

**ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN METODE
ROCK MASS RATING (RMR) DAN *ROCK STRUCTURE
RATING* (RSR) DI KILOMETER 92-97 DESA TANJUNG
ALAI KECAMATAN XIII KOTO KAMPAR
KABUPATEN KAMPAR
PROVINSI RIAU**

SKRIPSI

Studi: Geologi Keteknikan



Oleh :

RIYAN SUBEKTI

143610157

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

2019

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan:

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

Pekanbaru, Maret 2019

Yang Bersangkutan



**Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Rock Mass Rating (RMR) dan
Rock Structure Rating (RSR) di Kilometer 92-97 Desa Tanjung Alai
Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar Provinsi Riau**

RIYAN SUBEKTI

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. Faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng yaitu diskontinuitas geologi, material lemah atau yang terlupakan, serta cuaca yang buruk. Dalam tulisan ini metode yang digunakan dalam analisa kestabilan lereng yaitu *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Rock Structure Rating* (RSR).

Analisa ini dilakukan pada 3 lereng di jalan Riau-Sumatra Barat kilometer 92-97 Desa Tanjung Alai, Kecamatan XIII Koto Kampar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Analisa kestabilan lereng dilakukan dengan membagi lereng menjadi beberapa *scanline*. *Rock Mass Rating* membagi kondisi lereng menjadi lima kelas yaitu very poor rock, poor rock, fair rock, good rock dan very good rock, sedangkan *Rock Structure Rating* menunjukkan kondisi lereng berdasarkan diagram RSR. Pengambilan data dilakukan secara langsung ke daerah penelitian.

Kata Kunci : Lereng, RMR, RSR, Diskontinuitas

*Analysis Stability on Slope Using Rock Mass Rating (RMR) and
Rock Structure Rating (RSR) in The Kilometers 92-97
Tanjung Alai Village XIII Koto Kampar District
Kampar Regency Riau Province*

RIYAN SUBEKTI

Department of Geological Engineering

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. Discontinuity, weathering, and bad weather influence slope stability. Rock mass rating (RMR) and Rock structure rating (RSR) had been used to analysis the slope stability.

Analysis is done in the 3 slopes on the Riau-Sumatera Barat road, KM 92-97 Tanjung Alai village, XIII Koto Kampar district, Kampar regency, Riau province. Analysis stability on slopes divided the slope into several scanlines to deteremine the data. Rock mass rating (RMR) was categorizes into five classes that was very poor rock, poor rock, fair rock, good rock and very good rock, while the Rock Structure Rating categorize slope conditions based on RSR diagrams.

Keywords: *Slope, RMR, RSR, Discontinuity*

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, segala puji peneliti panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas izin-Nya peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Rock Mass Rating (RMR) dan Rock Structure Rating (RSR) di Kilometer 92-97 Desa Tanjung Alai Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar Provinsi Riau”** dan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau. Dan tak lupa pula shalawat serta salam untuk junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dewandra Bagus Eka Putra, Bsc(Hons),MSc selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Husnul Kausarian, BSc(Hons), MSc selaku dosen pembimbing II. Selain itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Islam Riau dan Jajarannya.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan Jajarannya.
3. Ketua Prodi Teknik Geologi Universitas Islam Riau.
4. Sekretaris Prodi Teknik Geologi Universitas Islam Riau.
5. Ibu dan Bapak tercinta yang telah memberikan doa, motivasi, semangat, dan kasih sayangnya.
6. Abang, Kakak, dan adikku yang tersayang, pemberi semangat dan kebahagiaan bersama keluarga.
7. Sahabat-sahabat terimakasih atas bantuan dan dukungannya selama ini.
8. Teman-teman Prodi Teknik Geologi angkatan 2014 atas kebersamaannya selama dibangku perkuliahan.

9. Seluruh civitas akademika serta karyawan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
10. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas semua amal dan kebaikan kepada semua pihak yang terkait dalam membantu i untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis mohon maaf apabila ada kesalahan, masukan dan kritikan sangat diharapkan untuk kesempurnaan tugas akhir ini. semoga skripsi ini bernilai karya yang dapat memberikan sumbangan bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi pembacanya Terimakasih. Wassalammu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Pekanbaru, Maret 2019

Riyan Subekti

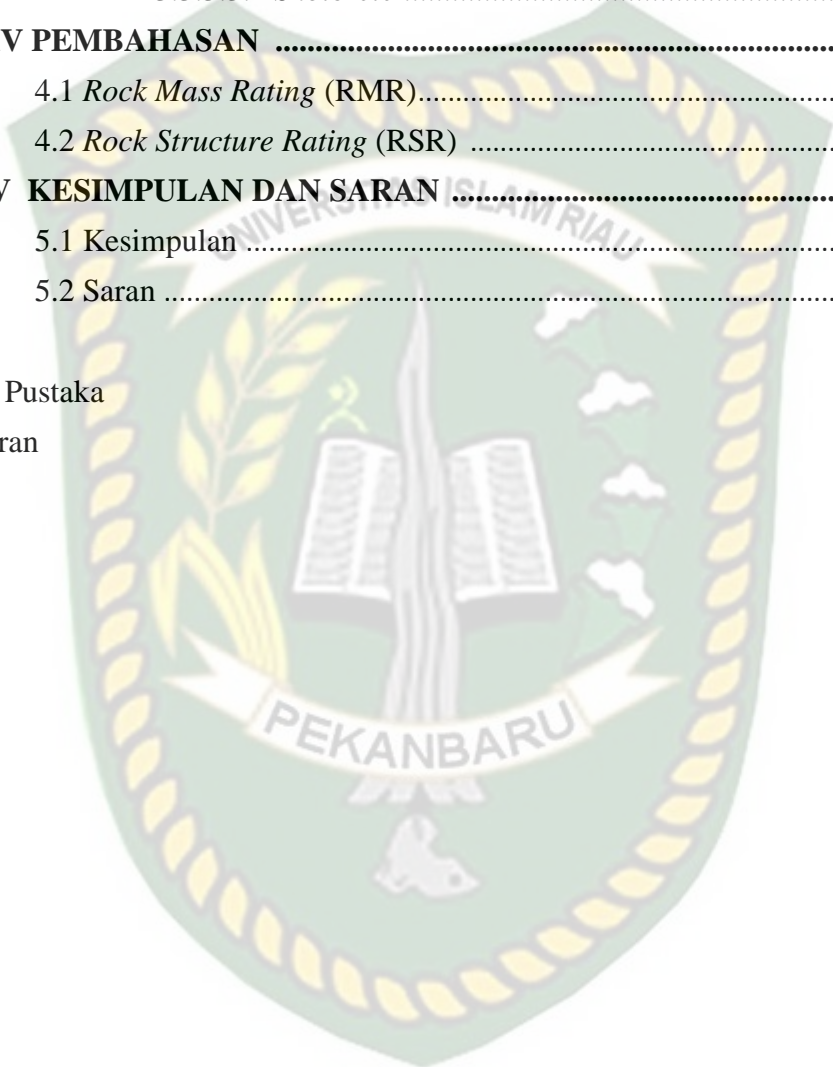
DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan Keaslian Penelitian	iii
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir Untuk Kepentingan Akademis	iv
Sari	v
<i>Abstract</i>	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.3 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Lokasi dan Kesampaian Daerah	3
1.5 Waktu Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Telaah Kepustakaan	7
2.1.1 Geologi Regional	7
2.1.2 Riwayat Bencana Longsor Jalan Riau-Sumatera Barat	9
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 <i>Rock Mass Rating</i> (RMR)	10
2.2.2 <i>Rock Structure Rating</i> (RSR)	11
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Alat-Alat yang Digunakan	12
3.2 Langkah-Langkah Penelitian	14
3.2.1 Tahap Persiapan	14
3.2.2 Tahap Penelitian Lapangan	14
3.2.3 Tahap Analisis Data	14

3.3 Analisis Kestabilan Lereng	14
3.3.1 <i>Rock Mass Rating</i> (RMR)	17
3.3.2 <i>Rock Structure Rating</i> (RSR)	24
3.3.3 Dukungan Pada Lereng	28
3.3.3.1 <i>Rockbolt</i>	28
3.3.3.2 <i>Shotcrete</i>	29
BAB IV PEMBAHASAN	30
4.1 <i>Rock Mass Rating</i> (RMR).....	30
4.2 <i>Rock Structure Rating</i> (RSR)	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51

Daftar Pustaka

Lampiran



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain: galian dan timbunan untuk membuat bendungan, tanggul dan kanal sungai serta dinding tambang terbuka (Arief, 2007). Ketidakstabilan lereng merupakan bahaya utama bagi aktivitas manusia yang sering menyebabkan kerugian ekonomi, kerusakan properti dan biaya perawatan, serta luka-luka atau korban jiwa.

Kegagalan dari suatu lereng dapat menyebabkan terjadinya longsoran (*landslide*), dimana longsoran ini terjadi akibat adanya pergerakan massa batuan (*mass movement*) dari lereng tersebut. Gerakan massa batuan adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula (Varnes, 1978). Kestabilan lereng batuan banyak dikaitkan dengan tingkat pelapukan dan struktur geologi yang hadir pada massa batuan tersebut, seperti sesar, kekar, lipatan dan bidang perlapisan (Sulistianto, 2001 dalam Diah 2007). Berdasarkan kondisi permukaan, tingkat kemiringan mempengaruhi dari kondisi batuan di bawah permukaan (Dewandra Bagus Eka Putra dan Tiggi Choanji, 2016).

Jalan merupakan akses bagi sarana transportasi darat yang menghubungkan antar wilayah satu dengan lainnya dimana transportasi merupakan integral dari kehidupan serta hal yang cukup penting bagi manusia. Batuan yang jatuh di sepanjang jalan raya dapat menutup jalur transportasi utama, sehingga akan mengganggu kestabilan perekonomian. Terkhusus jalan Riau-Sumatera Barat merupakan akses yang menghubungkan dua provinsi, dimana terdapat banyak lereng dengan risiko kegagalan lereng yang berbeda-beda.

Adapun daerah yang menjadi lokasi penelitian terdapat di sepanjang jalan lintas Riau-Sumatra Barat kilometer 92-97 Desa Tanjung Alai, Kecamatan XIII Koto Kampar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.

Perlakuan yang salah terhadap lereng dapat memperburuk kondisi lereng tersebut, untuk itu dalam kajian ini peneliti menggunakan analisa geologi teknik berdasarkan metoda *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Rock Structure Rating* (RSR). Sehingga dari kajian ini dapat diketahui perlakuan yang sesuai terhadap kondisi lereng tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Bencana longsor atau kegagalan lereng dapat terjadi akibat tidak diketahuinya kondisi stabilitas suatu lereng sehingga tidak dapat diketahui perlakuan yang tepat terhadap lereng tersebut. Untuk itu sebagai antisipasi resiko tersebut perlu dilakukan penelitian kestabilan lereng menggunakan metode *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Rock Structure Rating* (RSR).

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini sebagai bentuk pengaplikasian ilmu geologi teknik sebagai salah satu cabang ilmu geologi selama perkuliahan, yang dirangkai menjadi suatu laporan penelitian sebagai Tugas Akhir untuk menyelesaikan perkuliahan dan mendapatkan gelar Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau. Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui kondisi stabilitas lereng daerah penelitian.
- b. Mengetahui *treatment* yang sesuai pada lereng daerah penelitian.
- c. Mengetahui risiko yang dapat terjadi jika lereng tidak diberikan *support* yang sesuai.

1.4 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Daerah penelitian terletak pada sepanjang jalan lintas Riau-Sumatra Barat kilometer 92-97 Desa Tanjung Alai, Kecamatan XIII Koto Kampar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Jarak lokasi penelitian dari Kota Pekanbaru yaitu berjarak 83 Km. Akses lokasi tersebut dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda empat dan roda dua.

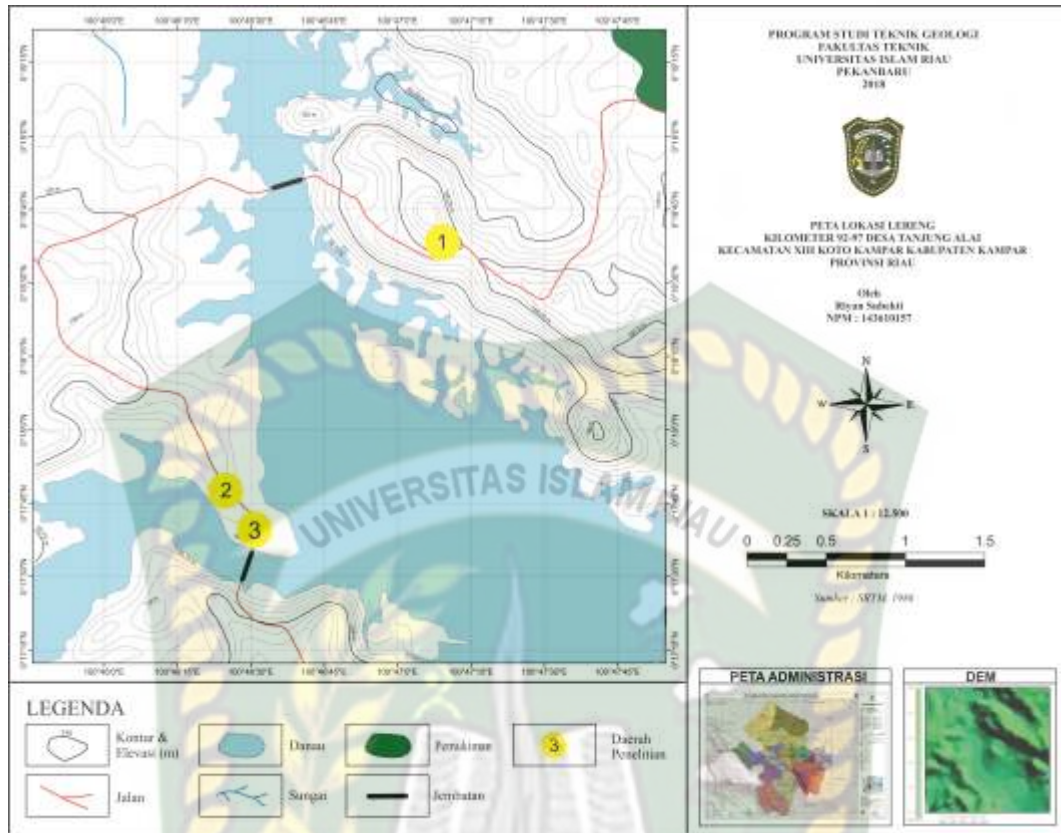
Terdapat 3 lereng yang menjadi objek penelitian, lereng 1 berada pada letak geografis $0^{\circ}18'38.05''$ N / $100^{\circ}47'10.89''$ E, lereng 2 berada pada letak geografis $0^{\circ}17'47.41''$ N / $100^{\circ}46'25.31''$ E, lereng 3 berada pada letak geografis $0^{\circ}17'38.27''$ N / $100^{\circ}46'31.45''$ E. Jarak lereng 1-2 yaitu 5 km, sedangkan lereng 2-3 yaitu 0,33 km.

Daerah penelitian dapat ditempuh dengan menggunakan transportasi darat dan dapat dicapai dengan roda empat atau roda dua dengan waktu tempuh kurang lebih 3 jam dari Kota Pekanbaru. Secara Administrasi Pemerintah, Kabupaten Kampar memiliki luas wilayah $10.928,20$ km² atau 12,26% dari luas Provinsi Riau dan memiliki 21 kecamatan, serta memiliki jumlah penduduk ± 688.204 jiwa dengan mayoritas penduduknya beragama islam.



