

ARTIKEL ILMIAH
ANALISIS BIDANG LONGSOR DAN KESTABILAN LERENG
DENGAN METODE KINEMATIKA DAN *SLOPE MASS RATING* (SMR)
PADA BUKIT PELIMPAH BENDUNGAN TIU SUNTUK

*Landslide Analysis and Slope Stability Using Kinematics method and Slope Mass Rating (SMR)
at Spillways's Hill of Tiu Suntuk Dam*



Oleh:

MUHAMMAD ABDUH
F1A 019 118

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM

2023

ARTIKEL ILMIAH
ANALISIS BIDANG LONGSOR DAN KESTABILAN LERENG
DENGAN METODE KINEMATIK DAN *SLOPE MASS RATING* (SMR)
PADA BUKIT PELIMPAH BENDUNGAN TIU SUNTUK

Oleh:

Muhammad Abduh
F1A 019 118

Telah diperiksa dan disetujui oleh:


1. Pembimbing Utama



Prof. Ir. Didi S. Agustawijaya, M.Eng., Ph.D
NIP. 196208091989121001

Tanggal:

2. Pembimbing Pendamping



Tri Sulistyowati, ST., MT
NIP. 197302021998022001

Tanggal:

Mataram

Sekretaris Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Dr. H. Hartana, ST., MT
197403151998031002

**ANALISIS BIDANG LONGSOR DAN KESTABILAN LERENG
DENGAN METODE KINEMATIK DAN *SLOPE MASS RATING* (SMR)
PADA BUKIT PELIMPAH BENDUNGAN TIU SUNTUK**

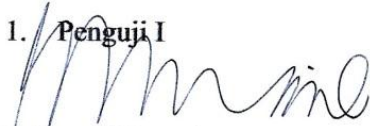
Oleh:

**Muhammad Abduh
F1A 019 118**

Telah diujikan di depan tim Penguji
Pada Tanggal 21 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Ir. Ismail Hoesain M., MT.
NIP. 1965071719940031001

2. Penguji 2



Dr. Muhajirah, ST., MT.
NIP. 197307191999032002

3. Penguji 3



Agus Suroso, ST., MT.
NIP. 196808131997031002

Mataram, 30 Maret 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D
NIP. 197202221999031002

**ANALISIS BIDANG LONGSOR DAN KESTABILAN LERENG
DENGAN METODE KINEMATIK DAN *SLOPE MASS RATING* (SMR)
PADA BUKIT PELIMPAH BENDUNGAN TIU SUNTUK**

Muhammad Abduh¹, Didi S. Agustawijaya², Tri Sulistyowati²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Pengerukan menjadi pekerjaan awal sebelum dimulainya suatu proyek. Pengerukan sering kali dilakukan pada struktur batuan. Proses ini akan mempengaruhi kestabilan alami batuan sehingga meningkatkan risiko terjadinya longsor. Dalam tahap konstruksi Bendungan Tiu Suntuk banyak melibatkan kegiatan pemotongan dan pengerukan lereng-lereng batuan seperti pemotongan bukit pelimpah (*spillway*). Peristiwa yang dijumpai akibat dari pemotongan lereng batuan adalah terjadinya pelapukan pada batuan dan keruntuhan. Pelapukan pada batuan ditandai dengan adanya retakan yang disebut sebagai bidang diskontinu. Bidang diskontinu banyak ditemukan pada lereng bukit pelimpah Bendungan Tiu Suntuk yang sudah terpotong. Oleh karena itu, perlu diketahui orientasi dan kondisi bidang diskontinu dalam menentukan jenis longsor yang mungkin terjadi pada lereng bukit pelimpah yang sudah terpotong.

Penelitian dilakukan pada STA-30 dan STA+60 melalui pengukura orientasi bidang diskontinu dan pengamatan kondisi bidang diskontinu menggunakan metode *scanline*. Dalam menganalisis orientasi bidang diskontinu digunakan metode kinematik melalui *software Dips* Versi 6.0. Dari hasil analisis kinematik, Pada STA-30 dengan kedudukan lereng N250⁰/75⁰ memiliki potensi longsor guling (*Toppling Failure*) dengan model keruntuhan jatuh (*Rock Fall*). Longsor ini memiliki arah arah keruntuhan yakni N316⁰E/61⁰. Pada STA+60 dengan kedudukan lereng N276⁰E/62⁰ juga memiliki potensi longsor guling (*Toppling Failure*) sebesar 76,92%. Dengan model keruntuhan jatuh (*Rock Fall*). Arah keruntuhan yakni pada N172⁰E/81⁰.

