15	9
Tipe 2					27	20	13	8
Tipe 3					24	18	12	7
Tipe 4					19	15	10	6

Kemudian pada parameter B diketahui *strike* tegak lurus terhadap sumbu dengan arah pergerakan dengan dip diketahui dari pengamatan langsung dilapangan, kemudian *slope face* pada lereng tersebut memiliki nilai  $75^\circ$  yang masuk dalam tabel vertikal, jarak antar kekar dekat 2-6 in, hal ini diketahui dari pengukuran jarak antar kekar dengan menggunakan alat ukur dilapangan dengan *rating* 19. Dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.

**Tabel 4.17** Parameter B: Geometri

Rata-rata jarak kekar	Strike $\perp$ terhadap sumbu					Strike $\parallel$ terhadap sumbu			
	Kedu anya	Arah pergerakan				Arah pergerakan			
		Dengan <i>Dip</i>	Berlawanan <i>Dip</i>			Salah satu arah			
			<i>Dip</i> dari kekar tampak <sup>a</sup>				<i>Dip</i> dari kekar tampak		
			Datar	<i>Dipping</i>	Vertikal	<i>Dipping</i>	Vertikal	Datar	<i>Dipping</i>
1. Kekar sangat dekat < 2 in	9	11	13	10	12	9	9	7	
2. Kekar dekat, 2-6 in	13	16	19	15	17	14	14	11	
3. Jarak kekar sedang, 6-12 in	23	24	28	19	22	23	23	19	
4. Sedang hingga <i>Blocky</i> , 1-2 ft	30	32	36	25	28	30	28	24	
5. <i>Blocky</i> hingga <i>massive</i> , 2-4 ft	36	38	40	33	35	36	24	28	
6. <i>Massive</i> , > 4 ft	40	43	45	37	40	40	38	34	

Lalu pada parameter C dengan melihat kondisi air pada lereng penelitian, yang mana lereng penelitian pada bagian 1 masuk dalam kategori kondisi air sedang dan kondisi kekar masuk dalam kategori sedang dengan *rating* 22. Dapat dilihat pada **Tabel 4.18**.

**Tabel 4.18** Parameter C: Kondisi Airtanah

Arus air masuk yg diantisipasi gpm/1000 ft pada <i>tunnel</i>	Jumlah dari Parameter A + B					
	13 - 44			45 - 75		
	Kondisi kekar <sup>b</sup>					
	Baik	Sedang	Buruk	Baik	Sedang	Buruk
Tidak ada	22	18	12	25	22	18
Sedikit, < 200 gpm	19	15	9	23	19	14
Sedang, 200-1000 gpm	15	22	7	21	16	12
Berat, > 1000 gpm	10	8	6	18	14	10

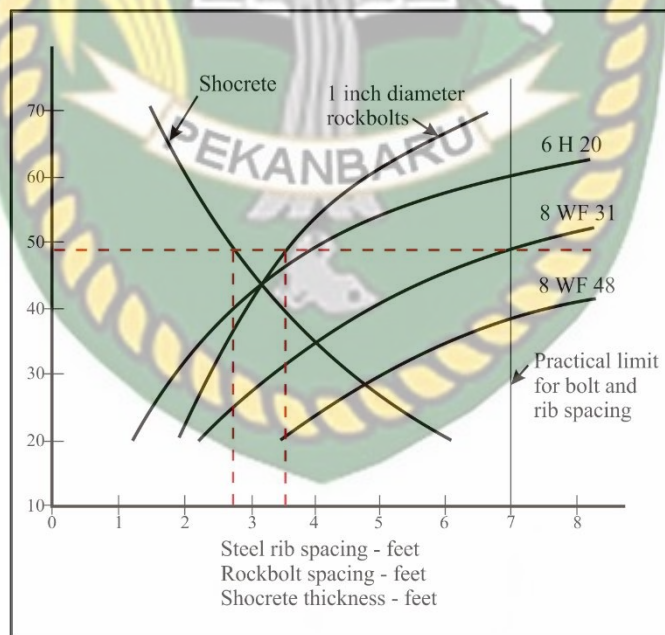
Setelah parameter A, B dan C diketahui kemudian dijumlahkan dengan dimasukkan ke dalam **Tabel 4.19**.



