

Plagiarism Checker X - Report

Originality Assessment

Overall Similarity: **10%**

Date: Jan 11, 2021

Statistics: 1426 words Plagiarized / 14208 Total words

Remarks: Low similarity detected, check your supervisor if changes are required.

TUGAS AKHIR ANALISIS KELAS MASSA BATUAN PENYUSUN LERENG MENGGUNAKAN METODE SLOPE MASS RATING BERDASARKAN NILAI UJI BLOCK PUNCH INDEX PADA LERENG PIT BMK-35 CV. BARA MITRA KENCANA Diajukan Kepada Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana (S1) MONIKA 1610024427036 PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN YAYASAN MUHAMMAD YAMIN SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI INDUSTRI (STTIND) PADANG 2020 ANALISIS KELAS MASSA BATUAN PENYUSUN LERENG MENGGUNAKAN METODE SLOPE MASS RATING BERDASARKAN NILAI UJI BLOCK PUNCH INDEX PADA LERENG PIT BMK-35 CV. BARA MITRA KENCANA Nama : Monika Npm : 1610024427036 Pembimbing I : Refky Adi Nata, ST., MT Pembimbing II : Afni Nelvi, S.Si., M.Si RINGKASAN CV. Bara Mitra Kencana (CV. BMK) adalah salah satu perusahaan yang bergerak dibidang usaha pertambangan batubara di Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. CV. BMK melakukan penambangan dengan metode tambang bawah tanah (underground mine). akibat pola penggalian dari aktivitas penambangan menghasilkan lereng-lereng penambangan baik secara alamiah maupun buatan. Setelah dilakukan pengamatan dilapangan diketahui pada beberapa titik lokasi penambangan Pit BMK-35 sering terjadi lonsoran kecil dan batuan menggantung yang disebabkan banyaknya bidang diskontinu serta kondisi lereng yang terlalu curam dengan kemiringan lereng > 800 dan ketinggian lereng mencapai 20 meter. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis nilai kuat tekan batuan penusun lereng dengan pengujian Block Punch Index, menganalisis kelas massa batuan serta tingkat kestabilan lereng dengan metode Slope Mass Rating serta mengetahui faktor keamanan lereng menggunakan software Rocscience Slide V6.0. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapat nilai kuat tekan batuan dengan pengujian BPI untuk batupasir rata-rata sebesar 0,319 MPa dan untuk batulanau rata-rata 0,402 MPa, sedangkan nilai UCS yang diperoleh menggunakan nilai BPI diperoleh untuk batupasir rata-rata 1,756 MPa dan untuk batulanau rata-rata 2,208 MPa. Nilai UCS yang didapatkan digunakan untuk menentukan kelas massa batuan dengan metode SMR, diketahui kondisi batuan dilokasi penelitian dalam kategori jelek (poor) dengan bobot total sebesar 31, jenis longsoran yang terjadi berupa longsoran

baji, sesuai dengan hasil analisis streografis menggunakan software Rocscience Dips V7.0 dimana terdapat dua bidang diskontinuitas yang saling berpotongan. Faktor keamanan lereng Pit BMK-35 diperoleh sebesar 1,376 dengan metode Bishop, menurut Hoek (2002) untuk lereng batuan jika FK < 1,5 artinya lereng berada dalam kondisi kritis. Kata kunci : Block Punch Index, Slope Mass Rating, Kestabilan lereng, FK ANALYSIS OF ROCK MASS CLASS USING SLOPE MASS RATING METHOD BASED ON BLOCK PUNCH INDEX TEST VALUE ON SLOPE PIT BMK-35 CV. BARA MITRA KENCANA Nama : Monika Npm : 1610024427036 Mentor 1 : Refky Adi Nata, ST., MT Mentor 2 : Afni Nelvi, S.Si., M.Si ABSTRAK CV. Bara Mitra Kencana (CV. BMK) is a company engaged in the coal mining business in Sawahlunto City, West Sumatra Province. CV. BMK carries out mining activities using the underground mine method. due to the excavation pattern of the mining activity, it produces mining slopes, both natural and artificial. After conducting field observations, it is known that at several points of the mining location of Pit BMK-35, there are often small rockfalls and hanging rocks due to the large number of discontinuous fields and the slope conditions that are too steep with a slope of> 800 and a slope height of up to 20 meters. 32The purpose of this research is to analyze the compressive strength of the rock making up the slopes with Block Punch Index testing, to analyze the rock mass class and slope stability level using the Slope Mass Rating method and to determine the slope safety factor using the Rocscience Slide V6.0 software. Based on the results of the analysis carried out, the value of the compressive strength of the rock with the BPI test for sandstones an average of 0.319 MPa and for siltstone an average of 0.402 MPa, while the UCS value obtained using the BPI value is obtained for sandstones an average of 1.756 MPa and for siltstone 2.208. MPa. The UCS value obtained is used to determine the rock mass class using the SMR method, it is known that the rock conditions in the research location are in the poor category with a rating of 31 points, the type of landslide that occurs is in the form of wedge landslides, according to the results of structural analysis using the Rocscience Dips V7.0 software. where there are two intersecting fields of discontinuity. The safety factor for the slope of Pit BMK-35 was 1.376 with the Bishop method, according to Hoek

(2002) for rock slopes if FK <1.5 means the slope is in critical condition. Keywords: Block Punch Index, Slope Mass Rating, Slope stability, FK KATA PENGANTAR Alhamdulillah Segala Puji dan Syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan judul "Analisis Kelas Massa Batuan Penyusun Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating Berdasarkan Nilai Uji Block Punch Index pada Lereng Pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana" Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang. Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yaitu kepada: 1. Orang tua beserta keluarga yang telah mendoakan, memotivasi dan mendukung penyusunan Tugas Akhir ini baik secara moril maupun spiritual. 2. Bapak Riko Ervil MT, sebagai ketua Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang. 3. Ibuk Riam Marlina A, ST., MT selaku ketua Program Studi Teknik Pertambangan Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang. 4. Bapak Refky Adi Nata, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I dalam Penulisan Tugas Akhir. 5. Ibuk Afni Nelvi, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing II dalam penulisan Tugas Akhir. 6. Seluruh Dosen dan karyawan/karyawati Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang. 7. Sahabat seperjuangan dalam memperoleh gelar sarjana dan tidak bisa dituliskan namanya satu persatu. 8. Teman-teman Mahasiswa/i Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang, khususnya dari jurusan Teknik Pertambangan. Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu dengan tangan terbuka penulis menerima segala kritik dan saran dari berbagai pihak, untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat maupun inspirasi bagi pembaca dan penulis sendiri. Padang, November 2020 Monika DAFTAR ISI Hal. KATA PENGANTAR i DAFTAR ISI iii DAFTAR TABEL vi DAFTAR GAMBAR viii DAFTAR LAMPIRAN ix BAB I PENDAHULUAN 1.1 Latar Belakang Masalah 1 1.2 Identifikasi Masalah 3 1.3 Batasan Masalah 3 1.4 Rumusan Masalah 3 1.5 Tujuan Penelitian 4 1.6 Manfaat Penelitian 4 BAB II

TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Landasan Teori 5 2.1.1 Lereng 5 2.1.2 Kestabilan Lereng 5 2.1.3 Longsoran 6 2.1.3.1 Longsoran Bidang (Plane Failure) 6 2.1.3.2 Longsoran Baji (Wedge Failure) 7 2.1.3.2 Longsoran Guling (Toppling Failure) 8 2.1.3.2 Longsoran Busur (Circular Failure) 8 2.1.4 Klasifikasi Massa Batuan 9 2.1.4.1 Klasifikasi Rock Mass Rating (RMR) 9 2.1.4.2 Klasifikasi Slope Mass Rating (SMR) 16 2.1.5 Block Punch Index 17 2.1.5.1 Perhitungan Nilai Block Punch Index 19 2.1.5.2 Korelasi Nilai UCS dan BPI 20 2.1.5.3 BPI sebagai Parameter Input dalam Klasifikasi Massa Batuan 21 2.1.6 Rocscience Slide V6.0 22 2.2 Deskripsi Perusahaan 23 2.2.1 Lokasi Kesampaian Daerah 24 2.2.2 Kondisi Topografis 25 2.2.3 Kondisi Geologi dan Endapan 25 2.3 Kerangka Konseptual 29 2.3.1 Input 30 2.3.2 Proses 31 2.3.3 Output 31 BAB III METODOLOGI PENELITIAN 3.1 Jenis Penelitian 32 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 32 3.2.1 Lokasi Penelitian 32 3.2.2 Waktu Penelitian 32 3.3 Variabel Penelitian 32 3.4 Jenis Data dan Sumber Data 33 3.4.1 Jenis Data 33 3.4.2 Sumber Data 33 3.5 Teknik Pengumpulan Data 34 3.6 Teknik Pengolahan dan Analisis Data 36 3.6.1 Teknik Pengolahan Data 36 3.6.2 Analisis Data 37 3.7 Kerangka Metodologi 37 BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 4.1 Pengumpulan Data 40 4.1.1 Lokasi Pengumpulan Data 40 4.1.2 Pengukuran Bidang Diskontinu 40 4.1.3 Data Laboratorium 43 4.2 Pengolahan Data 46 4.2.1 Perhitungan Nilai Kuat Tekan Batuan dengan Uji BPI 46 4.2.2 Korelasi antara Nilai UCS dan BPI 46 4.2.3 Pembobotan Massa Batuan RMR 47 4.2.4 Menentukan Nilai RMR Menggunakan Nilai BPI 53 4.2.5 Pembobotan Massa Batuan SMR 53 4.2.6 Analisis Faktor Keamanan Lereng 56 BAB V ANALISIS DATA 5.1 Analisis Nilai Kuat Tekan Batuan 60 5.2 Analisis Kelas Massa Batuan 60 5.2.1 Rock Mass Rating (RMR) 60 5.2.2 Slope Mass Rating (SMR) 62 5.3 Analisis Faktor Keamanan Lereng 63 BAB VI PENUTUP 6.1 Kesimpulan 64 6.2 Saran 64 DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN DAFTAR TABEL Tabel 2.1 Kriteria Faktor Aman Hoek (Hoek, 2002) 6 Tabel 2.2 Kuat Tekan Batuan Utuh 10 Tabel 2.3 Tabel RQD 11 Tabel 2.4 Spasi Kekar 12 Tabel 2.5 Kondisi Kekar 13 Tabel 2.6 Kondisi Air Tanah 14 Tabel 2.7 Orientasi Kekar 15 Tabel 2.8 5Kelas Massa Batuan, Kohesi, dan Sudut Geser Dalam berdasarkan Nilai RMR (Bieniawski, 1989) 15 Tabel 2.9 Nilai Pembobotan untuk Kekar 16 Tabel 2.10 Nilai Slope Mass Rating 17 Tabel 2.11 Korelasi Kuat Tekan Uniaxial dengan Block

Punch Index 21 Tabel 2.12 Pengelompokan Geologi Talawi Berdasarkan Kompleksitas Geologi 29 Tabel 4.1 Data Jumlah Kekar per Meter 41 Tabel 4.2 Data Jarak Antar (Spasi) Kekar 41 Tabel 4.3 Data Lebar Bukaan Kekar 42 Tabel 4.4 Data Panjang Kekar 42 Tabel 4.5 Data Strike/Dip Kekar 43 Tabel 4.6 Massa Sampel Batuan 44 Tabel 4.7 Ukuran Sampel Batuan 45 Tabel 4.8 Nilai BPI Sampel Pengujian 46 Tabel 4.9 Korelasi Nilai UCS dan BPI 46 Tabel 4.10 Strength of Intact Rock Material 47 Tabel 4.11 Nilai RQD Lereng BMK-35 48 Tabel 4.12 Rating Rock Quality Designation (RQD) 49 Tabel 4.13 Rating Spasi Kekar 49 Tabel 4.14 Rating Kondisi Kekar 50 Tabel 4.15 Rating Kondisi Air Tanah 50 Tabel 4.16 RMR-B Peubah Bobot Orientasi Kekar 51 Tabel 4.17 Bobot RMR Keseluruhan 52 Tabel 4.18 5Kelas Massa Batuan, Kohesi dan Sudut Geser Dalam di Pit BMK-35 52 Tabel 4.19 Adjustment Rating for F1,F2, and F3 54 Tabel 4.20 Nilai Pembobotan untuk Ekskavasi Lereng (Romana, 1985) 54 Tabel 4.21 Nilai SMR Keseluruhan 55 Tabel 4.22 Rating Slope Mass Rating di Lereng BMK-35 55 DAFTAR GAMBAR Gambar 2.1 Longsoran Bidang (Hoek & Bray, 1981) 7 Gambar 2.2 Longsoran Baji (Hoek & Bray, 1981) 7 Gambar 2.3 Longsoran Guling (Hoek & Bray, 1981) 8 Gambar 2.4 Longsoran Busur (Hoek & Bray, 1981) 8 Gambar 2.5 Perbandingan Ketebalan Sampel untuk Berbagai Macam Pengujian 18 Gambar 2.6 Ilustrasi Skematik dari Sampel Uji BPI Sebelum dan Sesudah Keruntuhan 19 Gambar 2.7 Langkah Perhitungan Luas Daerah yang Runtuh 19 Gambar 2.8 Hubungan antara UCS dan BPI 21 Gambar 2.9 Rating Chart of BPI and UCS for RMR and M-RMR 22 Gambar 2.10 Peta Kesampaian Lokasi CV. Bara Mitra Kencana 25 Gambar 2.11 Formasi Batuan pada Cekungan Ombilin 28 Gambar 2.12 Kerangka Konseptual 30 Gambar 3.1 Alat Uji Block Punch Index 36 Gambar 3.2 Kerangka Metodologi 37 Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Data 40 Gambar 4.2 Pengujian Massa Batuan 44 Gambar 4.3 Sampel Batuan untuk Uji BPI 45 Gambar 4.4 Diagram Rossete Orientasi Kekar 51 Gambar 4.5 Menentukan Nilai RMR Menggunakan Nilai BPI 53 Gambar 4.6 Pengaturan Umum pada Project Setting 56 Gambar 4.7 Geometri Lereng menggunakan External Boundaries 57 Gambar 4.8 Input Parameter Material Penyusun Lereng 57 Gambar 4.9 Assign Material pada Lereng 58 Gambar 4.10 Pembuatan Grid untuk Pusat Gelincir 58 Gambar 4.11 Hasil Analisis Faktor Keamanan