Gambar 1.1. Peta Lokasi Penelitian

Sumber: Bakosurtanal, 2002



Gambar 1.2. Peta Dasar Lokasi Penelitian



Gambar 1.3. Objek Penelitian Lereng 1

Lereng 1 terdapat pada kilometer 92 Desa tanjung Alai, Kecamatan XIII Koto Kampar, Provinsi Riau. Lereng 1 memiliki panjang ± 45 m dan tinggi ± 13 m. Lereng ini memiliki kemiringan 36° dengan terdapat jalan setapak menuju puncak pada bagian permukaan lereng. Lereng ini berjarak sekitar 10 m dari sisi badan jalan.



Gambar 1.4. Objek Penelitian Lereng 2

Lereng 2 terdapat pada kilometer 97 Desa tjung Alai, Kecamatan XIII Koto Kampar, Provinsi Riau. Lereng 1 memiliki panjang ± 50 m dan tinggi ± 7 m. Lereng ini memiliki kemiringan 54° . Lereng ini berjarak sekitar 10 m dari sisi badan jalan.



Gambar 1.5. Objek Penelitian Lereng 3

Lereng 3 terdapat pada kilometer 97 Desa tjung Alai, Kecamatan XIII Koto Kampar, Provinsi Riau. Lereng 1 memiliki panjang ± 47 m dan tinggi ± 9 m. Lereng ini memiliki kemiringan 50° . Lereng ini berjarak sekitar 15 m dari sisi badan jalan.

1.5 Waktu Penelitian

Tempat tinggal yang digunakan berlokasi di Rantau Berangin, lokasi ini dipilih karena dekat dengan objek penelitian, serta terdapat fasilitas yang memadai untuk melakukan analisis data. Penelitian ini berlangsung selama 6 bulan, dari

BAB II

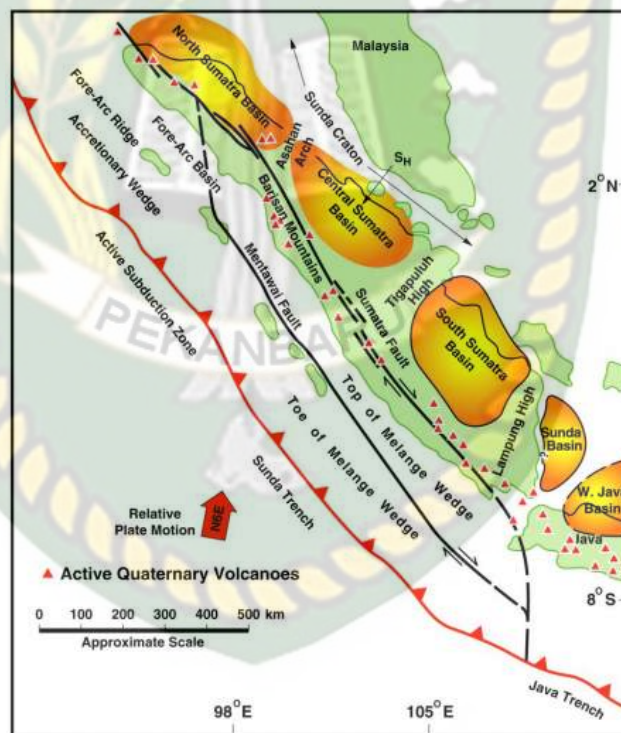
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telaah Kepustakaan

Pada bab ini membahas tentang geologi regional daerah penelitian pada lereng 1, lereng 2 dan lereng 3.

2.1.1 Geologi Regional

Menurut Heidrick dan Aulia (1993) Cekungan Sumatra Tengah terletak diantara Cekungan Sumatra Utara dan Cekungan Sumatra Selatan. Cekungan Sumatra Tengah dibatasi oleh Bukit Barisan di sebelah Barat, di bagian Barat laut dibatasi oleh Busur Asahan, dan di bagian Tenggara oleh Tinggian Tigapuluh.



Gambar.2.1. Peta Regional Cekungan Sumatra Tengah (Heidrick dan Aulia, 1993)

Secara geologi Kabupaten Kampar berada pada cekungan Sumatra Tengah, dengan pola struktur dicirikan oleh blok-blok patahan dan *transcurrent faulting* yang merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*) yang

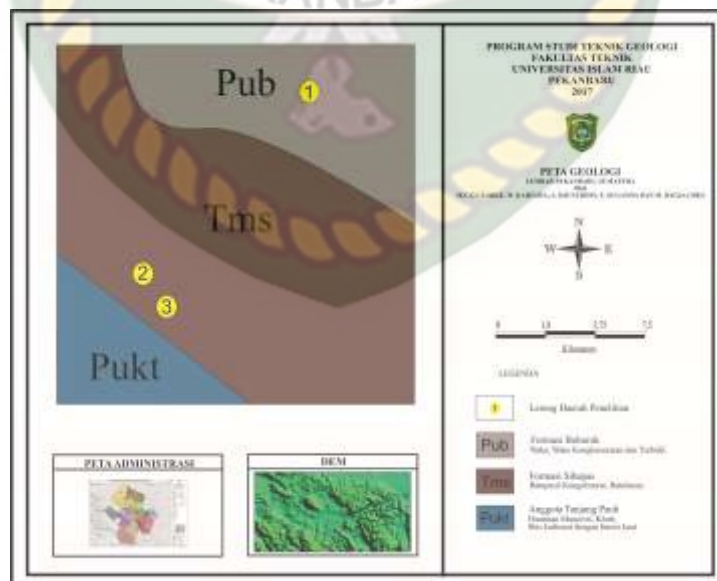
berkembang di sepanjang pantai barat dan selatan Paparan Sunda di barat daya Asian Tenggara.

Pola struktur dicirikan oleh blok-blok patahan dan transcurent faulting. Sistem blok-blok patahan mempunyai orientasi sejajar dengan arah utara - selatan membentuk rangkaian horst dan graben. Pola struktur yang ada saat ini di Cekungan Sumatera Tengah merupakan hasil sekurang-kurangnya 3 (tiga) fase tektonik utama yang terpisah, yaitu Orogenesa Mesozoikum Tengah, Tektonik Kapur Akhir - Tersier Awal, dan Orogenesa Plio - Plistosen (De Coster, 1974). Litologi yang terdapat pada wilayah ini juga beragam mulai dari sedimen hingga metasedimen akibat adanya proses metamorfisme, dengan tingkat sedang hingga yang kompak.

Pada daerah penelitian terdapat 2 formasi, yaitu formasi Borohok dan formasi Sihapas:

- a. Formasi Bohorok, termasuk dalam Tapanuli Grup. Terdiri dari wake, wake konglomeratan dan turbidit. Formasi ini berumur karbon.
- b. Formasi Sihapas, termasuk dalam Kampar Grup. Terdiri dari batupasir konglomerat, batulanau. Formasi ini berumur oligosen.

Lereng 1 masuk dalam formasi Barohok, sedangkan lereng 2 dan 3 masuk dalam formasi Sihapas. (Gambar 2.2.).



Gambar 2.2. Peta Geologi Regional Daerah

Sumber: Modifikasi dari Lembar Pekanbaru, Sumatra, 1982

2.1.2 Riwayat Bencana Longsor Jalan Riau-Sumatra Barat

Berikut adalah riwayat bencana longsor jalan Riau-Sumatra Barat, yaitu:

a. Longsor Desa Merangin, Kecamatan Kuok

Pada tanggal 3 April 2014 pukul 22:00 WIB terjadi bencana longsor tepatnya di KM 80 Jalan Lintas Riau-Sumbar, Desa Merangin, Kecamatan Kuok, Kabupaten Kampar. Longsor terjadi dikarenakan derasnya hujan yang turun selama sehari-hari. Longsor terjadi karena tebing runtuh sehingga batu-batu besar menutupi jalan.

b. Longsor Desa Merangin, Kecamatan Kuok

Pada tanggal 11 November 2015 pukul 05:00 WIB terjadi bencana longsor tepatnya di KM 77-78, Desa Merangin, Kecamatan Kuok, Kabupaten Kampar. Longsor terjadi dikarenakan derasnya hujan yang turun selama sehari-hari. Material longsor berupa bongkah, serta tanah bercampur batu.

c. Longsor Rantau Berangin

Pada tanggal 28 Januari 2016 terjadi bencana longsor di Rantau Berangin–Ujung Batu kilometer 2 wilayah Desa Merangin. Material longsor berupa bongkahan besar dengan lumpur. Akibatnya akses jalan terganggu.

d. Longsor Kecamatan Kuok

Pada tanggal 13 November 2016 terjadi bencana longsor tepatnya pada Kecamatan Kuok, Kabupaten Kampar. Longsor terjadi pada 3 titik. Lokasi yang mengalami longsor ini adalah di KM 77 Dusun Rantau Berangin Desa Merangin Kecamatan Kuok, material longsor berupa tanah bercampur batu. Kemudian di KM 80 Dusun Rantau Berangin Desa Merangin Kecamatan Kuok, material longsor berupa bongkahan batu. Selanjutnya di KM 82 Dusun Rantau Berangin Desa Merangin Kecamatan Kuok, material longsor berupa tanah bercampur kayu. Ketiga titik longsor ini mengakibatkan sebagian badan jalan tertutup, sehingga akses jalan terganggu.

e. Longsor Kecamatan Pangkalan

Pada tanggal 3 Maret 2017 terjadi bencana longsor yang di jalan lintas Riau-Sumatera Barat, kilometer 17 Kecamatan Pangkalan. Derasnya hujan yang turun selama sehari-hari, mengakibatkan longsor pada lereng daerah tersebut. Terdapat 13 titik longsor. Hal ini menyebabkan jalan terputus sehingga menimbulkan kemacetan parah, serta padamnya listrik.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Rock Mass Rating (RMR)

Pada awalnya *Rock Mass Rating* (RMR) telah dikembangkan pada *South African Council of Scientific and Industrial Research* (CSIR) oleh Bieniawski (1973) berdasarkan pengalamannya di terowongan dangkal pada batuan sedimen. Klasifikasi geomekanik didasarkan pada hasil penelitian 49 terowongan di Eropa dan Afrika, dimana klasifikasi ini menilai beberapa parameter yang kemudian diberi bobot (*rating*) dan digunakan untuk perencanaan terowongan. Tujuan menggunakan klasifikasi ini adalah sebagai bentuk komunikasi para ahli untuk menyelesaikan permasalahan geoteknik, seperti dapat memperkirakan sifat-sifat dari massa batuan dan dapat juga merencanakan kestabilan terowongan atau lereng. Bieniawski (1976) menerbitkan rincian klasifikasi massa batuan yang disebut Klasifikasi Geomekanika atau sistem *Rock Mass Rating* (RMR). Dari waktu ke waktu Bieniawski, menyempurnakan metode ini dengan melakukan beberapa perubahan secara berturut-turut, yang kemudian digunakanlah klasifikasi RMR versi 1989. Terdapat 6 parameter yang digunakan dalam klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR):

- a. Kuat Tekan Material Batuan (*Uniaxial compressive strength of rock material*).
- b. Penanda Kualitas Batuan (*Rock Quality Designation/RQD*).
- c. Jarak Diskontinuitas (*Spacing of discontinuities*).
- d. Kondisi Diskontinuitas (*Condition of discontinuities*).

- e. Kondisi Air (*Groundwater conditions*).
- f. Orientasi Diskontinuitas (*Orientation of discontinuities*).

2.2.2 *Rock Structure Rating (RSR)*

Klasifikasi massa batuan sudah dikembangkan lebih dari 100 tahun lalu, sejak Ritter (1879) mencoba melakukan pendekatan empiris untuk perancangan terowongan, khususnya penentuan kebutuhan penyangga. *Rock Structure Rating (RSR)* dikemukakan oleh Wickham pada tahun 1972, Wickham menjelaskan metode kuantitas untuk mendeskripsi kualitas massa batuan dan untuk memilih dukungan yang tepat untuk batuan tersebut melalui asas *Rock Structure Rating (RSR)*. Dari sejarah studi kasus, dalam pengembangannya metode ini digunakan untuk terowongan yang relatif kecil. Meskipun begitu, metode ini merupakan yang peratama kali dalam membuat referensi *shotcrete* sebagai dukungan pada batuan. Dalam penggunaan metode ini perlu adanya pemeriksaan detail karena perlu menggunakan logika dalam mengembangkan sistem klasifikasi massa batuan. Berikut parameter yang ada dalam metode RSR:

- a. Parameter A, Geologi: Geologi Umum.
- b. Parameter B, Geometr: Pola kekar (*Joint*), Arah Drive.
- c. Parameter C, Pengaruh Air Tanah dan Kondisi Kekar.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat-Alat yang Digunakan

Berikut ini adalah alat-alat yang digunakan selama penelitian, yaitu:

- a. Kompas Brunton: kompas ini digunakan dalam pengambilan data *strike/dip* kekar, data kemiringan/*slope*, serta arah foto pada lereng.



Gambar 3.1. Kompas Brunton

Sumber: Google, 2017

- b. Palu Geologi: digunakan dalam pengambilan sampel batuan, serta uji ketahanan batuan dengan metode UCS pada batuan.



Gambar 3.2. Palu Beku dan Sedimen

Sumber: Google, 2017

- c. Penggaris: digunakan untuk mengukur panjang kekar (*persistence*), jarak antar kekar (*spacing*), serta bukaan kekar (*aperture*).



Gambar 3.3. Penggaris

Sumber: Google, 2017

- d. Meteran 50 m: digunakan untuk mengukur panjang lereng, serta *scanline* pada lereng daerah penelitian.



Gambar 3.4. Meteran Gulung 50 m
Sumber: Google, 2017

- e. *Global Positioning System* (GPS): digunakan untuk memngambil koordinat daerah penelitian.



Gambar 3.5. *Global Psotioning System*
Sumber: Google, 2017

- f. Kamera: digunakan dalam pengambilan foto lereng daerah penelitian.



Gambar 3.6. Kamera Canon EOS 600D
Sumber: Google, 2017

3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan kerja dalam pengambilan data maupun dalam pengolahan data. Tahapan kerja tersebut terbagi atas tahap persiapan, tahap penelitian lapangan, dan tahap analisis data.

3.2.1 Tahap Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu melakukan survey lereng daerah penelitian. Pada tahap ini pemilihan lereng dilakukan dengan memilih lereng yang masih memiliki diskontinuitas yang masih alami untuk dilakukan analisis, karena banyak lereng di daerah sekitar yang telah mengalami gangguan seperti penambang ilegal dan penggalian. Selanjutnya melakukan studi pustaka mengenai metode yang akan digunakan dalam penelitian yaitu metode *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Rock Structure Rating* (RSR) serta persiapan perlengkapan yang diperlukan sebagai penunjang penelitian.

3.2.2 Tahap Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan dilakukan dengan mengambil sampel batuan dan data diskontinuitas batuan pada lereng serta data lain yang dibutuhkan untuk penunjang penelitian.

3.2.3 Tahap Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisa dengan menggunakan metode *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Rock Structure Rating* (RSR).