Tabel 4.19 Nilai RSR Lereng Penelitian

Parameter	Kondisi	Rating
A	Intensif lipatan atau patahan	8
B	Jarak kekar dekat	19
C	Arus air sedang, kekar sedang	22
Total A + B + C		49

Kemudian *rating* pada setiap parameter dijumlahkan dan didapat nilai RSR, nilai RSR pada lereng bagian 2 yaitu 49. Lalu nilai tersebut diplotkan pada grafik RSR. Pada grafik tersebut dapat diketahui *treatment* atau pendukung pada lereng bagian 2 yaitu pemberian *rockbolts* dan *shotcrete*. *Rockbolts* yang digunakan pada metode *Rock Structure Rating* (RSR) yaitu dengan diameter 1 inci, dengan spasi antar *rockbolts* yaitu 3,5 feet. Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 2,7 inci. Dapat dilihat pada **Gambar 4.16**.



Gambar 4.16 Grafik RSR Lereng Bagian 2

### 3. Lereng Bagian 3

Lereng bagian 3 pada analisis metode RSR ini memiliki panjang lereng yang diteliti yaitu 27 meter dan tinggi lereng 8 meter. Memiliki tingkat pelapukan ringan

dengan litologi batupasir dan konglomerat. Pada pengambilan data dengan metode Rock Structure Rating (RSR) diambil 3 parameter pada pengamatan lereng yaitu parameter A (Geologi), parameter B (Geometri) dan parameter C (Kondisi airtanah). Lereng bagian 2 dapat dilihat pada **Gambar 4.17**.



**Gambar 4.17** Lereng Penelitian RSR Bagian 3

Pada parameter A diketahui jenis batuan berupa sedimen keras dengan tipe 2 dan terdapat struktur geologi dalam penelitian ini yaitu intensif lipatan atau patahan dengan *rating* 8. Dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

**Tabel 4.20** Parameter A: Geologi

	Jenis Dasar Batuan							
	Keras	Sedang	Lunak	Lapuk	Struktur Geologi			
Beku	1	2	3	4	Massive	Sedikit	Sedang	Intensif
Metamorf	1	2	3	4		Lipatan atau	Lipatan atau	Lipatan atau
Sediment	2	3	4	4		Patahan	Patahan	Patahan
Tipe 1					30	22	15	9
Tipe 2					27	20	13	8
Tipe 3					24	18	12	7
Tipe 4					19	15	10	6

Kemudian pada parameter B diketahui *strike* tegak lurus terhadap sumbu dengan arah pergerakan dengan dip diketahui dari pengamatan langsung dilapangan, kemudian *slope face* pada lereng tersebut memiliki nilai  $75^\circ$  yang masuk dalam tabel vertikal, jarak antar kekar dekat 2-6 in, hal ini diketahui dari pengukuran jarak antar kekar dengan menggunakan alat ukur dilapangan dengan *rating* 19. Dapat dilihat pada **Tabel 4.21**.

**Tabel 4.21** Parameter B: Geometri

Rata-rata jarak kekar	Strike $\perp$ terhadap sumbu					Strike $\parallel$ terhadap sumbu			
	Arah pergerakan					Arah pergerakan			
	Kedu anya	Dengan <i>Dip</i>		Berlawanan <i>Dip</i>		Salah satu arah			
		<i>Dip</i> dari kekar tampak <sup>a</sup>					<i>Dip</i> dari kekar tampak		
		Datar	<i>Dipping</i>	Vertikal	<i>Dipping</i>	Vertikal	Datar	<i>Dipping</i>	Vertikal
1. Kekar sangat dekat < 2 in	9	11	13	10	12	9	9	7	
2. Kekar dekat, 2-6 in	13	16	19	15	17	14	14	11	
3. Jarak kekar sedang, 6-12 in	23	24	28	19	22	23	23	19	
4. Sedang hingga <i>Blocky</i> , 1-2 ft	30	32	36	25	28	30	28	24	
5. <i>Blocky</i> hingga <i>massive</i> , 2-4 ft	36	38	40	33	35	36	24	28	
6. <i>Massive</i> , > 4 ft	40	43	45	37	40	40	38	34	

Lalu pada parameter C dengan melihat kondisi air pada lereng penelitian, yang mana lereng penelitian pada bagian 3 masuk dalam kategori kondisi air sedikit dan kondisi kekar masuk dalam kategori sedang dengan *rating* 15. Dapat dilihat pada **Tabel 4.22**.

