

Penilaian Tingkat Kestabilan Lereng Batuan Granit Menggunakan Metode *Slope Mass Rating (SMR)* dan Analisis Kinematika di PT Mandiri Karya Makmur (*The Assesment of Granite Rock Slope Stability Using Slope Mass Rating (SMR) Method and Kinematic Analysis in PT Mandiri Karya Makmur*)

Mirsandi¹, Ferra Fahraini², Irvani²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

²Staf Pengajar, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

Abstract

PT Mandiri Karya Makmur (MKM) was a private company that mine granite rock. Level in mine site was almost steep so that it had the possibility to failure. The study was conducted to assess the stability of rock slope that may endanger the safety of workers. This study to determine the quality of rock mass of slope based on the value of SMR (Slope Mass Rating) and kinematics analysis. The data used included UCS, RQD, Space of discontinuity, Discontinuity conditions, Groundwater conditions and Discontinuity orientation data. Slopes data were divided into 4 scanline based on the direction changing of the slope. To determine the type of failure using kinematics analysis of Dips program and Schmidt Net. The analysis results revealed that the quality of rock mass for scanline II was very good or very stable based on the SMR value. While on the rock mass quality of scanline I, III and IV were good with the stability of the slope was in a stable condition. The possibility of a failure in scanline I, III and IV were only several blocks. There were two blocks that has possibility to failure was on scanline III and IV. Estimation direction of slope failure on scanline III and IV respectively were N 135° and N 185° E. The supporting of slope instability can be done by scaling or cutting blocks that have potential to failure.

Keywords : Slope Stability, Slope Mass Rating, Scanline, Kinematic Analysis

1. Pendahuluan

PT Mandiri Karya Makmur adalah salah satu perusahaan swasta yang melakukan penambangan salah satu bahan galian industri, yaitu batu granit yang bertujuan untuk memecahkan suatu batuan menjadi bongkahan-bongkahan yang ukurannya disesuaikan dengan permintaan konsumen dengan menggunakan bahan peledak. Proses Peledakan batuan granit akan meninggalkan bagian blok - blok yang belum diledak, dimana bagian itu akan membentuk lereng - lereng hampir mendekati tegak yang dapat menyebabkan bahaya terhadap para pekerja yang berada dibawahnya.

Adanya diskontinuitas yang muncul pada lereng-lereng juga sangat mempengaruhi kualitas batuan yang menyebabkan kekuatan batuan tersebut akan semakin kecil. Hal ini akan mempermudah batuan mengalami runtutan.

Evaluasi keamanan lereng merupakan bagian yang penting dari suatu perencanaan

penambangan atau pemotongan suatu lereng. Pemahaman suatu metode analisis sangat lah diperlukan dalam hal ini. Ada dua hal pokok yang perlu diperhatikan dalam analisis keamanan lereng batuan, yaitu pertama analisis struktur atau kinematic analysis dan yang kedua adalah menghitung angka factor keamanan atau safety factor.

Padahal penelitian ini peneliti hanya melakukan analisis struktur untuk mengetahui kualitas mass batuan lereng granit menggunakan Metode Slope Rating (SMR) dan menggunakan Metode Proyeksi Stereografi untuk analisis kinematika untuk menentukan bidang, jenis dan arah runtutan lereng yang mungkin akan terjadi di PT Mandiri Karya Makmur. Selain itu dilakukan suatu system penanggulangan terhadap lereng yang berpotensi runtuh.

Lokasi Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di PT Mandiri Karya Makmur, Desa Tanjung Gunung, Kecamatan Pangkalan Baru, Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Bangka Belitung (Gambar 2). Secara geografis berada pada posisi antara 106° 09'

*Korespondensi Penulis: (Mirsandi) Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung, Kampus Terpadu UBB, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka Belitung. E-mail : Mirsandi86@gmail.com
HP : 083175029846

50° – 106° 10' 40" BT dan 02° 11' 55,6" – 02° 12' 45" LS, dengan jarak ± 15 km dari Kota Pangkalpinang.

Tinjauan Pustaka

Geologi Regional

Stratigrafi berdasarkan Mangga dan Djamal (1994), pada Peta Geologi Regional, PT Mandiri Karya Makmur dan Sekitarnya (Gambar 3), dari tua ke muda terdiri dari Kompleks Malihan Pemali (CPp) yang ditemukan batuan metamorf, Formasi Tanjung Genteng (Trt) yang terdiri dari batuan sedimen, Granit Klabat (TrJkg) berupa batuan beku, Formasi Ranggung (TQR) berupa batuan sedimen, dan Endapan Aluvial (Qs).

Batuan Granit

Tarbut (2008) menjelaskan granit sebagai batuan beku yang paling banyak dikenal. Granit adalah batuan beku intrusif bertekstur panerik yang terdiri dari sekitar 25 % kuarsa dan 65 % feldspar.

Klasifikasi Massa Batuan

Menurut Bieniawski (1989) Metode Klasifikasi *Rock Mass Rating* (SMR) bertujuan mengklasifikasikan kualitas massa batuan. Sistem RMR, Bieniawski menggunakan lima parameter utama dan satu parameter kondisi, yaitu :

1. *Uniaxial Compressive Strength* (UCS)
2. *Rock Quality Designation* (RQD)
3. Spasi Bidang Diskontinuitas (*Joint Spacing*)
4. Kondisi Kekar (kemenerusan, *aperture*, kekasaran, pengisi, pelapukan)
5. Kondisi Air tanah
6. Orientasi Diskontinuitas

RMR_{dasar} adalah nilai RMR dengan tidak memasukkan parameter orientasi ke dalam perhitungannya.