Lereng dengan Aplikasi rocscience Slide V6.0 59 DAFTAR LAMPIRAN Lampiran 1. Data Scanline Lereng Pit BMK-35 Lampiran 2. Data Geometri Lereng Pit BMK-35 Lampiran 3. Perhitungan Nilai Bobot Isi Batuan Lampiran 4. Perhitungan Nilai BPI dan UCS Sampel Batuan Lampiran 5. Perhitungan Nilai RQD Lampiran 6. Hasil Streografis Lereng Pit BMK-35 Lampiran 7. Peta IUP CV.BMK Lampiran 8. Peta Topografi CV.BMK Lampiran 9. Peta Geologi CV.BMK Lampiran 10. Dokumentasi Lapangan Lampiran 11. Dokumentasi Pengujian Sampel Batuan Lampiran 12. Surat Keterangan Selesai Penelitian BAB I PENDAHULUAN 1.1 Latar Belakang Masalah Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah (natural slopes) atau karena dibuat oleh manusia (man made slope). Lereng yang terbentuk secara alamiah terjadi akibat proses-proses geologi seperti lereng dari 36bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia adalah lereng yang terbentuk karena adanya proses timbunan dan galian. Dalam kegiatan pertambangan terutama kegiatan tambang terbuka faktor kestabilan lereng perlu diperhatikan, 7karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Selain aktivitas penambangan kestabilan lereng dapat dipengaruhi oleh kondisi struktur-struktur geologi seperti kekar, sesar, rekahan, bidang perlapisan dan jenis-jenis retakan lain pada batuan, sifat-sifat fisik mekanik batuan pembentuk lereng, iklim dan curah hujan serta geometri lereng. Proses geologi yang berlangsung selama dan setelah pembentukan batuan turut mempengaruhi massa batuan (rock mass properties), termasuk sifat keteknikannya (engineering properties). Kekuatan serta kondisi massa suatu batuan dapat diketahui kemudian dikelompokkan kedalam kelas-kelas massa batuan dari yang lemah sampai sangat kuat. Kelas massa batuan ini didapat 33dari hasil pengklasifikasian massa batuan dengan beberapa metode klasifikasi. Slope Mass Rating (SMR) adalah salah satu metode klasifikasi massa batuan yang dikembangkan oleh Romana (1985) dimana sistem klasifikasi massa batuan ini dapat memungkinkan sistem Rock Mass Rating (Bieniawski, 1989) digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng dengan menyertakan bobot dari parameter pengaruh orientasi kekar terhadap metode penggalian lereng yang diterapkan.

Pengujian kuat tekan batuan adalah salah satu parameter penting dalam menentukan kelas massa batuan. Banyaknya bidang diskontinuitas pada batuan menyebabkan sulitnya mendapatkan sampel batuan yang memenuhi kriteria untuk dilakukan pengujian kuat tekan batuan. Sehingga untuk mendapatkan nilai kuat tekan batuan pada kondisi tersebut dapat dilakukan dengan uji Block Punch Index (BPI) yang mana dalam pengujiannya membutuhkan sampel batuan yang tipis dan untuk sampel uji BPI juga tidak memerlukan persiapan Khusus (S. Sulucu, 2001) Uji BPI merupakan salah satu alternatif uji indeks yang relatif baru untuk memperkirakan nilai kuat tekan pada batuan. Uji ini sangat berguna apabila batuan memiliki bidang perlapisan yang tipis sehingga sulit mendapatkan contoh yang memenuhi syarat untuk uji UCS bahkan uji PLI sekalipun (Made Astawa Rai, 2011). CV. Bara Mitra Kencana (CV. BMK) adalah salah satu perusahaan yang bergerak dibidang usaha pertambangan batubara di Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. CV. BMK melakukan penambangan dengan metode tambang bawah tanah (underground mine), akibat pola penggalian dari aktivitas penambangan menghasilkan lereng-lereng penambangan baik secara alamiah maupun buatan. Lereng pada pit BMK-35 CV. BMK didominasi oleh batuan sedimen, dimana karakteristik batuan dipengaruhi oleh struktur geologi sehingga batuan yang awalnya cukup keras dapat menjadi batuan lunak pada saat tersingkap ketika dilakukan kegiatan penambangan. Selain itu pada beberapa titik lokasi penambangan pit BMK-35 CV. BMK sering terjadi longsoran kecil dan batuan menggantung yang disebabkan banyaknya bidang diskontinutas serta kondisi lereng yang terlalu curam dengan kemiringan lereng > 800 dan ketinggian lereng mencapai 20 meter. Analisis faktor keamanan lereng dilakukan menggunakan bantuan software Rocscience Slide V6.0 menggunakan metode Bishop yang merupakan metode analisis kestabilan lereng yang sangat populer karena perhitungannya sederhana, cepat serta hasil perhitungan faktor keamanannya yang cukup teliti. Metode ini sangat cocok digunakan dalam menganalisis keamanan lereng pada lokasi penelitian dimana bidang longsoran yang berbentuk berupa busur lingkaran untuk mencari faktor keamanan minimum. Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Analisis Kelas Massa Batuan

Penyusun Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating berdasarkan Nilai Uji Block Punch Index pada Lereng Pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana". 1.2 Identifikasi Masalah Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah: 1. Banyaknya ditemukan struktur geologi pada lokasi penelitian. 2. Terdapat batuan menggantung pada lereng tambang. 3. Kemiringan lereng pada lokasi penelitian > 800. 1.3 Batasan Masalah Batasan masalah untuk penelitian ini adalah: 1. Penelitian dibatasi pada lereng tambang Pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana. 2. Dalam memperoleh nilai kuat tekan batuan dilakukan dengan pengujian Block Punch Index. 3. Data kekar untuk batulanau dan batupasir dianggap sama. 1.4 Rumusan Masalah Rumusan masalah untuk penelitian ini adalah: 1. Bagaimana nilai kuat tekan batuan penyusun lereng pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana dengan pengujian Block Punch Index ? 2. Bagaimana kelas massa batuan penyusun lereng serta tingkat kestabilan lereng menggunakan metode Slope Mass Rating (SMR) di Pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana ? 3. Bagaimana faktor keamanan lereng di pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana menggunakan software Rocscience Slide V6.0 ? 1.5 Tujuan Penelitian Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Menganalisis nilai kuat tekan batuan penyusun lereng pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana dengan Pengujian Block Punch Index. 2. Menganalisis kelas massa batuan serta tingkat kestabilan lereng menggunakan metode Slope Mass Rating (SMR) di Pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana. 3. Menganalisis faktor keamanan lereng di Pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana menggunakan software Rocscience Slide V6.0. 1.6 Manfaat Penelitian Adapun manfaat dari penelitian ini adalah: 1. Mengaplikasikan pengetahuan yang didapatkan di bangku kuliah, serta menambah pengetahuan praktis mengenai kegiatan penambangan terutama dalam menganalisis kestabilan lereng. 2. Memberikan informasi kepada perusahaan tentang kondisi dari batuan penyusun lereng serta tingkat keamanan dari lereng penambangan. 3. Bagi mahasiswa dapat dijadikan sumber informasi serta referensi dalam penulisan proposal selanjutnya. BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Landasan Teori Berdasarkan tujuan dari penelitian diatas maka ada beberapa landasan teori yang penulis gunakan dalam penyusunan tugas akhir ini, landasan teorinya adalah sebagai berikut 2.1.1 Lereng Lereng merupakan suatu kondisi permukaan bumi dimana adanya

perbedaan elevasi antara suatu daerah dengan daerah lain yang membentuk sudut kemiringan tertentu. Menurut Hidayah dan Gratia (2007), lereng didefenisikan sebagai permukaan tanah yang miring, membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng terbentuk secara alami atau dibuat oleh manusia. Lereng alamiah terbentuk karena adannya proses geologi misalnya lereng dari bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain proses galian serta timbunan dalam pembuatan jalan raya, jalan kereta api, tanggul sungai, bendungan serta tambang terbuka. 2.1.2 Kestabilan Lereng Kestabilan lereng didalam suatu kegiatan penambangan merupakan masalah penting, karena menyangkut masalah keselamatan manusia, peralatan, dan bangunan yang ada disekitar lereng tersebut. Dalam kegiatan penambangan, masalah kestabilan lereng banyak ditemukan pada kegiatan penggalian tambang terbuka (open cut dan open pit), tempat penimbunan material buangan (tailing disposal), tempat penimbunan bijih (stockyard), bendungan, infrastruktur lainnya (Suyartono, 2003). Kestabilan lereng dipengaruhi oleh faktor yang dapat dinyatakan sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut (Arif, 2016). Dalam menentukan kestabilan suatu lereng, dikenal dengan istilah Faktor Keamanan (Safety Factor), yang merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan dengan gaya penggerak longsoran. Longsoran pada lereng tambang umumnya terjadi melalui bidang tertentu yang disebut dengan bidang gelincir (slip surface). Gaya penahan (resisting force) adalah gaya yang menahan agar tidak terjadi longsoran, sedangkan gaya penggerak (driving force) adalah gaya yang menyebabkan terjadinya longsoran. Faktor aman untuk setiap jenis batuan dengan berbagai masalah teknis yang diusulkan Hoek (2002 dalam Okri Asfino Putra, 2018). Nilai faktor aman lereng batuan dapat dilihat pada tabel 2.1. Tabel 2.1 Kriteria Faktor Aman Hoek (Hoek, 2002) Faktor Keamanan (SF) Kondisi SF < 1 Terjadi kelongsoran lereng batuan 1 < SF < 1,5 Kondisi kritis (potensi kelongsoran tinggi) SF 1,5 Kondisi stabil (lereng aman) 2.1.3 Longsoran Lereng tambang yang tidak stabil akan menyebabkan terjadinya longsoran hingga menemukan kesetimbangan yang baru dan lereng tersebut menjadi stabil. Longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan,

bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut ke arah bawah atau keluar lereng. Macam-macam jenis longsoran pada lereng batuan tambang terbuka (Hoek and Bray, 1981) dapat dibedakan menjadi empat macam, antara lain : longsoran bidang (plane failure), longsoran baji (wedge failure), longsoran guling (toppling failure), dan longsoran busur (circular failure). Lebih detail akan dijelaskan sebagai berikut: 2.1.3.1 Longsoran Bidang (Plane Failure) Menurut Karyono (2004), longsoran bidang merupakan longsoran batuan yang terjadi disepanjang bidang gelincir yang dianggap rata. Bidang gelincir tersebut dapat berupa rekahan, sesar maupun bidang perlapisan batuan. Syarat-syarat terjadinya longsoran bidang : 1. Bidang luncur memiliki arah sejajar atau hampir sejajar (maksimum 200) dengan arah lereng. 2. Jejak pada bawah bidang lemah yang merupakan bidang luncur harus muncul di permukaan lereng, dengan kata lain kemiringan dari bidang gelincir harus lebih kecil dibandingkan kemiringan lereng. 3. Kemiringan dari bidang luncur harus lebih besar dari pada sudut geser dalamnya 4. Adanya bidang bebas pada kedua sisi longsoran Gambar 2.1 Longsoran bidang (Hoek & Bray, 1981) 2.1.3.2 Longsoran Baji (Wedge Failure) Longsoran baji dapat terjadi pada suatu batuan jika terdapat lebih dari satu bidang lemah yang saling berpotongan. Sudut potong antara bidang lemah tersebut harus lebih besar dari sudut geser dalam batuannya namun lebih kecil dibandingkan sudut kemiringan lereng. Gambar 2.2 Longsoran baji (Hoek & Bray, 1981) 2.1.3.3 Longsoran Guling (Toppling Failure) Longsoran ini umumnya terjadi pada lereng terjal pada batuan yang keras, dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom. Longsoran guling terjadi apabila bidang-bidang lemah yang ada pada lereng mempunyai kemiringan yang berlawanan dengan kemiringan lereng. Gambar 2.3 Longsoran guling (Hoek & Bray, 1981) 2.1.3.4 Longsoran Busur (Circular Failure) Longsoran busur sering terjadi di alam, terutama pada material tanah atau batuan yang lapuk. Untuk longsoran pada batuan terjadi apabila batuan mempunyai tingkat pelapukan yang tinggi serta mempunyai spasi kekar yang rapat, yang menyebabkan batuan tersebut memiliki sifat seperti tanah. Gambar 2.4 Longsoran busur (Hoek & Bray, 1981) 2.1.4 Klasifikasi Massa Batuan Klasifikasi massa batuan digunakan sebagai alat untuk menganalisis kemantapan lereng yang menghubungkan

antara pengalaman di bidang massa batuan dengan kebutuhan kemantapan lereng diberbagai kondisi lapangan. Klasifikasi massa batuan yang terdiri dari beberapa parameter sangat cocok untuk mewakili karakterisitik massa batuan, khususnya sifat-sifat bidang lemah atau kekar dan derajat pelapukan massa batuan (Irwandi Arif, 2016: 159) Pada dasarnya klasifikasi massa batuan dibuat dengan tujuan untuk (Bieniawski, 1989) : 1. Mengidentifikasi parameter-parameter paling signifikan yang mempengaruhi perilaku massa batuan 2. Membagi formasi massa batuan tertentu menjadi sejumlah kelas massa batuan dengan kualitas yang berbeda-beda 3. Memberikan dasar-dasar untuk memahami karakteristik masing-masing kelas massa batuan. 4. Merekomendasikan pedoman dukungan untuk terowongan dan tambang. 5. Mendapatkan data kuantitatif serta pedoman untuk desain teknik (engineering). 6. Memberikan dasar-dasar yang umum untuk kemudahan komunikasi di antara para insinyur dan ahli geologi. 7. Menghubungkan pengalaman pada kondisi yang diperkuat dan pengalaman yang diperoleh di lokasi lain. 5Dengan menggunakan klasifikasi massa batuan, akan diperoleh setidaknya tiga keuntungan bagi perancangan kemantapan lereng (Bieniawski, 1989), yaitu: 1. Menyediakan daftar parameter kunci untuk setiap jenis massa batuan yaitu memandu proses karakteristik massa batuan. 2. Hasil klasifikasi memberikan informasi kuantitatif untuk tujuan desain dan memungkinkan penilaian teknik yang lebih baik dan komunikasi yang lebih efektif pada suatu proyek 3. Membantu komunikasi yang tepat serta efektif sebagai dasar untuk penilaian teknik yang baik pada tujuan rancangan. 2.1.4.1 Klasifikasi 9Rock Mass Rating (RMR) Bieniawski (1976) mempublikasikan suatu klasifikasi massa batuan yang disebut Klasifikasi Geomekanika atau dikenal dengan Rock Mass Rating (RMR) untuk menilai stabilitas dan persyaratan untuk terowongan. Seiring dengan berjalannya waktu, klasifikasi massa batuan ini telah disempurnakan dan ditingkatkan serta mengalami penyesuaian dikarenakan adanya penambahan data masukan sehingga Bieniawski membuat perubahan nilai rating pada parameter yang digunakan untuk penilaian klasifikasi massa batuan tersebut. 9Pada penelitian ini, klasifikasi massa batuan yang digunakan adalah klasifikasi massa batuan versi tahun 1989 (Bieniawski, 1989), dimana