**Tabel 4.22** Parameter C: Kondisi Airtanah

Arus air masuk yg diantisipasi gpm/1000 ft pada <i>tunnel</i>	Jumlah dari Parameter A + B					
	13 - 44			45 - 75		
	Kondisi kekar <sup>b</sup>					
	Baik	Sedang	Buruk	Baik	Sedang	Buruk
	Tidak ada	22	18	12	25	22
Sedikit, < 200 gpm	19	15	9	23	19	14
Sedang, 200-1000 gpm	15	22	7	21	16	12
Berat, > 1000 gpm	10	8	6	18	14	10

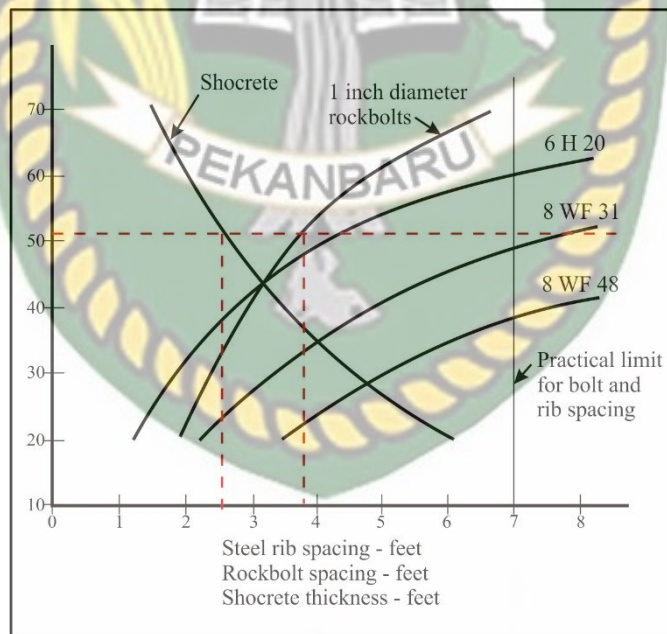
Setelah parameter A, B dan C diketahui kemudian dijumlahkan dengan dimasukkan ke dalam **Tabel 4.23**.



Tabel 4.23 Nilai RSR Lereng Penelitian Bagian 3

Parameter	Kondisi	Rating
A	Sedang lipatan atau patahan	8
B	Jarak kekar sedang	28
C	Arus air sedikit, kekar sedang	15
Total A + B + C		51

Kemudian *rating* pada setiap parameter dijumlahkan dan didapat nilai RSR, nilai RSR pada lereng bagian 3 yaitu 51. Lalu nilai tersebut diplotkan pada grafik RSR. Pada grafik tersebut dapat diketahui *treatment* atau pendukung pada lereng bagian 3 yaitu pemberian *rockbolts* dan *shotcrete*. *Rockbolts* yang digunakan pada metode *Rock Structure Rating* (RSR) yaitu dengan diameter 1 inci, dengan spasi antar *rockbolts* yaitu 3,8 feet. Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 2,6 inci. Dapat dilihat pada **Gambar 4.18**.



Gambar 4.18 Grafik RSR Lereng Bagian 3

#### 4.7 Preferensi dan Mitigasi Pada Lereng Penelitian

Pada lereng penelitian pilihan *treatment* atau pendukung yang dapat dilakukan berdasarkan metode *Rock Structure Rating* (RSR) yang dibagi menjadi