Slope Mass Rating (SMR)

Analisis kemantapan lereng Bieniawski (1989) memakai sistem *Slope Mass Rating* (SMR) sebagai metode koreksi untuk parameter orientasi kekar dengan air dianggap kering. SMR dapat memberikan panduan awal dalam analisis kestabilan lereng, memberikan informasi awal yang diperlukan dalam perbaikan lereng (Romana, 1985). SMR dapat melakukan koreksi lereng berdasarkan nilai *Rock Mass Rating*. Nilai SMR dapat dinyatakan dengan Persamaan 1 berikut ini :

$$SMR = RMR_{\text{dasar}} + (F1 \times F2 \times F3) + F4 \quad (1)$$

Penyesuaian nilai kekar terdiri dari 4 faktor :

- F1 tergantung kesejajaran arah jurus dan muka kekar dengan rumus, $F1 = (1 - \sin A)^2$, dimana A adalah sudut antara arah jurus kekar dan muka lereng.
- F2 mengacu kepada kemiringan kekar pada keruntuhan bidang (planar) dengan rumus, $F2 = \tan^2 B_j$, dimana B_j adalah sudut kemiringan kekar. Keruntuhan nilai $F2 = 1$.
- F3 merupakan hubungan antara kemiringan lereng dan kemiringan kekar.
- F4 merupakan faktor metode penggalian yang ditentukan secara empirik.

Deskripsi kelas-kelas massa batuan berdasarkan nilai *Slope Mass Rating*. Kelas kualitas SMR massa batuan diilustrasikan pada Tabel 1 (Romana, 1989).

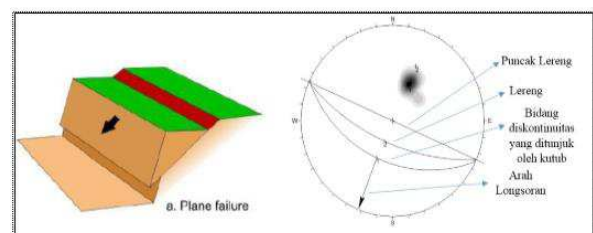
Tabel 1. Kelas Massa Batuan (Romana, 1989)

Profil	Deskripsi				
No Klas	I	II	III	IV	V
Rating	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
Kelas	Sangat Baik	Baik	Sedang	Jelek	Sangat Jelek
Longsoran	Tidak ada	Beberapa blok	Bbrpa kekar/baji	Bidang/baji besar	Bidang besar/seper ti tanah
Penyangga	Tidak ada	Sewaktu-waktu	Sistematis	Sgt perlu	Reexcavasi on

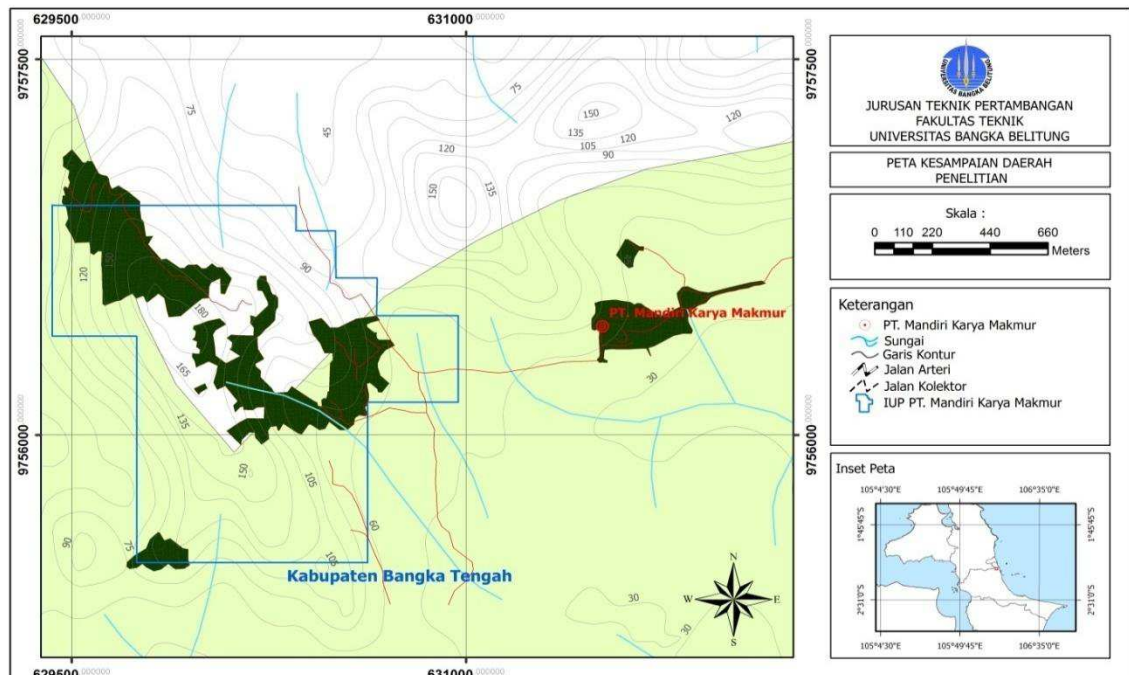
Analisis Kinematika

Berdasarkan Wyllie & Mah (2004), jenis longsoran blok dapat diidentifikasi melalui stereograf menggunakan Program Dips sebagai analisis kinematika. Beberapa jenis longsoran yang umum dijumpai pada massa batuan di tambang terbuka, yaitu :