Dalam menganalisis kestabilan lereng digunakan metode *slope mass rating* berdasarkan pembobotan RMR dan orientasi bidang diskontinu. Nilai RQD pada STA-30 dan STA+60 berturut-turut 73,59% dan 59,91%. Batuan pada STA-30 dan STA+60 memiliki kuat tekan, sebesar 117,7 Mpa dan sudut geser dalam 65⁰. Sehingga, didapatkan bobot RMR sebesar 82 dan Bobot SMR sebesar 74. Berdasarkan bobot SMR, kelas masa batuan pada STA-30 dan STA+60 berada dalam kondisi baik dengan tingkat stabilitas pada kategori stabil serta jenis longsor yang terjadi adalah longsor beberapa blok.

Kata kunci: Bukit Pelimpah, bidang diskontinu, Kinemaitk, *Slope Mass Rating*

ABSTRACT

Dredging becomes the initial work before the project is started. Dredging is often done on rock structures. This process will affect the rock's natural stability, increasing the risk of landslides. During the construction phase of the Tiu Suntuk Dam, many activities have involved cutting and dredging rock slopes, such as cutting the spillway's hill. Events encountered as a result of cutting rock slopes are weathering of rocks and failure. Weathering of rocks is characterized by the presence of cracks which are known as discontinuous planes. Discontinuous planes are mostly found on the slopes of the spillway's hill of the Tiu Suntuk Dam which have been cut off. Therefore, it is necessary to know the orientation and condition of the discontinuous plane in determining the type of avalanche that may occur on the slope of the spillway that has been cut.

The research was conducted at STA-30 and STA+60 by measuring the orientation of the discontinuous planes and observing the condition of the discontinuous areas using the scanline method. In analyzing the orientation of discontinuous planes, the kinematic method was used using Dips Version 6.0 software. From the results of the kinematic analysis, STA-30 with a slope position of $N250^{\circ}E/75^{\circ}$ has the potential for a Toppling Failure with a Rock Fall model. This slide has a direction of collapse, that is $N316^{\circ}E/61^{\circ}$. At STA+60 with slope position $N276^{\circ}E/62^{\circ}$ it also has a potential for toppling failure of 76.92%. With a falling collapse model (Rock Fall). The direction of collapse is at $N172^{\circ}E/81^{\circ}$.

The slope mass rating method is used to analyze slope stability based on RMR weighting and discontinuous plane orientation. RQD values at STA-30 and STA+60 were 73.59% and 59.91%, respectively. The rock at STA-30 and STA+60 has a compressive strength of 117.7 MPa and an internal shear angle of 650. Thus, an RMR weight of 82 and an SMR weight of 74 is obtained. Based on the SMR weight, the rock mass class at STA-30 and STA +60 is in good condition with a level of stability in the stable category and the type of avalanche that occurs is the avalanche of several blocks.

Keywords: Spillway's hill, discontinuous plane, kinematics, slope mass rating

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Pengerukan menjadi pekerjaan awal sebelum dimulainya suatu proyek. Pengerukan sering kali dilakukan pada struktur batuan. Proses ini akan mempengaruhi kestabilan alami batuan sehingga meningkatkan risiko terjadinya longsor. Kegiatan ini pada dasarnya memotong bentuk alami batuan agar sesuai dengan bentuk dalam perencanaan. Bendungan Tiu suntuik sebagai salah satu bangunan sipil yang banyak melibatkan kegiatan pengerukan dalam pelaksanaannya, sehingga perlu mempertimbangkan aspek geoteknik dalam menganalisis kondisi alam untuk menghindari serta meminimalisir kemungkinan terjadinya longsor.

Dalam tahap konstruksi Bendungan Tiu Suntuik banyak melibatkan kegiatan pemotongan dan pengerukan lereng-lereng batuan seperti pemotongan bukit pelimpah (*spillway*). Peristiwa yang sering dijumpai akibat dari pemotongan lereng batuan adalah terjadinya pelapukan pada batuan dan keruntuhan. Proses pelapukan akan terjadi lebih cepat dengan adanya air pada bidang diskontinu (Agustawijaya, 2019). Kehadiran air pada bidang diskontinu akan memberikan tekanan pada media di sekitarnya dan mempercepat reaksi kimia antar unsur penyusun batuan. Retakan pada masa batuan sebagai indikasi akibat dari pelapukan fisika mejadi penyebab utama terjadinya keruntuhan terutama pada suatu lereng yang sudah terpotong.