3.3 Analisis Kestabilan Lereng

Berdasarkan (Binieawski, 1989), untuk melakukan analisa kestabilan lereng dibutuhkan data dari parameter *Rock Mass Rating* (RMR), yaitu sebagai berikut:

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

Tabel 3.1. Jenis Struktur Geologi

Nomor	Jenis
0	<i>Shear</i>
1	Zona Patahan
2	Patahan
3	Kekar
4	<i>Bedding</i>
5	Foliasi
6	Retakan
7	<i>Cleavage</i>
8	<i>Schistosity</i>
9	<i>Fissure</i>

- c. Jurus/kemiringan (*Strike/dip*): data *strike/dip* didapat dengan 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/length*): mengukur panjang kekar yang terdapat pada batuan di lereng tersebut. Dinyatakan dalam meter (m). Terdapat 3 jenis parameter *length* yaitu:

Tabel 3.2. Jenis Panjang Kekar (*Persistence/Length*)

Nomor	Jenis
1	Terlihat
2	Tidak Terlihat (<i>1 end</i>)
3	Tidak Terlihat (<i>2 end</i>)

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

Tabel 3.3. Jenis Lebar Rekahan Diskontinuitas (*Aperture*)

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 mm)
7	Rapat (0 mm)

- f. Material pengisi bidang diskontinuitas (*infilling*): menentukan ada atau tidaknya pengisi pada kekar pada lereng. Terdapat 8 jenis parameter dalam menentukan jenis pengisi sebagai berikut:

Tabel 3.4. Jenis Material Pengisi Bidang Diskontinuitas (*Infilling*)

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

- g. Kekasaran bidang diskontinuitas (*Roughness*): menentukan bentuk permukaan pada kekar. Parameter ini disimbolkan dengan angka romawi. Terdapat IX parameter dalam menentukan jenis *roughness*:

Tabel 3.5. Jenis Kekasaran Bidang Diskontinuitas (*Roughness*)

Nomor	Jenis
I	Kasar bertangga
II	Halus bertangga
III	<i>Slickensided</i> bertangga
IV	Kasar bergelombang
V	Halus bergelombang
VI	<i>Slickensided</i> bergelombang
VII	Kasar mendatar
VIII	Halus mendatar
IX	<i>Slickensided</i> mendatar

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

Tabel 3.6. Jenis Air (*Water*)

Nomor	Jenis
1	Kering
2	Lembab
3	Basah
4	Mengalir

3.3.1 *Rock Mass Rating* (RMR)

Pada analisis lereng berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR) maka menggunakan tabel *Rock Mass Rating* (RMR) dalam penentuan nilai atau *rating* untuk menentukan kelas RMR pada suatu lereng. Data yang diambilpun berdasarkan hasil pengamatan di lapangan secara langsung. Berikut Tabel 3.7 Penilaian *Rock Mass Rating* (RMR).

Tabel 3.7. Tabel Penilaian *Rock Mass Rating (RMR)*

A. KLASIFIKASI PARAMETER DAN NILAINYA:									
Parameter			Jarak Nilai						
1	Kuat Tekan Material Batuan	Index kekuatan Beban-Titik	> 10 mpa	4-10 mpa	2-4 mpa	1-2 mpa	Pada nilai yg rendah-tes tekan uniaksial lebih disukai		
		Kekuatan Tekan Uniaksial	> 250 mpa	100-250 mpa	50-100 mpa	25-50 mpa	5-25 mpa	1-5 mpa	< 1 mpa
Nilai			15	12	7	4	2	1	0
2	Penanda Kualitas Batuan (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%		
	Nilai		20	17	13	8	3		
3	Jarak Diskontinuitas		> 2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Nilai		20	15	10	8	3		
4	Kondisi diskontinuitas (Lihat E)	Permukaan Sangat Kasar Tidak menerus Tidak ada pemisahan Dinding batuan tdk terlapukan	Permukaan agak kasar Rongga diskontinuitas < 1 mm Sedikit pelapukan pada dinding	Permukaan agak kasar Rongga diskontinuitas < 1 mm Pelapukan pada dinding tinggi	Permukaan <i>slickenside</i> atau pengisi tebal <5 mm Atau pemisahan 1-5 mm menerus	Pengisi halus setebal >5 mm Atau rongga diskontinuitas > 5 mm menerus			
		Nilai	30	25	20	10	0		
5	Air Tanah	Aliran per 10 m Panjang Tunnel (l/m)	None	< 10	10-25	25-125	>125		
		(Tekanan air pada kekar)/ (Major principal σ)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Kondisi umum	Benar-benar kering	Lembab	Basah	Menetes	Mengalir		
		Nilai	15	10	7	4	0		
B. PENILAIAN ORIENTASI DISKONTINUITAS (Lihat F)									
Orientasi <i>Strike</i> dan <i>dip</i>		Sangat Baik		Baik	Cukup baik	Tidak Baik	Sangat tidak baik		
Nilai	Terowongan & Tambang	0	-2	-5	-10	-12			
	Pondasi	0	-2	-7	-15	-25			
	Lereng	0	-5	-25	-50				
C. PENETAPAN KELAS MASSA BATUAN DARI TOTAL NILAI									
Nilai	100 ← 81		80 ← 61		60 ← 41		40 ← 21		< 20
Nomor Kelas	I		II		III		IV		V
Deskripsi	Batuan Sangat Baik		Batuan Baik		Batuan Cukup Baik		Batuan Buruk		Batuan Sangat Buruk
D. DESKRIPSI DARI KELAS BATUAN									
Nomor Kelas	I		II		III		IV		V
Rata-rata waktu berdiri	Menjangkau 20 thn pada 15 m		Menjangkau 1 tahun pada 10 m		Menjangkau 1 minggu pada 5 m		Menjangkau 10 jam pada 25 m		Menjangkau 30 min pada 1 m
Kohesi massa batuan (kPa)	>400		300-400		200-300		100-200		< 100
Sudut gesekan massa batuan (deg)	>45		35-45		25-35		15-25		< 15
E. PEDOMAN UNTUK KLASIFIKASI KONDISI DISCONTINUITAS									
Panjang Diskontinuitas (<i>persistence</i>)	< 1 m		1-3 m		3-10 m		10-20 m		>20 m
Nilai	6		4		2		1		0
Rongga diskontinuitas (<i>aperture</i>)	Tidak ada		< 0.1 mm		0.1-1.0 mm		1-5 mm		>5 mm
Nilai	6		5		4		1		0
Kekasaran Permukaan (<i>roughness</i>)	Sangat Kasar		Kasar		Sedikit kasar		Halus		<i>Slickensided</i>
Nilai	6		5		3		1		0
Pengisi (<i>gouge</i>)	Tidak ada		Pengisi keras <5 mm		Pengisi keras >5 mm		Pengisi lembut <5mm		Pengisi lembut >5 mm
Nilai	6		4		2		2		0
Pelapukan	Tidak Terlapukan		Sedikit Terlapukan		Pelapukan sedang		Pelapukan tinggi		Terurai
Nilai	6		5		3		1		0
F. EFEK ORIENTASI STRIKE DAN DIP DISKONTINUITAS PADA TEROWONGAN									
<i>Strike</i> tegak lurus terhadap sumbu terowongan					<i>Strike</i> sejajar terhadap sumbu terowongan				
Gerakan dengan <i>dip</i> – <i>Dip</i> 45 – 90°			Gerakan dengan <i>dip</i> – <i>Dip</i> 20 – 45°		Dip 45 – 90°		Dip 20 – 45°		
Sangat Baik			Baik		Sangat Baik		Cukup Baik		
Gerakan dengan <i>dip</i> – <i>Dip</i> 45 – 90°			Gerakan dengan <i>dip</i> – <i>Dip</i> 20 – 45°		Dip 0 – 20° – Irrespective of strike				
Cukup Baik			Tidak Baik		Cukup Baik				

Sumber: Bieniawski. 1989

Pada penentuan kelas RMR, dibutuhkan data dari parameter-parameter untuk menentukan nilai RMR, yaitu sebagai berikut:

- a. Kuat Tekan Material Batuan (*Strength of intact rock*): menentukan tingkat kekerasan batuan pada lereng. Metode kekerasan batuan menggunakan UCS (*Uniaxial Compressive Strength*). *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) merupakan parameter uji kekuatan pada batuan. Uji kekuatan batuan adalah kekuatan suatu batuan untuk bertahan menahan suatu gaya hingga pecah. Dalam UCS uji dilakukan dengan menggunakan alat palu geologi, yaitu dengan cara melakukan pukulan pada batuan yang menjadi objek penelitian. Kemudian saat melakukan pukulan pada batuan dilakukan juga pengamatan pada batuan, berikut adalah tabel penilaian yang digunakan pada *Uniaxial Compressive Strength* :

Tabel 3.8 *Uniaxial Compressive Strength* (UCS)

Kategori	Nilai (<i>rating</i>)	Estimasi Kekuatan
Terlalu Kuat	>250	Spesimen hanya bisa dikelupas dengan palu geologi
Sangat Kuat	100-250	Spesimen membutuhkan banyak pukulan palu geologi untuk membuat retakan
Kuat	50-100	Spesimen membutuhkan lebih dari satu pukulan palu geologi untuk membuat retakan
Kekuatan Sedang	25-50	Tidak bisa dikikis atau dikupas dengan pisau saku, spesimen bisa retak dengan satu pukulan dari satu sudut
Lemah	5-25	Bisa dikupas dengan pisau saku dengan usaha lebih, retakan dangkal dibuat dengan pukulan tegas dengan palu geologi
Sangat Lemah	1-5	Dapat hancur dengan pukulan tegas menggunakan palu geologi, bisa dikupas dengan pisau saku
Terlalu Lemah	0.25-1	Dapat terkeruk dengan kuku ibu jari

Sumber: Brown, 1981

- b. Penilaian Kualitas Batuan (*Rock Quality Designation index/RQD*): *Rock quality designation* (RQD) merupakan uji kualitas massa batuan dengan menggunakan data diskontinuitas pada permukaan lereng. Kegunaan dari uji kualitas massa batuan yaitu selain membagi massa batuan ke dalam kelompok-kelompok yang mempunyai kesamaan sifat dan kualitas namun juga untuk meningkatkan kualitas penyelidikan lapangan berdasarkan data masukan sebagai parameter klasifikasi. Untuk mendapatkan nilai RQD yaitu dengan melakukan perhitungan jumlah diskontinuitas. Pada penelitian ini perhitungan jumlah diskontinuitas pada lereng diambil pada tiap *scanlines* yang memiliki ukuran 10m x 1m. Nilai RQD dinyatakan dalam satuan persen (%). *Rock Quality Designation* (RQD) dapat diukur di lapangan secara langsung melalui survei diskontinuitas (Husnul Kausarian, 2015). Persamaan berikut digunakan untuk menghitung penanda kualitas batuan atau *Rock Quality Designation* (Palmstrom, 1982):

$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v \dots \dots (1)$$

J_v merupakan jumlah kekar yang diambil

Dimana J_v adalah jumlah dari jumlah sendi per-satuan panjang untuk semua kumpulan sendi yang dikenal sebagai jumlah gabungan volumetrik.

- c. Jarak (*Spacing*): merupakan nilai rata-rata dari *spacing* yang telah didata pada tabel *Rock Mass Rating* (RMR). *Spacing of discontinuities* merupakan jarak antar *joint* atau kekar. Jarak antar kekar dihitung secara *horizontal* dengan mengikuti panjang tiap *scanline*-nya. Kemudian dari keseluruhan jarak antar kekar dicari nilai rata-ratanya maka akan didapat nilai dari parameter jarak diskontinuitas.
- d. Kondisi diskontinuitas (*Condition of discontinuities*). *Condition of discontinuities* merupakan parameter yang terdiri dari sub-sub parameter, yakni panjang diskontinuitas (*persistence*), lebar rekahan bidang diskontinuitas (*aperture*), kekasaran bidang permukaan diskontinuitas (*roughness*), material pengisi bidang diskontinuitas

(*infilling*), dan pelapukan (*weathering*). Dari analisa sub-sub parameter tersebut maka akan didapat nilai dari parameter kondisi diskontinuitas (*condition of discontinuities*). Pada penentuan nilai ini, perlu memperhatikan parameter E pada tabel RMR. Terdapat 5 parameter yaitu:

- 1) Panjang diskontinuitas (*discontinuity length/persistence*), yaitu nilai rata-rata dari seluruh *persistence* pada kekar dari tiap *scanline*.
- 2) Lebar rekahan diskontinuitas (*Separation/aperture*), yaitu nilai rata-rata dari seluruh data lebar rongga diskontinuitas pada kekar dari tiap *scanline*.
- 3) Kekasaran bidang diskontinuitas (*Roughness*), yaitu nilai rata-rata dari seluruh data *roughness* pada kekar dari tiap *scanline*.
- 4) Material pengisi bidang diskontinuitas (*Infilling*), yaitu nilai rata-rata dari seluruh data material pengisi pada bidang diskontinuitas (*Infilling*) pada kekar dari tiap *scanline*.
- 5) Pelapukan (*Weathering*), yaitu nilai dari analisa pelapukan pada batuan lereng di lapangan.

Kemudian jumlahkan total nilai dari 5 parameter tersebut, sehingga akan didapat nilai kondisi diskontinuitas (*condition of discontinuities*).

- e. Air tanah (*Groundwater*): merupakan nilai rata-rata dari data air pada lereng dengan menggunakan tabel *Rock Mass Rating* (RMR). Air tanah sangat berpengaruh terhadap kondisi lereng. Parameter terdiri kategori yaitu kering, lembab, basah dan mengalir.
- f. Penyesuaian penilaian pada orientasi diskontinuitas (*Rating Adjustment For Discontinuity Orientations*): pada penentuan nilai ini, perlu memperhatikan parameter F (*Effect Of Discontinuity Strike And Dip Orientation In Tunnelling*) pada tabel RMR. Pada parameter F diperlukan nilai kemiringan lereng (*slope face*) pada lereng yang dapat dilihat dari tabel klasifikasi batuan (*rock classification*).

- g. Pengaruh *strike/dip* orientasi diskontinuitas pada tunnel (*Effect Of Discontinuity Strike And Dip Orientation In Tunnelling*): nilai parameter ini didapat dari jumlah total nilai dari *Strength of intact rock*, *Rock Quality Designation index (RQD)*, *Spacing*, *Condition of discontinuities*, *Groundwater*, dan *Rating Adjustment For Discontinuity Orientations*. Dari total nilai ini akan didapatkan kelas batuan pada lereng tersebut.
- h. Deskripsi dari kelas batuan (*Meaning Of Rock Classes*): pada parameter ini akan dapat diketahui deskripsi dari kelas batuan yang telah didapat sebelumnya.

Rock mass rating (RMR) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RMR = R1+R2+R3+R4+R5+R6.....(2)$$

R1 : Rating parameter a.

R2 : Rating parameter b.

R3 : Rating parameter c.

R4 : Rating parameter d.

R5 : Rating parameter e.

R6 : Rating parameter f.

Hasil nilai dari klasifikasi RMR tersebut akan didapat kelas batuan, yaitu kelas I , II, III, IV, dan V. Berikut adalah tabel kelas RMR yang menunjukkan dukungan pada batuan (Tabel 3.9).

