ISSN 0853-2982 eISSN 2549-2659

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

# Analisis Stabilitas Lereng di KM 258 Ponorogo - Pacitan menggunakan Metode *Rock Mass Rating (RMR)*

**Miftahul Avidatur Rohmah**(*)

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Jl. M.T. Haryono No. 167, Malang
Email: drmiftahul.avidatur@gmail.com

**Arief Rachmansyah**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Jl. M.T. Haryono No. 167, Malang

**Harimurti**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Jl. M.T. Haryono No. 167, Malang

**Abstract**

*One of the locations that have occurred the landslides on Pacitan - Ponorogo route was at KM 258 in December 2017. This location have three adjacent slope segments, The first slope segment has experienced landslides and countermeasures have been done in the form of a retaining wall reinforcement structure, as well as the second slope segment there has been a landslide but there was no additional structural reinforcement, to prevent sliding on the third slope segment an investigation is needed on the slope. The kinematics analysis method is used, the weighting of the Rock Mass Rating (RMR) rock mass then correlated with the Slope Mass Rating (SMR) angle slope reference table and the referenced angle simulation by using the Geostructural program. The kinematics analysis is assisted by using the DIPS program to determine the type of slope sliding, that is a rotational landslide. The weighting of the Rock Mass Rating (RMR) rock mass on the slopes studied obtained a value of 39 (class IV) where the rock type is poor rock, and the correlation with the Slope Mass Rating (SMR) on Rock Mass Rating (RMR) class IV rocks is suggested with a slope angle of 45°. After simulating slope stability using the Geostructual program with various angles of 80°, 75°, 70°, 65°, 60°, 55°, 50° to 45°, the effective angle is 60° with FS value of 1.55.*

**Keywords:** Slope stability, Rock Mass Rating (RMR), factor of safety.

**Abstrak**

*Salah satu lokasi yang pernah terjadi longsor pada jalur Pacitan - Ponorogo adalah di KM 258 pada bulan Desember 2017. Pada lokasi tersebut terdapat 3 segmen lereng yang berdekatan, segmen lereng pertama pernah terjadi longsor dan telah dilakukan penanggulangan berupa struktur perkuatan dinding penahan tanah, begitu pula dengan segmen lereng kedua pernah terjadi longsor namun pada segmen ini belum dilakukan penambahan perkuatan struktur, untuk mencegah kelongsoran pada segmen lereng ketiga dilakukan penyelidikan pada lereng tersebut. Digunakan metode analisa kinematika, pembobotan masa batuan Rock Mass Rating (RMR) lalu dikorelasikan dengan tabel refrensi kemiringan sudut Slope Mass Rating (SMR) dan simulasi sudut yang direfernsikan menggunakan bantuan program Geostructural. Pengerjaan analisa kinematika dibantu dengan menggunakan program DIPS untuk mengetahui jenis kelongsoran lereng dan didapat jenis keruntuhan adalah longsoran rotasi. Pembobotan masa batuan Rock Mass Rating (RMR) pada lereng yang diteliti didapat nilai 39 (kelas IV) yang mana jenis batuan adalah batuan buruk, dan korelasi dengan Slope Mass Rating (SMR) pada batuan kelas IV Rock Mass Rating (RMR) adalah disarankan sudut lereng sebesar 45°. Setelah disimulasikan stabilitas lereng dengan menggunakan bantuan program Geostructual dengan variasi sudut 80°, 75°, 70°, 65°, 60°, 55°, 50° hingga 45°, didapatkan sudut efektif yaitu 60° dengan nilai FS 1,55.*

**Kata kunci:** Stabilitas Lereng, *Rock Mass Rating (RMR)*, angka keamanan.

## 1. Pendahuluan

Jalur Ponorogo - Pacitan yang sejajar dengan sungai Grindulu merupakan jalur yang sering terjadi longsor, salah satunya pernah terjadi di KM 258 pada bulan desember 2017 (Yuniardi, 2017). Longsor yang terjadi membuat terhambatnya akses jalan antara Ponorogo dan Pacitan karena reruntuhan tanah dan bongkahan batu besar menutupi ruas jalan.