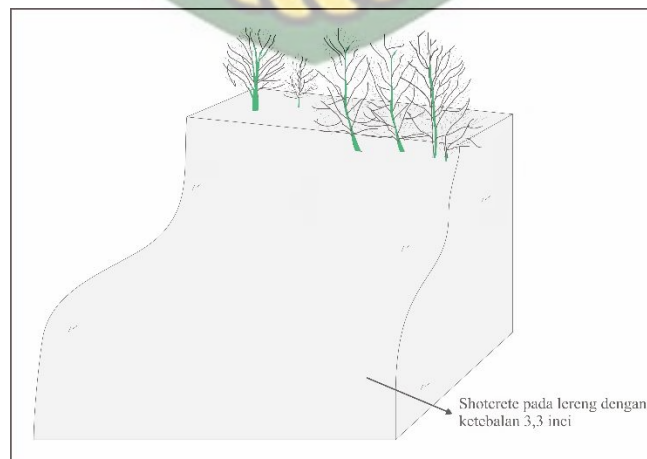
tiga bagian berdasarkan kondisi lereng dan perhitungan nilai RSR yang telah dibahas sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

### 1. Lereng Bagian 1

Lereng bagian 1 yang memiliki panjang 15 m dan tinggi 10 m dengan kondisi tingkat pelapukan tinggi. Berdasarkan nilai RSR yang didapat, diketahui *treatment* yang dapat dilakukan yaitu penanaman *rockbolts* dengan jarak antar *rockbolts* 3,1 feet maka secara *horizontal* berjumlah 16 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara *vertical* berjumlah 11 *rockbolts* dalam satu baris (**Gambar 4.19**). Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 3,3 inci atau 83,8 mm (**Gambar 4.20**).



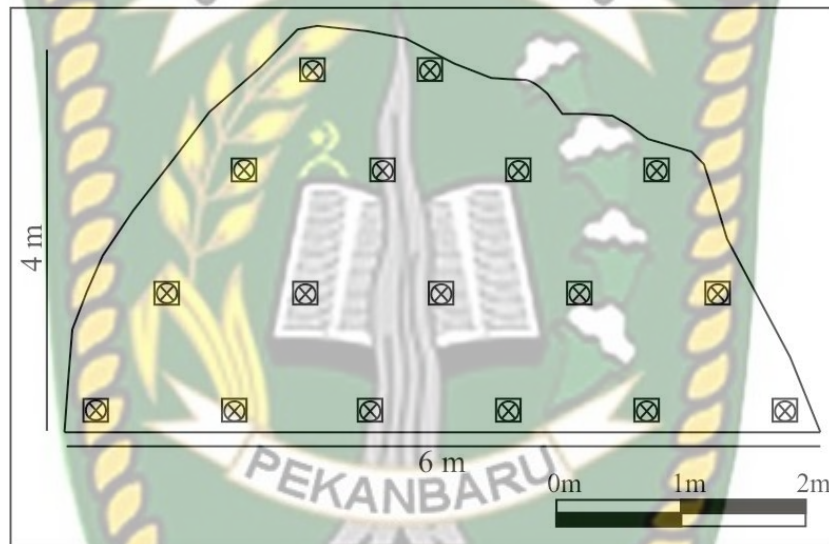
**Gambar 4.19** Ilustrasi Sketsa *Rockbolt* Berdiameter 1 inci Dengan Spasi 3,1 feet Pada Lereng Bagian 1



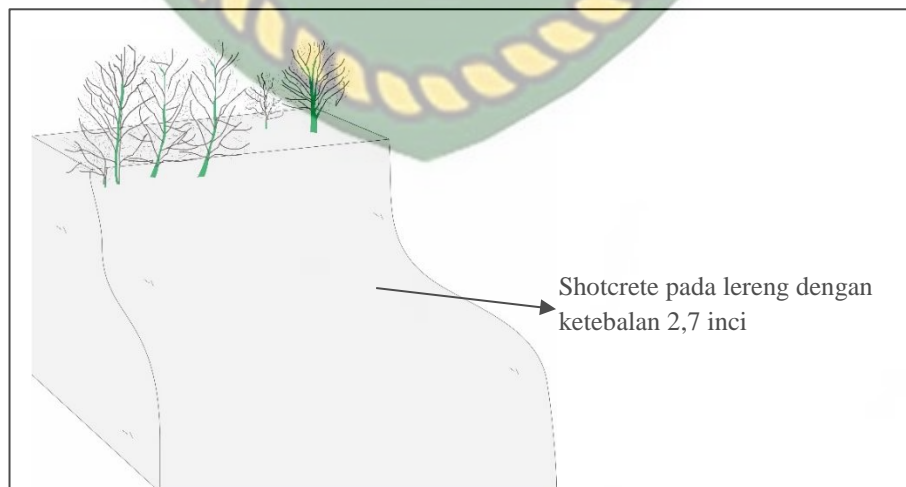
**Gambar 4.20** Ilustrasi Sketsa *Shotcrete* dengan Ketebalan 3,3 inci Pada Lereng Bagian 1