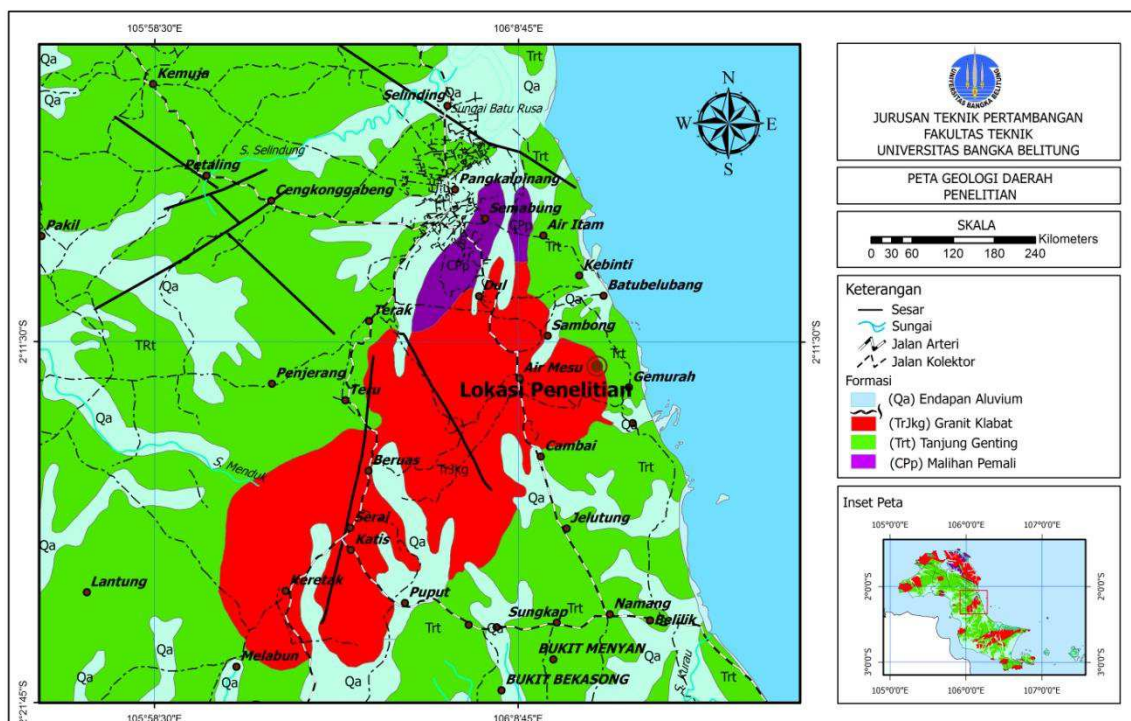
1. Longsoran Bidang : Longsoran jenis ini terjadi jika jurus bidang luncur mendekati paralel terhadap jurus bidang lereng. Kemiringan bidang luncur harus lebih kecil daripada kemiringan bidang lereng, kemiringan bidang luncur lebih besar daripada sudut geser dalam dan adanya bidang bebas.



Gambar 1. Analisis longsoran bidang



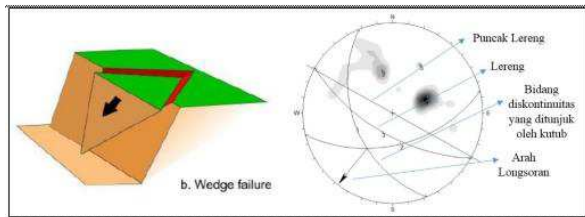
Gambar 2. Peta lokasi Penelitian



Gambar 3. Peta geologi penelitian (Mangga dan Djamal. 1994)

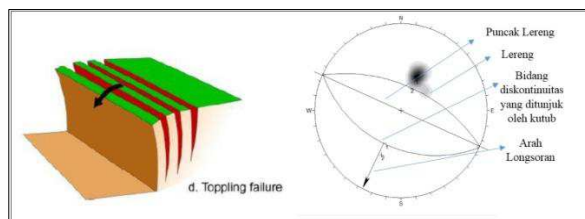
2. Longsor Baji : Longsor baji terjadi bila terdapat dua bidang lemah atau lebih berpotongan sehingga membentuk baji terhadap

lereng. Longsor baji ini dapat dibedakan menjadi dua tipe longsor yaitu longsor tunggal dan longsor ganda.



Gambar 4. Analisis longsoran baji

3. Longsoran Guling : Longsoran guling umumnya terjadi pada lereng yang terjal dan pada batuan yang keras, dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom. Longsoran jenis ini terjadi apabila bidang-bidang lemah yang ada berlawanan dengan kemiringan lereng pada $\beta > 90^\circ + \phi - \alpha$, dan β = kemiringan bidang lemah, ϕ = sudut geser dalam dan α = kemiringan lereng serta perbedaan maksimal jurus dari kekar dengan jurus lereng adalah 30° .