Pada KM 258 terdapat 3 segmen lereng yang berdekatan, segmen pertama mempunyai panjang 52 meter, segmen kedua mempunyai panjang 20 meter dan segmen ketiga mempunyai panjang 33 meter. Pada lereng segmen pertama pernah terjadi longsor dan telah dilakukan penanggulangan berupa konstruksi dinding penahan tanah. Pada lereng segmen kedua juga pernah terjadi longsor namun setelahnya tidak diberi konstruksi perkuatan, setelah longsor sudut lereng segmen kedua

* *Penulis* Korespondensi: drmiftahul.avidatur@gmail.com



Diterima 8 Januari 2022, Direvisi 5 Desember 2022, Diterima untuk dipublikasikan 6 Desember 2022
Copyright ⓒ 2022 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2022.29.3.8

adalah 65˚ dengan tinggi lereng 18 meter. Pada lereng segmen ketiga belum terjadi longsor, disekitar puncak lereng tersebut terdapat pemukiman warga, sudut lereng segmen ketiga adalah 80˚ dengan tinggi lereng 18 meter. Diperlukan peninjauan pada lereng segmen ketiga sebagai bentuk pencegahan longsor mengingat lereng segmen pertama dan lereng segmen kedua pernah terjadi longsor sebelumnya.

Untuk melakukan pencegahan longsor maka perlu diketahui kualitas batuan penuyusun lereng, potensi jenis longsoran yang terjadi, stabilitas lereng pada kondisi eksisting apakah aman atau tidak aman, jika tidak aman maka dicari solusi untuk pencegahan longsor.

Roslan *et al*., (2021) melakukan penerapan sistem penilaian massa lereng dalam evaluasi kelas stabilitas lereng dengan menggunakan metode *Rock Mass Rating (RMR)* dan *Slope Mass Rating (SMR)* untuk meninjau lereng batuan, hasil dari penelitian tersebut didapat bahwa lereng tersebut dalam kondisi buruk dan memiliki potensi longsor sebesar 60%.

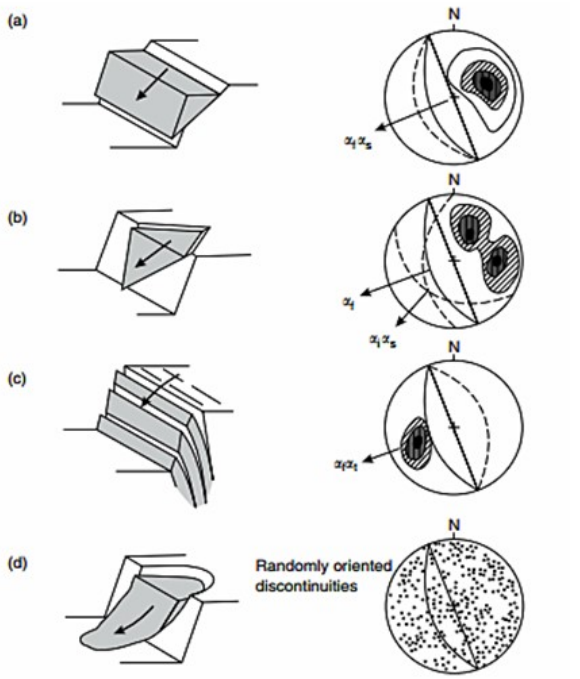
Salah satu metode pengukur kualitas batuan digunakan metode *Rock Mass Rating (RMR)*, metode ini dikembangkan oleh Bieniawski, (1989). Hasil dari pengklasifikasian batuan dengan menggunakan metode *Rock Mass Rating (RMR)*antara lain batuan sangat baik, batuan baik, batuan sedang, batuan buruk dan batuan sangat buruk. Parameter pembobotan *Rock Mass Rating (RMR)* ada 5 yaitu kuat tekan batuan, *Rock Quality Designation (RQD)*, jarak antar diskontinuitas, kondisi bidang diskontinu, kondisi keairan.

Nilai kuat tekan dari material batuan utuh dapat ditentukan melalui pengujian yang dilakukan di laboratorium berdasarkan uji kuat tekan unaksial atau pengujian beban titik batuan.

*Rock Quality Designation (RQD)* digagas oleh Deere *et al.,* (1967, dalam Deere dan Deere 1988) sebagai sebuah metode kuantitatif *Rock Mass Classification*. Konsep dari klasifikasi *Rock Quality Designation (RQD)* ini sederhana yaitu presentase patahan batuan dari total panjang uji bor inti, semakin tinggi nilai *Rock Quality Designation (RQD)* semakin baik kualitas batuan (Siswanto & Dyah, 2018). Pengamatan inti bor yang terambil memiliki syarat diatas 10 cm untuk dihitung sebagai kesatuan dari patahan batuan, jika panjang dari patahan batuan kurang dari 10 cm maka patahan tidak dihitung.