terdapat 5 (lima) parameter utama dan 1 (satu) parameter pengontrol (1989 dalam Refky Adi Nata, 2017), yaitu: 1. Uniaxial Compressive Strength (UCS) 2. Rock Quality Designation (RQD) 3. Jarak antar (spasi) kekar (Spacing of discontinuities) 4. Kondisi kekar (Condition of discontinuities) 5. Kondisi air tanah (Groundwater conditions) 6. Koreksi orientasi kekar (Orientation of discontinuities) Berikut akan dijelaskan mengenai parameter-parameter yang digunakan dalam memperoleh klasifikasi massa batuan Rock Mass Rating (RMR) tersebut: 1. Uniaxial Compressive Strength (UCS) Uniaxial Compressive Strength (UCS) adalah kekuatan dari massa batuan utuh (intact rock) yang didapatkan dengan pengujian UCS. Uji UCS menggunakan mesin tekan untuk menekan sampel batuan dari satu arah (uniaxial). Nilai UCS merupakan besarnya tekanan yang harus diterima oleh batuan sehingga membuat batuan tersebut pecah. Sedangkan point load index merupakan pengujian lain dari kuat tekan batuan yang didapatkan dengan pengujian point load. Jika UCS memberikan tekanan pada permukaan sampel, maka pada uji point load sampel ditekan pada satu titik. Untuk sampel dengan ukuran 50 mm, Bieniawski mengusulkan hubungan antara PLI (Is) dengan UCS yaitu UCS = 23 Is. Satuan yang digunakan untuk UCS dan Is pada umumnya adalah Mega Pascal (MPa). Dalam perhitungan nilai RMR, bobot pada parameter kuat tekan batuan utuh diberi berdasarkan nilai UCS dan PLI berdasarkan pada tabel 2.2. Tabel 2.2 Kuat Tekan Batuan Utuh Qualitatif Description Compressive strength (MPa) Point load strength (MPa) Rating Extremely strong >250 8 15 Very Strong 100 – 250 4 – 8 12 Strong 50 – 100 2 – 4 7 Medium strong 25 – 50 1 – 2 4 Weak 5 – 25 Use of UCS is preffered 2 Very weak 1 – 5 -do- 1 Extremely weak < 1 -do- 0 Sumber : Bieniawski, 1979 2. Rock Quality Designation (RQD) RQD didefinisikan sebagai persentase core utuh yang memiliki panjang lebih dari 10 cm terhadap panjang keseluruhan core run. Diameter core yang dipakai untuk pengukuran minimal 54,7 mm. Dan harus dibor dengan double-tube core barrel. Jika dilapangan tidak dijumpai core hasil pemboran, maka RQD dapat ditentukan dengan mengamati jumlah kekar per meter dengan persamaan (Hudson & Harrison, 1997). RQD = 100 (0.1λ + 1) e -0.1λ (2.1) Keterangan : λ = Jumlah total kekar per meter Perhitungan bobot RQD untuk nilai RQD yang diperoleh ditentukan

menggunakan tabel 2.3. Tabel 2.3 Tabel RQD Quality Description RQD (%) Rating Excellent 90 – 100 2220 Good 75 – 90 17 Fair 50 – 75 13 Poor 25 – 50 8 Very Poor <25 3 Sumber : Bieniawski, 1979 3. Jarak (Spasi) antar Kekar (Spacing of Discontinuities) Jarak (spasi) antar 1kekar didefinisikan sebagai jarak tegak lurus antara dua kekar berurutan sepanjang garis pengukuran yang dibuat sembarang. Menurut Sen dan Eissa (1991) spasi kekar didefinisikan sebagai panjang utuh pada suatu selang pengamatan. Sedangkan menurut ISRM, jarak (spasi) antar kekar merupakan jarak tegak lurus antara bidang kekar yang berdekatan dalam satu set kekar. Pengukuran jarak atau spasi kekar bidang diskontinuitas dapat dilakukan menggunakan metode scanline. Jarak kekar dapat dihitung menggunakan persamaan : Jarak kekar = (2.2) 5Pada perhitungan nilai RMR, parameter jarak antar kekar diberi bobot berdasarkan panjang spasi kekar seperti yang tertera pada tabel 2.4. Tabel 2.4 Spasi Kekar Description Spacing (m) Rating Very wide >2 20 Wide 0,6 – 2 15 Moderate 0,2 – 0,6 10 Close 0,06 – 0,2 8 Very Close <0,06 5 Sumber : Bieniawski, 1979 4. Kondisi Kekar (Condition of Discontinuities) Bobot dari kondisi kekar didapatkan berdasarkan 5 karakteristik kekar sesuai pengertian kondisi dari kekar, yaitu : 1kemenerusan (persistence), jarak antar permukaan kekar atau celah (separation/aparture), kekasaran kekar (roughness), material pengisi (infilling/gouge), dan tingkat pelapukan (weathering), karakteristik tersebut diantaranya : a. Roughness Kekasaran (roughness) permukaan bidang kekar merupakan parameter yang penting dalam menentukan kondisi kekar. Suatu permukaan yang kasar dapat mencegah terjadinya pergeseran antara kedua permukaan kekar. b. Separation Adalah jarak antara dua permukaan bidang diskontinu, biasanya jarak ini diisi oleh suatu material (filling material) atau juga bisa diisi oleh air. Semakin besar jarak antara kedua bidang diskontinu maka semakin lemah bidang diskontinu tersebut. c. Persistence Persistence merupakan panjang atau kemenerusan dari suatu bidang diskontinu. d. Infilling (gouge) Merupakan material pengisi (filling) antara dua permukaan bidang kekar yang mempengaruhi kestabilan dari bidang kekar tersebut berupa 3ketebalan, konsisten atau tidaknya dan sifat material pengisi tersebut. Filling yang lebih tebal dan memiliki sifat mengembang bila terkena air dan berbutir sangat halus akan menyebabkan bidang

diskontinu menjadi lemah. e. Weathering Weathering menunjukkan tingkat pelapukan dari permukaan diskontinu. Ditunjukkan pada tabel 2.5. Tabel 2.5 Kondisi Kekar Parameter Ratings Discontinuity Length (m) <1 1 – 3 3 – 10 10 – 20 >20 6 4 2 1 0 Separation (mm) None <0,1 0,1-1,0 1 – 5 >5 6 5 4 1 0 Roughness of discontuinity Very rough Rough Slightly rough Smooth Slicken- Sided 6 5 3 1 0 Infilling Hard filling Soft filling None <5 mm >5 mm <5 mm >5 mm 6 4 2 2 0 Weathering Unweather-ed Slightly weathered Moderately weathered Highly weathered Decompos-ed 6 5 3 1 0 Sumber : Bieniawski, 1993 5. Kondisi Air Tanah (Groundwater Condition) Debit aliran air tanah atau tekanan air tanah akan mempengaruhi kekuatan massa batuan. Pengamatan kondisi air tanah dapat dilakukan dengan 3 cara (Bieniawski, 1989), yaitu: a. Inflow per 10 Meter Tunnel Length : menunjukkan banyak aliran air yang teramati setiap 10 meter panjang terowongan. Semakin banyak aliran air mengalir maka nilai yang dihasilkan untuk RMR akan semakin kecil. b. Joint Water Pressure : semakin besar nilai tekanan air yang terjebak dalam kekar (bidang diskontinu) maka nilai yang dihasilkan untuk RMR akan semakin kecil. c. General Condition : mengamati atap dan dinding terowongan secara visual sehingga secara umum dapat dinyatakan dengan umum dari permukaan seperti kering, lembab, menetes atau mengalir. Kondisi air tanah yang ditemukan pada pengukuran kekar diidentifikasikan sebagai kondisi berikut: kering (Completely dry), lembab (damp), basah (wet), terdapat tetesan air (dripping), atau terdapat aliran air (flowing). Pada perhitungan nilai RMR, kondisi air tanah (groundwater conditions) diberi bobot berdasarkan tabel 2.6. Tabel 2.6 Kondisi Air Tanah Inflow per 10 m tunnel length (L/min) None <10 10 – 25 25 – 125 >125 Ratio of joint water pressure to major principal stress 0 0 – 0,1 0,1 – 0,2 0,2 – 0,5 >0,5 General description Completely dry Damp Wet Dripping Flowing Rating 15 10 7 4 0 Sumber : Bieniawski, 1979 6. Orientasi Kekar (Orientation of Discontinuities) Orientasi kekar merupakan parameter penambah terhadap kelima parameter sebelumnya. Bobot dari parameter ini tergantung dari hubungan antara orientasi kekar yang ada terhadap metode penggalian yang dilakukan. Penggunaanya dibagi menjadi 3 yaitu : untuk tunnel, pondasi, dan lereng. Tabel 2.7 Orientasi Kekar Joint Orientation assessment for Very favorable Favor-able Fair Unfavor-

able Very Unfavor-able Tunnels 0 -2 -5 -10 -12 Raft foundation 0 -2 -7 -15 -25 Slopes 0 -5 -25 -50 -60 Sumber : Bieniawski, 1979 Setelah nilai bobot dari setiap parameter-parameter diatas diperoleh, selanjutnya jumlah dari keseluruhan bobot tersebut dijadikan sebagai nilai total RMR. Nilai ini dapat digunakan untuk mengetahui kelas massa batuan, memperkirakan kohesi serta sudut geser dalam untuk tiap kelas massa batuan seperti terlihat pada tabel 2.8. Tabel 2.8 Kelas massa batuan, kohesi, dan sudut geser dalam berdasarkan nilai RMR (Bieniawski, 1989) Rating 100-81 80-61 60-41 40-21 <20 Kelas Massa Batuan I II III IV V Deskripsi Sangat Baik Baik Sedang Jelek Sangat Jelek Rata-rata waktu stand-up 10 tahun untuk rentang 15 m 6 bulan untuk rentang 8m 1 minggu untuk rentang 5m 10 jam untuk rentang 2.5m 30 menit untuk rentang 1m Kohesi (kPa) >400 300-400 200-300 100-200 <100 Sudut Geser Dalam (0) >45 35-45 25-35 15-25 <15 Sumber : Bieniawski, 1989 2.1.4.2 Klasifikasi Slope Mass Rating (SMR) Pada tahun 1985 Romana mengembangkan suatu sistem klasifikasi massa batuan yang dinamakan Slope Mass Rating (SMR) dimana sistem klasifikasi ini memungkinkan sistem RMR digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng. SMR menyertakan bobot parameter dari pengaruh orientasi kekar terhadap metode penggalian lereng yang diterapkan. Romana menjelaskan hubungan antara Slope Mass Rating (SMR) dengan Rock Mass Rating (RMR) dengan persamaan dibawah ini. (Romana et al., 2003): SMR = RMR + (F1 x F2 x F3) + F4 (2.3) Keterangan : F1 = Orientasi Strike lereng dan strike diskontinuitas F2 = Orientasi dip diskontinuitas F3 = Orientasi dip lereng dan dip diskontinuitas F4 = Metode Ekskavasi Lereng Menurut Sitohang 2008 untuk setiap kriteria faktor koreksi F1, F2, F3 Romana membagi nilai besaran faktor koreksi yang dipakai ke dalam 2 tipe longsoran, yaitu tipe longsoran bidang dan longsoran guling. Tabel 2.9 Nilai Pembobotan untuk kekar Joint Orientation Very Favorable Favorable Fair Unfavorable Very Unfavorable P|αj - αs| > 30 30 – 20 20 – 10 10 – 5 < 5 T|(αj-αs) – 180)| > 30 30 – 20 20 – 10 10 – 5 < 5 F1 (for P & T) 0.15 0.40 0.70 0.85 1.00 P |βj| < 20 20 – 30 30 – 35 35 - 45 > 45 F2 (for P) 0.15 0.40 0.70 0.85 1.00 F2 (for T) 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 P βj – βs > 10 10 – 0 0 0 – (-10) < -10 T βj + βs < 110 110 – 120 > 120 - - F3 (for P & T) 0 -6 -25 -50 -60 Method Natural Slope Presplitting

Smooth Blasting Blasting/Ripping Deficient blasting F4 +15 +10 +8 0 -8 Sumber : Romana et al., 2003 dalam Syed Muntazir Abbas, 2015 Tabel 2.10 Nilai Slope Mass Rating SMR Class Description Stability Failure Support 81 – 100 I Very Good Completely stable None None 61 – 80 II Good Stable Some Block Spot 41 – 60 III Fair Partially stable Some Joint or many wedges Systematic 21 – 40 IV Poor Unstable Planar or large wedges Important/ Corrective 0 – 20 V Very Poor Completely unstable Large wedges or circular failure Re-excavation Sumber : Hoek, 2007 dalam Syed Muntazir Abbas, 2015 2.1.5 Block Punch Index Kekuatan batuan, khususnya kuat tekan uniaxial (UCS) adalah parameter penting dalam melakukan klasifikasi massa batuan. Pengukuran kuat tekan batuan membutuhkan pengujian dengan ukuran spesimen uji tertentu yang sesuai standar pengujian. Namun di lapangan banyak ditemukan sampel batuan yang tidak memenuhi kriteria untuk dilakukannya pengujian UCS yang disebabkan karena keterbatasan dari ukuran sampel batuan karena keberadaan lapisan yang tipis atau banyaknya ditemukan struktur geologi pada sampel tersebut. Dengan demikian tidak memungkinkan untuk dilakukan pengujian kuat tekan uniaxial (UCS) maupun pengujian point load index (PLI). Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan dengan pengujian Block Punch Index (BPI) karena bisa dilakukan pada sampel yang relatif pendek. Gambar 2.5 Perbandingan ketebalan sampel pada berbagai macam pengujian Alat untuk pengujian BPI ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1988 oleh Taseelar di Universitas Delft, Belanda. Selanjutnya Ulusay dan Gokceoglu melakukan modifikasi terhadap alat uji Block Punch Index yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu pelat bawah (Base Support) dan pelat atas (Punching Block) seperti terlihat pada gambar dibawah. Ulusay dan Golceoglu juga menentukan ukuran sampel pada pengujian Block Punch Index dimana untuk ketebalan sampel antara 5 mm – 15 mm, sedangkan untuk diameter sampel antara 42 mm – 54 mm. Gambar 2.6 Ilustrasi Skematik dari Sampel Uji BPI Sebelum dan Sesudah Keruntuhan 2.1.5.1 Perhitungan Nilai Block Punch Index Nilai Block Punch Index (BPI) dapat dicari menggunakan persamaan Gambar 2.7 Langkah perhitungan Luas daerah yang runtuh BPI = (2.4) Dimana: 10BPI = Block Punch Index (MPa) F = Beban runtuh (N) A = Luas bagian runtuh (mm2) K = Lebar BPI = 15 mm R = Jari-jari sampel (mm)