Gambar 5. Analisis longsoran guling

Penguatan Lereng

Penguatan lereng untuk pencegahan pergerakan lereng pada batuan atau tanah yang lemah (Wyllie & Mah, 2004). Terdapat banyak tindakan perbaikan yang dapat dilakukan untuk penguatan lereng setiap kelas pendukung. Rentang nilai SMR untuk setiap kelompok ukuran pendukung adalah sebagai berikut :

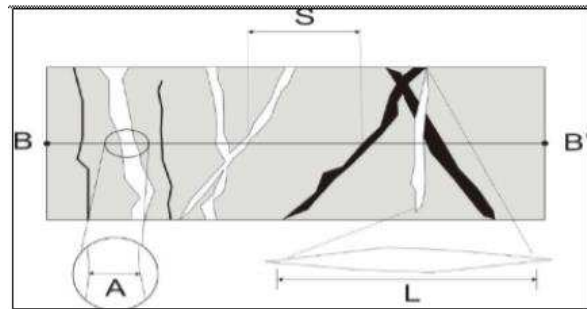
SMR 65 – 100 *None, Scaling*
 SMR 30 – 75 *Bolting, anchoring*
 SMR 20 – 60 *Shotcrete, concrete*
 SMR 10 – 30 *re-excavation*

Program Dips

Dips digunakan untuk menganalisa orientasi dengan berdasarkan data geologi. Program ini mampu diterapkan pada banyak aplikasi untuk analisis proyeksi stereografi data geologi (Anonim, 2002). Data yang digunakan nilai *dip*, *apparent dip*, *strike* dan *dip direction*.

Metode Scanline

Metode *Scanline* merupakan suatu metode penentuan kondisi diskontinuitas dengan menggunakan tali atau pita ukur yang dibentangkan pada suatu permukaan lereng (Anonim, 2007).

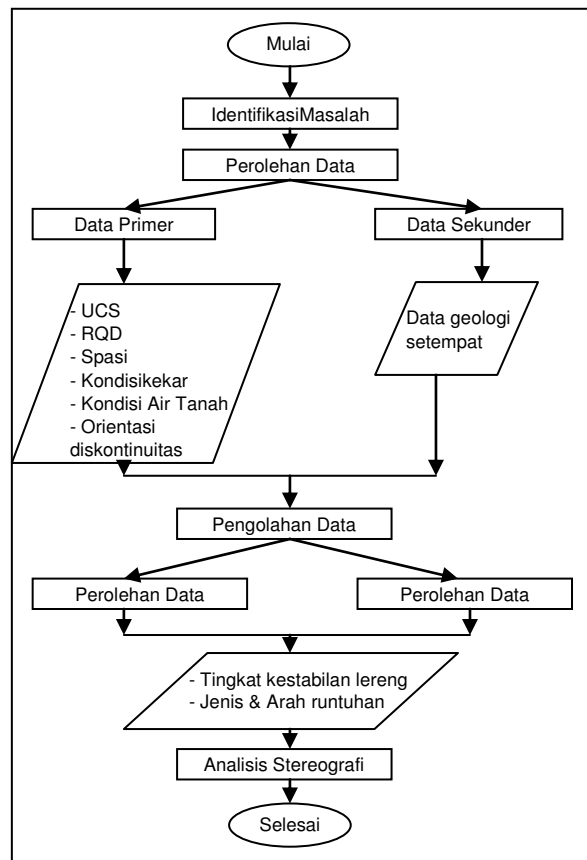


Gambar 6. Sketsa pengambilan data diskontinuitas menggunakan metode *scanline*, BB' adalah *scanline*, A adalah tebal bukaan, S adalah spasi rekahan dan L adalah panjang rekahan (Endartyanto, 2007)

2. Metode Penelitian

Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui tahapan studi literature, observasi dan pengujian lapangan untuk mengumpulkan data primer, tahap analisis dan pembahasan. Data sekunder yang diperoleh berupa data geologi setempat yang diambil dari perusahaan. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini dilihat melalui Gambar 7 diagram alir penelitian.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

Waktu Penelitian

Lamanya waktu pengambilan data adalah selama 2 bulan, terhitung dari tanggal 11 September – 11 November 2016.

3. Hasil dan Pembahasan

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian adalah struktur lipatan dengan kemiringan antara 18° – 75° dan sumbu lipatan berarah timur laut – barat daya. Berdasarkan peta geologi PT MKM, lokasi penelitian termasuk kedalam batuan Granit Klabat dengan batuan penyusun adalah granit dan pasir kuarsa. Lereng yang dilakukan penelitian adalah lereng yang terbentuk akibat dari adanya kegiatan peledakan.



Gambar 8. Kondisi umum lokasi penelitian berupa bukit

Kualitas Massa Batuan

Kuat Tekan Uniaxial Batuan (UCS)

Pengujian kekuatan massa batuan dilakukan dengan menggunakan alat *Schmidt hammer* tipe L (Gambar 9).



Gambar 9. Pengujian dengan *Schmidt L*

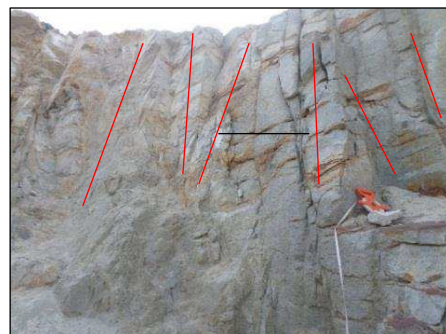
Nilai yang didapatkan terhadap 4 *scanline* berturut-turut adalah 42,6; 48,6; 47,4; dan 46,2. Sedangkan untuk nilai UCS yang didapatkan adalah berkisar dari 109,17 – 139,7 MPa. Berdasarkan nilai tersebut dapat dikatakan bahwa kondisi massa batuan lereng di lokasi penelitian adalah sangat kuat dengan pembobotan nilainya adalah 12.