**Tabel 1. Pembobotan kekuatan batuan utuh**

| PLI (MPa) | UCS (MPa) | Bobot |
|---|---|---|
| >10 | > 250 | 15 |
| 10 – 4 | 100 – 250 | 12 |
| 4 – 2 | 50 – 100 | 7 |
| 2 – 1 | 25 – 50 | 4 |
| Untuk kuat tekan rendah perlu UCS | 5 – 25 | 2 |
| | 1 – 5 | 1 |
| | < 1 | 0 |




**Gambar 1. Mekanisme dasar keruntuhan lereng batuan (a) runtuhan bidang, (b) runtuhan baji, (c) runtuhan guling, (d) runtuhan lingkaran** (Hoek & Bray, 1981)

Pada kasus ini digunakan analisa kinematika untuk mengetahui jenis longsoran. Metode analisa kinematika pernah digunakan pada penelitian sebelumnya antara lain pada lereng batuan di Preonzo, Switzerland (Gschwind *et al*., 2019), longsoran batuan di dataran tinggi Tibet, China (Wang *et al*., 2018) dan lereng pada kuari batu gamping di Bogor, Indonesia (Sirait *et al*., 2021).

Salah satu metode untuk menghitung stabilitas lereng batuan adalah metode kesetimbangan batas. (Simatupang & Iskandar, 2012) membuat penelitian perbandingan metode kesetimbangan batas dalam menganalisa stabilitas lereng, metode yang dibandingkan adalah metode Fellenius, metode Bishop, metode Janbu, metode Morgenstern – Price dam metode Spencer. Berdasarkan perhitungan angka keamanan stabilitas lereng yang telah dihitung metode Fellenius memberikan hasil perhitungan nilai angka keamanan yang terkecil, maka metode Fellenius lebih baik digunakan untuk pra analisis. Dalam metode Fellenius dianggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan dan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor (Hardiyatmo, 2018).

Faktor keamanan adalah perbandingan antara kekuatan geser maksimum dan kekuatan geser yang diperlukan untuk menahan kemantapan, yaitu kekuatan pada keadaan keseimbangan batas (Bishop, 1964 dalam Wesley, 2012)

Berdasarkan SNI-8460 (2017), rekomendasi nilai faktor keamanan lereng batuan adalah 1.5, jika nilai faktor keamanan lebih kecil dari 1.5 maka dilakukan usaha pencegahan longsor. Menurut Wesley (1977 dalam



Diterima 8 Januari 2022, Direvisi 5 Desember 2022, Diterima untuk dipublikasikan 6 Desember 2022
Copyright ⓒ 2022 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2022.29.3.8

Tobing *et al.,* 2021) terdapat dua cara untuk mencegah terjadinya longsor antara lain adalah memperkecil gaya penggerak dan memperbesar gaya penahan.

Contoh peningkatan gaya penahan lereng adalah dengan menggunakan penambahan tanah pada kaki lereng, membangun dinding penahan tanah, penyemprotan beton pada retakan batuan, perkuatan pasak baja, dan baut batuan. Memperkecil gaya penggerak lereng dapat dilakukan dengan cara mengurangi ketinggian lereng, memperkecil kemiringan lereng, menurunkan muka air tanah dan mengendalikan air pada permukaan lereng.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisa kinematika. Analisa kinematika dapat dibantu dengan program DIPS. Analisa kinematika dilakukan dengan menggunakan metode proyeksi stereografi yang dapat digunakan untuk mengumpulkan dan menyajikan data. Data yang diperlukan untuk membuat proyeksi stereografi adalah kemiringan (*strike*) dan arah kemiringan (*dip*) dari masing-masisng bidang diskontinu. Kemiringan didefinisikan sebagai sudut kemiringan maksimum dari struktur bidang diskontinu yang diukur terhadap bidang horizontal.

### 2.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian terletak di jalur Pacitan - Ponorogo KM 258 Desa Gegeran, Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan, tepatnya berada pada koordinat 111°20’07.26” Bujur Timur dan 08°10’49.64” Lintang Selatan.

Batuan di daerah penelitian tersusun atas tuf lapilli dan Sebagian dari formasi watupatok berumur miosen akhir. Massa batuan di lokasi studi terlihat begitu basah. **Gambar 5** merupakan lereng yang ditinjau, lereng memiliki tinggi 18 meter dan Panjang 33 meter.

### 2.2 Karakteristik massa batuan

Klasifikasi massa batuan dilakukan dengan cara melakukan observasi dan pengukuran yang berhubungan dengan geometri dan kondisi bidang diskontinu. Pada penelitian ini klasifikasi massa batuan yang digunakan adalah klasifikasi *Rock Mass Rating (RMR)* terdapat 5 parameter pembobotan *Rock Mass Rating (RMR)*.

Kekuatan batuan utuh / UCS, pengambilan data tahap ini adalah dengan mengambil sampel batuan, lalu sampel diuji di lab. Pengambilan data *Rock Quality Designation (RQD)* pada penelitian ini dilakukan dengan metode *scaneline* dan dengan panjang lereng yang diukur adalah 4 meter. Spasi diskontinuitas, cara pengambilan data adalah dengan memperhatikan dan mengukur jarak antara bidang diskontinu.