T = ketebalan sampel (mm) 2.1.5.2 Korelasi Nilai UCS dan BPI Van der Schrier (1988) menemukan hubungan linear antara kuat tekan uniaxial (UCS) dan BPI yang tidak dikoreksi, dimana persamaannya yaitu: (2.5) Hubungan diatas menghasilkan koefisien korelasi (r) sebesar 0.86 (r2 = 0.74), dan akurasi yang diperoleh untuk menilai UCS dianggap memuaskan oleh Van der Schrier (1988), tetapi pengaruh dari ukuran sampel (diameter dan ketebalan) pada BPI tidak dipertimbangkan dalam studinya. Kemudian Resat Ulusay dan Candan Gokceoglu (1998) mengindikasikan bahwa koreksi ukuran sangat diperlukan dalam tes BPI dan penggunaan faktor koreksi ukuran umum yang ditetapkan dari data ekperimen harus digunakan. (2.6) Hubungan antara UCS dan BPI yang diperbaiki adalah ditentukan oleh analisis regresi. Analisis statistik menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbaik diperoleh dari regresi linear yang mana diperoleh koefisien korelasi sebesar 0.94 (r2 = 0.88). Gambar 2.8 Hubungan antara UCS dan BPI Tabel 2.11 Korelasi Kuat tekan Uniaxial dengan Block Punch Index Distribution Function Equation Correlation coefficient, r Linear σc = 5.5 BPIs 0.94 Power σc = 5.29 BPIs 1.01 0.91 Exponential σc = 9.82e-0.108BPIs 0.83 Logarithmic σc = 40.48 In(BPIs) – 13.6 0.82 2.1.5.3 BPI sebagai Parameter Input dalam Klassifikasi Massa Batuan Beberapa sistem klasifikasi kelas massa batuan menggunakan nilai dari kuat tekan batuan sebagai parameter input, misalnya sistem klasifikasi kelas massa batuan Rock Mass Rating (RMR) Bieniawski, 1989 dan sistem klasifikasi massa batuan M-RMR (Unal, 1996). Untuk itu digunakan nilai UCS atau PLI dari batuan. Karena tingginya korelasi antara nilai BPI dan UCS maka nilai BPI dipertimbangkan sebagai alternatif yang mewakili nilai UCS dan bisa dijadikan sebagai parameter masukkan dalam sistem klasifikasi massa batuan, terutama pada batuan yang lemah dimana untuk memperoleh standar sampel menjadi suatu masalah. Untuk perhitungan nilai RMR dengan menggunakan nilai BPI sebagai parameter masukan dapat dilakukan menggunakan rating chart of BPI and UCS for RMR and M-RMR rock mass classification systems. Gambar 2.9 Rating chart of BPI and UCS for RMR and M-RMR 2.1.6 Rocscience Slide V6.0 Rocscience Slide merupakan salah satu software geoteknik yang mempunyai spesialisasi sebagai software perhitungan kestabilan lereng. Secara umum langkah – langkah dalam

menganalisis kestabilan lereng menggunakan Rocscience Slide adalah pemodelan, identifikasi metode dan parameter perhitungan, identifikasi material, penentuan bidang gelincir, running/kalkulasi, dan interpretasi nilai FK melalui software komplemen slide yang dinamakan slide interpet. Analisis kestabilan lereng memiliki tingkat kerumitan yang cukup tinggi serta memiliki banyak variabel. Selain itu tingkat keakurasian dalam menganalisis kestabilan lereng sangat dipengaruhi oleh tingkat akurasi parameter yang dimasukkan dengan kondisi sebenarnya. Perhitungan detail dan unsur ketidakpastian cukup besar (diwakili oleh parameter probability) sehingga jika dilakukan perhitungan secara manual akan memerlukan waktu yang cukup lama serta tingkat akurasinya pun tidak maksimal. Oleh karena itu analisis kestabilan lereng menggunakan software semakin banyak digunakan di dunia pendidikan maupun industri khususnya pertambangan dan konstruksi seperti pada pembangunan 15tanggul, bendungan, dan lereng pada sisi jalan. Namun yang menjadi syarat utama sebelum seseorang menggunakan software adalah pemahaman pada konsep perhitungan tersebut. 2.2 Deskripsi Perusahaan CV. Bara Mitra Kencana merupakan perusahaan bergerak dibidang pertambangan dan perdagangan batubara. Berdiri pada hari selasa tanggal 19 Januari 2007 di Kota Sawahlunto. Adapun landasan hukum untuk pelaksanaan kegiatan penambangannya adalah: 1. Surat keputusan Gubernur Sumatera Barat nomor : 544-81-2017 Tentang Pemegang IUP Operasi Produksi kepada CV. Bara Mitra Kencana. 2. Pemerintah daerah kota Sawahlunto dan Pemerintah Kecamatan Talawi ijin untuk pembuatan dan penggunaan jalan tambang selama aktivitas penambangan berlangsung. 3. Kepala desa dan kepala adat, Ijin dari Kepala Desa dan Kepala Adat yang diketahui dan disetujui oleh camat setempat untuk penggunaan dan perawatan jalan desa yang akan dijadikan jalan tambang. Dengan wilayah Izin Usaha Penambangan (IUP) seluas 49,61 Ha dan secara geografis daerah penambangan tersebut terletak pada koordinat 100° 47' 12'' – 100° 46' 58'' Bujur Timur (BT) dan 00° 37' 11'' – 00° 36' 11'' Lintang Selatan(LS). Status lahan yang dimanfaatkan bagi rencana aktivitas penambangan batubara di Tanah Kuning Desa Batu Tanjung Kec. Talawi Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat, merupakan bekas tambang PT. BA-UPO yang telah diserahkan

pengelolanya kepada pemerintah daerah kota Sawahlunto. Dari eksplorasi diketahui jumlah cadangan sumber daya batubara tereka pada lahan seluas 49,61 Ha mencapai 1.225.000 ton. Penambangan efektif diproyeksikan akan berlangsung selama sepuluh tahun lagi yang dilakukan dengan sistem penambangan dalam . Tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pelaksana kegiatan penambangan, selain memiliki kualifikasi yang memadai direkrut dari daerah lain juga dari masyarakat setempat. Sebagai konsekuensi dari sistem penambangan konvensional atau manual, maka dibutuhkan tenaga kerja penambangan total dengan jumlah 371 orang dan 74 staff. Pemanfaatan tenaga kerja sebanyak 371 orang sesuai target produksi 5000 ton/bulan, dengan asumsi setiap satu orang tenaga kerja akan dapat menghasilkan 1,3 ton batubara. Penyediaan tenaga kerja dikelola oleh CV. Bara Mitra Kencana, dengan memprioritaskan masyarakat sekitar. Sementara itu juga dibutuhkan 1 orang Kepala Teknik Tambang (KTT), 5 orang operator, 29 orang driver. Untuk pelaksanaan penambangan yang sudah berjalan menggunakan berbagai peralatan serta kendaraan angkut diantaranya 2 unit Excavator, 6 unit Mobil Operasional, 14 Dumptruck, dan 1 unit buldozer. Untuk tahapan awal cara penambangan dilakukan seperbandingan dengan kegiatan sejenis serta pengarahan, safety talk dari tenaga ahli tenaga rutin. CV. Bara Mitra Kencana memiliki 8 tambang dalam. Pada areal terbuka bekas penggalian akan dilakukan kegiatan reklamasi yang telah direalisasi pada tahapan eksploitasi ini meliputi penghijauan dengan menanam berbagai jenis tumbuh tumbuhan yang bernilai ekonomis seperti mahoni, jati, akasia, rambutan, durian, dll. Secara kalenderis aktifitas ini telah terlaksana seluas 2,5 Ha dari pelaksanaan penambangan. 2.2.1 Lokasi Kesampaian Daerah Wilayah Izin Usaha Penambangan (IUP) CV. Bara Mitra Kencana seluas 49,61 Ha dan secara geografis daerah penambangan tersebut terletak pada koordinat 100° 47' 12'' – 100° 46' 58'' Bujur Timur (BT) dan 00° 37' 11'' – 00° 36' 11'' Lintang Selatan (LS). Secara administratif 28terletak di Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Propinsi Sumatera Barat. Lokasi tambang tersebut bisa dicapai menggunakan kendaraan roda empat dari Kota Padang jaraknya ± 117 KM menuju kota Sawahlunto kemudian untuk menuju lokasi tambang menempuh jarak ± 13 KM selebihnya ± 3 KM merupakan jalan

tambang yang akan digunakan untuk penunjang operasional penambangan. Batas wilayah CV. Bara Mitra Kencana sebagai berikut : 1. Sebelah utara berbatasan dengan wilayah IUP CV. Putri Surya Pratama Natural. 2. Sebelah timur berbatasan dengan wilayah emplasment. 3. Sebelah selatan berbatasan dengan wilayah IUP PT. BA. 4. Sebelah barat berbatasan dengan IUP PT. Nusa Alam Lestari. Sumber : CV. Bara Mitra Kencana(2019) Gambar 2.10 Peta Kesampaian Lokasi CV. Bara Mitra Kencana 2.2.2 Kondisi Topografis Secara topografi wilayah izin usaha pertambangan CV. Bara Mitra Kencana terletak pada daerah perbukitan dengan ketinggian antara ± 300 – 650 meter dari permukaan laut. Wilayah ini terbentang dari arah utara keselatan, bagian timur dan selatan mempunyai topografi yang relatif curam (kemiringan lebih dari 40 %). 2.2.3 Kondisi Geologi dan Endapan 1. Geologi Regional Berdasarkan pola Tektonik pulau Sumatera daerah telitian termasuk dalam zona intramontana. Menurut P.H. Silitonga dan Kastowo (1995) (dalam arsip CV. Bara Mitra kencana 2019) daerah penelitian termasuk anggota Bawah Formasi Ombilin (Tmol), yang menumpang pada Batuan Granit berumur Trias (g). Batuan-batuan yang terdapat di lokasi penyelidikan dari yang tertua sampai yang termuda ialah sebagai berikut: a. Batuan Intrusi Batuan intrusi yang dominan di wilayah ini adalah batuan granite, berwarna abu-abu berbintik putih, dengan susunan dari leuko granit sampai dengan monzonit kuarsa. Tekstur batuan biasanya feneritik hingga porfiritik dan secara setempat mengalami pelapukan sehingga bisa dimanfaatkan sebagai bahan bangunan oleh masyarakat setempat. Umur satuan ini diperkirakan Trias. Batuan diorit, berwarna abu-abu tua hingga abu-abu semu hijau dengan bintik-bintik hitam, keras retak-retak secara setempat berongga. Berstektur trakit, bersusunan felspar dan mineral mafik dengan masa dasar mikrolitik. Umur satuan ini diperkirakan Trias. b. Batuan Sedimen Anggota Atas Formasi Ombilin, satuan batuan ini terdiri dari batu lempung dan napal berwarna abu-abu semu biru hingga semu hijau dengan sisipan batu pasir, konglomerat dan batu pasir tufaan berwarna kehijau-hijauan, mengandung kapur dan berfosil. Umur satuan batuan ini Miosen Awal. Formasi Sangkarewang, serpihan napal coklat tua hingga kehitam-hitaman disisipi oleh batupasir arkose dan secara setempat didominasi breksi andesit kasar bersudut. 2Formasi Brani,

konglomerat kasar beranekaragam dengan beberapa sisipan batupasir. 2. Geomorfologi Daerah penelitian topografinya bergelombang – bergelombang kuat dengan pola aliran dendritik berstadia muda menuju dewasa. Bentuk morfologi ini selain dikontrol oleh struktur geologi juga dikontrol oleh jenis batuan yang menyangkut sifat kekerasan. 3. Stratigrafi Regional Stratigrafi Regional daerah Sawah lunto dapat dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu komplek batuan Pra–Tertier dan komplek batuanTertier. a. Komplek batuan Pra-tertier terdiri dari : 1) Formasi Silungkang Nama formasi Silungkang mula-mula diusulkan oleh Klompe, Katili dan Sukender pada tahun 1958. Secara fotografi formasi ini masih dapat dibedakan menjadi empat batuan yaitu : batuan Lava Andesit, batuan Lava Basalt, batuan Tufa Andesit dan batuan Tufa Basalt. Umur dari formasi ini diperkirakan Perm sampai Trias. 2) Formasi Tuhur Formasi ini dicirikan oleh Lempung abu – abu kehitaman, berlapis baik, dengan sisipan – sisipan batu Pasir dan batu Gamping formasi ini diperkirakan berumur Trias. b. Komplek batuan tertier terdiri dari : 1) Formasi Sangkarewang Nama formasi ini pertama kali diusulkan oleh Kastoyo dan Silitonga pada 1975. Formasi ini terutama terdiri dari serpih gampingan sampai napal bewarna coklat kehitaman, berlapis halus dan mengandung fosil ikan serta tumbuhan, diperkirakan formasi ini berumur Eosen-Oligosen. 2) Formasi Sawahlunto Nama formasi ini diusulkan oleh R.P Koesoemadinata dan Th. Matasak 1979. Formasi ini merupakan formasi yang paling penting karena mengandung lapisan batubara. Formasi ini dicirikan oleh batu lanau, batu lempung dan batubara yang berselingan satu sama lain. Di perkirakan formasi ini berumur Oligosen. 3) Formasi Sawah Tambang Bagian bawah dari formasi ini dicirikan dengan beberapa siklus endapan yang terdiri dari beberapa siklus endapan yang terdiri dari batu pasir konglomerat, batu lanau, dan batu lempung. Bagian atas pada umumnya di dominasi oleh batu pasir konglomeratan tanpa sisipan lempung atau batu lanau. Formasi ini diperkirakan memiliki umur lebih tua dari Miosen bawah. 4) Formasi Ombilin Formasi ini terdiri dari lempung gampingan yang bewarna abu-abu kehitaman. Berlapis tipis dan mengandung fosil. Formasi ini diperkirakan berumur Miosen bawah. 5) Formasi Ranau Satuan ini terdiri dari Tufa batu apung bewarna abu-abu kehitaman. Umur formasi ini