Kestabilan lereng yang tersusun atas massa batuan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kondisi geologi

(sifat fisik material penyusun lereng, struktur geologi), geometri lereng, kondisi hidrogeologi, dan sifat keteknikan material penyusun lereng (Sirait, 2021). Sifat masa batuan juga ditentukan oleh adanya bidang lemah yang disebut sebagai bidang diskontinu (Aripura, 2021).

Pada lereng bukit pelimpah Bendungan Tiu Suntuik dilakukan analisis bidang longsor dan jenis longsor menggunakan metode kinematik berdasarkan orientasi bidang diskontinu. Metode kinematik mengintegrasikan teknik stereografis dalam menentukan sebaran bidang diskontinu untuk menginterpretasikan arah umum dan jenis longsor dengan menggunakan *software Dips V6.0*. Disamping itu, untuk menilai kualitas masa batuan dan tingkat stabilitas maka digunakan metode *Slope Mass Rating (SMR)* (Romana,1985) berdasarkan orientasi bidang diskontinu terhadap lereng serta metode pembentukan lereng.

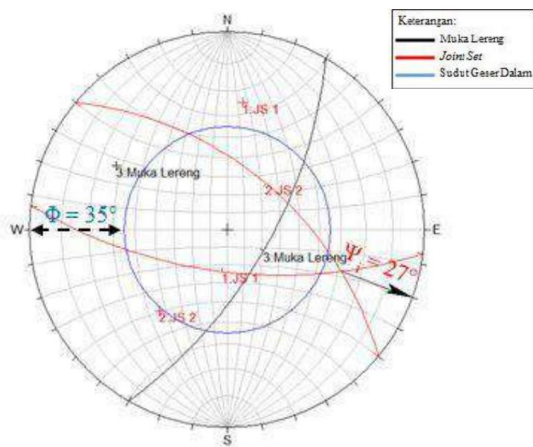
RUMUSAN MASALAH

Penelitian yang dilakukan dalam menganalisis bidang longsor dan kestabilan lereng pada bukit pelimpah Bendungan Tiu Suntuik ini didasarkan atas orientasi bidang diskontinu dan kondisi bidang diskontinu pada lereng yang sudah terpotong. Melalui metode kinematik dilakukan analisis dalam menginterpretasikan arah umum dari sebaran bidang diskontinu. Arah umum bidang diskontinu akan membentuk pola longsor, sehingga diperlukan analisi lebih lanjut untuk mengetahui jenis longsor yang akan terjadi. Penelitian ini juga

menggunakan data kondisi bidang diskontinu dalam menilai kualitas masa batuan. Dari kualitas masa batuan tersebut melalui metode *Slope Mass Rating* (SMR) dapat ditentukan tingkat stabilitas batuan yang ditelaah.

DASAR TEORI TINJAUAN PUSTAKA

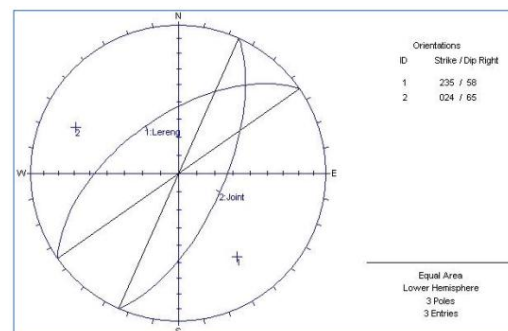
Muhammad et al (2011), Melakukan analisis bidang longsor pada pada Tambang *Sandy Clay* Terbuka di Bogor, Jawa Barat. Jenis material penyusun lereng di daerah penelitian terdiri dari gabungan tanah dan batuan. Penelitian dilakukan terhadap orientasi bidang diskontinu pada *scanline* 1 didapatkan arah umum bidang diskontinu pada $N97^{\circ}E/66^{\circ}$ (JS1) dan $N310^{\circ}E/56^{\circ}$ (JS2). Arah umum tersebut saling berpotongan membentuk bidang baji dengan besar penujaman sebesar 27° .