Kondisi diskontinuitas, pada tahap ini terdapat 5 faktor yang perlu ditinjau untuk menilai kondisi diskontinuitas yaitu kekasaran batu, jarak kemenerusan, lebar rongga antar diskontinuitas, pelapukan pada batuan, material pengisi antar bidang diskontinu. Pengambilan data dari 5 faktor tersebut didapat dengan pengamatan dan pengukuran. Kondisi air tanah, penilaian terhadap

**Gambar 2. Peta lokasi penelitian**

**Gambar 3. Lereng di lokasi studi**

kondisi air tanah adalah dengan melihat kondisi umum pada batuan.

### 2.3 Identifikasi jenis longsoran

Identifikasi jenis longsoran antara lain terdapat 2 proses yakni mengukur struktur orientasi kekar di lapangan dan pengolahan data dengan analisa kinematika. Alat yang digunakan pada tahap pengambilan data orientasi kekar adalah meteran, dan kompas geologi, meteran untuk mengukur jarak titik awal hingga titik akhir dan mengukur jarak antar bidang diskontinuitas, kompas geologi berfungsi untuk membaca *strike* dan *dip* dari diskontinuitas batuan. Setelah mendapatkan pengukuran orientasi kekar, data diinput ke program DIPS untuk mengetahui tipe kecenderungan longsor pada lereng tersebut.

### 2.4 Stabilitas lereng

Data yang dibutuhkan dalam tahap ini adalah data geometri lereng, nilai sifat fisik tanah dan batuan penyusun lereng, nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah dan batuan. Pada penelitian ini parameter tersebut didapat dari sumber yang berbeda antara lain adalah geometri lereng, didapatkan dari pengukuran lapangan, nilai sifat fisik tanah dan batuan didapatkan dari hasil uji lab, nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah didapat dari hasil uji lab serts nilai kohesi dan sudut geser

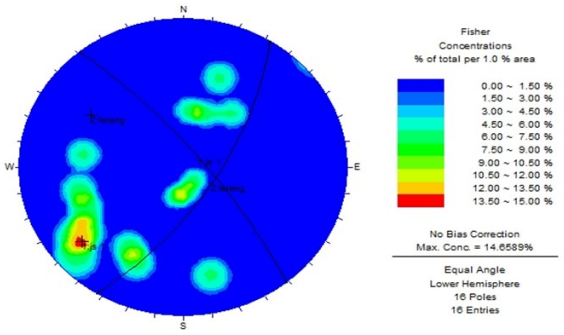


Diterima 8 Januari 2022, Direvisi 5 Desember 2022, Diterima untuk dipublikasikan 6 Desember 2022
Copyright ⓒ 2022 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2022.29.3.8

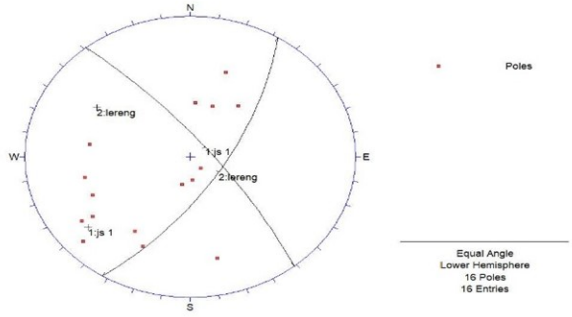
dalam batuan didapat dari bantuan perangkat lunak Roclab. Setelah mendapat data diatas stabilitas lereng diinput dalam perangkat lunak Geostructural untuk dilakukan simulasi stabilitas lereng.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Tujuan analisis kestabilan lereng yakni untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dari suatu bentuk lereng tertentu. Nilai faktor keamanan dapat memberikan informasi apakah lereng tersebut stabil atau tidak dan memudahkan pekerjaan pembentukan atau perkuatan lereng. Bertambahnya tingkat kepastian untuk memprediksi ancaman longsor dapat bermanfaat untuk memahami perkembangan dan bentuk dari lereng alam dan proses yang menyebabkan terjadinya bentuk–bentuk alam yang berbeda, dan menilai kemungkinan terjadinya kelongsoran yang melibatkan lereng alam atau lereng buatan, serta untuk dapat mendisain ulang lereng yang gagal serta perencanaan dan disain pencegahannya, serta pengukuran ulang (Hidayah, Paharuddin, and Massinai, 2017).