Tabel 3.9. Kelas Batuan Pada Sistem RMR

Kelas massa batuan	Penggalian	Rock bolts (diameter 20 mm, ditanam penuh)	Shotcrete	Steel sets
I – Batuan sangat baik RMR: 81-100	Seluruh permukaan dengan tebal 3m	Umumnya tidak ada dukungan yang diperlukan kecuali <i>spot bolting</i>		
II – Batuan Baik RMR : 61-80	Seluruh permukaan, Dengan tebal 1-1.5m. dukungan lengkap 20m dari permukaan.	Secara lokal, Penggunaan <i>bolt</i> dengan panjang 3m pada bagian <i>crow</i> n, dengan jarak 2,5m dengan beberapa penghubung kawat.	Ketebalan 50mm dibagian <i>crow</i> n, bila diperlukan	Tidak ada
III – Batuan Sedang RMR : 41-60	Pada <i>Top heading</i> dan <i>bench</i> 1,5-3m lanjutan dari <i>top heading</i> . Pemberian <i>support</i> setelah ledakan. Lengkapi <i>support</i> 10 m dari permukaan.	Sistematik <i>Bolts</i> panjang 4m, berjarak 1,5 - 2 m pada <i>crow</i> n dan dinding dengan kawat pada <i>crow</i> n	50-100mm pada <i>crow</i> n dan 100mm pada sisi.	Tidak ada
IV – Batuan Buruk RMR : 21-40	Pada <i>Top heading</i> dan <i>bench</i> 1.0-1.5 m pada <i>top heading</i> . Pemberian <i>support</i> bersamaan dengan penggalian, 10 m dari permukaan.	Sistematik <i>Bolts</i> panjang 4-5m, berjarak 1-1,5m pada <i>crow</i> n dan dinding dengan kawat pada <i>crow</i> n	100-150mm pada <i>crow</i> n dan 100mm pada sisi.	<i>Ribs</i> ringan sampai sedang berjarak 1,5 m bila diperlukan.
V – Batuan sangat buruk RMR : < 20	Beberapa <i>drift</i> 0.5-1,5m di dibagian <i>top heading</i> . Pemberian <i>support</i> bersamaan dengan penggalian. <i>Shotcrete</i> sesegera mungkin setelah peledakan.	Sistematik <i>bolts</i> sepanjang 5-6 m, berjarak 1-1,5 m pada <i>crow</i> n dan dinding dengan kawat. <i>Bolt invert</i> .	150-200mm pada <i>crow</i> n. 150 mm disisi, dan 50 mm pada permukaan.	<i>Ribs</i> sedang sampai berat diberi jarak 0,75 m dengan baja dan <i>forepoling</i> jika diperlukan. <i>Close invert</i> .

Sumber: Bieniawski, 1989

3.3.2 Rock Structure Rating (RSR)

Pada penentuan nilai RSR terdapat 3 parameter yaitu parameter A (Geologi), parameter B (Geometri), dan parameter C (Pengaruh air tanah dan kondisi *joint*).

Sistem RSR memperkenalkan konsep penilaian dari tiap komponen yang terdapat di bawah ini sehingga akan didapat persamaannya yaitu:

$$RSR = A + B + C \dots \dots (3)$$

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

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

Pada parameter ini yang pertama harus dilakukan yaitu menentukan jenis batuan pada lereng, seperti batuan beku, metamorf, dan sedimen. Setelah ditentukan selanjutnya menentukan tingkat kekerasan pada batuan tersebut, apakah termasuk dengan kekerasan *hard, medium, soft, atau decomposed*. Dari penentuan jenis batuan dan kekerasannya maka akan didapat nilai *rating* pada parameter tersebut. Kemudian menentukan struktur geologi yang terdapat pada lereng tersebut, apakah *massive, slightly faulted/folded, moderately faulted/folde, intensely faulted/folded*. Jika sudah ditentukan maka akan didapat nilai *rating* pada parameter struktur geologi.

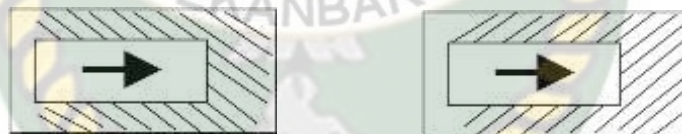
Setelah nilai *rating* dari tiap parameter didapat, selanjutnya yaitu menjumlahkan nilai *rating* tersebut. Maka akan didapat nilai *rating* dari parameter A.

b. Parameter B, Geometri. Pengaruh pola diskontinuitas sehubungan dengan arah *drive*, pada dasar:

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

Pada parameter ini langkah pertama yang harus dilakukan yaitu menentukan apakah lereng tersebut termasuk *strike* tegak lurus terhadap *axis* atau *strike* searah dengan *axis*. Jika lereng termasuk *strike* tegak lurus terhadap *axis*, maka yang digunakan adalah *rating* pada kolom *strike* tegak lurus terhadap *axis*. Jika lereng termasuk *strike* searah dengan *axis*, maka yang digunakan adalah *rating* pada kolom *strike* searah dengan *axis*. Setelah itu tentukan jarak kekar pada lereng, maka dari kedua data itu akan didapat *rating* pada parameter B.

Pada parameter B terdapat dua jenis arah jalan terhadap lereng atau *direction of drive*. Pada Gambar 3.1 jenis yang pertama yaitu jenis A merupakan jenis jalan yang searah atau *parallel* dengan kemiringan lereng, kemudian gambar B yaitu jenis jalan yang berlawanan dengan kemiringan lereng.



A. Jalan searah dengan kemiringan B. Jalan berlawanan arah dengan kemiringan

Gambar 3.7. Dua Jenis Arah Jalan Terhadap Lereng atau *Direction of Drive*
Sumber: Wickham, 1972

c. Parameter C, Pengaruh air tanah dan kondisi kekar (*joint*), atas dasar:

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

Langkah pertama yaitu menentukan apakah *dip* lereng termasuk dalam *range* 13-44 atau 45-75. Nilai *dip* lereng dapat dilihat dari *slope face* pada tabel *Rock Mass Rating* (RMR). Terdapat keterangan pada nilai *dip*, *dip* dikatakan *flat* jika nilai *dip* 0-20°, dikatakan *dipping* jika nilai *dip* 20-50°, dan dikatakan *vertical* jika nilai *dip* 50-90°.

Setelah mengetahui *range dip*, maka selanjutnya menentukan aliran air pada lereng dalam *gallons per-minutes*. Kemudian menentukan kondisi kekar, apakah termasuk *good*, *fair*, atau *poor*. Terdapat keterangan pada parameter kondisi kekar, *good* = *tight or cemented*, *fair* = *slightly weathered or altered*, *poor* = *severely weathered*, dan *altered or open*. Maka akan didapatkan nilai *rating* pada parameter C.

Pada tahun 1972 Wickham memaparkan 3 tabel dalam metode RSR seperti pada tabel 3.9, 3.10, dan 3.11. Tabel tersebut dapat digunakan dalam mengevaluasi nilai dari masing-masing parameter agar sampai pada nilai RSR.

Tabel 3.10. Parameter A, Geologi: Geologi Umum

	Jenis Dasar Batuan				Struktur Geologi			
	Keras	Sedang	Lembut	Terurai				
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

Sumber: Wickham, 1972

Tabel 3.11. Parameter B, Geometri: Pola kekar (*Joint*), Arah Drive

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 ^a					<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

Sumber: Wickham, 1972

a *Dip*: datar: 0-20°; *dipping*: 20-50°; dan vertikal: 50-90°

b Kondisi kekar: baik = rapat atau tersemen; sedang = sedikit pelapukan atau berubah; buruk = sangat lapuk, berubah atau terbuka

Tabel 3.12. Parameter C, Pengaruh Air Tanah 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 ^b					
	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

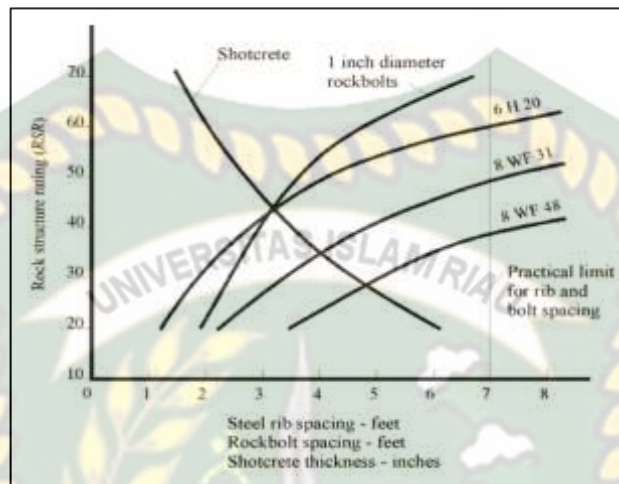
Sumber: Wickham, 1972

a *Dip*: datar: 0-20°; *dipping*: 20-50°; dan vertikal: 50-90°

b Kondisi kekar: baik = rapat atau tersemen; sedang = sedikit pelapukan atau berubah; buruk = sangat lapuk, berubah atau terbuka

Meskipun sistem klasifikasi RSR tidak banyak digunakan saat ini, Wickham berperan penting dalam pengembangan skema klasifikasi kestabilan lereng. Kemudian, dari hasil RSR yang didapat, maka nilai tersebut di plotkan pada diagram RSR untuk mengetahui *treatment* yang tepat untuk kestabilan lereng tersebut.

Setelah nilai A, B, dan C didapat, maka nilai tersebut ditambahkan agar mendapatkan nilai RSR. Kemudian setelah didapat nilai RSR selanjutnya nilai tersebut diplotkan pada diagram RSR (Gambar 3.8) sehingga dapat diketahui dukungan yang dapat diberikan pada batuan tersebut.



Gambar 3.8. Diagram RSR

Sumber: Wickham, 1972

3.3.3 Dukungan Pada Lereng

Dukungan atau *treatment* dari metode RMR dan RSR secara umum memiliki rekomendasi yang sama, yaitu berupa *Rockbolt* dan *Shotcrete*.

3.3.3.1 *Rockbolt*

Rockbolt merupakan jenis baut baja yang digunakan pada lereng dengan tujuan sebagai penyangga batuan atau sebagai pengikat antar batuan untuk menjaga kestabilan lereng.



Gambar 3.9. *Rockbolt*

3.3.3.2 Shotcrete

Shotcrete adalah suatu proses dimana beton diproyeksikan atau disemprotkan di bawah tekanan dengan menggunakan alat bantu semprot pada suatu permukaan. Tujuan digunakan *shotcrete* yaitu karena *shotcrete* memiliki kekuatan dan daya tahan yang besar, serta permeability yang rendah pada batuan.



Gambar 3.10. Ilustrasi Penggunaan Shotcrete

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 *Rock Mass Rating (RMR)*

Pada analisis data lereng dibagi menjadi beberapa *scanline*. *Scanline* berfungsi untuk memudahkan analisa data pada lereng dengan membagi pengukuran data pada lereng menjadi beberapa bagian, dengan tujuan agar data yang didapat lebih akurat. Pada daerah penelitian, lereng 1 terbagi menjadi 4 *scanline* dengan panjang pada setiap *scanline* yaitu 10 m x 1 m. Lereng 2 terbagi menjadi 4 *scanline* dengan panjang pada setiap *scanline* yaitu 10 m x 1 m. Lereng 3 terbagi menjadi 4 *scanline* dengan panjang pada setiap *scanline* yaitu 10 m x 1 m. Kemudian hasil analisis tiap *scanline* akan diambil hasil nilai yang dominan pada *scanline* sehingga menjadi nilai yang mewakili pada lereng tersebut. Berikut ini hasil perhiungan RMR pada tiap *scanline* dari lereng daerah penelitian:

Table. 4.1. Hasil RMR Lereng 1 Pada 4 *Scanline*

<i>Scanline</i>		SC 1	SC 2	SC 3	SC 4
UCS (MPa)		25-50	25-50	25-50	25-50
RQD (%)		25,9	29,2	58,9	39,1
Jarak diskontinuitas (m)		0,34	0,37	0,54	0,45
Kondisi diskontinuitas	Panjang kekar (m)	0,18	0,23	0,12	0,14
	Lebar Rekahan kekar (mm)	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	Kekasaran	Kasar	Kasar	Kasar	Kasar
	Pelapukan	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Kondisi Air		Kering	Kering	Kering	Kering
Orientasi diskontinuitas		Tidak baik	Tidak baik	Tidak baik	Tidak baik

Table. 4.2. Nilai RMR Lereng 1 Pada 4 *Scanline*

<i>Scanline</i>	SC 1	SC 2	SC 3	SC 4
Nilai UCS	4	4	4	4
Nilai RQD	8	8	13	8
Nilai Jarak diskontinuitas	10	10	10	10
Nilai kondisi diskontinuitas	25	25	25	25
Nilai kondisi air	15	15	15	15
Nilai orientasi diskontinuitas	-50	-50	-50	-50
Hasil RMR	12	12	17	12
Kelas RMR	V	V	V	V
Deskripsi RMR	<i>Very Poor Rock</i>	<i>Very Poor Rock</i>	<i>Very Poor Rock</i>	<i>Very Poor Rock</i>

Pada analisis *scanline* lereng 1, didapatkan hasil kelas RMR yaitu SC1 dengan nilai 12 masuk dalam kelas V (*very poor rock*), SC2 dengan nilai 12 masuk dalam kelas V (*very poor rock*), SC3 dengan nilai 17 masuk dalam kelas V (*very poor rock*) dan SC4 dengan nilai 12 masuk dalam kelas V (*very poor rock*). Hasil ini menunjukkan tiap bagian *scanline* memiliki rating yang sama yakni menunjukkan kondisi *very poor rock* atau kondisi batuan sangat buruk, sehingga dari hasil ini dapat diinterpretasi dengan mengambil nilai rata-rata yaitu didapat nilai RMR 12 seperti pada Tabel.4.2.

Table. 4.3. Hasil RMR Lereng 2 Pada 4 Scanline

Scanline		SC 1	SC 2	SC 3	SC 4
UCS (MPa)		25-50	25-50	25-50	25-50
RQD (%)		49	39,1	42,4	25,9
Jarak diskontinuitas (m)		0,50	0,43	0,42	0,36
Kondisi diskontinuitas	Panjang kekar (m)	0,18	0,16	0,17	0,13
	Lebar rekahan kekar (mm)	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	Kekasaran	Kasar	Kasar	Kasar	Kasar
	Pelapukan	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Kondisi air		Kering	Kering	Kering	Kering
Orientasi diskontinuitas		Cukup baik	Cukup baik	Cukup baik	Cukup baik

Table. 4.4. Nilai RMR Lereng 2 Pada 4 Scanline

Scanline	SC 1	SC 2	SC 3	SC 4
Nilai UCS	4	4	4	4
Nilai RQD	8	8	8	8
Nilai Jarak diskontinuitas	10	10	10	10
Nilai kondisi diskontinuitas	25	25	25	25
Nilai kondisi air	15	15	15	15
Nilai orientasi diskontinuitas	-25	-25	-25	-25
Hasil RMR	37	37	37	37
Kelas RMR	IV	IV	IV	IV
Deskripsi RMR	<i>Poor Rock</i>	<i>Poor Rock</i>	<i>Poor Rock</i>	<i>Poor Rock</i>

Pada analisis *scanline* lereng 2, didapatkan hasil kelas RMR yaitu SC1 masuk dalam kelas IV (*poor rock*), SC2 dengan nilai 37 masuk dalam kelas IV (*poor rock*), SC3 dengan nilai 37 masuk dalam kelas IV (*poor rock*) dan SC4 dengan nilai 37 masuk dalam kelas IV (*poor rock*). Hasil ini menunjukkan tiap bagian *scanline* memiliki rating yang sama yakni menunjukkan kondisi *poor rock* atau kondisi batuan buruk, sehingga dari hasil ini dapat diinterpretasi dengan mengambil nilai rata-rata yaitu didapat nilai RMR 37 seperti pada Tabel.4.4.