RQD (*Rock Quality Designation*)

Pada lokasi penelitian tidak terdapat pemboran untuk pengambilan sampel dikarenakan kegiatan penambangannya adalah peledakan batuan granit, sehingga perhitungan RQD dilakukan dengan penelitian empiris. Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan pada tiap-tiap lokasi *scanline* dengan mengukur spasi, jumlah dan lebar batuan diskontinuitas. Nilai J_v untuk semua *scanline* dibawah 4,5 dan dapat dikatakan bahwa nilai RQD adalah 100. Nilai RQD yang didapatkan pada keempat *scanline* lereng penelitian adalah 100, sehingga dapat dikatakan bahwa kondisinya dalam keadaan sangat baik dengan pembobotan 20.

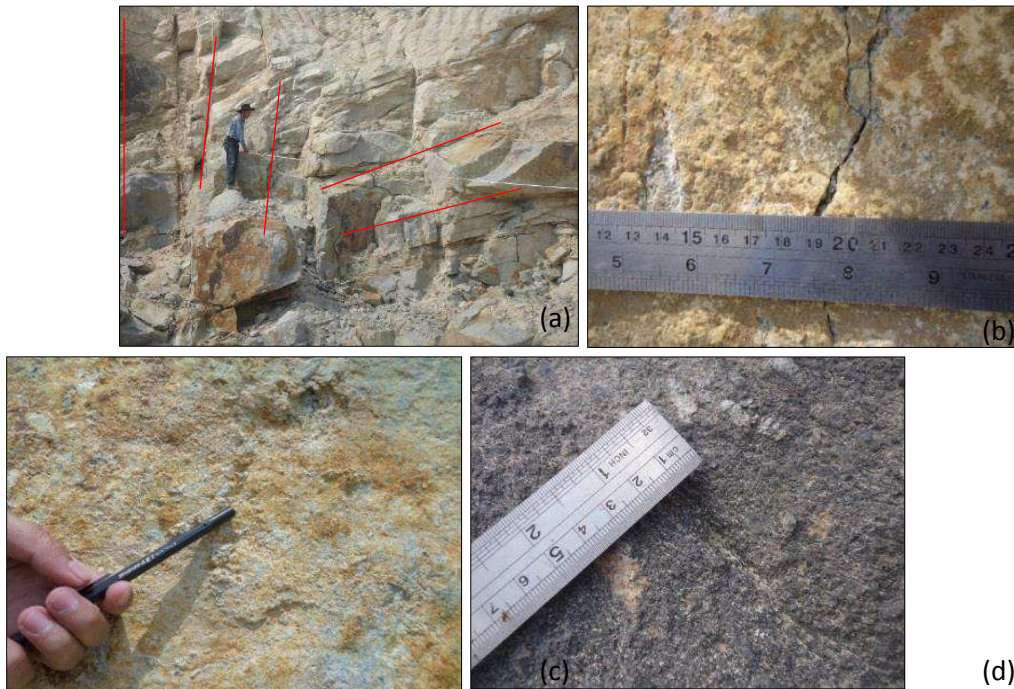
Spasi Diskontinuitas

Spasi diskontinuitas lereng pada keempat *scanline* adalah berbeda-beda tergantung dari jumlah set dari masing-masing *scanline*. Spasi kekar yang terdapat di lokasi penelitian umumnya adalah lebar sampai sangat lebar. Spasi sangat lebar umumnya terdapat pada *scanline* II dimana *scanline* ini tidak banyak terdapat diskontinuitas meskipun ditemukan 3 set diskontinuitas. Spasi kekar tersebut memiliki jarak berkisar dari 2,36 – 4,1 m, sehingga dengan jarak seperti itu nilai pembobotannya adalah 15. *Scanline* I dan III umumnya keadaan kekar adalah lebar, dengan jarak berkisar dari 0,643 – 1,172 dan pembobotannya adalah 20. Sementara itu untuk *scanline* IV spasi kekar set 1 adalah 0,68 m dengan kondisi lebar dan bobotnya adalah 15 sedangkan set keduanya memiliki jarak 4,1 m dapat dikatakan sangat lebar dengan bobotnya 20.



Gambar 10. Spasi diskontinuitas yang lebar –

sangat lebar



Gambar 11. Kondisi diskontinuitas pada lereng lokasi penelitian, (a) Kondisi persisten lereng, (b) Rongga lereng yang terbuka, (c) Pelapukan permukaan lereng batuan, (d) Kekasaran lereng yang sedikit kasar

Kondisi Diskontinuitas

Ada 5 parameter yang diamati dalam pengamatan kondisi diskontinuitas. Parameter ini menyangkut kekasaran, pemisahan, persisten, pelapukan dan material pengisi. Kondisi persisten di lokasi penelitian memiliki rata-rata panjang berkisar dari 2 – 3 m dengan pembobotan 2 atau 4 (Gambar 11a)

Aperture atau rongga yang terdapat di lokasi penelitian ada yang tertutup dan terbuka. Rongga yang terbuka umumnya ada yang terisi dan tidak, hal ini dikarenakan rongga tersebut terbentuk baru akibat dari adanya peledakan terhadap kondisi batuan tersebut.

Rongga dari persisten pada lokasi penelitian memiliki lebar bukaan adalah berkisar dari 0,1 – 1,24 mm dengan pembobotan 4. Lebar bukaan dari keempat *scanline* tersebut adalah tertutup sampai terbuka sedang (Gambar 11b).