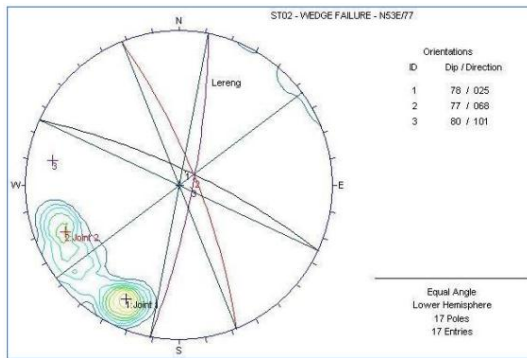
Gambar 1 Interpretasi Set Diskontinuitas *Scanline* 1 (Muhammad et.al (2011))

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Sirait et al (2021) di Tambang Kuari Bogor pada pit eksisting dan singkapan batuan gamping. Analisis longsor dilakukan

terhadap 3 jenis longsor yang mungkin terjadi yakni longsor bidang (*plane*), baji (*wedge*) dan guling (*toppling*). Dari hasil pengamatan pada STA01_a1 dengan kedudukan lereng $N235^{\circ}E/58^{\circ}$ diidentifikasi adanya pola longsor bidang (*planar*) dari orientasi bidang diskontinu pada $N24^{\circ}E/65^{\circ}$. Berdasarkan analisis kinematik tidak ditemukan adanya potensi longsor karena arah bidang diskontinu berlawanan arah dengan arah lereng. Pada STA02 dengan kedudukan lereng $N323^{\circ}E/77^{\circ}$ didapatkan potensi keruntuhan baji dengan 2 bidang diskontinu saling berpotongan membentuk baji yang berorientasi *plunge/trend* $77^{\circ}/N53^{\circ}E$. Karena bidang diskontinu bersudut tajam (77°) lebih kecil dari kemiringan lereng maka berpotensi terjadi longsor.

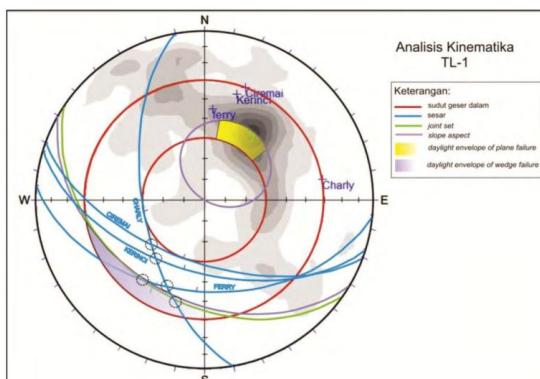


Gambar 2. Analisis Stereonet STA01_a1 (Sirait et al., 2021)



Gambar 3. Analisis Stereonet STA02 (Sirait et al., 2021)

Aprilia et.al (2014) melakukan penelitian pada dinding utara Tambang Batu Hijau di Sumbawa Barat untuk menganalisis tipe longsoran dan kestabilan lereng. Dari hasil penelitian didapatkan bidang diskontinu memiliki sudut geser dalam (ϕ) sebesar 30^0 dan kohesi (c) 0 kPa. Dari hasil analisis kinematik pada STA TL-1 orientasi bidang diskontinu pada $N124^{\circ}E/40^{\circ}$ berada pada zona *daylight* yang memperbesar kemungkinan longsoran.



Gambar 4 Analisis Kinematik Blok TL-1 (Aprilia et.al, 2014)

Beberapa penelitian yang menggunakan metode *slope mass rating* (SMR) untuk medeskripsikan masa batuan dilakukan adalah sebagai berikut:

Anwar et. al (2021), melakukan penelitian di Lereng Batu Pasir Formasi Balang Baru Kabupaten Baru untuk menentukan tingkat stabilias lereng. Dari hasil penelitian didapatkan nilai RQD sebesar 4,89% dengan bobot 3. Beberapa parameter berupa kuat tekan (UCS) dan kondisi bidang diskontinu dipertimbangkan sehingga didapatkan nilai RMR sebesar 46 yang termasuk ke dalam kelas batuan sedang. Untuk menghitung nilai *Slope Mass Rating* maka perlu menganalisa faktor koreksi yakni F1, F2, F3 dan F4. F1 didapatkan nilai 4 yang merupakan parameter kepararelan arah perpotongan bidang diskontinu dan arah lereng. F2 didapatkan nilai 0.4 dari besaran sudut penujaman bidang diskontinuitas sebesar 25^0 . F3 didapatkan nilai -60 dari hasil pengurangan *Dip* lereng dengan *plune* perpotongan bidang diskontinu. Berdasarkan metode galian, maka F4 bernilai 15 untuk jenis lereng alami. Sehingga didapatkan total hasil pembobotan SMR yakni 37