Table. 4.5. Hasil RMR Lereng 3 Pada 4 *Scanline*

<i>Scanline</i>		SC 1	SC 2	SC 3	SC 4
UCS (MPa)		25-50	25-50	25-50	25-50
RQD (%)		32,5	25,9	29,2	6,1
Jarak diskontinuitas (m)		0,39	0,35	0,37	0,27
Kondisi diskontinuitas	Panjang kekar (m)	0,24	0,16	0,26	0,18
	Lebar rekahan kekar (mm)	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	Kekasaran	Kasar	Kasar	Kasar	Kasar
	Pelapukan	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Kondisi air		Kering	Kering	Kering	Kering
Orientasi diskontinuitas		Cukup baik	Cukup baik	Cukup baik	Cukup baik

Table. 4.6. Nilai RMR Lereng 3 Pada 4 *Scanline*

<i>Scanline</i>	SC 1	SC 2	SC 3	SC 4
Nilai UCS	4	4	4	4
Nilai RQD	8	8	8	3
Nilai Jarak diskontinuitas	10	10	10	10
Nilai kondisi diskontinuitas	25	25	25	25
Nilai kondisi air	15	15	15	15
Nilai orientasi diskontinuitas	-25	-25	-25	-25
Hasil RMR	37	37	37	32
Kelas RMR	IV	IV	IV	IV
Deskripsi RMR	<i>Poor Rock</i>	<i>Poor Rock</i>	<i>Poor Rock</i>	<i>Poor Rock</i>

Pada analisis *scanline* lereng 3, didapatkan hasil kelas RMR yaitu SC1 masuk dalam kelas IV (*poor rock*), SC2 dengan nilai 37 masuk dalam kelas IV (*poor rock*), SC3 dengan nilai 37 masuk dalam kelas IV (*poor rock*) dan SC4 dengan nilai 32 masuk dalam kelas IV (*poor rock*). Hasil ini menunjukkan tiap bagian *scanline* memiliki rating yang sama yakni menunjukkan kondisi *poor rock* atau kondisi batuan buruk, sehingga dari hasil ini dapat diinterpretasi dengan mengambil nilai rata-rata yaitu didapat nilai RMR 32 seperti pada Tabel.4.6.

Tabel 4.7. Hasil Total RMR Lereng 1, 2 dan 3

Lereng		L 1	L 2	L 3
UCS (MPa)		25-50	25-50	25-50
RQD (%)		38,3	39,1	23,4
Jarak diskontinuitas (m)		0,43	0,43	0,34
Kondisi diskontinuitas	Persistence (m)	0,17	0,16	0,21
	Lebar rekahan kekar (mm)	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	Kekasaran	Kasar	Kasar	Kasar
	Pelapukan	Sedang	Sedang	Sedang
Kondisi air		Kering	Kering	Kering
Orientasi diskontinuitas		Tidak baik	Cukup baik	Cukup baik

Dari data setiap *scanline* pada lereng, maka dapat diambil nilai rata-rata RMR pada lereng 1, 2 dan 3 seperti pada table berikut :

Tabel 4.8. Nilai Total RMR Lereng 1, 2 dan 3

Lereng	L 1	L 2	L 3
Nilai UCS	4	4	4
Nilai RQD	8	8	3
Nilai Jarak diskontinuitas	10	10	10
Nilai kondisi diskontinuitas	25	25	25
Nilai kondisi air	15	15	15
Nilai orientasi diskontinuitas	-50	-25	-25
Hasil RMR	12	37	32
Kelas RMR	V	IV	IV
Deskripsi RMR	<i>Very Poor Rock</i>	<i>Poor Rock</i>	<i>Poor Rock</i>

Dari seluruh *scanline* tiap lereng, maka nilai RMR lereng dapat disimpulkan:

- Lereng 1 kategori kelas V (batuan sangat buruk).
- Lereng 2 kategori kelas IV (batuan buruk).
- Lereng 3 kategori kelas IV (batuan buruk).

Dari kelas lereng yang telah diketahui, maka deskripsi terhadap lereng dapat diketahui berdasarkan tabel kelas batuan RMR (*Bieniawski, 1989*).

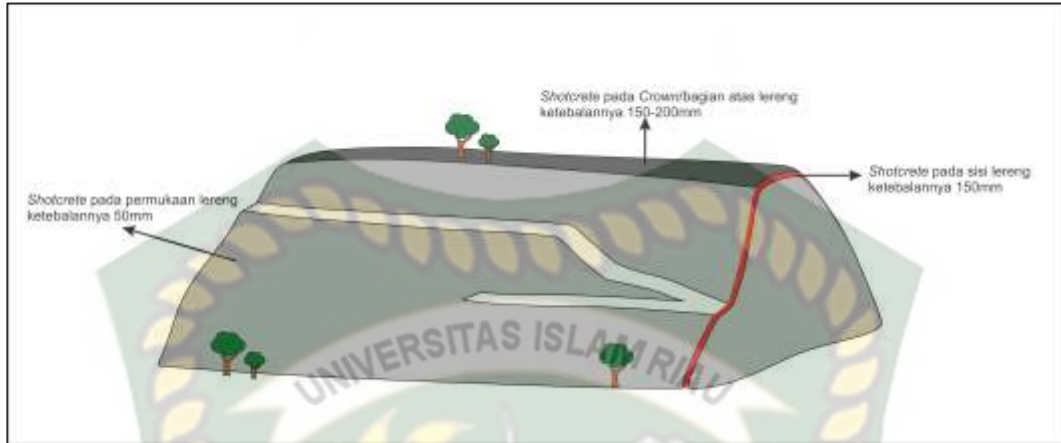
Tabel 4.9. Deskripsi Kelas Batuan RMR

Lereng	Kelas Massa Batuan	Penggalian	Rock Bolts (diameter 20 mm, ditanam penuh)	Shotcrete	Steel sets
1	V – Batuan sangat buruk <i>RMR</i> : < 20	Beberapa <i>drift</i> 0.5-1,5m di dibagian <i>top heading</i> . Pemberian <i>support</i> bersamaan dengan penggalian. <i>Shotcrete</i> sesegera mungkin setelah peledakan.	Sistematik <i>bolts</i> sepanjang 5-6 m, berjarak 1-1,5 m pada <i>crown</i> dan dinding dengan kawat besi. <i>Bolt invert</i> .	150-200mm pada <i>crown</i> . 150mm di sisi, dan 50 mm pada permukaan.	<i>Ribs</i> sedang sampai berat diberi jarak 0,75 m dengan baja dan <i>forepoling</i> jika diperlukan. <i>Close invert</i> .
2 dan 3	IV – Batuan Buruk <i>RMR</i> : 21-40	Pada <i>Top heading</i> dan <i>bench</i> 1.0-1.5 m pada <i>top heading</i> . Pemberian <i>support</i> bersamaan dengan penggalian, 10 m dari permukaan.	Sistematik <i>Bolts</i> panjang 4-5m, berjarak 1-1,5m pada <i>crown</i> dan dinding dengan kawat pada <i>crown</i> .	100-150mm pada <i>crown</i> dan 100mm pada sisi.	<i>Ribs</i> ringan sampai sedang berjarak 1,5 m bila diperlukan.

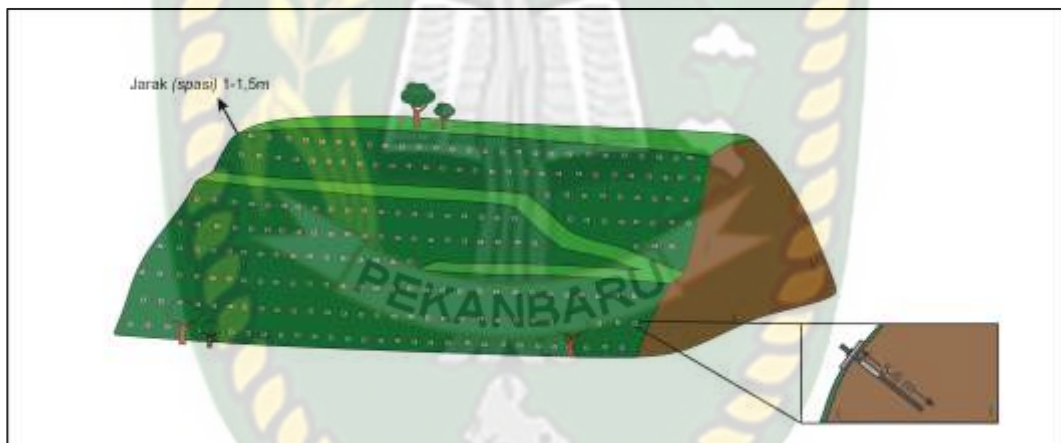
Sumber: *Bieniawski, 1989*

Dari perhitungan RMR lereng 1 masuk dalam kelas V (batuan sangat buruk) sehingga berdasarkan tabel deskripsi kelas batuan RMR, lereng 1 terdapat beberapa *treatment* yang dapat diberikan pada lereng 1. Yang pertama yaitu penggalian pada bagian *top heading* dengan tebal penggalian yaitu 0,5-1,5 m. Kemudian pemasangan *rock bolts* berdiameter 20 mm dengan panjang 5-6 m. Pada bagian *crown* dan depan lereng *rock bolts* dipasang dengan jarak antar *rock bolts* yaitu 1-1,5 m. Kemudian pemberian *shotcrete* dengan tebal 150-200 mm

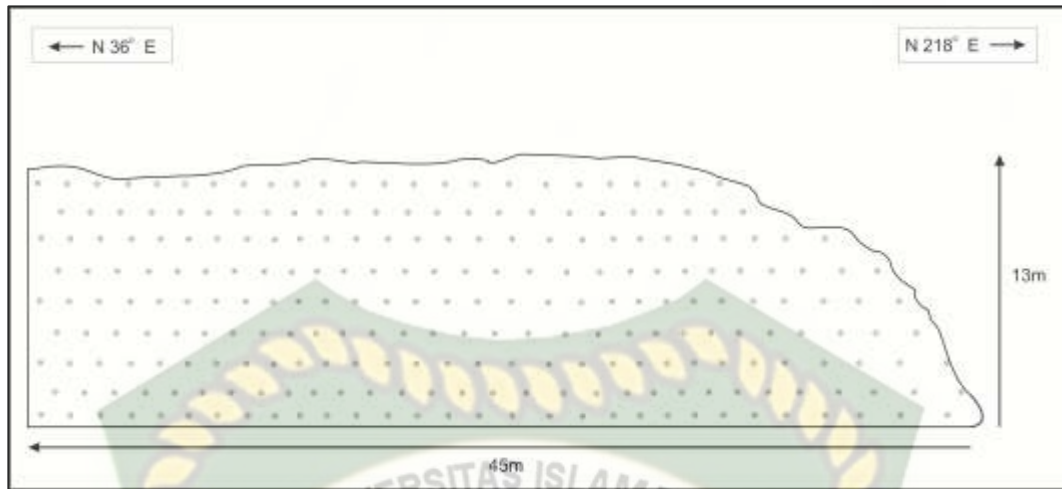
pada bagian *crown*, 150 mm dibagian sisi lereng dan 50 mm pada bagian depan atau permukaan lereng.



Gambar 4.1. Ilustrasi *Shotcrete* Pada Lereng 1 Berdasarkan Perhitungan RMR

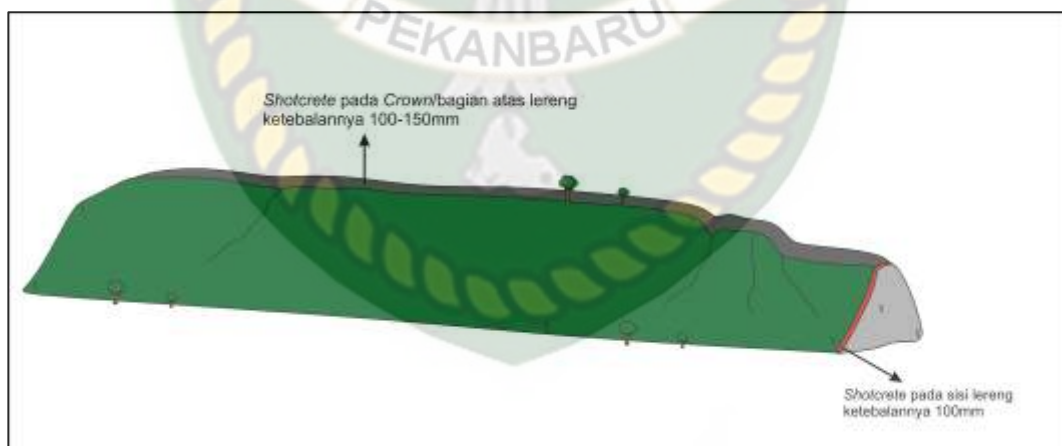


Gambar 4.2. Ilustrasi *Rock Bolts* Pada Lereng 1 Berdasarkan Perhitungan RMR

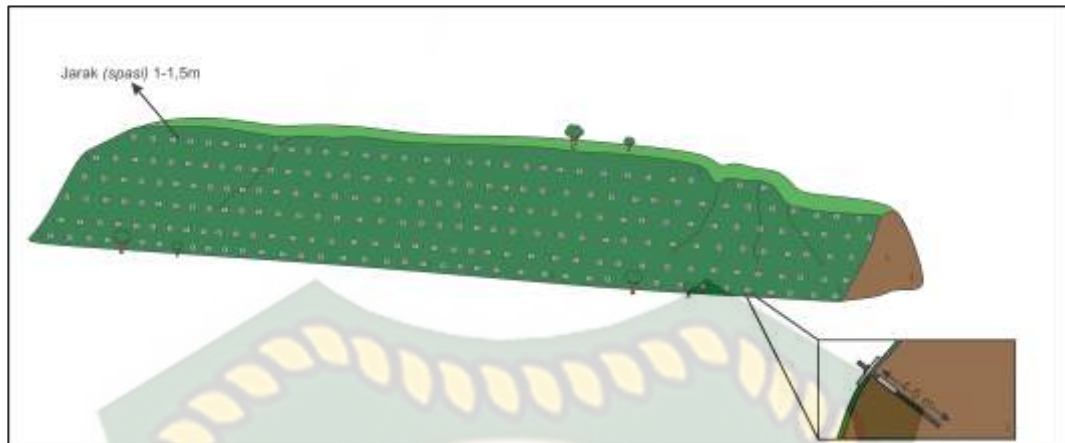


Gambar 4.3. Ilustrasi Sketsa *Rockbolt* dengan *Spasi* 1-1,5 m Pada Lereng 1

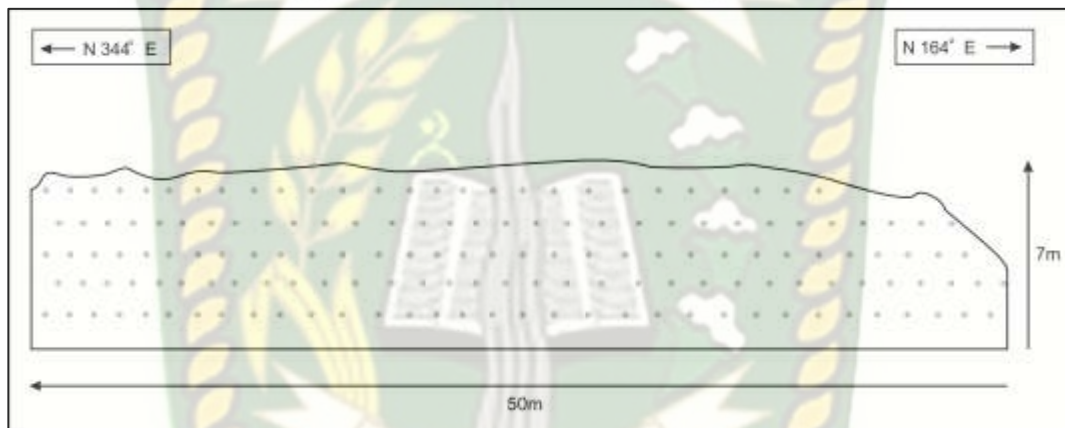
Pada lereng 2 dari perhitungan masuk dalam kelas IV (batuan buruk) sehingga berdasarkan tabel deskripsi kelas batuan RMR terdapat beberapa *treatment* yang dapat diberikan pada lereng. Yang pertama yaitu penggalian 1,0-1,5 m pada bagian *top heading*. Kemudian dengan cara pemasangan *rock bolts* dengan diameter 20 mm. *Rock bolts* dengan panjang 4-5 m ditanam pada bagian *crown* dengan jarak antar *rock bolts* 1-1,5 m. Selanjutnya yaitu dengan pemberian *shotcrete* 100-150 mm pada bagian *crown* dan 100 mm pada bagian sisi lereng.