## 2. Lereng Bagian 2

Lereng bagian 2 memiliki panjang 6 m dan tinggi 4 m dengan kondisi tingkat pelapukan ringan. Berdasarkan nilai RSR yang didapat, diketahui *treatment* yang dapat dilakukan yaitu penanaman *rockbolts* dengan jarak antar *rockbolts* 3,5 feet maka secara *horizontal* berjumlah 6 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara *vertical* berjumlah 4 *rockbolts* dalam satu baris (**Gambar 4.21**). Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 2,7 inci atau 68,5 mm (**Gambar 4.22**).



**Gambar 4.21** Ilustrasi Sketsa *Rockbolt* Berdiameter 1 inci Dengan Spasi 3,5 feet Pada Lereng Bagian 2

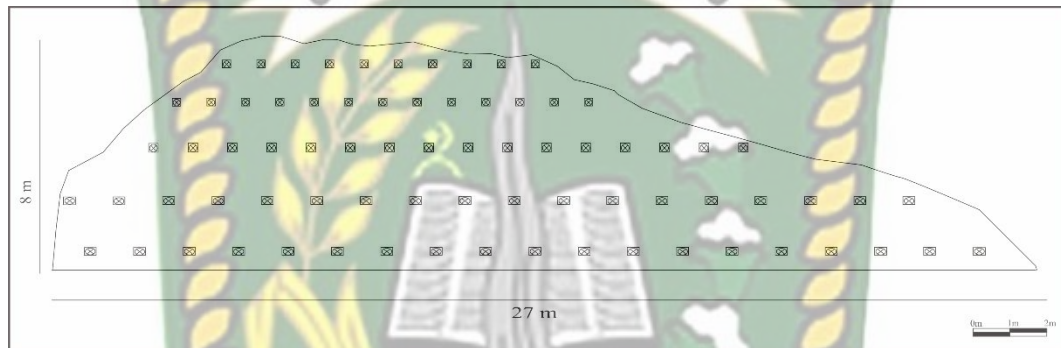


**Gambar 4.22** Ilustrasi Sketsa *Shotcrete* dengan Ketebalan 2,7 inci Pada Lereng Bagian 2

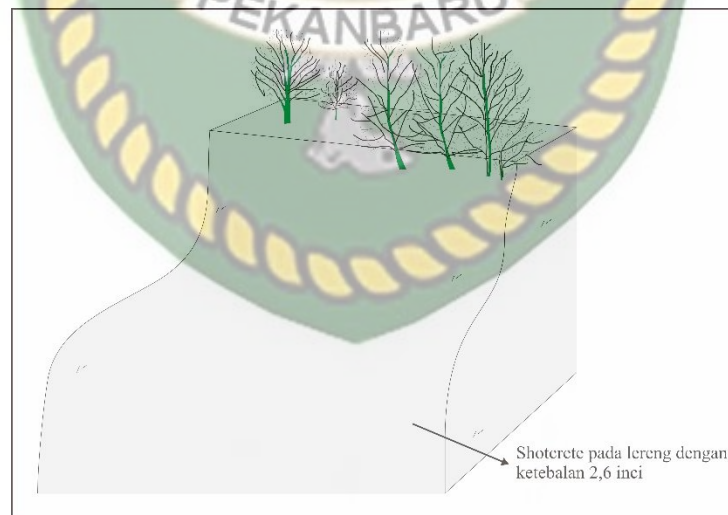


### 3. Lereng Bagian 3

Lereng bagian 3 memiliki panjang 27 m dan tinggi 8 m dengan kondisi tingkat pelapukan ringan. Berdasarkan nilai RSR yang didapat, diketahui *treatment* yang dapat dilakukan yaitu penanaman *rockbolts* pada lereng bagian 3 dengan jarak antar *rockbolts* 3,8 feet maka secara *horizontal* berjumlah 19 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara *vertical* berjumlah 5 *rockbolts* dalam satu baris (**Gambar 4.23**). Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 2,6 inci atau 66 mm (**Gambar 4.24**).