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Sitohan et.al (2021) menilai kualitas masa batuan pada *Bench S* dan *J PT Tanjung Bukit Nunggal* Kabupaten Bangka Tengah. Penelitian dilakukan di 2 lokasi berbeda dengan nilai RQD untuk 4 *scanline* sebagai berikut 90,08, 82,07, 88,83, 86,42 dengan deskripsi sangat baik dan baik. Berdasarkan nilai RQD dan kondisi diskontinu didapatkan total Bobot RMR berturut-turut dari 4 *scanline* adalah 71, 73, 72, dan 72. Selanjutnya berdasarkan proyeksi stereografis didapatkan kedudukan longsoran berdasarkan join set kekar dan dihitung nilai faktor koreksi F1, F2 dan F3 serta nilai F4 adalah 0 karena lereng

dibentuk dengan metode peledakan dinamis. Hasil pembobotan nilai stabilitas lereng berdasarkan metode SMR dapat dilihat pada tabel 2.2.

LANDASAN TEORI

Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang menonjol dan memiliki kemiringan akibat dari perbedaan ketinggian terhadap permukaan bumi di sekitarnya. Pada dasarnya lereng terbentuk secara alami maupun buatan. Lereng alami (*natural slope*) merupakan lereng yang terbentuk akibat fenomena alam melalui proses geologi. Lereng alami tidak membutuhkan perlakuan khusus agar stabil karena memiliki kestabilan alami yang lebih aman daripada lereng buatan. Lereng buatan banyak dijumpai sebagai akibat dari pemotongan muka pegunungan maupun perbukitan dengan sudut kemiringan tertentu.

Kestabilan Lereng

kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti geometri lereng, karakteristik fisik dan mekanik lereng, material penyusun, hidrologi dan hidrogeologi serta struktur bidang diskontinuitas baik lokasi, arah, frekuensi dan karakteristik serta getaran baik alami maupun akibat perbuatan manusia berupa peledakan (Ikrima, 2016). Secara prinsip pada suatu lereng terdapat dua gaya yakni gaya penggerak dan gaya penahan. Gaya merupakan aksi luar yang mengenai suatu batuan (Agustawijaya, 2019). Stabilitas terjadi ketika gaya penahan pada batuan lebih besar daripada gaya penggerak.

Stabilitas lereng menjadi indikator yang penting dalam memprediksikan apakah lereng akan mengalami kelongsoran atau tidak. Oleh karena itu menurut Terzaghi (1950) dalam Redesa (2020) penyebab terjadinya longsoran dibagi menjadi dua yaitu penyebab eksternal berupa perubahan geometri, beban dinamik, gaya vibrasi maupun penurunan muka air secara mendadak. Penyebab internalnya meliputi pelapukan, keruntuhan *progressive* dan hilangnya sementasi material.

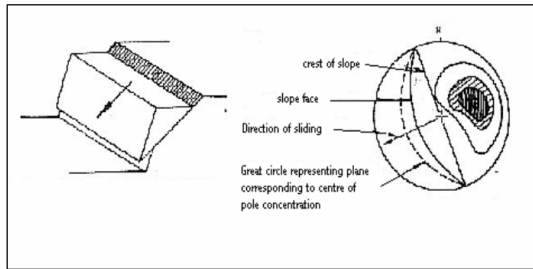
Analisis Kinematik

Analisa kinematik adalah analisa dari pergerakan pada masa batuan dengan membentuk sebuah rekonstruksi di semua skala (Putra, 2020). Analisa kinematik menggunakan parameter orientasi geologi, orientasi lereng maupun sudut geser batuan yang diproyeksikan ke dalam proyeksi stereografis untuk mengetahui tipe dan arah longsoran. Longsor adalah pergerakan masa tanah atau batuan menuruni lereng sepanjang bidang gelincir akibat terganggunya kestabilan material penyusun lereng. Longsor pada lereng terjadi jika gaya penahan lebih kecil daripada gaya penggerak longsor. Berdasarkan bidang gelincirnya tipe longsoran dapat diklasifikasikan menjadi 4 empat (Hoek dan Bray 1981) yakni:

Longsoran Bidang (*Plane Failure*)

Longsoran bidang terjadi jika memenuhi kondisi-kondisi berupa arah kemiringan lereng searah dengan arah kemiringan bidang diskontinu dengan maksimal deviasi sebesar 20° . Kemiringan bidang luncur lebih kecil daripada kemiringan lereng dan lebih

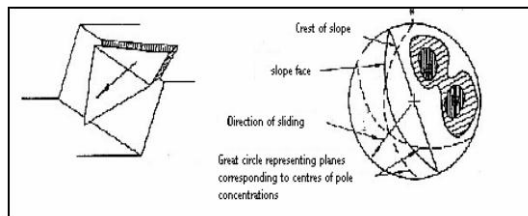
besar daripada sudut geser dalam ($\phi < \psi_p < \psi_f$). Pada blok batuan, adanya bidang bebas yg membatasi blok untuk meluncur.



Gambar 5. Longsoran Bidang (Hoek & Bray 1981)

Longsoran Baji (*Wedge Failure*)

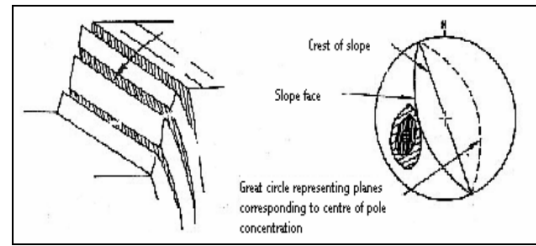
Longsoran baji dapat terjadi apabila terdapat dua bidang lemah atau lebih yang saling berpotongan membentuk baji terhadap lereng. Longsoran ini dapat terjadi jika memenuhi kondisi berupa arah kemiringan bidang potong searah dengan kemiringan lereng. Penujaman bidang potong lebih kecil daripada kemiringan lereng dan lebih besar dari sudut geser dalam ($\phi < \psi_{fi} < \psi_f$).



Gambar 6. Longsoran Baji (Hoek & Bray, 1981)

Longsoran Guling (*Toppling Failure*)

Longsoran guling biasanya dijumpai pada lereng terjal dengan struktur batuan keras. Selain itu stuktur bidang yang lemah juga dapat berbentuk kolom. Longsoran jenis ini terjadi apabila bidang lemah berlawanan terhadap kemiringana lereng.



Gambar 7. Longsoran Guling (Hoek & Bray, 1981)

Klasifikasi Masa Batuan

Rock Quality Designation (RQD)

RQD merupakan parameter yang untuk menilai kualitas inti batuan di sebuah lubang bor berdasarkan kerapatan kekarnya (Sirait et al. 2021). Perhitungan nilai RQD dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung. Secara tidak langsung perhitungan nilai RQD dilakukan melalui metode *scanline* yang diusulkan oleh Priest (1993). Untuk mendapatkan nilai RQD maka digunakan persamaan Priest dan Hudson (1976).

$$RQD = 100e^{-0,1\lambda}(0,1\lambda+1) \dots \dots \dots (1)$$

Rock Mass Rating (RMR)

RMR adalah sistem pengklasifikasian masa batuan yang juga dikenal dengan *Goemechanics Classification*. RMR menggunakan 5 parameter dalam menilai kualitas masa batuan. 5 parameter tersebut antara lain

- a. Kuat Tekan Batuan (UCS)
- b. RQD
- c. Spasi bidang diskontinu (*Joint Spacing*)
- d. Kondisi bidang diskontinu
- e. Kondisi Air tanah (*Ground Water*)

Dari kelima parameter tersebut maka dilakukan pembobotan untuk menentukan

kelas masa batuan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 1. Kelas Massa Batuan Menurut Bobot RMR (Bieniaweski,1989)

Profil massa batuan	Deskripsi				
	Bobot	100-81	80-61	60-41	40-21
Kelas massa batuan	I	II	III	IV	V
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Jelak	Sangat Jelek
Kohesi (Kpa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Sudut geser dalam	>45	35-45	25-35	15-25	<15