Gambar 4.4. Ilustrasi *Shotcrete* Pada Lereng 2 Berdasarkan Perhitungan RMR



Gambar 4.5. Ilustrasi *Rock Bolts* Pada Lereng 2 Berdasarkan Perhitungan RMR



Gambar 4.6. Ilustrasi Sketsa *Rockbolt* dengan *Spasi* 1-1,5 m Pada Lereng 2

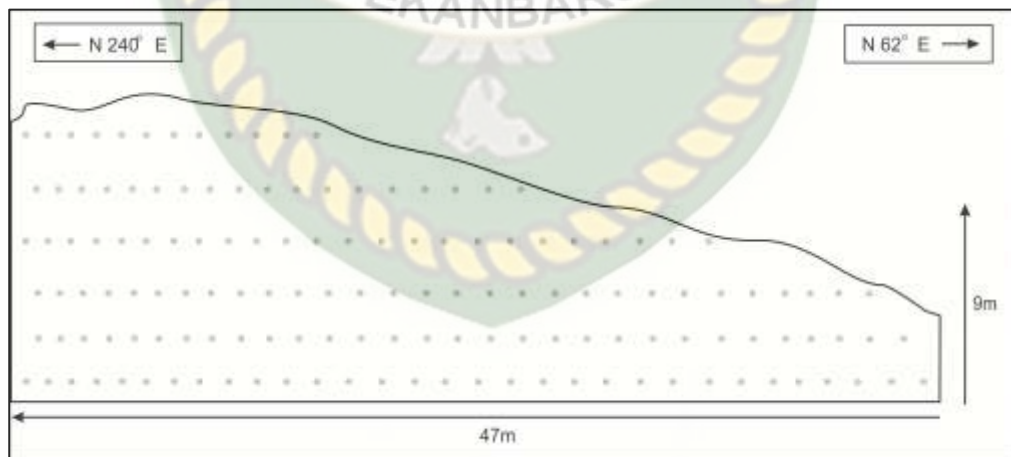
Pada lereng 3 dari perhitungan masuk dalam kelas IV (batuan buruk) sehingga berdasarkan tabel deskripsi kelas batuan RMR terdapat beberapa *treatment* yang dapat diberikan pada lereng 3. Yang pertama yaitu penggalian 1,0-1,5 m pada bagian *top heading*. Kemudian dengan cara pemasangan *rock bolts* dengan diameter 20 mm. *Rock bolts* dengan panjang 4-5 m ditanam pada bagian *crown* dengan jarak antar *rock bolts* 1-1,5 m. Selanjutnya yaitu dengan pemberian *shotcrete* 100-150 mm pada bagian *crown* dan 100 mm pada bagian sisi lereng.



Gambar 4.7. Ilustrasi Shotcrete Pada Lereng 3 Berdasarkan Perhitungan RMR



Gambar 4.8. Ilustrasi Rock Bolts Pada Lereng 3 Berdasarkan Perhitungan RMR



Gambar 4.9. Ilustrasi Sketsa Rockbolt dengan Spasi 1-1,5 m Pada Lereng 2

4.2 Rock Structure Rating (RSR)

Dalam penentuan *rock structure rating* (RSR) diperlukan analisa dari 3 parameter yaitu:

- a. Parameter A, Geologi. Penilaian umum struktur geologi atas dasar:
 - 1) Jenis batuan asal (batuan beku, metamorf, sedimen).
 - 2) Kekerasan batuan (keras, sedang, lembut, lapuk).
 - 3) Struktur geologi (*massive, slightly faulted/folded, moderately faulted/folded, intensely faulted/folded*).
- b. Parameter B, Geometri. Pengaruh pola diskontinuitas sehubungan dengan arah tunnel pada dasar:
 - 1) Jarak antar kekar (*Joint spacing*).
 - 2) Orientasi kekar (*Joint orientation, strike and dip*).
 - 3) Arah tunnel (*Direction of tunnel drive*).
- c. Parameter C, Pengaruh air tanah dan kondisi kekar (*joint*) atas dasar:
 - 1) Keseluruhan kualitas massa batuan berdasarkan gabungan parameter A dan B.
 - 2) Kondisi kekar (*Joint condition*) baik, buruk, sangat buruk.
 - 3) Jumlah arus masuk air (dalam setiap galon per menit per 1000 kaki terowongan).

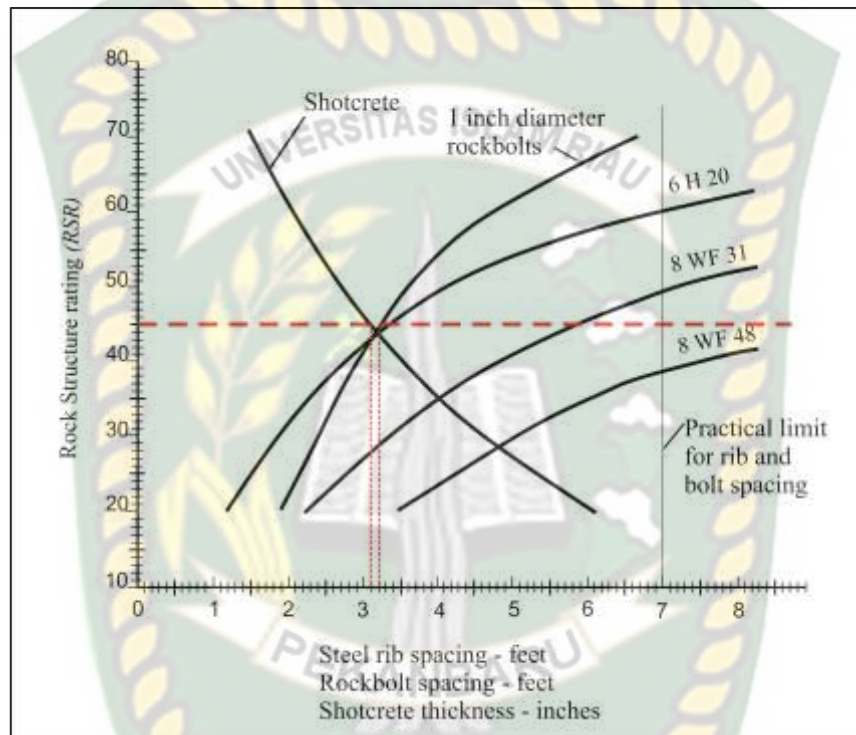
Dalam penentuan nilai RSR digunakan persamaan yaitu :

$$RSR = A + B + C \dots\dots(3)$$

Dimana A merupakan parameter geologi umum, B merupakan parameter geometri; pola kekar (*joint*), arah (*drive*) dan C merupakan parameter pengaruh air tanah dan kondisi kekar. Pengambilan nilai pada setiap parameter diambil berdasarkan analisa secara langsung dilapangan. Berikut ini merupakan tabel hasil RSR pada lereng 1, 2 dan 3 serta hasil grafik RSR:

Tabel 4.10. Nilai RSR Lereng 1

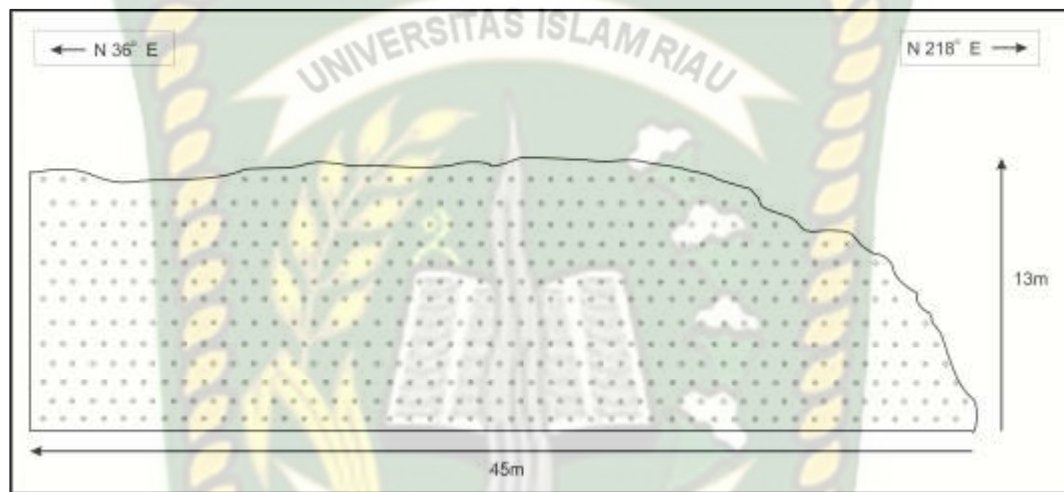
Parameter	Kondisi	Rating
A	Intensif lipatan dan patahan	8
B	Jarak kekar sedang	19
C	Tidak ada air, kekar sedang	18
Total A + B + C		45



Gambar 4.10. Grafik RSR Lereng 1

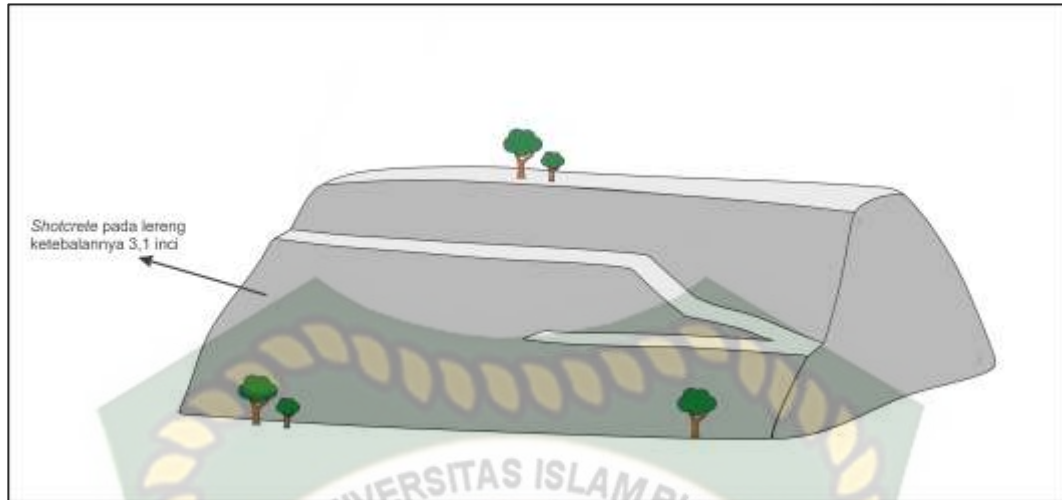
Pada Tabel 4.10 pada parameter A dapat diketahui terdapat struktur geologi dalam penelitian ini yaitu berupa lipatan dan patahan, masuk dalam kategori *intensive* dalam satu lereng dengan *rating* 8. Kemudian pada parameter B dapat diketahui jarak antar kekar masuk dalam kategori sedang, hal ini diketahui dari pengukuran jarak antar kekar dengan menggunakan alat ukur dengan *rating* 19. Lalu pada parameter C masuk dalam kategori kondisi air tidak ada dan kondisi kekar masuk dalam kategori sedang dengan *rating* 18.

Kemudian *rating* pada setiap parameter dijumlahkan yang mana akan didapat nilai RSR, nilai RSR pada lereng 1 yaitu 45. Lalu nilai tersebut diplotkan pada grafik RSR. Pada grafik tersebut dapat diketahui *treatment* atau pendukung pada lereng 1 yang dapat diberikan yaitu pemberian *rockbolts* dan *shotcrete*. *Rockbolts* yang digunakan pada metode *Rock Structure Rating* (RSR) yaitu dengan diameter 1 inci, dengan spasi antar *rockbolts* yaitu 3,2 feet. Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 3,1 inci.



Gambar 4.11. Ilustrasi Sketsa *Rockbolt* Berdiameter 1 inci dengan Spasi 3,2 feet Pada Lereng 1

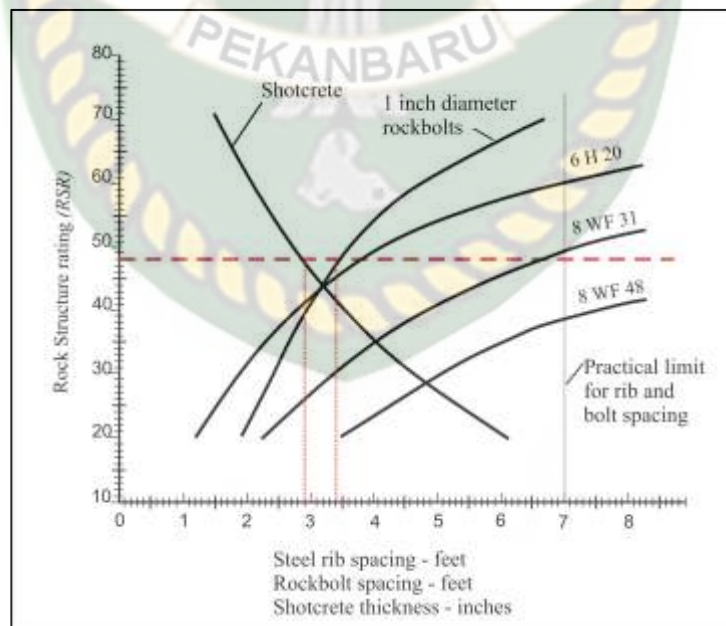
Lereng 1 memiliki panjang 45 m dan lebar 13 m. Penanaman *rockbolts* pada lereng 1 dengan jarak antar *rockbolts* 3,2 feet maka secara *horizontal* berjumlah 46 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara *vertical* berjumlah 13 *rockbolts* dalam satu baris.