diperkirakan Pleitosen. Sumber : CV. Bara Mitra Kencana Gambar 2.11 Formasi Batuan pada Cekungan Ombilin (Marhaendrasworo,1999) 4. 2Geologi Struktur Daerah telitian secara regional menurut P.H.Silitonga dan Kastowo (1995) (dalam arsip sejarah CV. Bara Mitra kencana 2019) merupakan sayap lipatan berarah Barat Daya – Timur Laut dengan kemiringan 80 – 130, serta lapisan Batubara memiliki kedudukan relatif Timur-Barat. 5. 2Kompleksitas Geologi Daerah Telitian Pengelompokan geologi suatu daerah ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu aspek tektonik atau gaya-gaya lateral yang berkembang, aspek sedimentasi karena batubara merupakan endapan sedimenter, dan variasi kualitas Batubara menyangkut keekonomisan bahan galian tersebut. Dari ketiga aspek ini aspek manakah yang memiliki pengaruh paling dominan pada daerah telitian, hal ini lah yang digunakan untuk mengelompokkan kondisi Geologis suatu daerah berdasarkan kompleksitas geologisnya. Untuk daerah Talawi kompleksitas geologinya disajikan dalam tabel 2.12. Tabel 2.12 Pengelompokan Geologi Talawi Berdasarkan Kompleksitas Geologi No PARAMETER KONDISI GEOLOGI Sederhana Moderat Komplek 1. Sesar Hampir tidak ada Jarang Rapat 2. Lipatan Hampir tidak terlipat Terlipat sedang Terlipat kuat 3. Intrusi Tidak berpengaruh Berpengaruh Sangat berpengaruh 4. Kemiringan Landai Sedang Sedang II Aspek Sedimentasi 1. Variasi Ketebalan X < 10 % 10 % < x < 50 % X > 50 % 2. Kesinambungan Ribuan meter Ratusan meter Puluhan meter 3. Percabangan Hampir tidak ada Beberapa Banyak III VariasiKualitas Sedikit bervariasi Bervariasi Sangat bervariasi Sumber : CV. Bara Mitra Kencana Menurut tabel diatas Kompleksitas Geologi daerah Talawi pada lapisan sedimen pembawa batubara termasuk dalam kriteria Geologi Sederhana, sehingga perhitungan Sumberdaya Batubara Terukur dari titik informasi (singkapan dan lubang tambang yang sudah ada ditahun sebelumnya). 2.3 Kerangka Konseptual Kerangka konseptual pada penelitian ini adalah: Gambar 2.8 Kerangka Kons Gambar 2.12 Kerangka Konseptual Dengan kerangka konseptual ini memberikan gambaran sistematika pikiran penelitian yang terstruktur untuk memperoleh hasil yang di inginkan dan dari bagan kerangka konseptual di atas maka dapat dijelaskan bahwa: 2.3.1 Input Input berasal dari data primer dan sekunder. Data primer diambil dari kegiatan lapangan yang bersumber

dari pengamatan langsung dan observasi. Adapun data primer berupa data geometri lereng (tinggi lereng, kemiringan lereng), data struktur massa batuan (orientasi bidang diskontinu, nilai kualitas inti bor (RQD), spasi bidang diskontinu, kondisi bidang diskontinu, kondisi air tanah, orientasi diskontinu), serta data pengujian sampel di laboratorium. 2.3.2 Proses Proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah menganalisis kuat tekan batuan utuh melalui pengujian Block Punch Index, selanjutnya menganalisis kestabilan lereng dengan metode Slope Mass Rating (Romana, 1985) dan menghitung faktor keamanan lereng dengan bantuan software Rocscience Slide V.6.0. 2.3.3 Output Output atau hasil penelitian dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan batuan, kelas massa batuan, tingkat kestabilan lereng dan jenis longsoran, serta mengetahui faktor dari keamanan lereng. BAB III METODOLOGI PENELITIAN 3.1 Jenis Penelitian Metode penelitian merupakan suatu cara atau teknik yang dapat membantu peneliti tentang urutan bagaimana penelitian dilakukan. Dalam melakukan kegiatan penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian empiris. Penelitian empiris merupakan penelitian yang berfokus meneliti suatu fenomena atau keadaan dari objek penelitian secara detail dengan menghimpun kenyataan yang terjadi serta mengembangkan konsep yang ada (Amiruddin dan Zainal Asikin, 2004) 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 3.2.1 Lokasi Penelitian Penelitian lapangan ini di lakukan pada CV. Bara Mitra Kencana (BMK) secara adminitratif terletak di Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. 3.2.2 Waktu Penelitian Waktu penelitian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini dilakukan pada tanggal 12 Agustus 2020 – 15 Agustus 2020. 3.3 Variabel Penelitian Variabel penelitian merupakan suatu atribut atau sifat maupun nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang memiliki variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2007). Penelitian ini menggunakan dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas (Independent Variable) atau variabel X merupakan variabel yang dipandang sebagai akibat. Sedangkan variabel terikat (Dependent Variable) atau variabel Y merupakan variabel (akibat) yang dipradugakan, yang bervariasi mengikuti perubahan dari variabel-variabel bebas. 1. Variabel bebas

(Independent Variable): sering terjadi longsoran pada lereng Tambang pit BMK-35, dan terdapat batuan menggantung yang disebabkan banyaknya bidang diskontinutas serta kemiringan lereng yang terlalu curam. 2. Variabel terikat (Dependent Variable) : menganalisis kelas massa batuan dengan menggunakan metode klasifikasi massa batuan Rock Mass Rating, menganalisis kestabilan lereng menggunakan metode Slope Mass Rating, serta menghitung faktor keamanan lereng menggunakan software Rocscience Slide. 3.4 Jenis Data dan Sumber Data 3.4.1 Jenis Data 1. Data Primer Data primer merupakan data yang penulis peroleh langsung dari lapangan yaitu: a. Data geometri lereng b. Data struktur massa batuan c. Data pengujian sifat fisik dan mekanik batuan 2. Data Sekunder Jenis data ini diperoleh dari studi kepustakaan dan arsip perusahaan, seperti: a. Peta IUP CV. Bara Mitra Kencana b. Peta geologi c. Peta kesampaian daerah d. Peta topografi. 3.4.2 Sumber Data 1. Data Primer Data primer yang penulis dapatkan berupa data kuantitatif yang didapatkan melalui pengukuran langsung dilapangan dan pengujian di laboratorium. 2. Data Sekunder Data sekunder merupakan data yang penulis peroleh dari studi literatur CV. Bara Mitra Kencana (BMK), untuk mendukung data-data penelitian. 3.5 Teknik Pengumpulan Data Dalam teknik pengumpulan data dilakukan secara langsung di lapangan. Dilakukan pada lereng tambang pit BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana. Dalam hal ini dilakukan beberapa proses sebagai berikut: 1. Untuk mengetahui geometri lereng yang meliputi tinggi lereng, lebar lereng digunakan alat GPS serta pita ukur, dan untuk mengukur strike lereng dan dip lereng menggunakan kompas geologi. 2. Untuk memperoleh data struktur massa batuan berupa spasi antar kekar , panjang kekar, lebar bukaan kekar, serta strike dan dip kekar dengan metode scanline menggunakan pita ukur, jangka sorong serta kompas geologi. 3. Untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan dilakukan pengujian sampel batuan di laboratorium. a. Sifat Fisik Batuan Penentuan sifat fisik batuan memerlukan peralatan sebagai berikut: 1) Oven yang mampu mempertahankan temperatur pada 1050C untuk selama 24 jam. 2) Wadah contoh yang terbuat dari material tidak korosif dan mempunyai tutup yang kedap udara. 3) Desikator dengan ukuran secukupnya. 4) Pompa vakum sehingga contoh batuan utuh dapat

direndam air di dalam wadah yang bisa diberikan tekanan vacum sebesar 800 Pa untuk selama-lamanya satu jam. 5) Wadah berukuran secukupnya untuk merendam contoh batuan utuh yang dimasukkan ke 17wadah berongga dan dapat digantung bebas sehingga berat contoh batuan utuhnya dapat ditimbang untuk menentukan berat jenuh terendam air. 6) Timbangan dengan ketepatan sebesar 0,001% dari berat contohnya. Prosedur yang dilakukan untuk memperoleh data sifat fisik batuan adalah sebagai berikut: 1) Timbang massa batuan natural yang belum diberi perlakuan apapun (Wn). 2) Batuan dijenuhkan dengan menggunakan desikator selama 24 jam lalu ditimbang (Ww). 3) Timbang massa batuan jenuh yang tergantung dalam air (Ws). 4) Contoh batuan jenuh dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu ±900C. 5) Timbang massa batuan kering (Wo). 6) Volume batuan tanpa pori-pori (Wo-Ws). 7) Volume Batuan total (Ww-Ws). b. Sifat Mekanik Batuan 1) Sampel batuan yang diambil dari lokasi penelitian dilakukan preparasi sesuai dengan syarat dalam melakukan pengujian Block Punch Index. Ulusay dan Gokceoglu (1997) menentukan ukuran sampel pada pengujian Block Punch Index dimana untuk ketebalan sampel antara 5 mm – 15 mm, sedangkan untuk diameter sampel antara 42 mm – 54 mm. 2) Setelah sampel batuan memenuhi syarat kemudian dilakukan pengujian Block Punch Index. Dimana pada pengujian ini sampel batuan dikenakan gaya menggunakan punch berbentuk empat persegi. Kemudian dilakukan perhitungan nilai BPI (Persamaan 2.3). Gambar 3.1 Alat Uji Block Punch Index 3.6 Teknik Pengolahan dan Analisis Data 3.6.1 Teknik Pengolahan Data Teknik pengolahan data bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara dan proses untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi sesuai dengan tujuan yang sudah ditetapkan. Pada pengolahan data ini ada beberapa hal yang akan dibahas yaitu: 1. Menganalisis Kuat Tekan Batuan dengan Pungujian Block Punch Index Dalam menganalisis nilai kuat tekan batuan dilakukan dengan pengujian menggunakan alat Block Punch Index. Untuk menghitung nilai BPI menggunakan (persamaan 2.4 halaman 20), selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk menghitung nilai UCS menggunakan (persamaan 2.6 halaman 20). 2. Menganalisis Tingkat kestabilan lereng serta jenis longsoran dengan Metode Slope Mass Rating Dalam menentukan kestabilan lereng serta

jenis longsoran menggunakan metode Slope Mass Rating terlebih dahulu harus dilakukan perhitungan nilai RMR, selanjutnya nilai RMR dijumlahkan dengan faktor penyesuain yang diajukan Romana (1985) sesuai tabel (2.3), menggunakan (persamaan 2.3 halaman 16). Setelah nilai SMR diperoleh tingkat kestabilan lereng serta jenis longsoran dapat ditentukan dengan menggunakan tabel (2.4). 3. Menganalisis Faktor keamanan lereng dengan Software Rocscience Slide V6.0. Untuk memperoleh faktor keamanan lereng menggunakan software Rocscience Slide V6.0 dengan beberapa parameter perhitungan yaitu data geometri lereng, bobot isi, kohesi serta sudut geser dalam dari material batuannya. 3.6.2 Analisis Data Setelah melalui tahap pengolahan data maka dilakukan analisa data dari pengolahan data yang didapat. Analisis data merupakan kegiatan pencarian solusi dari permasalahan yang ada berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan (Sugiyono, 2013: 244). Adapun yang akan dianalisa adalah sebagai berikut: 1. Kuat tekan batuan dengan uji Block Punch Index. 2. Kelas Massa Batuan dengan metode Slope Mass Rating. 3. Faktor keamanan lereng dengan menggunakan aplikasi Rocscience Slide V6.0. 3.7 Kerangka Metodologi Kerangka metodologi yang digunakan adalah seperti pada gambar berikut: Gambar 3.2 Kerangka Metodologi BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 4.1 Pengumpulan Data 4.1.1 Lokasi Pengambilan Data Daerah penelitian berada pada pit BMK-35 CV.BMK, lereng yang akan dianalisis terletak pada akses jalan utama menuju 4 (empat) lubang produksi yang masih aktif. Tinggi lereng dilokasi penelitian sebesar 19 meter dan kemiringan lereng sebesar 820. Litologi daerah penelitian umumnya berupa batupasir dan batulanau sehingga kedua batuan tersebut digunakan sebagai sampel pengujian dalam penelitian ini. Sumber : Dokumentasi Penulis Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Data 4.1.2 Pengukuran Bidang Diskontinu Pengukuran data kekar pada penelitian ini menggunakan metode scanline dengan cara membentangkan meteran sepanjang lereng yang akan dianalisis kemudian data kekar batuan yang diambil adalah yang berada sepanjang garis scanline tersebut. Dalam penelitian ini data kekar yang diamati sepanjang 15 meter. 1. Jumlah Kekar per Meter Jumlah kekar per meter digunakan untuk menghitung nilai RQD batuan, adapun jumlah data kekar per meter yang didapat