Slope Mass Rating (SMR)

Slope Mass Rating adalah metode pengklasifikasian masa batuan dari hasil modifikasi RMR dengan menambahkan parameter bobot pengatur orientasi kekar (Romana,1980). Metode SMR digunakan sebagai analisa awal kestabilan lereng dengan informasi berupa tipe keruntuhan dan jenis perbaikan yang dapat digunakan pada lereng. Nilai SMR dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4 \dots \dots (2)$$

Dimana:

F1 = Faktor koreksi arah lereng dengan arah bidang diskontinu

F2 = Faktor koreksi kemiringan bidang diskontinu

F3 = Faktor koreksi hubungan kemiringan lereng dengan kemiringan bidang diskontinu

F4 = Faktor koreksi metode galian.

Dari hasil pembobotan RMR yang ditambah dengan koreksi bidang diskontinu maka didapatkan kelas masa batuan dan tingkat kestabilan lereng yang disajikan pada tabel beriku.

Tabel 2. Deskripsi kelas Masa Batuan berdasarkan SMR (Romana,1985)

Profil masa batuan	Deskripsi				
	I	II	III	IV	V
Kelas SMR Rating	81-100	61-80	41-60	21-40	0-20
Deskripsi	Sangat Baik	Baik	Sedang	Jelek	Sangat Jelek
Kestabilan	Sangat Stabil	Stabil	Stabil Sebagian	Tidak Stabil	Sangat tidak stabil
Longsoran	Tidak ada	Beberapa blok	Beberapa kekar dengan banyak baji	Bidang atau baji besar	Bidang besar atau seperti tanah
Kemungkinan Longsor (%)	0	0,2	0,4	0,6	0,9

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Bendungan Tiu Suntuk di Sungai Brang Ene Dusun Hijrah, Desa Mujahiddin Kecamatan Brang Ene Kab. Sumbawa Barat, NTB (116°47'00" BT dan 8°34'00" LS). Penelitian ini berfokus pada

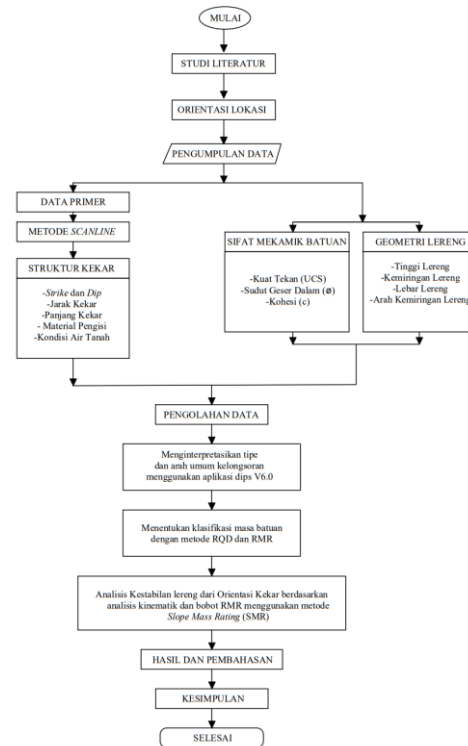
lereng bukit bagian pelimpah (*spillway*) dengan kemiringan rata-rata lereng setelah dipotong adalah sebesar 62° . *Scanline* dibentangkan di 2 titik yakni pada STA+60 dan STA-30.



Gambar 8. Lokasi Penelitian (Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan penulis dapat dilihat pada kerangka metodologi penelitian berikut:



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian berupa data struktur kekar yang diperoleh melalui metode *scanline*. Secara sistematis teknik pengumpulan data melalui metode *scanline* terdiri dari pengukuran orientasi bidang diskontinu, kondisi bidang diskontinu, antar bidang diskontinu serta kondisi umum air tanah. Data sekunder diperoleh dari arsip, literatur maupun data hasil pengujian laboratorium. Dalam hal ini, data sekunder terdiri dari data sifat mekanik batuan, geometri lereng serta peta hidrogeologi regional.