Pelapukan batuan granit seperti pada Gambar 11c di lokasi penelitian masih agak segar akan tetapi batuan granit bagian atasnya sudah mengalami pelapukan. Warna dinding lereng yang ditemukan ada yang berwarna orange atau sedikit coklat, hal ini dikarenakan bagian luar sudah nampak mengalami sedikit pelapukan. Jadi dapat dikatakan bahwa keadaan

pelapukan di lereng adalah sedikit terlapuk dengan bobotnya 5.

Pengisi pada lokasi penelitian kebanyakan tidak diisi dikarenakan baru terbentuk akibat peledakan. Pengisi juga ditemukan tetapi sedikit berupa batupasir. Adapun nilai pembobotan pengisi ini adalah 6 dengan kategori tidak ada pengisi (Gambar 11.d)

Kekasaran permukaan lereng didapatkan secara pengamatan langsung di lapangan dengan cara merasakan kondisi permukaan lereng menggunakan tangan. Kondisi kekasaran lereng di lapangan adalah kebanyakan sedikit kasar karena saat dirasakan di tangan sedikit bergelombang. Pemberian bobot untuk tingkat kekasaran muka lereng adalah 3.

Kondisi Air Tanah

Pada penelitian ini, kondisi air tanah diperkirakan dengan cara memberikan gambaran kondisi keairan melalui hasil pengamatan didapatkan kondisi umum airtanah adalah kering, hal itu dikarenakan pengambilan data dilakukan pada musim panas.

Penilaian RMP_{dasar} Batuan

Hasil pembobotan dari keempat *scanline* tersebut didapatkan nilai RMR_{dasar} adalah seperti pada Tabel 2. Hasil pembobotan tersebut menunjukkan nilai RMR dasar yang belum disesuaikan dengan keadaan orientasinya. Nilai RMR_{dasar} yang didapatkan berkisar dari 77-87.

Tabel 2. Pembobotan total RMR_{dasar}

Scanline	Total Nilai RMR_{dasar}
I	77
II	87
III	77
IV	85

Perhitungan *Slope Mass Rating* (SMR)

Nilai SMR hanya dapat dilakukan untuk keruntuhan planar, jungkiran dan baji. Nilai SMR

untuk keruntuhan baji didapatkan dengan cara menghitung SMR set diskontinuitas, dimana tiap set diskontinuitas dianggap sebagai keruntuhan geser planar, sedangkan untuk keruntuhan jungkiran dapat dilakukan perhitungan sendiri. Data diskontinuitas yang digunakan adalah data arah dip (α) dan data dip (β) (Tabel 3). Hasil data dilakukan seperti pada Tabel 4 menggunakan Persamaan 1.

Tabel 3. Data perhitungan SMR

Scanline	Arah Dip (α) ⁰	Dip (β) ⁰
I	164	87
II	142	88
III	330	89
IV	255	89

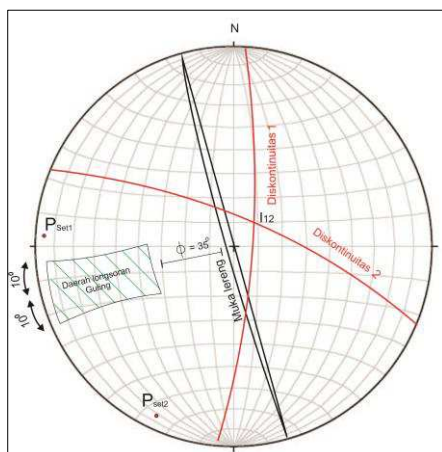
Tabel 4. Nilai SMR keseluruhan hasil penelitian

Scanline	I	II	III	IV
Stabilitas	Stabil	Sangat Stabil	Stabil	Stabil
Kelas	II	I	II	II
Deskripsi	Baik	Sangat baik	Baik	Baik
SMR	77	85,65	77	61
Runtuhan	Beberapa blok	Tidak ada	Beberapa blok	Beberapa blok

Analisis Kinematika

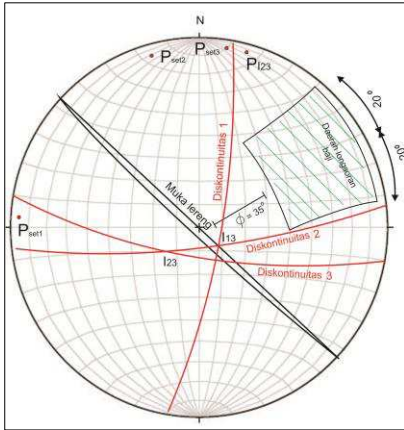
Scanline I

Berdasarkan pola set diskontinuitas berupa rekahan yang diplot pada Program Dips dan pembuatan secara manual di kertas kalkir, menunjukkan adanya model runturan guling atau toppling karena arah muka diskontinuitas tidak searah dengan muka lereng. Runtuhan dapat dibentuk oleh set 1 atau set 2. Namun jika dilihat dari hasil plotan kutub kedua diskontinuitas tersebut tidak berada di dalam area arsiran. Hal ini dapat dikatakan bahwa meskipun pola tersebut seperti longsoran guling akan tetapi longsoran guling tersebut tidak mungkin terjadi.