**Gambar 4.23** Ilustrasi Sketsa *Rockbolt* Berdiameter 1 inci Dengan Spasi 3,8 feet Pada Lereng Bagian 3



**Gambar 4.24** Ilustrasi Sketsa *Shotcrete* dengan Ketebalan 2,6 inci Pada Lereng Bagian 3

Kondisi lereng penelitian dibagian sisi kiri lereng telah mengalami longsor. Pada bagian longsor tersebut terlihat batuan pada bagian dalam lereng telah mengalami pelapukan dan cenderung menuju *soil* atau tanah. Mitigasi yang dapat

diberikan pada bagian lereng yang telah mengalami longsor berbeda dengan kondisi lereng batuan yang diteliti. Salah satu contoh mitigasi yang diberikan pada lereng yang telah mengalami longsor yaitu pembuatan tanggul batuan penahan longsor. Dapat dilihat pada **Gambar 4.25**.



**Gambar 4.25** Mitigasi Longsor dengan Tanggul Batuan Penahan

## BAB V

## PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis data yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada daerah penelitian lereng dibagi menjadi empat *scanline* yang mempunyai ciri khas di setiap *scanline* nya. Dari empat *scanline* tersebut dibagi menjadi 1 bagian lereng yang memiliki pelapukan tinggi berupa sampel tanah menggunakan analisis *Atterberg Limits* dan 3 bagian lereng menggunakan metode *Rock Structure Rating* (RSR).
2. Hasil akhir dari analisis *Atterberg Limit* didapatkan nilai sampel tanah bagian bawah lereng dengan nilai indeks plastisitas nya 51,56% dan bagian atas lereng 49,57%. Kedua bagian tanah pada lereng tersebut yaitu CH (Clay High Plasticity), lempung anorganik dengan plastisitas yang tinggi
3. Dalam analisis *Rock Structure Rating* (RSR), lereng dibagi menjadi tiga bagian dikarenakan kondisi lereng yang berbeda-beda. Lereng bagian 1 memiliki panjang 15 m dan tinggi 10 m. *Treatment* yang dapat dilakukan yaitu penanaman *rockbolts* pada lereng bagian 1 dengan jarak antar *rockbolts* 3,1 feet maka secara *horizontal* berjumlah 16 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara *vertical* berjumlah 11 *rockbolts* dalam satu baris. Dan juga penyemprotan *shotcrete* dengan ketebalan 3,3 inci.
4. Lereng bagian 2 memiliki panjang 6 m dan tinggi 4 m. *Treatment* yang dapat dilakukan yaitu penanaman *rockbolts* pada lereng bagian 2 dengan jarak antar *rockbolts* 3,5 feet maka secara *horizontal* berjumlah 6 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara *vertical* berjumlah 4 *rockbolts* dalam satu baris. Dan penyemprotan *shotcrete* dengan ketebalan 2,7 inci.
5. Lereng bagian 3 memiliki panjang 27 m dan tinggi 8 m. Penanaman *rockbolts* pada lereng bagian 3 dengan jarak antar *rockbolts* 3,8 feet maka secara *horizontal* berjumlah 19 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara



*vertical* berjumlah 5 *rockbolts* dalam satu baris. Dan penyemprotan *shotcrete* dengan ketebalan 2,6 inci.

6. Mitigasi lain yang dapat dilakukan dari lereng penelitian yaitu pembuatan tanggul batuan penahan longsor lereng yang telah mengalami pelapukan yang tinggi atau sudah menjadi tanah.