**Gambar 4. Proyeksi stereografis menggunakan program DIPS**




**Gambar 5. Persebaran titik plot orientasi**

Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui data-data teknis serta keadaan dan kondisi terkini di KM 258 jalur Pacitan - Ponorogo sebagai studi kasus dari penelitian ini. Hal ini dianggap perlu dilakukan agar dalam melakukan analisa stabilitas lereng bisa menggunakan data yang akurat.

**Gambar 4** dan **Gambar 5** adalah hasil proyeksi stereografis dan persebaran titik plot orientasi data kemiringan (*strike)* dan arah kemiringan (*dip)*, berdasarkan mekanisme keruntuhan lereng batuan Hoek & Bray (1981), persebaran titik plot orientasi *strike* dan *dip* terdapat disemua arah maka kecenderungan keruntuhan lereng adalah berupa keruntuhan rotasi.

Runtuhan bidang tergantung pada kehadiran bidang diskontinuitas dalam batuan. Jika suatu massa batuan mempunyai bidang diskontinuitas terpotong oleh suatu lereng, dan arah kemiringan paralel dengan arah kemiringan bidang diskontinuitas, dan jika gaya dorong melebihi kuat geser bidang diskontinuitas tersebut, maka batuan akan runtuh mengikuti arah bidang tersebut.

Pembobotan massa batuan untuk tiap lereng dalam titik pengamatan dilakukan perhitungan dan analisis *Rock Mass Rating* dengan menggunakan lima parameter, yaitu kekuatan batuan utuh, *Rock Quality Designation (RQD)*, jarak antar diskontinuitas, kondisi bidang diskontinuitas, keadaan air tanah (Manik, 2019). Hasil pengamatan karakteristik massa batuan menggunakan metode *Rock Mass Rating (RMR)* tersaji dalam **Tabel 2** di bawah ini.

Berdasarkan analisis klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating (RMR)* yang telah dihitung, diperoleh nilai sebesar 39, dimana angka tersebut termasuk dalam golongan IV yaitu golongan batuan buruk.

Analisis kestabilan lereng dengan metode keseimbangan batas hanya menggunakan kondisi kesetimbangan statik, dan mengabaikan adanya hubungan tegangan-regangan yang ada didalam lereng dan geometri bidang longsor harus diketahui atau ditentukan terlebih dahulu. Penentuan geometri bidang longsor sangat mempengaruhi hasil perhitungan analisa kestabilan lereng. Sehingga untuk menyatakan bahwa suatu lereng stabil atau tidak dapat dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan.

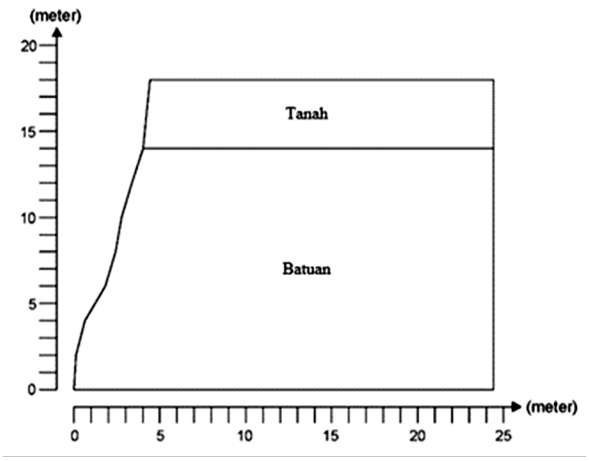
Material penyusun lereng KM 258 terdapat 2 lapisan seperti pada **Gambar 6** yaitu berupa batuan dan tanah. Pada ketinggian 0 – 14 meter material penyusun lereng berupa batuan tuf, dan pada ketinggian 14 – 18 meter material penyusun lereng adalah berupa tanah. Berikut

**Tabel 2. Pembobotan RMR lereng KM 258**

| Parameter | Nilai | Bobot |
|---|---|---|
| Kuat Tekan | 10.32 MPa | 2 |
| *Rock Quality Designation (RQD)* | 84,42 % | 17 |
| Jarak Antar Diskontinuitas | 0.2 – 0.6 meter | 10 |
| Kondisi Bidang Diskontinuitas | Slicken sided / tebal gouge < 5 mm, atau pemisahan 1 – 5 mm, menerus | 10 |
| Air Tanah | Mengalir | 0 |
| | RMR | 39 |



Diterima 8 Januari 2022, Direvisi 5 Desember 2022, Diterima untuk dipublikasikan 6 Desember 2022
Copyright ⓒ 2022 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2022.29.3.8




**Gambar 6. Geometri lereng**

**Tabel 3. Data properties material penyusun lereng**

| Material | ɣ (kN/m$^3$) | C (kN/m$^2$) | Φ (°) | ɣ sat (kN/m$^3$) |
|---|---|---|---|---|
| Tanah | 16.5 | 48.05 | 13.93 | 18.13 |
| Batuan | 23.065 | 50 | 27.55 | 23.27 |

data properties tanah dan batuan penyusun lereng tersaji pada **Tabel 3**.