Gambar 12. Analisis kinematika *scanline* I

Scanline II

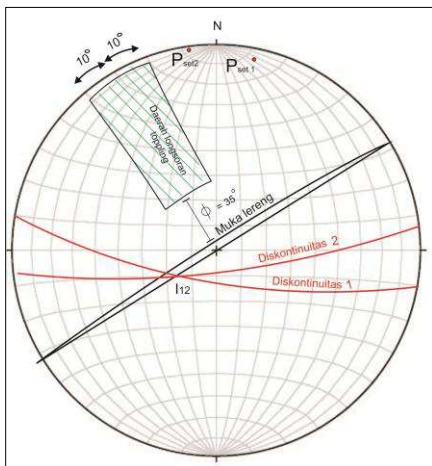
Hasil analisis kinematika pada *scanline* II dapat terlihat bahwa pola tersebut menunjukkan seperti longsoran baji yang dibentuk oleh set diskontinuitas 1 dan 2. Sementara untuk set 3 seperti longsoran guling mungkin terjadi akan tetapi arah muka lerengnya tidak begitu paralel dengan arah muka diskontinuitas set 3, sehingga untuk set 3 tidak akan mungkin terjadi longsoran guling. Jika diperhatikan kutub perpotongan set 1 dan 2 yang dibentuk tidak berada di daerah yang berpotensi longsor atau daerah *daylight* dan dapat disimpulkan bahwa secara umum tidak terjadi longsoran baji.



Gambar 13. Analisis kinematika *scanline* II

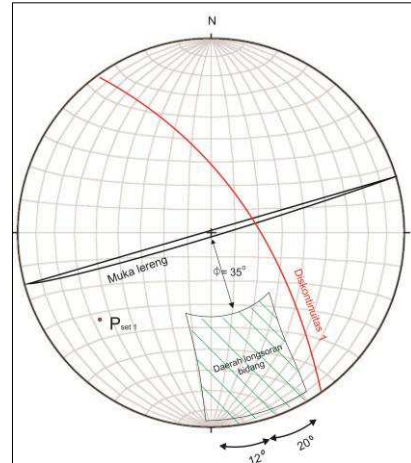
Scanline III

Berdasarkan pola set diskontinuitas berupa rekahan yang telah diplot pada program dips menunjukkan adanya model keruntuhan guling yang mungkin terjadi. Model keruntuhan ini bisa dibentuk oleh set 1 ataupun set 2.



Gambar 14. Analisis kinematika *scanline* III

Mengetahui apakah suatu lereng itu berpotensi longsoran guling mungkin terjadi atau tidak, yang perlu diperhatikan adalah keberadaan dari masing-masing kutubnya apakah berada di daerah *daylight* atau diluarnya. Jika dilihat dari gambarnya, kutub dari kedua set diskontinuitas tersebut berada diluar daerah *daylight*. Jadi dapat disimpulkan bahwa runtuh guling tidak akan terjadi meskipun modelnya membentuk longsoran tersebut.



Gambar 15. Analisis kinematika *scanline* IV

Scanline IV

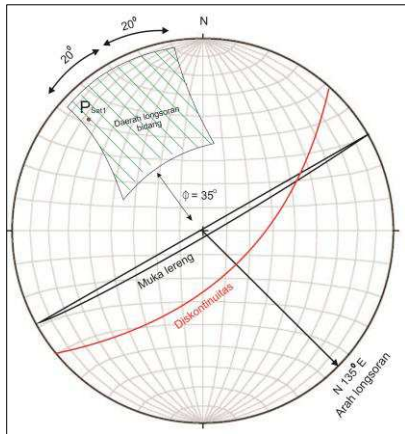
Berdasarkan pola diskontinuitas *scanline* IV yang diplotkan pada Program Dips, diskontinuitas menunjukkan arah kelongsoran mengarah ke timur laut, sedangkan arah bidang bebas atau muka mengarah keselatan. Selain itu jurus bidang lurus tidak paralel terhadap jurus bidang permukaan lereng ($> 20^\circ$), hal ini menunjukkan bahwa longsoran bidang berpotensi untuk longsor. Jika diperhatikan kutub dari diskontinuitas tersebut juga tidak berada didalam daerah *daylight* (Gambar 15).

Potensi Keruntuhan Blok Batuan Lereng

Blok yang memiliki potensi runtuh adalah blok yang terdapat pada *scanline* III dan IV. Pada *scanline* III dan IV ditemukan beberapa blok yang posisinya kemungkinan terjadi longsoran bidang dan jatuhnya dikarenakan posisinya seperti menggantung.



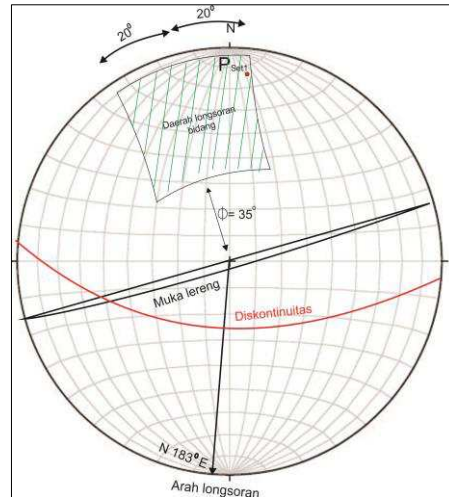
Gambar 16. Longsoran bidang *scanline* III



Gambar 17. Hasil analisis longsor bidang

Pada *scanline* III dapat dikatakan bahwa keruntuhan planar dapat terjadi karena syarat kinematika untuk terjadinya keruntuhan tersebut terpenuhi. Adapun arah runtuh bidang planar tersebut adalah N 135° E atau mengarah ke tenggara.