dari pengukuran langsung dilapangan dapat dilihat pada tabel 4.1. Tabel 4.1 Data Jumlah Kekar per Meter Scanline (m) Jumlah Kekar 1 – 2 2 2 – 3 1 3 – 4 1 4 – 5 3 5 – 6 2 6 – 7 1 7 – 8 2 8 – 9 2 9 – 10 2 10 – 11 1 11 – 12 1 12 – 13 1 13 – 14 3 14 – 15 1 2. 1Jarak Antar (Spasi) Kekar (Spacing of Discontinuities) Jarak antar kekar merupakan jarak tegak lurus antara dua kekar berurutan sepanjang garis pengukuran yang dibuat sembarangan yang diukur menggunakan meteran. Jarak antar kekar pada penelitian dapat dilihat pada tabel 4.2. Tabel 4.2 Data Jarak Antar (Spasi) Kekar Nomor Kekar Spasi Kekar (cm) Nomor Kekar Spasi Kekar (cm) 1 – 2 34 13 – 14 60 2 – 3 54 14 – 15 32 3 – 4 49 15 – 16 64 4 – 5 115 16 – 17 39 5 – 6 68 17 – 18 46 6 – 7 19 18 – 19 140 7 – 8 38 19 – 20 92 8 – 9 35 20 – 21 66 9 – 10 37 21 – 22 34 10 – 11 94 22 – 23 31 11 – 12 77 23 – 24 110 12 – 13 45 Rata- rata 59,96 3. Lebar Bukaan Kekar (Separation) Lebar bukaan kekar 3merupakan jarak antara kedua permukaan bidang diskontinu, lebar bukaan ini diukur menggunakan jangka sorong. Data lebar bukaan kekar dapat dilihat pada tabel 4.3. Tabel 4.3 Data Lebar Bukaan Kekar Nomor Kekar Bukaan Kekar (mm) Nomor Kekar Bukaan Kekar (mm) 1 0,1 13 0 2 0 14 0,7 3 0,6 15 0,2 4 0,5 16 0,1 5 3,8 17 0,2 6 13,15 18 1,9 7 0,75 19 2 8 3,8 20 0 9 1 21 0,5 10 0 22 0 11 1,6 23 0,1 12 1,3 4. Panjang Kekar (Persistence) Panjang kekar diukur menggunakan meteran. Data hasil pengukuran panjang kekar dapat dilihat pada tabel 4.4. Tabel 4.4 Data Panjang Kekar Nomor Kekar Panjang Kekar (cm) Nomor Kekar Panjang Kekar (cm) 1 37 13 21 2 24 14 114 3 19 15 28 4 28 16 28 5 64 17 54 6 37 18 29 7 67 19 21 8 35 20 24 9 43 21 33 10 28 22 46 11 39 23 80 12 37 5. Strike/Dip Kekar Strike kekar dan dip kekar pada lokasi penelitian didapat dengan menggunakan kompas geologi. Data strike dan dip kekar dapat dilihat pada tabel 4.5. Tabel 4.5 Data Strike/Dip Kekar No Strike Kekar Dip Kekar No Strike Kekar Dip Kekar 1 N 2910 E 750 13 N 3960 E 870 2 N 3100 E 710 14 N 2990 E 890 3 N 3110 E 760 15 N 2870 E 890 4 N 3090 E 620 16 N 2970 E 790 5 N 3040 E 770 17 N 2890 E 890 6 N 2590 E 510 18 N 3240 E 810 7 N 2980 E 810 19 N 2790 E 820 8 N 3220 E 860 20 N 2860 E 870 9 N 3390 E 800 21 N 2770 E 710 10 N 2880 E 880 22 N 2760 E 880 11 N 2900 E 860 23 N 3140 E 870 12 N 3080 E 870 4.1.3 Data Laboratorium Pengujian sifat fisik batuan dilakukan di laboratorium Teknik Pertambangan STTIND Padang. Pengujian yang dilakukan meliputi

uji sifat fisik batuan untuk menentukan bobot isi batuan serta pengujian sifat mekanik batuan untuk menentukan nilai kuat tekan batuan dengan uji BPI. Sampel batuan yang digunakan terdiri dari batulanau dan batupasir. 1. Sifat Fisik Batuan Pengujian sifat fisik batuan yang dilakukan terdiri dari uji massa batuan alami, massa batuan kering, massa batuan jenuh dan massa batuan melayang untuk setiap sampel pengujian. Untuk kegiatan pengujian sifat fisik batuan dapat dilihat pada gambar 4.2. Sumber : Dokumentasi Penulis Gambar 4.2 Pengujian Massa Batuan Data hasil pengujian massa batuan dapat dilihat pada tabel 4.6. Tabel 4.6 Massa Sampel Batuan Kode Sampel Wn (gr) Wo (gr) Ww (gr) Ws (gr) Batupasir 1 58,9 58,6 59,2 26,9 Batupasir 2 60,2 59,8 60,4 29,1 Batulanau 1 40,2 39,8 40,6 18,8 Batulanau 2 86,3 85,8 87,1 46,1 2. Sifat Mekanik Batuan Pengujian sifat mekanik batuan dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan batuan utuh, dimana dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan menggunakan alat uji Block Punch Index (BPI). Untuk pengujian BPI sampel batuan yang diuji harus berbentuk silinder tipis dengan ketebalan sampel antara 5 mm – 15 mm, sedangkan untuk diameter sampel antara 42 mm – 54 mm (Sulukcu dan Ulusay, 2001) yang dapat dilihat pada gambar 4.3. Sumber : Dokumentasi Penulis Gambar 4.3 Sampel Batuan untuk Uji BPI Data hasil pengukuran ukuran sampel serta nilai beban runtuh (F) dengan uji BPI untuk sampel batulanau dan batu pasir dapat dilihat pada tabel 4.7. Tabel 4.7 Ukuran Sampel Batuan Kode Sampel Ukuran Sampel (cm) Beban Runtuh (F) Diameter Ketebalan Psi Kg/cm2 Batupasir 1 5,165 1,223 600 42,184 Batupasir 2 5,167 1,223 600 42,184 Batupasir 3 5,275 1,247 690 48,511 Batupasir 4 5,115 1,319 490 34,450 Batupasir 5 5,167 1,320 520 36,559 Batulanau 1 5,190 1,215 650 45,699 Batulanau 2 5,185 1,285 660 46,402 Batulanau 3 5,130 1,247 725 50,972 Batulanau 4 5,125 1,215 625 43,941 Batulanau 5 5,025 1,210 860 60,463 4.2 Pengolahan Data 4.2.1 Perhitungan Nilai Kuat Tekan Batuan dengan Uji BPI Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan alat BPI selanjutnya dilakukan perhitungan nilai BPI menggunakan persamaan 2.3 Nilai BPI untuk tiap masing-masing sampel batuan dapat dilihat pada tabel 4.8. Tabel 4.8 Nilai BPI Sampel Pengujian Kode Sampel R (cm) T (cm) K (cm) F (kg/cm2) BPI (MPa) Batupasir 1 2,582 1,223 1,5 42,184 0,342 Batupasir 2 2,583 1,223 1,5 42,184 0,342

Batupasir 3 2,637 1,247 1,5 48,511 0,377 Batupasir 4 2,557 1,319 1,5 34,450 0,262 Batupasir 5 2,583 1,320 1,5 36,559 0,274 Batulanau 1 2,595 1,215 1,5 45,699 0,371 Batulanau 2 2,592 1,285 1,5 46,402 0,356 Batulanau 3 2,565 1,247 1,5 50,972 0,408 Batulanau 4 2,562 1,215 1,5 43,941 0,362 Batulanau 5 2,512 1,210 1,5 60,463 0,511 4.2.2 Korelasi antara Nilai UCS dan BPI Nilai BPI digunakan untuk menentukan nilai Uniaxial Compressive Strength (UCS) yang digunakan sebagai parameter masukan dalam menentukan kelas massa batuan. Untuk menghitung nilai UCS menggunakan nilai BPI dapat menggunakan persamaan 2.5. untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.9. Tabel 4.9 Korelasi Nilai UCS dan BPI Kode Sampel BPI (MPa) BPI rata-rata (MPa) UCS (MPa) UCS rata-rata (MPa) Batupasir 1 0,342 0,319 1,881 1,756 Batupasir 2 0,342 1,881 Batupasir 3 0,377 2,073 Batupasir 4 0,262 1,441 Batupasir 5 0,274 1,507 Batulanau 1 0,371 0,402 2,040 2,208 Batulanau 2 0,356 1,958 Batulanau 3 0,408 2,244 Batulanau 4 0,362 1,991 Batulanau 5 0,511 2,810 Dari pengujian BPI untuk kedua sampel batuan diperoleh nilai UCS rata-rata untuk batupasir sebesar 1,756 MPa dan untuk batulanau diperoleh nilai UCS rata-rata sebesar 2,208 MPa. 4.2.3 Pembobotan Massa Batuan RMR Pembobotan massa batuan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Slope Mass Rating berdasarkan parameter yang dikembangkan oleh Romana (1985). Untuk menghitung nilai SMR terlebih dahulu harus dilakukan perhitungan nilai klasifikasi massa batuan Rock Mass Rating. Data-data untuk tiap parameter RMR sebagai berikut: 1. Kuat Tekan Batuan Utuh sKuat tekan batuan utuh atau strength of intact rock material yang diperoleh dari hasil uji BPI kemudian ditentukan nilai UCS nya, maka kekuatan batuannya dapat dikategorikan sesuai nilai kuat tekan batuannya. Pada penelitian ini pembobotan massa batuan dilakukan pada batulanau, untuk kuat tekan batuan dapat ditentukan menggunakan tabel 4.10. Tabel 4.10 Strength of intact rock material Qualitatif Description Compressive strength (MPa) Point load strength (MPa) Rating Extremely strong >250 8 15 Very Strong 100 – 250 4 – 8 12 Strong 50 – 100 2 – 4 7 Medium strong 25 – 50 1 – 2 4 Weak 5 – 25 Use of UCS is preffered 2 Very weak 1 – 5 -do- 1 Extremely weak < 1 -do- 0 Sumber : Bieniawski, 1979 2. Rock Quality Designation (RQD) Perhitungan nilai RQD dilakukan dengan metode langsung dilapangan dengan cara

mengamati jumlah kekar per meter menggunakan persamaan 2.1. Untuk panjang lereng yang diamati 15 meter diperoleh nilai RQD rata-rata sebesar 98,612% untuk perhitungan dapat dilihat pada lampiran Tabel 4.11 Nilai RQD Lereng BMK-35 Scanline (m) Jumlah Kekar RQD (%) RQD rata-rata (%) 1 – 2 2 98,247 98,612 2 – 3 1 99,532 3 – 4 1 99,532 4 – 5 3 96,306 5 – 6 2 98,247 6 – 7 1 99,532 7 – 8 2 98,247 8 – 9 2 98,247 9 – 10 2 98,247 10 – 11 1 99,532 11 – 12 1 99,532 12 – 13 1 99,532 13 – 14 3 96,306 14 – 15 1 99,532 Pembobotan untuk nilai RQD dapat dilihat pada tabel 4.12. Tabel 4.12 Rating Rock Quality Designation (RQD) Quality Description RQD (%) Rating Excellent 90 – 100 20 Good 75 – 90 17 Fair 50 – 75 13 Poor 25 – 50 8 Very Poor <25 3 3. Jarak (Spasi) antar Kekar Dalam pengambilan data dilapangan jarak antar kekar sangat bervariasi, dimana terdapat 23 data kekar dengan panjang pengukuran 15 meter. Untuk perhitungan jarak kekar menggunakan persamaan 2.2. Pembobotan untuk spasi kekar dapat dilihat pada tabel 4.13. Tabel 4.13 Rating Spasi Kekar Description Spacing (m) Rating Very wide >2 20 Wide 0,6 – 2 15 Moderate 0,2 – 0,6 10 Close 0,06 – 0,2 8 Very Close <0,06 5 4. Kondisi Kekar (Condition of Discontinuities) Kondisi kekar didapatkan dari deskripsi langsung dilapangan berupa kemenerusan kekar (persistence), jarak antar permukaan kekar (separation/aparture), kekasaran kekar (roughness), material pengisi (infilling) dan tingkat pelapukan (weathering). berdasarkan pengamatan di lapangan untuk kondisi kekar dapat dilihat pada lampiran dimana diperoleh bobot total untuk kondisi kekar sebesar 21. Untuk pembobotan masing-masing karakteristik kekar dapat dilihat pada tabel 4.14. Tabel 4.14 Rating Kondisi Kekar Parameter Ratings Discontinuity Length (m) <1 1 – 3 3 – 10 10 – 20 >20 6 4 2 1 0 Separation (mm) None <0,1 0,1-1,0 1 – 5 >5 6 5 4 1 0 Roughness of discontuinity Very rough Rough Slightly rough Smooth Slicken- Sided 6 5 3 1 0 Infilling 13Hard filling Soft filling None <5 mm >5 mm <5 mm >5 mm 6 4 2 2 0 Weathering Unweather-ed Slightly weather-ed Moderate-ly weathered Highly weathered Decompos-ed 6 5 3 1 0 5. Kondisi Air Tanah Kondisi air tanah dari hasil pengamatan secara langsung di lapangan bahwa didapati kondisi air tanah pada lereng yaitu lembab. Berdasarkan kondisi air tanah pada lokasi penelitian maka diperoleh bobot sebesar 10, dapat dilihat pada tabel 4.15. Tabel 4.15 Rating Kondisi Air Tanah

16Inflow per 10 m tunnel length (L/min) None <10 10 – 25 25 – 125 >125 Ratio of joint water pressure to major principal stress 0 0 – 0,1 0,1 – 0,2 0,2 – 0,5 >0,5 General description Completely dry Damp Wet Dripping 37Flowing Rating 15 10 7 4 0 6. Orientasi Kekar Data orientasi kekar berupa strike kekar dan dip kekar yang diperoleh dilapangan diolah menggunakan aplikasi Rocscience Dips 7.0 untuk memperoleh arah umum kekar pada lereng. Gambar 4.4 Diagram Rossete Orientasi Kekar Dari aplikasi dapat dilihat bahwa arah umum kekar berada pada 3000 - 3100 yang mana hampir sejajar dengan strike lereng, sehingga masuk kriteria sedang dengan bobot sebesar -25. Tabel 4.16 RMR-B Peubah Bobot Orientasi Kekar Joint Orientation assessment for Very favorable Favor-able Fair Unfavor-able Very 20Unfavor-able Tunnels 0 -2 -5 -10 -12 Raft foundation 0 -2 -7 -15 -25 Slopes 0 -5 -25 -50 -60 Setelah dilakukan pembobotan untuk setiap parameter diperoleh rekapitulasi data sebagai berikut: Tabel 4.17 Bobot RMR keseluruhan No Parameter RMR Deskripsi Bobot 1 Kuat tekan batuan utuh 2,208 Mpa 1 2 RQD 98,612 % 20 3 Jarak antar (spasi) kekar Modetare 10 4 Kondisi Kekar Discontiuity 6 21 Separation 1 Roughness 3 Infilling 6 Weathering 5 5 Kondisi Air Tanah Damp 10 6 Orientasi Kekar Fair -25 Total Bobot 37 Berdasarkan tabel 4.16 dengan nilai total RMR sebesar 37 maka batuan berada pada rating 21 – 40 dengan kelas massa batuan kelas IV kriteria jelek. untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.17 dibawah ini. Tabel 4.18 Kelas massa batuan, kohesi, serta sudut geser dalam di Pit BMK-35 Rating 100-81 80-61 60-41 40-21 <20 Kelas Massa Batuan I II III IV V Deskripsi 20Sangat Baik Baik Sedang Jelek Sangat Jelek Rata-rata waktu stand-up 10 tahun untuk rentang 15 m 6 bulan untuk rentang 8m 1 minggu untuk rentang 5m 10 jam untuk rentang 2.5m 30 menit untuk rentang 1m Kohesi (kPa) >400 300-400 200-300 100-200 <100 Sudut Geser Dalam (0) >45 35-45 25-35 15-25 <15 4.2.4 Menentukan Nilai RMR Menggunakan Nilai BPI Gambar 4.5 Menentukan Nilai RMR menggunakan Nilai BPI Rating RMR = (1,5 BPIs)0,65 = (1,5 x 0,402) 0,65 = 0,719 Rating RMR = (UCS/3,67)0,65 = (1,756/3,67) 0,65 = 0,619 4.2.5 Pembobotan Massa Batuan SMR Pembobotan massa batuan SMR di lokasi penelitian ditentukan dengan menggunakan nilai RMR yang telah didapatkan sebelumnya menggunakan persamaan 2.3. Berdasarkan analisis streografis yang dilakukan