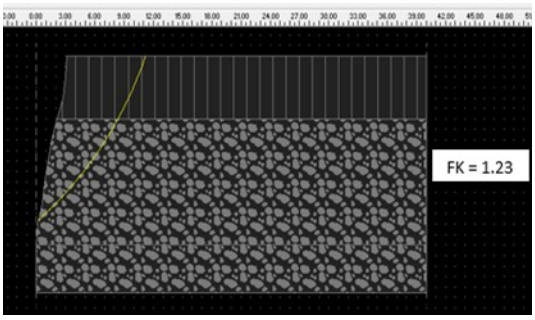
Pada **Gambar 7** adalah percobaan pertama menghitung faktor keamanan stabilitas lereng dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Geostructural, kondisi ini merupakan kondisi eksisting lereng dengan sudut kemiringan lereng 80°.

Hasil dari simulasi kondisi eksisting didapatkan angka faktor keamanan 1.23, sedangkan dalam SNI-8460 tahun 2017 rekomendasi nilai faktor keamanan lereng batuan adalah 1.5, maka dilakukan usaha penstabilan lereng dengan memperkecil kemiringan lereng.

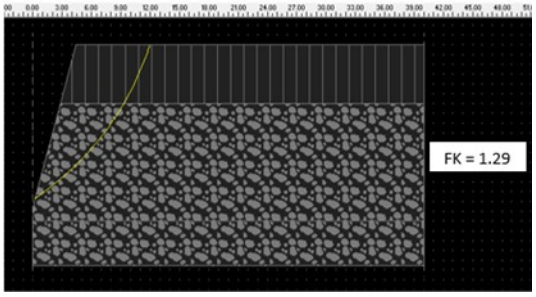
Mengacu pada Metode *Slope Mass Rating (SMR)* Laubscher, sudut rekomendasi kemiringan lereng didasarkan dari hasil *Rock Mass Rating (RMR)*, dimana klasifikasi batuan pada lereng termasuk dalam golongan IV maka sudut rekomendasi kemiringan lereng adalah 45°.

Untuk mencari sudut lereng yang optimum simulasi pada perangkat lunak Geostructural dibuat sebanyak 7 model, antara lain adalah lereng dengan sudut 75° seperti **Gambar 8**, lereng dengan sudut 70° seperti **Gambar 9**, lereng dengan sudut 65° seperti **Gambar 10**, lereng dengan sudut 60° seperti **Gambar 11**, lereng dengan sudut 55° seperti **Gambar 12**, lereng dengan sudut 50° seperti **Gambar 13**, hingga lereng dengan sudut 45° seperti **Gambar 14**. Pada percobaan ini dicari angka faktor keamanan diatas 1.5 sebagai sudut rekomendasi.

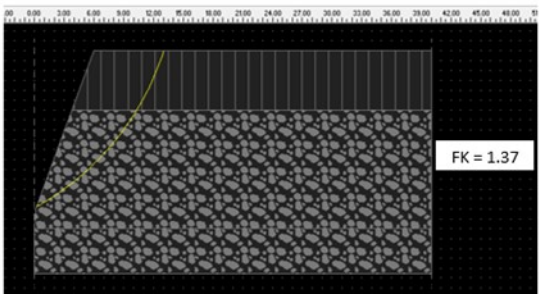
Hasil dari simulasi stabilitas lereng tersaji pada **Gambar 15** berupa grafik antara kemiringan lereng dengan angka faktor keamanan. Dari hasil simulasi didapatkan 4 model kemiringan lereng yang angka faktor keamanannya