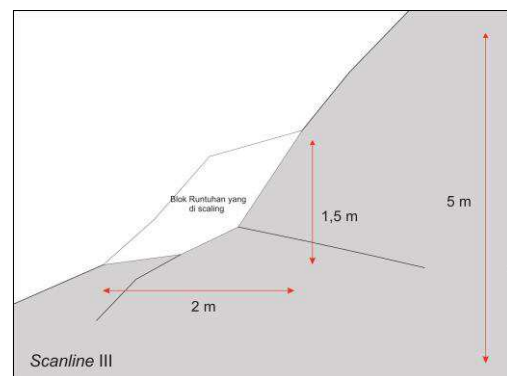
Berdasarkan pola set diskontinuitas dan kedudukan lereng pada stereonet menunjukkan adanya model keruntuhan *planar*, dimana set dari blok tersebut juga bertindak sebagai bidang gelincir dengan arah kemiringan (α_p) sebesar N 275° E, memiliki perbedaan sebesar 20° dengan arah kemiringan lereng (α_f). Lereng tersebut memiliki kemiringan (Ψ_f) sebesar 89° dan arah kemiringan N 255° E. Sedangkan bidang gelincirnya memiliki kemiringan (Ψ_p) sebesar 69° dengan sudut geser dalam (Φ_i) dianggap 35°. Berdasarkan syarat kinematik yang ditetapkan, yaitu $\Phi_i < \Psi_p < \Psi_f$, maka dapat dikatakan bahwa keruntuhan *planar* dapat terjadi karena syarat kinematik untuk keruntuhan tersebut terpenuhi. Arah longsor bidang tersebut adalah N 183° E atau mengarah ke barat daya.

Gambar 18. Potensi longsor pada bidang *scanline* IVGambar 19. Analisis kinematika *scanline* IV

Penanganan Terjadinya Longsor

Berdasarkan pengamatan dilapangan dan dilakukannya analisis kinematika pada *scanline* III dan IV dapat dikatakan bahwa adanya blok yang mungkin terjadi longsor. Jenis longsor yang mungkin terjadi adalah longsor bidang.

Penanganan terhadap longsor demi keselamatan pekerja dapat dilakukan dengan cara *scaling* atau pemotongan blok yang berpotensi runtuh. Pemotongan geometri blok lereng atau tindakan *scaling* bertujuan untuk mencegah kemungkinan terjadinya longsor atau runtuh dari blok batuan yang berpotensi mengalami keruntuhan. Pemotongannya dapat dilakukan dengan bantuan alat berat.

Gambar 19. Contoh penanganan dengan *scaling*

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada Bab IV dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kualitas massa batuan berdasarkan nilai SMR untuk masing- masing *scanline* yang didapat adalah 77; 85,65; 77 dan 76, sehingga dapat dikatakan bahwa kualitas massa batuan lereng pada setiap *scanline* II adalah sangat baik dan nilainya masuk pada kelas I dimana

tingkat kestabilan lerengnya sangat stabil. Sementara itu untuk *Scanline* I, III dan IV kualitas massa batuan dalam keadaan baik dan nilainya masuk pada kelas II dimana tingkat kestabilan lerengnya stabil. Namun meskipun demikian, ada kemungkinan terjadinya longsor untuk beberapa blok tertentu saja.

2. Terdapat longsoran bidang berupa blok pada *scanline* III dan IV. Longsoran bidang pada *scanline* III memiliki arah longsoran yaitu N 135° E atau mengarah ke tenggara dan longsoran bidang pada *scanline* IV memiliki arah longsoran yaitu N 183° E atau mengarah ke barat daya.
3. Berdasarkan nilai SMR yang diajukan oleh Romana (1985) bahwa penanggulangan hanya dilakukan kadang-kadang saja jika diperlukan dengan memperhatikan pengaruhnya tersebut fatal atau tidak terhadap para pekerja. Blok yang kemungkinan runtuh pada *scanline* III dan IV dapat dilakukan penanganan dengan metode *scaling* atau dengan melakukan perubahan geometri lereng tersebut.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2002, *DIPS Ploting, Analysis presentation of Structural Data Using Spherical Projection Techniques USER'S GUIDE*, Rocscene Inc.
- Bieniawski, Z.T., 1989, *Engineering Rock Mass Classifications*, New York: Wiley.
- Endaryanto, Aries, 2007, *Analisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Kinematika dan Klasifikasi Massa Batuan; Studi kasus di Area Penambangan Andesit, Desa Jelekong, Kecamatan Bali Indah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat*, Skripsi Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung.
- Mangga, A. S. dan Jamal, B., 1994, *Peta Geologi Bangka Utara Sumatra*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Margono, U., Supandjono, R.J.B dan Partoyo, E., 1995. *Peta Geologi Lembar Bangka Utara, Sumatra*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Romana, M. 1985. *New Adjustment ratings for application of Bienawski classification to slopes*, In International Symposium on the Role of Rock Mecahnics, Zacatecas, Mexico.
- Tarbuck, J.E dan Lutgens, K., F., 2008, *Earth : An Introduction to Physical Geologi*, Pearson, Prentice Hall : United State.
- Wyllie, D. C., dan Mah, C, W. 2004. *Rock Slope Engineering-Civil and minig. Based on the third edition by E. Hoek dan J. Bray*, London : Spon Press, Taylor dan Francis Group.