menggunakan program Dips 7.0 terdapat dua set diskontinuitas yang saling berpotongan hal ini memungkinkan untuk terjadinya longsoran baji dimana sudut perpotongan antara bidang lemah harus lebih besar dibandingkan sudut geser dalam batuannya tetapi lebih kecil daripada kemiringan lereng. Jika dilihat pada tabel 2.8 yang menjelaskan perhitungan nilai SMR, tidak disebutkan secara lengkap mengenai bagaimana cara menghitung nilai SMR untuk tipe longsoran baji, sehingga untuk perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.18. Tabel 4.19 Adjustment ratings for F1, F2, and F3 (Romana, 1985, modified by Anbalagan et al., 1992.) Case of slope failure Very favour- Able Favour-able Fair Unfavour-able Very Unfavour- able P |αj – αs| >300 300 – 200 200 – 100 100 – 50 <50 T |αj – αs – 1800| W |αi – αs| P/T/W F1 0.15 0.4 0.7 0.85 1 P |βj| <200 200 – 300 300 – 350 350 – 450 >450 W |βi| P/W F2 0.15 0.4 0.7 0.85 1 T F2 1 1 1 1 1 P βj – βs >100 100 – 00 00 0 to -100 <-100 W βi – βs T βj + βs <1100 1100 – 1200 >1200 - - P/T/W F3 0 -6 -25 -50 -60 Sumber : (Romana, 1985, modified by Anbalagan et al., 1992. Dalam Basahel dan Mitri) Tabel 4.20 Nilai Pembobotan untuk Ekskavasi Lereng (Romana, 1985) Method Natural Prespliting Smooth Blasting Blasting or Mechanical Defficient Blasting F4 15 10 8 0 -8 Hasil dari analisis dan pembobotan dari parameter pengaruh orientasi kekar serta metode penggalian lereng dapat dilihat pada tabel 4.20 Tabel 4.21 Bobot SMR Keseluruhan Parameter SMR Kondisi Bobot (1) Bobot (2) RMR Jelek 37 0,719 F1 |αi – αs|= 2420 0.15 0.15 F2 |βi|= 340 0.7 0.7 F3 βi – βs = -48 -60 -60 F4 Penggalian Mekanik 0 0 Nilai SMR 31 -5,581 Nilai SMR pada lereng BMK-35 jenis longsoran baji bernilai 31 dan masuk kedalam kelas IV dengan deskripsi jelek (21 – 40) dengan kondisi lereng yang tidak stabil. Tabel 4.22 Rating Slope Mass Rating Di Lereng BMK-35 SMR Class Description Stability Failure Support 81 – 100 I Very Good Completely stable None None 61 – 80 II Good Stable Some Block Spot 41 – 60 III Fair Partially stable Some Joint or many wedges Systematic 21 – 40 IV Poor Unstable Planar or large wedges Important/ Corrective 0 – 20 V Very Poor Completely unstable Large wedges or circular failure Re-excavation 4.2.6 Analisis Faktor Keamanan Lereng Analisa faktor keamanan lereng pada BMK-35 dilakukan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng, analisis faktor keamanan lereng dilakukan menggunakan software

Rocscience Slide V.6.0 dimana parameter yang diperlukan untuk analisis faktor keamanan yaitu geometri lereng, bobot isi, kohesi serta sudut geser dalam yang diperoleh dari hasil pembobotan RMR batuan. Langkah dalam menganalisis kestabilan lereng dengan aplikasi Rocscience Slide adalah sebagai berikut. 1. Pertama kali atur terlebih dahulu tipe analisis apa yang akan digunakan, serta metode apa yang akan digunakan. Ambil Analysis kemudian Project Setting. Gambar 4.6 Pengaturan umum pada Project Settings 2. Selanjutnya lakukan pemodelan geometri lereng yang akan dianalisis langsung di aplikasi Rocscience Slide V.6.0. Klik Boundaries selanjutnya klik Add External Boundaries. Gambar 4.7 Geometri lereng menggunakan External Boundaries 3. Kemudian masukkan parameter material penyusun lereng, berupa bobot isi, kohesi serta sudut geser pada setiap lapisan. Klik Properties à Define Materials Gambar 4.8 Input parameter meterial penyusun lereng 4. Langkah selanjutnya yaitu penempatan jenis material pada gambar berdasarkan material boundary dengan karakteristik yang telah diinput. Tampilan warna lereng akan berubah sesuai dengan material seperti pada gambar. Gambar 4.9 Assign Material Lereng 5. Selanjutnya klik Auto grid, untuk membuat grid yang memuat kemungkinan pusat gelincir. Gambar 4.10 Pembuatan grid untuk pusat gelincir 6. Langkah terakhir lakukan running dengan cara klik menu toolbar Compute. Jika telah selesai klik Interpret untuk menginterprestasikan nilai faktor keamanan hasil kalkulasi dengan aplikasi Rocscience Slide V.6.0. Faktor keamanan lereng yang diperoleh dengan menggunakan aplikasi Slide dapat dilihat pada gambar 4.5. Gambar 4.11 Hasil Analisis Faktor Keamanan Lereng dengan Aplikasi Rocscience Slide V.6.0 Hasil analisis menunjukkan faktor keamanan minimum yang diperoleh sebesar 1,376 dengan metode Bishop untuk tinggi lereng 19 meter dan kemiringan lereng 820. BAB V ANALISIS DATA 5.1 Analisis Nilai Kuat Tekan Batuan Menentukan nilai kuat tekan batuan di lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan alat uji Block Punch Index (BPI). Pengujian ini membutuhkan ukuran spesimen uji tertentu sesuai dengan standar. Ukuran sampel pada pengujian BPI yaitu untuk ketebalan sampelnya antara 5 mm – 15 mm, sedangkan diameter sampelnya antara 42 mm – 54 mm. Hasil pengujian yang diperoleh berupa nilai beban runtuh dari sampel batuan dimana nilai

yang diperoleh untuk batupasir berkisar antara 490 Psi – 690 Psi sedangkan untuk batulanau antara 625 Psi – 860 Psi. Nilai – nilai yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung nilai BPI dari setiap sampel batuan, nilai ini digunakan untuk menghitung nilai UCS dengan menggunakan persamaan (2.5) yaitu korelasi nilai UCS dengan BPI. Nilai UCS rata-rata untuk batupasir yaitu 1,756 MPa dan batulanau 2,208 MPa. Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan batulanau lebih besar dibandingkan batupasir. 5.2 Analisis Kelas Massa Batuan 5.2.1 Rock Mass Rating (RMR) Analisis kelas massa batuan menggunakan metode Rock Mass Rating (Bieniawski, 1989) menggunakan 6 parameter, dimana terdiri dari 5 parameter utama dan 1 parameter pengontrol, berikut adalah analisis data dengan metode Rock Mass Rating: 1. Kuat Tekan Batuan Utuh Nilai Kuat tekan batuan utuh untuk sampel pengujian telah dijelaskan pada sub bab 5.1. Pengujian kuat tekan batuan dilakukan pada 10 buah sampel batuan dan untuk nilai kuat tekan batuan dapat dilihat pada tabel 4.9. Nilai kuat tekan batupasir rata-rata diperoleh sebesar 1,756 MPa dan nilai kuat tekan batulanau rata-rata sebesar 2,208 MPa, sehingga untuk kedua jenis batuan tersebut memiliki kualitas batuan sangat jelek (very weak) dengan besar bobotnya 1 (satu). 2. Rock Quality Designation (RQD) Rock Quality Designation merupakan salah satu parameter dalam pengklasifikasian kelas massa batuan yang memperkirakan kualitas dari massa batuan secara kuantitatif. Perhitungan nilai RQD dilakukan dengan metode langsung dilapangan dengan cara mengamati jumlah kekar per meter sepanjang 15 meter, selanjutnya untuk pengolahan data digunakan persamaan 2.1 dan diperoleh nilai RQD rata-rata sebesar 98,612 % (tabel 4.11) dimana berdasarkan tabel Rock Quality Designation (tabel 4.12) nilai ini berada pada rentang 90% - 100% dan diperoleh bobot sebesar 20. 3. Jarak (spasi) antar kekar Jarak antar diskontinuitas didefinisikan sebagai jarak tegak lurus antara dua diskontinuitas berurutan sepanjang garis pengukuran yang dibuat sembarangan. Data yang diperoleh di lapangan dapat ditentukan jarak rata-rata antar diskontinu dari 23 data yaitu sebesar 59,96 cm, sehingga dapat dideskripsikan bahwa jarak kekar di lokasi penelitian memiliki kriteria sedang (moderate) dengan bobot sebesar 10. 4. Kondisi Kekar Pada analisis terhadap kondisi diskontinutas, terdapat lima karakteristik

diskontinuitas yaitu panjang diskontinuitas, lebar bukaan kekar, kekasaran diskontinuitas, material pengisi serta tingkat pelapukan dari bidang diskontinuitas. Untuk bobot tiap karakteristik dapat dilihat pada tabel 4.14 dimana untuk bobot total dari kondisi kekar diperoleh sebesar 21. 5. Kondisi Air Tanah Dalam penelitian ini, kondisi air tanah diperkirakan dengan cara memberikan gambaran umum dari kondisi umum keairan. Dari pengamatan, didapatkan kondisi umum air tanah pada lereng pit BMK-35 lembab (damp) dengan bobot sebesar 10. 6. Orientasi Kekar Pengukuran orientasi bidang diskontinu dinyatakan dengan dip/strike. Dari analisis streografis menggunakan aplikasi Rocscience Dips 7.0 dapat diketahui arah umum dari bidang diskontinu yaitu berada pada 3000-3100 yang hampir sejajar dengan arah penggalian lereng, sehingga masuk kriteria sedang dengan bobot sebesar -25. Setelah dilakukan pembobotan untuk tiap parameter, selanjutnya dilakukan penjumlahan untuk mendapatkan nilai total RMR . Nilai ini digunakan untuk mengetahui kelas massa batuan, kohesi serta sudut geser dalam untuk setiap kelas massa batuan. Pada lokasi penelitian diperoleh nilai RMR sebesar 37 sehingga batuan berada pada rating 21 – 40 dengan kelas massa batuan kelas IV kriteria jelek, besar kohesi 100 kPa serta besar sudut geser dalam antara 150. 5.2.2 Slope Mass Rating (SMR) Pembobotan kelas massa batuan menggunakan metode SMR ini ditentukan dengan nilai RMR serta hasil proyeksi streografis. Jenis longsoran yang dihasilkan dari analisis streografis menggunakan aplikasi Rocscience Dips 7.0 berupa longsoran baji disebabkan karena adanya dua set diskontinu yang saling berpotongan dimana pada hasil analisis tersebut diketahui bahwa sudut perpotongan antara bidang lemah harus lebih besar dibandingkan 4sudut geser dalam batuannya tetapi lebih kecil dari kemiringan lereng (lampiran). Untuk nilai setiap kriteria faktor koreksi F1, F2 dan F3 pada longsoran baji dihitung berdasarkan persamaan tabel pengaturan rating untuk F1, F2 dan F3 (Romana, 1985) yang telah dimodifikasi oleh Anbalagan et al, 1992. Untuk nilai setiap kriteria dapat dilihat pada tabel 4.20 dimana untuk nilai SMR diperoleh sebesar 31 yang masuk kedalam kelas IV (21 – 40) dengan deskripsi jelek (poor) dengan kondisi lereng tidak stabil, serta jenis longsoran yang mungkin terjadi yaitu longsoran planar atau longsoran baji yang

besar. 5.3 Analisis Faktor Keamanan Lereng Analisis faktor keamanan lereng dilakukan untuk menilai tingkat kestabilan dari suatu lereng, analisis ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Rocscience Dips 6.0. Diperoleh faktor keamanan lereng minumum sebesar 1,376 dengan metode Bishop. Dimana kriteria faktor aman untuk lereng batuan jika kurang dari 1,5 (Hoek, 2002) maka lereng berada dalam kondisi kritis (potensi longsoran tinggi). Artinya lereng di pit BMK-35 berada dalam kondisi kritis. BAB VI PENUTUP 6.1 Kesimpulan Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : 1. Dari pengujian kuat tekan batuan menggunakan alat Block Punch Index (BPI) diperoleh nilai UCS rata-rata untuk batupasir sebesar 1,756 MPa dan untuk batulanau sebesar 2,208 MPa. 2. Kelas massa batuan yang diperoleh menggunakan metode klasifikasi kelas massa batuan Slope Mass Rating yaitu kelas IV dengan deskripsi jelek (poor), kondisi lereng yang tidak stabil serta jenis longsoran yang mungkin terjadi yaitu longsoran planar atau longsoran baji yang besar. 3. Nilai Faktor Keamanan lereng di pit BMK-35 yang dianalisis menggunakan software Rocscience Slide V6.0 diperoleh sebesar 1,376 menggunakan metode Bishop. Artinya lereng berada dalam kondisi kritis (<1,5) untuk lereng batuan (Hoek, 2002). 6.2 Saran Saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian ini adalah : 1. Lereng di pit BMK-35 berada dalam kondisi yang tidak stabil. Hal ini dapat menyebabkan longsor dan menutup akses jalan untuk kegiatan produksi sehingga dapat menimbulkan kerugian serta membahayakan pekerja dan alat, untuk itu perusahaan perlu melakukan perbaikan dari geometri lereng khususnya pada lereng pit BMK-35. 2. Sebaiknya dalam memperoleh nilai kuat tekan batuan dilakukan dengan menggunakan beberapa metode pengujian sehingga dapat diketahui perbandingan nilai kuat tekan dari masing-masing pengujian tersebut. DAFTAR PUSTAKA Bhawani Singh dan R. K. Goel. 2011. Engineering Rock Mass Classification. Oxford : Butterworth-Heinemann. Daryadi dan 15Atiyya Inayatillah. Analisis Kestabilan Lereng dengan Software Rocscience Slide. Hassan Basahel dan Hani Mitri. 2017. Aplication of Rock Mass Classification System to Rock Slope Stability Assessment : A case study. 35Journal of rock Mechanics and Geotechnical Engineering xxx (2017) 1 – 17. Ibnu Rusydy, dkk. 2017. Analisis Kestabilan Lereng Batu di Jalan Raya