Gambar 4.12. Ilustrasi Sketsa Shotcrete dengan Ketebalan 3,1 inci Pada Lereng 1

Tabel 4.11. Nilai RSR Lereng 2

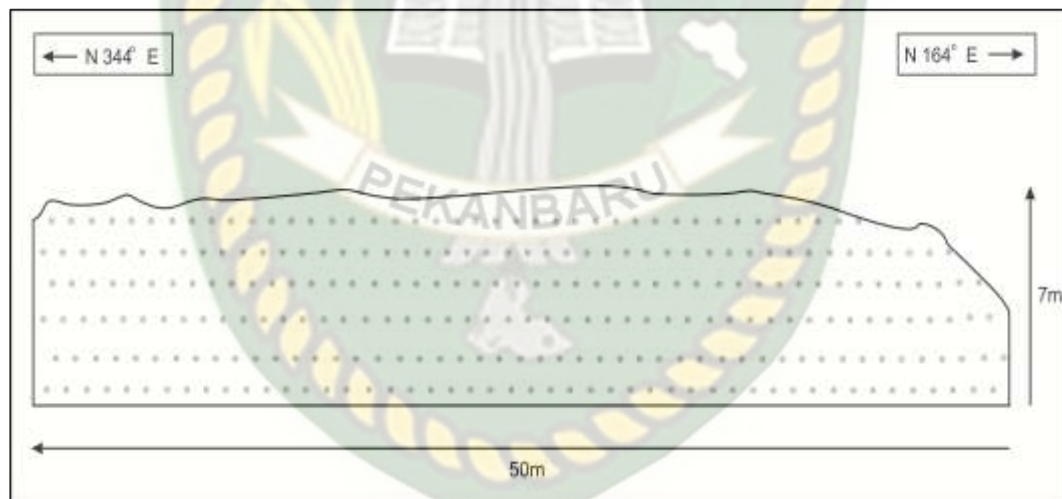
Parameter	Kondisi	Rating
A	Intensif lipatan dan patahan	8
B	Jarak kekar sedang	22
C	Tidak ada air, kekar sedang	18
Total A + B + C		48



Gambar 4.13. Grafik RSR Lereng 2

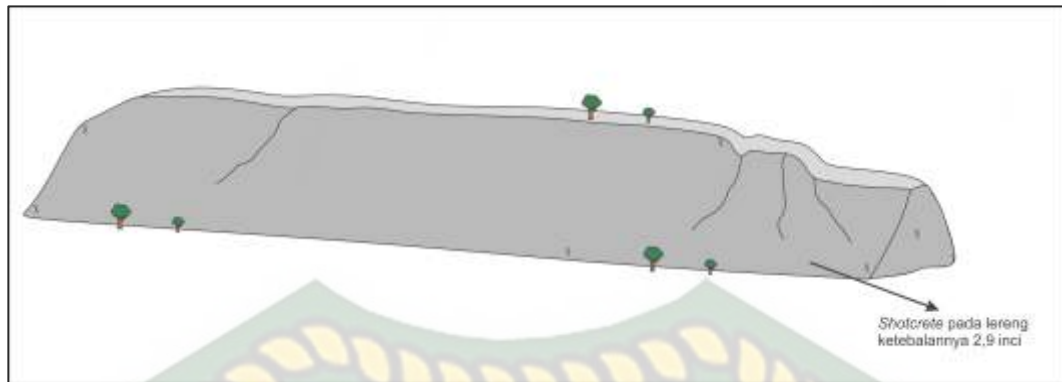
Pada Tabel 4.11 pada parameter A dapat diketahui terdapat struktur geologi dalam penelitian ini yaitu berupa lipatan dan patahan, masuk dalam kategori *intensive* dalam satu lereng dengan *rating* 8. Kemudian pada parameter B dapat diketahui jarak antar kekar masuk dalam kategori sedang, hal ini diketahui dari pengukuran jarak antar kekar dengan menggunakan alat ukur dengan *rating* 22. Lalu pada parameter C masuk dalam kategori kondisi air tidak ada dan kondisi kekar masuk dalam kategori sedang dengan *rating* 18.

Kemudian *rating* pada setiap parameter dijumlahkan yang mana akan didapat nilai RSR, nilai RSR pada lereng 2 yaitu 48. Lalu nilai tersebut diplotkan pada grafik RSR. Pada grafik tersebut dapat diketahui *treatment* atau pendukung pada lereng 2 yang dapat diberikan yaitu pemberian *rockbolt* dan *shotcrete*. *Rockbolts* yang digunakan pada metode *Rock Structure Rating* (RSR) yaitu dengan diameter 1 inci, dengan *spasi* antar *rockbolts* yaitu 3,4 feet. Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 2,9 inci.



Gambar 4.14. Ilustrasi Sketsa *Rockbolt* Berdiameter 1 inci dengan *Spasi* 3,4 feet Pada Lereng 2

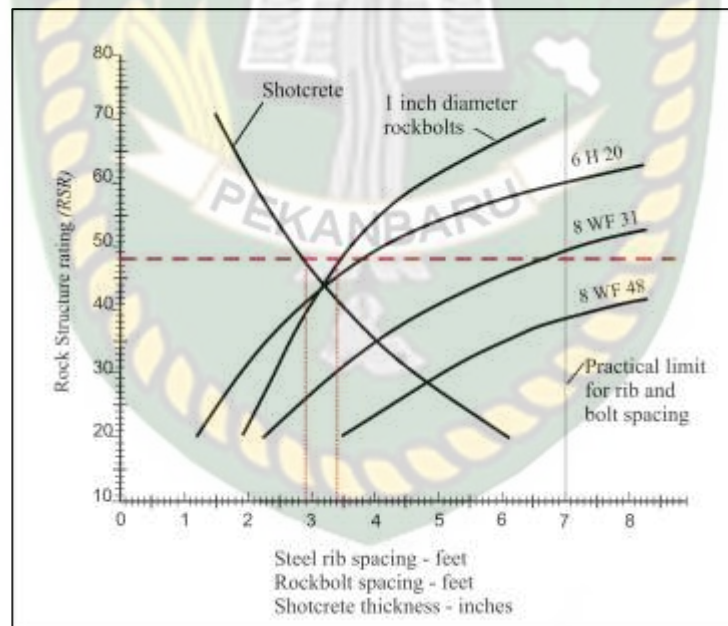
Lereng 2 memiliki panjang 50 m dan lebar 7 m. Penanaman *rockbolts* pada lereng 2 dengan jarak antar *rockbolts* 3,4 feet maka secara *horizontal* berjumlah 48 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara *vertical* berjumlah 6 *rockbolts* dalam satu baris.



Gambar 4.15. Ilustrasi Sketsa Shotcrete dengan Ketebalan 2,9 inci Pada Lereng 2

Tabel 4.12. Nilai RSR Lereng 3

Parameter	Kondisi	Rating
A	Intensif lipatan dan patahan	8
B	Jarak kekar sedang	22
C	Tidak ada air, kekar sedang	18
Total A + B + C		48



Gambar 4.16. Grafik RSR Lereng 3

Pada Tabel 4.12 pada parameter A dapat diketahui terdapat struktur geologi dalam penelitian ini yaitu berupa lipatan dan patahan, masuk dalam kategori *intensive* dalam satu lereng dengan *rating* 8. Kemudian pada parameter B dapat diketahui jarak antar kekar masuk dalam kategori sedang, hal ini diketahui

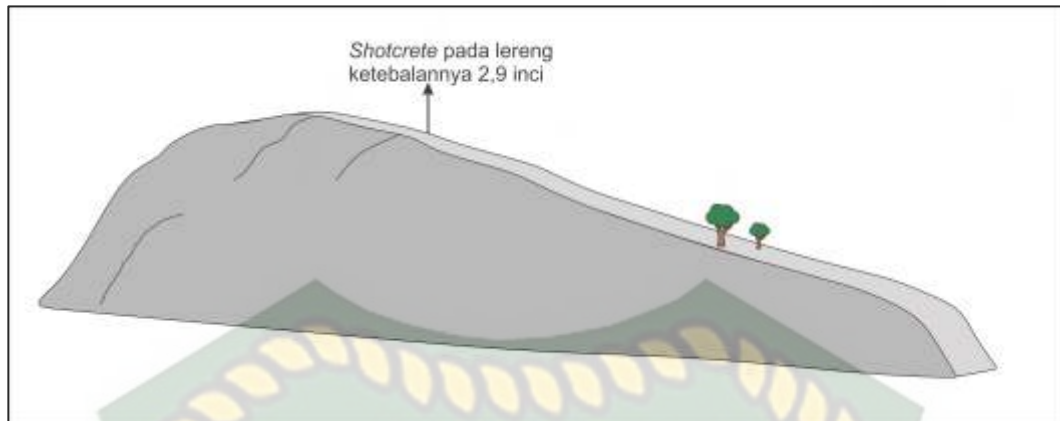
dari pengukuran jarak antar kekar dengan menggunakan alat ukur dengan *rating* 22. Lalu pada parameter C masuk dalam kategori kondisi air tidak ada dan kondisi kekar masuk dalam kategori sedang dengan *rating* 18.

Kemudian *rating* pada setiap parameter dijumlahkan yang mana akan didapat nilai RSR, nilai RSR pada lereng 3 yaitu 48. Lalu nilai tersebut diplotkan pada grafik RSR. Pada grafik tersebut dapat diketahui *treatment* atau pendukung pada lereng 3 yang dapat diberikan yaitu pemberian *rockbolts* dan *shotcrete*. *Rockbolts* yang digunakan pada metode *Rock Structure Rating* (RSR) yaitu dengan diameter 1 inci, dengan *spasi* antar *rockbolts* yaitu 3,4 feet. Kemudian penyemprotan *shotcrete* pada lereng dengan ketebalan 2,9 inci.



Gambar 4.17. Ilustrasi Sketsa *Rockbolt* Berdiameter 1 inci dengan *Spasi* 3,4 feet Pada Lereng 3

Lereng 3 memiliki panjang 47 m dan lebar 9 m. Penanaman *rockbolt* pada lereng 3 dengan jarak antar *rockbolts* 3,4 feet maka secara *horizontal* berjumlah 46 *rockbolts* dalam satu baris, sedangkan secara *vertical* berjumlah 9 *rockbolts* dalam satu baris.



Gambar 4.18. Ilustrasi Sketsa Shotcrete dengan Ketebalan 2,9 inci Pada Lereng 3

Berdasarkan hasil analisa lereng 1, lereng 2 dan lereng 3 dengan menggunakan metode *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Rock Structure Rating* (RSR) didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda diantara kedua metode tersebut. Pada penelitian ini dukungan berupa *rockbolts* dan *shotcrete* lebih direkomendasikan sebagai dukungan untuk kestabilan lereng 1, lereng 2 dan lereng 3. Berikut perbandingan analisa berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR) dengan *Rock Structure Rating* (RSR) :

Tabel 4.13. Perbandingan Metode RMR dan RSR Lereng 1, 2 dan 3

Lereng	Metode	Rockbolts			Shotcrete
		Diameter (mm)	Spasi (m)	Panjang (m)	
1	<i>Rock Mass Rating</i> (RMR)	20	1-1,5	5-6	Ketebalan shotcrete yang direkomendasikan yaitu 150-200 mm pada crown lereng, 150 mm dibagian sisi lereng, dan 50 mm pada bagian permukaan lereng.
	<i>Rock Structure Rating</i> (RSR)	25,4	0,9	-	Ketebalan shotcrete yang direkomendasikan yaitu 3,1 inci atau sama dengan 78,7 mm.
2 dan 3	<i>Rock Mass Rating</i> (RMR)	20	1-1,5	4-5	Ketebalan shotcrete yang direkomendasikan yaitu 100-150 mm pada crown lereng, 100 mm dibagian sisi lereng.
	<i>Rock Structure Rating</i> (RSR)	25,4	1	-	Ketebalan shotcrete yang direkomendasikan yaitu 2,9 inci atau sama dengan 73,6 mm.

- a. Pada lereng 1 penggunaan *rockbolts* berdasarkan metode *rock mass rating* (RMR) direkomendasikan menggunakan *rockbolts* berdiameter 20 mm atau sama dengan 0,79 inci dengan panjang *rockbolts* 5-6 meter dan jarak antar *rockbolts* yaitu 1-1,5 meter atau sama dengan 3,2-4,9 feet. Sedangkan berdasarkan metode *Rock Structure Rating* (RSR) direkomendasikan menggunakan *rockbolts* berdiameter 25,4 mm atau sama dengan 1 inci dengan jarak antar *rockbolts* yaitu 0,9 m atau sama dengan 3,2 feet. Penggunaan *shotcrete* pada lereng 1 berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR) ketebalan *shotcrete* yang direkomendasikan yaitu 150-200 mm pada *crown* lereng, 150 mm dibagian sisi lereng, dan 50 mm pada bagian permukaan lereng. Sedangkan berdasarkan metode *Rock Structure Rating* (RSR) ketebalan *shotcrete* yang direkomendasikan yaitu 3,1 inci atau sama dengan 78,7 mm. Pada lereng 1 telah terjadi longsor pada sisi lereng seperti pada Gambar 4.19.:



Gambar 4.19. Longsor yang Terjadi Pada Lereng 1

Pada bagian longsor tersebut terlihat batuan pada bagian dalam lereng telah mengalami pelapukan dan cenderung menuju *soil* atau tanah.

- b. Pada lereng 2 penggunaan *rockbolts* berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR) direkomendasikan menggunakan *rockbolts* berdiameter 20 mm atau sama dengan 0,79 inci dengan panjang 4-5 meter dan jarak antar

rockbolts yaitu 1-1,5 meter atau sama dengan 3,2-4,9 feet. Sedangkan berdasarkan metode *Rock Structure Rating* (RSR) direkomendasikan menggunakan *rockbolts* berdiameter 25,4 mm atau sama dengan 1 inci dengan jarak antar *rockbolts* yaitu 1 m atau sama dengan 3,4 feet. Penggunaan *shotcrete* pada lereng 2 berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR) ketebalan *shotcrete* yang direkomendasikan yaitu 100-150 mm pada *crow*n lereng, 100 mm dibagian sisi lereng. Sedangkan berdasarkan metode *Rock Structure Rating* (RSR) ketebalan *shotcrete* yang direkomendasikan yaitu 2,9 inci atau sama dengan 73,6 mm.