## 5.2 **Saran**

Saran yang dapat diberikan peneliti pada penelitian ini yaitu agar masyarakat tidak melakukan penambangan batu di lereng karena dapat menyebabkan longsor. Jalan lintas Riau – Sumbar merupakan jalan pusat perekonomian yang apabila terjadi longsor akan berdampak naiknya harga bahan makanan, serta terputusnya hubungan dari kedua provinsi ini. Dan juga pemerintah harus menindaklanjuti masyarakat yang melakukan penambangan batuan di badan lereng secara besar-besaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atteberg, A. (1911), *Über Die Physikalische Bodenuntersuchung Und Über Die Plastizität der Tone*, Int. Mitt. Boden, Vol .1.
- 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.
- Casagrande, A. (1948), *Classification and Identifications to Soil Mechanics*, ASCE
- Choanji, T. (2016). Slope Analysis Based On SRTM Digital Elevation Model Data: Study Case On Rokan IV Koto Area And Surrounding. *Journal of Dynamics*, 1(2), 71–75.
- Choanji, T., Yuskar, Y., Putra, D. B. E., Cahyaningsih, C., & Sakti, W. (2018). Clustering Slope Stability from Using Drone DEM Lineament Extraction And Rock Mass Rating In Pangkalan Koto Baru , West Sumatra , Indonesia. *Journal of Applied Geospatial Information (JAGI)*, 2(2), 124–129.
- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I. Terjemahan Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum. 1992
- Irfan, T.Y dan Dearman, W.R., 1978. Engineering classification and index properties of a weathered granite. *Bull.Int. Assoc. Eng. Geol.*, 17: 79-90.
- ISRM, 1981. Commission on classification of rock and rock masses, Basic geotechnical description of rock masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.*, 18: 85-110
- Iswanto & Raharja. 2009. Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis ATMEGA8535. *Jurnal Informatika*. Yogyakarta.

- Kausarian, H., Shamsudin, A. R., & Yuskar, Y. (2014). Geotechnical and Rock Mass Characterization Using Seismic Refraction Method at Kajang Rock Quarry, Semenyih, Selangor Darul Ehsan. *And Authors Pages*, 13, 12.
- Korach, T & Sarajar, A.N. 2014. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Jambu (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*. Vol 2/No. 1, (22-28) ISSN: 2337-6732, Januari 2014
- 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.
- Putra, D. B. E., Yuskar, Y., Cahyaningsih, C., & Khairani, S. (2017). ROCK MASS CLASSIFICATION SYSTEM USING ROCK MASS RATING (RMR) OF A CUT SLOPE IN RIAU–WEST SUMATRA ROAD. *PROCEEDNG ICoSET*, 8, 106.
- Santosa, Budi dkk. 1998. *Dasar Mekanika Tanah*. Penerbit Gunadarma.
- Silitonga P.H. & Kastowo, 1995: *Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera, Peta Geologi bersistem Sumtera*, PPPG, Bandung.
- Sustriani, Yunita. 2012. Pengaruh Struktur Kekar Terhadap Kestabilan Lefreng Dinding Bagian Barat Daya dan Timur Laut Pada Desain Fase 6 Tambang Batu Hijau PT Newmont Nusa Tenggara.
- Wickham, G.E.; Tiedemann, H.R.; Skinner, E.H. (1972). "Support determination based on geologic predictions". In Lane, K.S.; Garfield, L.A. (eds.). Proc. 1st North American Rapid Excavation & Tunnelling Conference (RETC), Chicago. 1. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers (AIME), New York. pp. 43–64.
- Wickham, G.E.; Tiedemann, H.R.; Skinner, E.H. (1974). "Ground support prediction model - RSR concept". Proc. 2nd North American Rapid Excavation & Tunnelling Conference (RETC), San Francisco. 1. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers (AIME), New York. pp. 691–707



- Yuskar, Y., & Choanji, T. (2017). Uniqueness Deposit of Sediment on Floodplain Resulting From Lateral Accretion on Tropical Area: Study Case at Kampar River, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 2(1), 14–19.
- Yuskar, Y., Putra, D. B. E., Suryadi, A., Choanji, T., & Cahyaningsih, C. (2017). Structural Geology Analysis In A Disaster-Prone Of Slope Failure, Merangin Village, Kuok District, Kampar Regency, Riau Province. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 2(4), 249–254.