Lhoknga Km 17,8 Kabupateh Aceh Besar. Riset Geologi dan Pertambangan Volume 27, No.2, Desember 2017 (145 – 155). Irwandi Arif. 2016. Geoteknik Tambang. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama. Karyono. 2004. Kemantapan Lereng Batuan. Bandung : Diklat Perencanaan Tambang Terbuka. Made Astawa Rai, dkk. 2010. Mekanika Batuan. Bandung : ITB. Okri Asfino Putra. 2018. Analisis Stabilitas Lereng pada Situs Ratu Boko dengan Menggunakan Variasi beban Gempa. Jurnal Teknik Sipil ITP Vol. 5 No.1. Refky Adi Nata dan Alexander. 2019. Analisis Kestabilan Lereng Pit B Tambang PT. Miyor Pratama Coal, Desa Kumanis Atas Kec. Talawi, Sawahlunto Sumatera Barat. Promine Journal, June 2019, Vol 7 (1), page 15 – 19. Resat Ulusay, Candan Gokceoglu dan S. Sulukcu. 272001. Draft ISRM Suggested Method for Determining Block Punch Strength Index (BPI). International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 38 (2001) 1113 – 1119. Resat Ulusay dan Candan Gokceoglu. 1997. The modified block punch index test. Can. Geotech. J. 34: 991 – 1001. Riko Ervil, dkk. 2019. Buku Pedoman Penulisan Laporan Kerja Praktik Dan Tugas Akhir Sekolah Tinggi Teknologi Industri. Padang. Susi Hidayah dan Yohan Roy Gratia. 2007. Program Analisis Stabilitas Lereng. Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro. Semarang Syed Muntazir Abbas. 2017. Rock Mass Classification Systems. TU Bergakademie Freiberg, Geotechnical Institute and National Centre of Excellence in Geology, University of Peshawar. S. Sulukcu dan Resat Ulusay. 2001. 18Evaluation of the Block punch index test with particular reference to the size effect, failure mechanism and its effectiveness in predicting rock strength. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 38 (2001) 1091 – 1111. Lampiran 1. Data Scanline Lereng Pit BMK-35 FORM DATA PENGUKURAN KEKAR PADA CV. BARA MITRA KENCANA Nama : Monika Pengukuran : Kekar Tanggal Penelitian : 8 Juli 2020 – 10 Juli 2020 Alat : Meteran, Kompas, GPS, Jangka Sorong No Jarak Kekar (cm) Kondisi Kekar Kondisi Air Tanah Strike Kekar Dip Kekar Panjang Kekar (cm) Bukaan Kekar (mm) Kekasaran Kekar Isian Kekar Pelapukan 1 34 37 0,1 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2910 E 750 2 54 24 0 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 3100 E 710 3 49 19 0,6 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 3110 E 760 4 115 28 0,5 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 3090 E 620 5

68 64 3,8 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 3040 E 770 6 19 37 13,15 Slightly rough Soft Filling < 5 mm Slightly Weathered Kering N 2590 E 510 7 38 67 0,75 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2980 E 810 8 35 35 3,8 Slightly rough Soft Filling < 5 mm Slightly Weathered Kering N 3220 E 860 9 37 43 1 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 3390 E 800 10 94 28 0 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2880 E 880 11 77 39 1,6 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2900 E 860 12 45 37 1,3 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 3080 E 870 13 60 21 0 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2960 E 870 14 32 114 0,7 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2990 E 890 15 64 28 0,2 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2870 E 890 16 39 28 0,1 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2970 E 790 17 46 54 0,2 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2890 E 890 18 143 29 1,9 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 3240 E 810 19 94 21 2 Slightly rough None Slightly Weathered Lembab N 2790 E 820 20 68 24 0 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2860 E 870 21 34 33 0,5 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2770 E 710 22 31 46 0 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 2760 E 880 23 110 80 0,1 Slightly rough None Slightly Weathered Kering N 3140 E 870 Sawahlunto, 10 Juli 2020 Mengetahui, Andi Asmunandar, ST Kepala Teknik Tambang Lampiran 2. Data Geometri Lereng Pit BMK-35 FORM DATA PENGUKURAN GEOMETRI LERENG PADA CV. BARA MITRA KENCANA Nama : Monika Pengukuran : Kekar Tanggal Penelitian : 8 Juli 2020 – 10 Juli 2020 Alat : Meteran, Kompas, GPS, Jangka Sorong Keterangan Nilai Tinggi Lereng 14 meter Lebar Lereng 15 meter Strike Lereng N 2620 E Dip Lereng 820 Sawahlunto, 10 Juli 2020 Mengetahui, Andi Asmunandar, ST Kepala Teknik Tambang Lampiran 3. Perhitungan Nilai Bobot Isi Batuan Kode Sampel Wn (gr) Wo (gr) Ww (gr) Ws (gr) Batupasir 1 58,9 58,6 59,2 26,9 Batupasir 2 60,2 59,8 60,4 29,1 Batulanau 1 40,2 39,8 40,6 18,8 Batulanau 2 86,3 85,8 87,1 46,1 1. Bobot Isi Asli (Natural Density) Batupasir 1 = = = 1,823 gr/cm3 Batupasir 2 = = 1,923 gr/cm3 Batulanau 1 = = 1,844 gr/cm3 Batulanau 2 = = 2,104 gr/cm3 2. Bobot Isi Kering Batupasir 1 = = = 1,814 gr/cm3 Batupasir 2 = = 1,910 gr/cm3 Batulanau 1 = = 1,825 gr/cm3 Batulanau 2 = = 2,092 gr/cm3 3. Bobot Isi

Jenuh Batupasir 1 = = = 1,832 gr/cm3 Batupasir 2 = = 1,929 gr/cm3 Batulanau 1 = = 1,862 gr/cm3 Batulanau 2 = = 2,124 gr/cm3 Lampiran 4. Perhitungan Nilai BPI dan UCS Sampel Batuan Data Pengujian Block Punch Index Kode Sampel R (cm) T (cm) K (cm) F (kg/cm2) Batupasir 1 2,582 1,223 1,5 42,184 Batupasir 2 2,583 1,223 1,5 42,184 Batupasir 3 2,637 1,247 1,5 48,511 Batupasir 4 2,557 1,319 1,5 34,450 Batupasir 5 2,583 1,320 1,5 36,559 Batulanau 1 2,595 1,215 1,5 45,699 Batulanau 2 2,592 1,285 1,5 46,402 Batulanau 3 2,565 1,247 1,5 50,972 Batulanau 4 2,562 1,215 1,5 43,941 Batulanau 5 2,512 1,210 1,5 60,463 Nilai BPI 1. Batupasir 1 = = = = =3,491 kg/cm2 = 0,342 MPa 2. Batupasir 2 = = = 3,491 kg/cm2 = 0,342 MPa 3. Batupasir 3 = = = 3,847 kg/cm2 = 0,377 MPa 4. Batupasir 4 = = = 2,671 kg/cm2 = 0,262 MPa 5. Batupasir 5 = = = 2,802 kg/cm2 = 0,274 MPa 6. Batulanau 1 = = = 3,783 kg/cm2 = 0,371 MPa 7. Batulanau 2 = = = 3,638 kg/cm2 = 0,356 MPa 8. Batulanau 3 = = = 4,166 kg/cm2 = 0,408 MPa 9. Batulanau 4 = = = 3,691 kg/cm2 = 0,362 MPa 10. Batulanau 5 = = = 5,211 kg/cm2 = 0,511 MPa Nilai UCS 1. Batupasir 1 = 5.1 BPI (MPa) = 5.1 (0,342 MPa) = 1,881 MPa 2. Batupasir 2 = 5.1 (0,342 MPa) = 1,881 MPa 3. Batupasir 3 = 5.1 (0,377 MPa) = 2,073 MPa 4. Batupasir 4 = 5.1 (0,262 MPa) = 1,441 MPa 5. Batupasir 5 = 5.1 (0,274 MPa) = 1,507 MPa 6. Batulanau 1 = 5.1 (0,371 MPa) = 2,040 MPa 7. Batulanau 2 = 5.1 (0,356 MPa) = 1,958 MPa 8. Batulanau 3 = 5.1 (0,408 MPa) = 2,244 MPa 9. Batulanau 4 = 5.1 (0,362 MPa) = 1,991 MPa 10. Batulanau 5 = 5.1 (0,511 MPa) = 2,810 MPa Mengetahui, Pendamping Pengujian (Refky Adi Nata, ST., MT) Lampiran 5. Perhitungan Nilai RQD Data Jumlah Kekar per Meter Scanline (m) Jumlah Kekar 1 – 2 2 2 – 3 1 3 – 4 1 4 – 5 3 5 – 6 2 6 – 7 1 7 – 8 2 8 – 9 2 9 – 10 2 10 – 11 1 11 – 12 1 12 – 13 1 13 – 14 3 14 – 15 1 RQD (1) = 100 (0.1λ + 1) e -0.1λ = 100 (0.1 (1) + 1) e -0.1(1) = 99,532 RQD (2) = 100 (0.1λ + 1) e -0.1λ = 100 (0.1 (2) + 1) e -0.1(2) = 98,247 RQD (3) = 100 (0.1λ + 1) e -0.1λ = 100 (0.1 (3) + 1) e -0.1(3) = 96,306 Lampiran 6. Hasil Proyeksi Streografis Lereng BMK-35 Lampiran 10. Dokumentasi Lapangan Pengambilan Data Kekar Pembuatan Scanline Kekar pada Lokasi Penelitian Lereng Pit BMK-35 Lampiran 11. Dokumentasi Pengujian Sampel Batuan Sampel Batuan Utuh Sampel Batuan Setelah Pengujian BPI Pengukuran Ukuran Sampel Kegiatan Uji BPI Pengujian Sifat Fisik Batuan Lampiran 12.

Surat Keterangan Selesai Penelitian

Sources

1	https://id.scribd.com/doc/299039696/Hubungan-Antara-Nilai-RQD-Dan-Kualitas-Dari-Suatu-Massa-Batuan-Diperkenalkan-Oleh-Deere INTERNET	1%
2	https://id.scribd.com/doc/303878667/TAMBANG-BAWAH-TANAH INTERNET	1%
3	https://www.scribd.com/document/354974121/KlasifikasiMassaBatuan-Kel1-KelasA-docx INTERNET	1%
4	https://id.scribd.com/doc/189083514/Klasifikasi-Longsoran-Batuan-Dan-Stereografinya INTERNET	1%
5	https://www.scribd.com/document/254418958/SMR-DAN-RMR INTERNET	1%
6	https://id.scribd.com/doc/294249423/LAPORAN-KUNJUNGAN-INDUSTRI-KE-CV-BMK-SAWAHLUNTO-docx INTERNET	<1%
7	https://www.slideshare.net/ayukulehputri/geotek-kestabilan-lereng INTERNET	<1%
8	http://etheses.uin-malang.ac.id/2218/7/08410090_Bab_3.pdf INTERNET	<1%
9	https://lagaevhanchekel.blogspot.com/feeds/posts/default INTERNET	<1%
10	https://www.scribd.com/document/335817541/PPTA354-2-Karakteristik-Batuan-pdf INTERNET	<1%
11	https://www.scribd.com/document/381156829/laporan-petrologi-2 INTERNET	<1%
12	https://id.scribd.com/doc/132060891/ventilasi INTERNET	<1%
13	https://files.transtutors.com/cdn/uploadassignments/2767225_1_2015.pdf INTERNET	<1%

14	https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/download/1146/1361 INTERNET	<1%
15	https://id.scribd.com/doc/32682570/s-Geoteknik-Tutorial-Rocscience-Slide INTERNET	<1%
16	https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/intact-rock-material INTERNET	<1%
17	https://www.academia.edu/36317047/METODE_BISHOP_JANBU_DAN_SPENCER_pdf INTERNET	<1%
18	https://www.researchgate.net/publication/248165199_Draft_ISRM_suggested_method_for_determining_block_punch_strength_index_BPI INTERNET	<1%
19	https://www.scribd.com/document/399247195/Bab-Iiiiin INTERNET	<1%
20	https://www.scribd.com/document/359606539/BAB-III INTERNET	<1%
21	https://stfisika.blogspot.com/2015/11/slope-mass-rating-smr.html INTERNET	<1%
22	https://edoc.pub/geoteknik-tambang-pdf-free.html INTERNET	<1%
23	https://www.gurupendidikan.co.id/tanah-longsor/ INTERNET	<1%

24	https://123dok.com/document/dzxlg4zr-analisa-kemantapan-lereng-menggunakan-metode-elemen-hingga-pendekatan.html INTERNET	<1%
25	https://www.scribd.com/document/327132287/Mekbat-Klasifikasi-Massa-Batuan-RQD INTERNET	<1%
26	https://www.scribd.com/document/392261496/2478-6844-1-PB INTERNET	<1%
27	https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00254-006-0222-4 INTERNET	<1%
28	https://www.coursehero.com/file/54361651/101428-24835-1-PBpdf/ INTERNET	<1%
29	https://123dok.com/document/dy488x5q-dampak-kegiatan-pertambangan-batubara-tambang-batubara-bukit-persero.html INTERNET	<1%
30	http://eprints.undip.ac.id/42517/1/Alif_Hartati.pdf INTERNET	<1%
31	https://teukujulianfajar.blogspot.com/2013/03/analisa-kestabilan-lereng-pada.html INTERNET	<1%
32	https://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/1363/1 INTERNET	<1%
33	https://www.coursehero.com/file/37800726/Bab-3docx/ INTERNET	<1%
34	https://makemeask.blogspot.com/2020/03/macam-macam-longsoran-pada-lereng.html INTERNET	<1%

35	https://cyberleninka.org/article/n/854411 INTERNET	<1%
36	http://www.digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-13762-Paper-1246666.pdf INTERNET	<1%
37	https://id.scribd.com/doc/230391921/Laporan-PKL-PT-Antam-UBPE-Pongkor-Johan-Edwart INTERNET	<1%
38	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775517301932 INTERNET	<1%
39	https://repository.bsi.ac.id/index.php/unduh/item/23451/indihome.pdf INTERNET	<1%