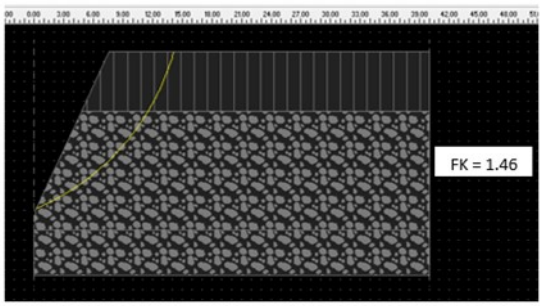

**Gambar 7. Sudut lereng 80°**



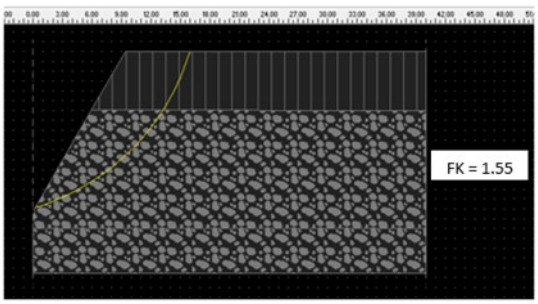

**Gambar 8. Sudut lereng 75°**




**Gambar 9. Sudut lereng 70°**



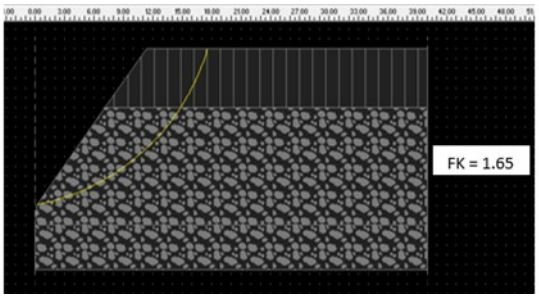

**Gambar 10. Sudut lereng 65°**



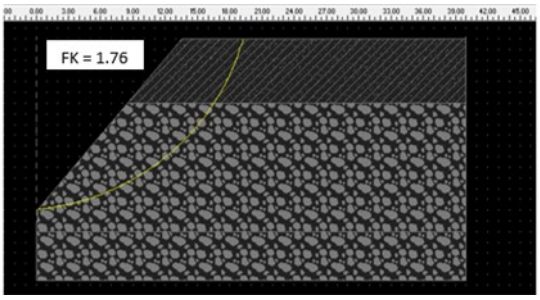

**Gambar 11. Sudut lereng 60°**



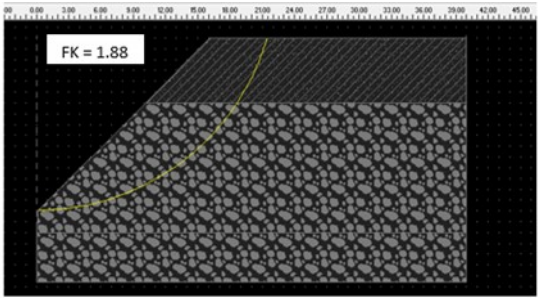
Diterima 8 Januari 2022, Direvisi 5 Desember 2022, Diterima untuk dipublikasikan 6 Desember 2022
Copyright ⓒ 2022 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2022.29.3.8




**Gambar 12. Sudut lereng 55°**




**Gambar 13. Sudut lereng 50°**



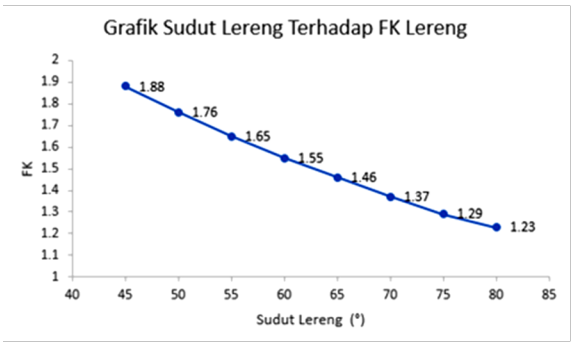

**Gambar 14. Sudut lereng 45°**

diatas 1.5 yaitu model sudut kemiringan 60° dengan angka faktor keamanan 1.55, model sudut kemiringan 55° dengan angka faktor keamanan 1.65, model sudut kemiringan 50° dengan angka faktor keamanan 1.76, dan model sudut kemiringan 45° dengan angka faktor keamanan 1.88.

## 4. Kesimpulan

Studi ini dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Dari metode pembobotan *Rock Mass Rating (RMR)* didapat kelas batuan, dari metode tersebut dapat dinilai apakah batuan masih stabil atau memerlukan perkuatan. Dengan melanjutkan penelitian menggunakan analisa kinematika berbasis stereonet dapat memudahkan mengetahui kecenderungan longsor pada lereng batuan.
2. Hubungan antara metode *Rock Mass Rating (RMR)* dan metode *Slope Mass Rating (SMR)* Laubscher sangat membantu penstabilan lereng dengan rekomendasi pelandaian kemiringan lereng.
3. Pada kondisi eksisting lereng studi, stabilitas lereng tidak aman (FK < 1.5), untuk mencegah terjadinya kelongsoran salah satu alternatif adalah dengan




**Gambar 15. Grafik sudut lereng terhadap Faktor Keamanan (FK)**

memperkecil sudut lereng. Sudut lereng yang disarankan minimal adalah 60° untuk mendapatkan angka faktor keamanan diatas 1.5, semakin kecil sudut lereng maka semakin besar angka faktor keamanan lereng.