- c. Pada lereng 3 penggunaan *rockbolts* berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR) direkomendasikan menggunakan *rockbolts* berdiameter 20 mm atau sama dengan 0,79 inci dengan panjang 4-5 meter dan jarak antar *rockbolts* yaitu 1-1,5 meter atau sama dengan 3,2-4,9 feet. Sedangkan berdasarkan metode *Rock Structure Rating* (RSR) direkomendasikan menggunakan *rockbolts* berdiameter 25,4 mm atau sama dengan 1 inci dengan jarak antar *rockbolts* yaitu 1m atau sama dengan 3,4 feet. Penggunaan *shotcrete* pada lereng 3 berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR) ketebalan *shotcrete* yang direkomendasikan yaitu 100-150 mm pada *crow*n lereng, 100 mm dibagian sisi lereng. Sedangkan berdasarkan metode *Rock Structure Rating* (RSR) ketebalan *shotcrete* yang direkomendasikan yaitu 2,9 inci atau sama dengan 73,6 mm.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas maka didapatkan kesimpulan:

- a. Lereng 1 masuk kedalam RMR kelas V (batuan sangat buruk) dan *rating* RSR 45, lereng 2 masuk ke dalam RMR kelas IV (batuan buruk) dan *rating* RSR 48, dan lereng 3 masuk ke dalam RMR kelas IV (batuan buruk) dan *rating* RSR 48.
- b. Dari kedua metode tersebut terdapat keselarasan, dimana lereng 1 mendapatkan *rating* paling rendah daripada lereng 2 dan lereng 3. Serta pemberian dukungan terhadap lerengpun antara metode RMR dan RSR tidak terlalu jauh. Namun dalam hal ini dukungan atau *treatment* dari metode *Rock Mass Rating* (RMR) lebih merekomendasikan dalam pengaplikasiannya, karena metode RMR lebih *detail* dan rinci serta lebih banyak parameter-parameter yang diambil sebagai data untuk dilakukan analisa.
- c. Ketiga lereng ini memerlukan dukungan atau *treatment* untuk tetap menjaga kestabilan lereng tersebut dengan menggunakan *Rockbolts* dan *Shotcrete*.
- d. Tidak dianjurkan untuk mendirikan bangunan di sekitar lereng tersebut, karena memiliki tingkat kegagalan lereng yang cukup tinggi.
- e. Lereng 2 dan lereng 3 memiliki tingkat kegagalan lereng yang cukup tinggi namun tidak setinggi lereng 1.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu untuk dapat melakukan analisa menggunakan alat khusus untuk kestabilan lereng agar mendapatkan hasil yang maksimal. Selain itu, lebih memahami konsep dari setiap metode agar membantu dalam proses analisa. Serta mensosialisasikan kepada warga dan pemerintah setempat terhadap bahaya lereng tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas. Syed Muntazir, dan Heinz Konietzky, 2015, *Rock Mass Clasification Systems*, Department of Rock Mechanics, Freiberg.
- Alrnenara.R, 2007. *Rock Slope Stability Concepts*, PT Newmont, Nusa Tenggara
- Hoek. E, dkk, 1995, *Support Of Underground Excavations In Hard Rock*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Arief. S, 2007, *Dasar-Dasar Analisis Kestabilan Lereng*. PT INCO. Sumbawa Barat
- Diah. A.F., 2007, *Analisis Kestabilan Lereng Batugamping Dengan Menggunakan Metode Kinematik Dan Klasifkasi Massa Batuan Di Desa Nongkosepet, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta*. Program Studi Teknik Geologi Fakultas Ilmu Dan Teknologi Kebumian Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Cahyaningsih, C. (2017). *Hydrology Analysis and Rainwater Harversting Effectiveness as an Alternative to Face Water Crisis in Bantan Tua Village Bengkalis District-Riau*. Journal of Dynamics, 1(1).
- Choanji, T. (2016a). *Indikasi Struktur Patahan Berdasarkan Data Citra Satelit dan Digital Elevation Model (DEM) di Sungai Siak, Daerah Tualang dan Sekitarnya Sebagai Pertimbangan Pengembangan Pembangunan Wilayah*. Jurnal Saintis, 16(2), 22–31.
- Choanji, T. (2016b). *Slope Analysis Based On SRTM Digital Elevation Model Data: Study Case On Rokan IV Koto Area And Surrounding*. Journal of Dynamics, 1(2).
- Choanji, T., & Indrajati, R. (2016). *Analysis of Structural Geology based on Sattelite Image and Geological Mapping on Binuang Area, Tapin Region, South Kalimantan*. In GEOSEA XIV AND 45TH IAGI ANNUAL CONVENTION 2016 (GIC 2016) (Vol. 45).

- Choanji, T., Rita, N., Yuskar, Y., & Pradana, A. (2018). *CONNECTIVITY RELATIONSHIP OF FLUID FLOW ON DEFORMATION BAND: ANALOG STUDY AT PETANI FORMATION, RIAU, INDONESIA*. Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY, 15(3), 193–198.
- Faiez, Z., & Putra, D. B. E. (2016). *Complex Geologic Structure in Kolok Mudik Village, Barangin District, Sawahlunto City, West Sumatera Province as a Geotourism Potency*. Proceeding of Seminar Nasional Ke-3 Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Vol 3(May 2016), 2.18
- Fatriadi, R., Asteriani, F., & Cahyaningsih, C. (2017). *Effectiveness of the National Program for Community Empowerment (PNPM) for Infrastructure Development Accelerated and Geoplanology in District of Marpoyan Damai, Pekanbaru*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 2(1), 53-63.
- Hadian, M. S. D., Waliyana, T. Y., Sulaksana, N., Putra, D. B. E., & Yuskar, Y. (2017). *Hydro chemistry and Characteristics of Groundwater : Case Study Water Contamination at Citarum River Upstream*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 2(4), 268–271. <https://doi.org/10.24273/jgeet.2017.2.4.578>
- Jannah, M., Suryadi, A., Zafir, M., Saputra, R., Hakim, I., Ariyuswanto, R., & Yusti, U. (2017). *Geological Structure Analysis to Determine the Direction of the Main Stress at Western Part of Kolok Mudik, Barangin District, Sawahlunto, West Sumatera*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 2(1), 46-52.
- Kausarian, H., (2015), Rock Mass, Geotechnical and Rock Type Identification Using SASW and MASW Methods at Kajang Rock Quarry, Semenyih, Selangor Darul Ehsan, Journal of Ocean Mechanical and Aerospace, 7-12.
- Kausarian, H. (2017). Geological mapping and full polarimetric sar analysis of silica sand distribution on the northern coastline of Rupert island, Indonesia (Doctoral dissertation, 千葉大学= Chiba University).

- Kausarian, H. Abdul Rahim Shamsudin, Yuniarti Yuskar. 2014. Geotechnical and Rock Mass Characterization Using Seismic Refraction Method At Kajang Rock Quarry, Semenyih, Selangor Darul Ehsan. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering*, 13.
- Kausarian, H., Batara, B., & Putra, D. B. E. (2018). The Phenomena of Flood Caused by the Seawater Tidal and its Solution for the Rapid-growth City: A case study in Dumai City, Riau Province, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 3(1), 39. Diperoleh 22 Februari 2018, dari <https://doi.org/10.24273/jgeet.2018.3.01.1221>
- Kausarian, H., Choanji, T., Karya, D., Gevisioner, & Willyati, R. (2017). Distribution of Silica Sand on The Muda Island and Ketam Island in The Estuary of Kampar River, Pelalawan Regency, Indonesia. In *Proceedings of Researchfora 2nd International Conference*, Putrajaya, Malaysia (Vol. 2, pp. 5–8).
- Kausarian, H., Sri Sumantyo, J. T., Kuze, H., Aminuddin, J., & Waqar, M. M. (2017). *Analysis of Polarimetric Decomposition, Backscattering Coefficient, and Sample Properties for Identification and Layer Thickness Estimation of Silica Sand Distribution Using L-Band Synthetic Aperture Radar*. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 43(2), 95-108.
- Kausarian, H., Sumantyo, J. T. S., Karya, D., Putra, D. B. E., & Kadir, E. A. (2016). *Geological Mapping for the Land Deformation Using Small UAV, DinSAR Analysis and Field Observation at The Siak. Bridge I and II, Pekanbaru City, Indonesia*. *Proceeding of The 7th Indonesia Japan Joint Scientific Symposium*, 1(1), 452–458.
- Kausarian, H., Sumantyo, J. T. S., Kuze, H., & Putra, D. B. E. (2015). *Mapping of the oldest layer exposure at the top layer of Riau bedrock using Alos Palsar Mosaic 25M-Resolution data*. *Proceedings of the 58th Spring Conference of The Remote Sensing Society of Japan*, 1(1), 37–40.

- Kausarian, H., Sumantyo, J. T. S., Kuze, H., Karya, D., Panggabean, G. F. (2016). *Silica Sand Identification using ALOS PALSAR Full Polarimetry on The Northern Coastline of Rupaat Island, Indonesia*. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 6(5), 568-573.
- Kausarian, H., Sumantyo, J. T. S., Kuze, H., Karya, D., Wiyono, S. (2016). *The Origin And Distribution Of Silica Mineral On The Recent Surface Sediment Area, Northern Coastline Of Rupaat Island, Indonesia*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(4), 980-989.
- Kausarian, H., Umar, M., Wiyono, S. (2013). *Silica Sand Potency of Bukit Pelintung as Base Material of Solar Cell*. JOURNAL of OCEAN, MECHANICAL AND AEROSPACE- Science and Engineering-, 2.
- Lubis, M. Z., Anggraini, K., Kausarian, H., & Pujiyati, S. (2017). *Marine Seismic And Side-Scan Sonar Investigations For Seabed Identification With Sonar System*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 2(2), 166-170.
- Lubis, M. Z., Anurogo, W., Kausarian, H., Surya, G., Choanji, T. (2017). *Sea Surface Temperature and Wind Velocity in Batam Waters Its Relation to Indian Ocean Dipole (IOD)*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 2(4), 255-263.
- Lubis, M. Z., Kausarian, H., Anurogo, W. (2017). *Seabed Detection Using Application Of Image Side Scan Sonar Instrument (Acoustic Signal)*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 2(3), 230-234.
- Mairizki, F., & Cahyaningsih, C. (2016). *Ground Water Quality Analysis in the Coastal of Bengkalis City Using Geochemistry Approach*. Journal of Dynamics, 1(2).
- M. ikhsan, dkk, *Pengaruh Variasi Durasi Hujan Terhadap Stabilitas Lereng Pada Jalan Raya Sesaot Menggunakan Software Geostudio*. V.6, Universitas Mataram, Mataram.

- Nasiah, dan Ichsan Invanni, *Identifikasi Daerah Rawan Bencana Longsor Lahan Sebagai Upaya Penanggulangan Bencana di Kabupaten Sinjai*, Volume III, Nomor 2, Jurnal Sainsmat, Makasar, Halaman 109-121, 2014.
- Pantelidis. Lysandros, *Rock Slope Stability Assessment Through Rock Mass Classification Systems*, Volume 46, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, Greece, Halaman 315-325, 2008.
- Prayitno, B. (2015). *Fasies Pengendapan Limnic-Marsh Pada Kondisi Gambut Ombrotrophic-Oligotrophic Rengat Barat Cekungan Sumatra Tengah-Indonesia*. Jurnal Relevansi, Akurasi Dan Tepat Waktu (RAT), 4(1), 546-554.
- Prayitno, B. (2016). *Limnic Condition In Rheotrophic Peat Type As the Origin of Petai Coal, Central Sumatra Basin, Indonesia*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 1(1), 63-69.
- Prayitno, B., & Ningrum, N. S. (2017). *Development of Funginite on Muaraenim and Lower Members of Telisa Formations at Central Sumatra Basin-Indonesia*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 2(2), 149-154.
- Putra, D. B. E. (2012). *Geophysical survey using gravity method at Bukit Bunuh area, Lenggong, Perak*. Proceedings of the National Geoscience Conference 2012, 102–121.
- 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. Diperoleh 3 Januari 2018, dari <https://doi.org/10.24273/jgeet.2016.11.5>
- Putra, D. B. E., & Yuskar, Y. (2016). *Shallow Groundwater Mapping and Saltwater Intrusion Analysis in Bantan Tua Village, Bengkalis Regency, Riau Province*. Proceeding of Seminar Nasional Ke-3, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Vol 3(May 2016), 1.11.

- Putra, D. B. E., Samsudin, A. R., & Choanji, T. (2016). *Geophysical Modelling Using Gravity Data Of Meteorite Impact Crater At Bukit Bunuh, Lenggong, Perak, Malaysia*. Proceeding of The 7th Indonesia Japan Joint Scientific Symposium, 1, 515–524.
- Putra, D. B. E., Yuskar, Y., & Hadian, M. S. D. (2017). *HYDROGEOLOGY ASSESSMENT USING PHYSICAL PARAMETER IN BENGKALIS RIAU*. Proceedings of the 2nd Join Conference of Utsunomiya University and Universitas Padjadjaran, 274–279.
- 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*. Proceeding of International Conference on Science Engineering and Technology, 1(1), 106–111.
- Samsudin, A. R., Saidin, M., Harun, A. R., Ariffin, M. H., Hamzah, U., Putra, D. B. E., & Karamah, M. S. S. (2013). *A Possible Structure Of Impact Crater At Lenggong Perak: Gravity Evidences*. Proceedings of the National Geoscience Conference 2013, 89.
- Suryadi, A. (2016). *Fault Analysis to Determine Deformation History of Kubang Pasu Formation at South of UniMAP Stadium Hill, Ulu Pauh, Perlis, Malaysia*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 1(1), 1-6.
- Suryadi, A., Choanji, T., & Wijayanti, D. (2018). *Infiltration Rate of Quarternary Sediment at Rumbio Jaya, Kampar, Riau*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 3(1), 57–62.
- Syam, B., Permana, W., Pradana, A., & Choanji, T. (2007). *The Petroleum System of Sibolga Basin Based on Correlation Seismic and Well Log Data*.
- Yuskar, Y. (2014). *Interpretasi Fasies Pengendapan Formasi Tondo, Pulau Buton, Sulawesi Tenggara Berdasarkan Data Pemetaan Geologi dan Potensinya Sebagai Batuan Reservoir Minyakbumi*. Journal of Earth Energy Engineering, 3(1), 31-40.

- Yuskar, Y. (2014). Struktur Geologi Dan Model Tektonostratigrafi Daerah Gonda Dan Sekitarnya Kecamatan Sorawolio, Kabupaten Buton Sulawesi Tenggara. *Jurnal Relevansi, Akurasi Dan Tepat Waktu (RAT)*, 3(2), 473-480.
- Yuskar, Y. (2016). *Geo-tourism Potential of Sand Bars and Oxbow lake at Buluh Cina, Kampar–Riau, Indonesia*. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 1(1), 59-62.
- Yuskar, Y., & Choanji, T. (2016a). *Sedimen Deposit of Floodplain Formation Resulting From Lateral Accretion Surfaces on Tropical Area: Study Case at Kampar River, Indonesia*. In *IJSS 7th (Indonesia Japan Joint Scientific Symposium)*.
- Yuskar, Y., & Choanji, T. (2016b). *Sedimentologi Dasar (1st ed.)*. Pekanbaru, Indonesia: UIR PRESS.
- 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., Harisma, H., & Choanji, T. (2017). *Karstifikasi dan Pola Struktur Kuarter Berdasarkan Pemetaan Lapangan dan Citra SRTM Pada Formasi Wapulaka, Pasar Wajo, Buton, Sulawesi Tenggara*. *Journal of Earth Energy Engineering*, 6(1), 1–10.
- Yuskar, Y., Putra, D. B. E., & Revanda, M. (2018). *Quarternary Sediment Characteristics of Floodplain area: Study Case at Kampar River, Rumbio Area and Surroundings, Riau Province*. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 3(1), 63. Diperoleh 4 Februari 2018, dari <https://doi.org/10.24273/jgeet.2018.3.1.1226>
- Yuskar, Y., Putra, D. B. E., Choanji, T., Faiez, Z., & Habibi, M. (2017). *SANDSTONE RESERVOIR CHARACTERISTIC BASED ON SURFICIAL GEOLOGICAL DATA OF SIHAPAS FORMATION IN BUKIT SULIGI AREA, SOUTHWEST CENTRAL SUMATRA BASIN*. *Proceeding of*

International Conference on Science Engineering and Technology, 1(1), 112–117.

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. Diperoleh 11 Desember 2017, dari <https://doi.org/10.24273/jgeet.2017.2.4.691>.

Varnes, D.J., 1978, *Slope movement types and processes, Special Report 176; Landslides; Analysis and Control*, Eds: R.L. Schuster dan R.J. Krizek, Transport Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 11-33.

Zakaria. Zufialdi, 2009, *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*, Laboratorium Geologi Teknik Program Studi Teknik Geologi-FTG-UNPAD, Bandung.