## Daftar Pustaka

Agustawijaya, D. S. (2019). *Geologi teknik*. Yogyakarta: Andi.

Alhadar, H., Rachmansyah, A., & Suryo, E. A., (2021). *Rock Slope Stability of Ponorogo - Pacitan Road KM 232.5 Using Rock Mass Rating (RMR) and Rockplane Softwere*. Rekayasa Sipil, 15(3), 199-207.

Badan Standarisasi Nasional. (2017). SNI 8460:2017 *Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications*. New York: Wiley.

Deere, D. U., & Deere, D. W. (1988). *The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice. Rock Classification Systems for Engineering Purposes, Kirkaldie, L. (Ed.). American Society for Testing and Material*: Philadelphia. 91-101.

Gschwind, S., Loew, S., & Wolter, A. (2019). *Multi-stage structural and kinematic analysis of a tetrogressive rock slope instability complex (Preonzo, Switzerland). Engineering Geology*, 252, 27-42.

Hardiyatmo, H. C. (2018). *Mekanika tanah II edisi keenam*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hidayah, A., Paharuddin, P. and Massinai M.A. (2017). *Analisis Rawan Bencana Lonsor Menggunakan Metode AHP (Analiytical Hierarchy Process) Di Kabupaten Toraja Utara. Jurnal Geocele*bes. 1(1), pp. https://doi.org/10.20956/geocelebes. v1i1.1772

Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). *Rock slope engineering. London and New York*: E & FN Spon.



Diterima 8 Januari 2022, Direvisi 5 Desember 2022, Diterima untuk dipublikasikan 6 Desember 2022
Copyright ⓒ 2022 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2022.29.3.8

Laubscher, D.H., 1975. *Distinction in rock mass. Coal gold and base minerals of South Africa*.

Manik, V. A., Ningrum, W. J., Khoirullah, N., Sophian, R. I., & Zakaria, Z. (2019). *Correlation Between Overall Slope And Slope Stability Of Highwall In Pit Tunggal, Borneo. Journal of Geological Sciences and Applied Geo*logy, 3(1).

Priest, S.D & Hudson, J.A., (1981). *Discontunuity spacing and trace length using scaneline surveys*. Great Britanian, 18, 183-197.

Roslan, R., Omar, R. C., Baharuddin, I. N. Z., Wahab, W. A., & Buslima, F. S. (2019). *Application of Slope Mass Rating System In Slope Stability Class Evaluation. International Journal of Engineering and Advenced Technology* (IJEAT), 9(1), 3645-3649.

Simatupang, A., & Rudi I. (2012). *Perbandingan antara metode limit equilibrium dan metode finite element dalam analisa stabilitas lereng*. Jurnal Teknik Sipil USU, 1(2), 1-11.

Sirait., B., Pulungan, Z., & Pujianto, E. (2021). *Identifikasi potensi longsoran lereng pada kuari batugamping menggunakan analisis kinematika. Jurnal Teknnologi Mineral dan Batubara*, 17(2), 61-75.

Siswanto & Anggraini, D. (2018). *Perbandingan klasifikasi massa batuan kuantitatif (Q, RMR dan RMi)*. Jurnal Geosains dan Teknologi, 1(2), 67-73.

Yuniardi, S. (2017). "*Jalur Pacitan-Ponorogo Masih Banyak Sisakan Longsoran*", diakses pada tanggal 12 Juli 2021, dari https://bangsaonline.com/berita/39900/jalur-pacitan-ponorogo-masih-banyak-sisakan-longsoran

Tobing, R. R. L., Purwoko, B., & Syafrianto, M. K. (2021). *Analisis stabilitas lereng tambang tanah urug dengan menggunakan metode fellenius di CV. Citra Palapa Mineral Desa Bukit Batu Kecamatan Sungai Kunyit Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat. JeLAST* : Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 8(2), 1-10.

Wang, Y., Cheng, Q., Lin, Q., Li., Kun., & Yang, H. (2017). *Insight into the kinematics and dynamics of the Luanshibao rock avalanche (Tibetan plateau, China) based on its complex surface landsform. Geomor*, 317, 180-183.

Wesley, L.D. (2012). *Mekanika tanah untuk tanah endapan dan residu*. Yogyakarta: Andi.



Diterima 8 Januari 2022, Direvisi 5 Desember 2022, Diterima untuk dipublikasikan 6 Desember 2022
Copyright ⓒ 2022 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2022.29.3.8

Diterima 8 Januari 2022, Direvisi 5 Desember 2022, Diterima untuk dipublikasikan 6 Desember 2022
Copyright ⓒ 2022 Diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2022.29.3.8