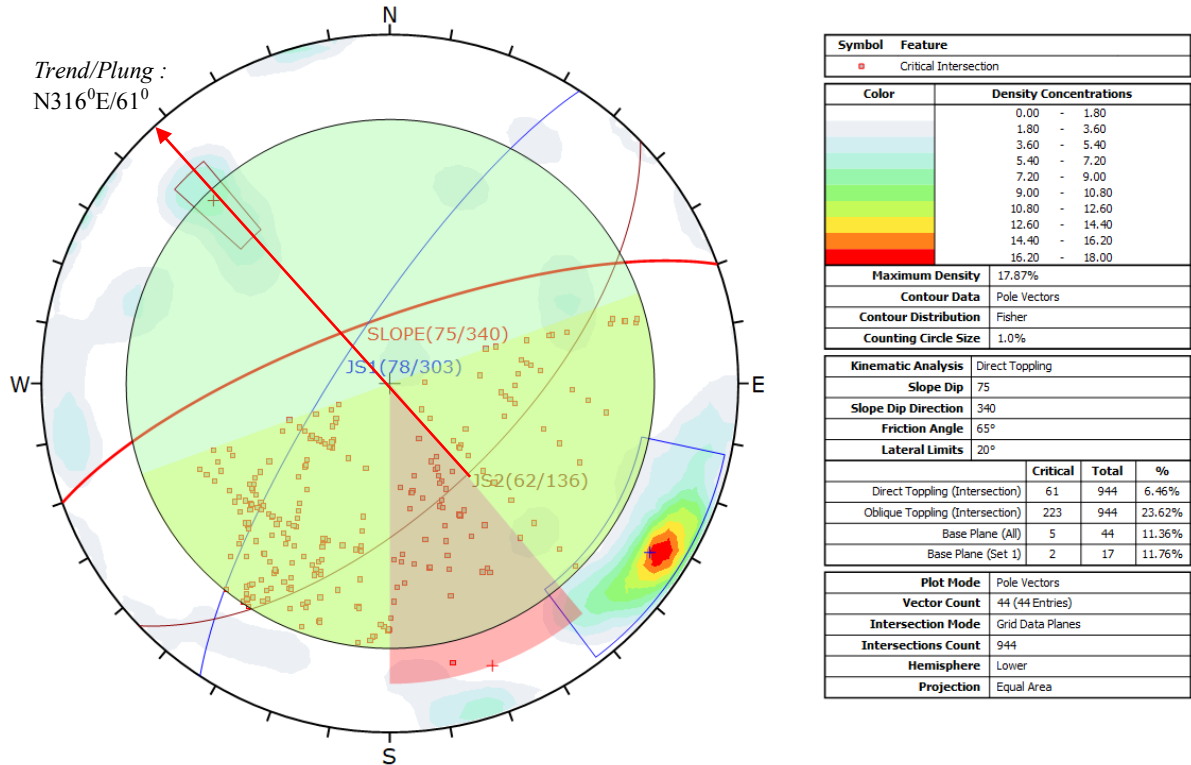
Teknik Pengolahan data dan Analisis Data

Pengolahan data orientasi bidang diskontinu dan geometri lereng menggunakan proyeksi stereografis model *Aqual Area Projection* dalam *software Dips* Versi 6.0. Pengolahan data orientasi dilakukan untuk mendapatkan arah umum dari sebaran data di lapangan. Selanjutnya akan diplotkan kedudukan lereng yang meliputi *Strike*, *Dip* dan *Dip direction* lereng serta sudut geser dalam (ϕ) untuk mengidentifikasi jenis longsoran yang terjadi melalui analisis kinematic terhadap 3 jenis longsoran yakni longsoran bidang, longsoran baji dan longsoran guling. Orientasi bidang diskontinu dan kondisi bidang diskontinu akan menentukan kelas masa batuan melalui analisis data dengan perhitungan RQD, pembobotan RMR serta penentuan stabilitas batuan melalui metode SMR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kinematik

Pada lereng STA-30 dengan kedudukan $N250^{\circ}E/75^{\circ}$, berdasarkan hasil *scanline* didapatkan 2 arah umum dari orientasi bidang diskontinu yakni *Joint set 1* (JS1) pada $N213^{\circ}E/78^{\circ}$ dan *Joint set 2* (JS2) pada $N46^{\circ}E/62^{\circ}$. Hasil Analisis kinematic menggunakan *software Dips Versi 6.0* dari arah umum JS1 dan JS2 serta kedudukan kekar dapat dilihat pada gambar berikut.

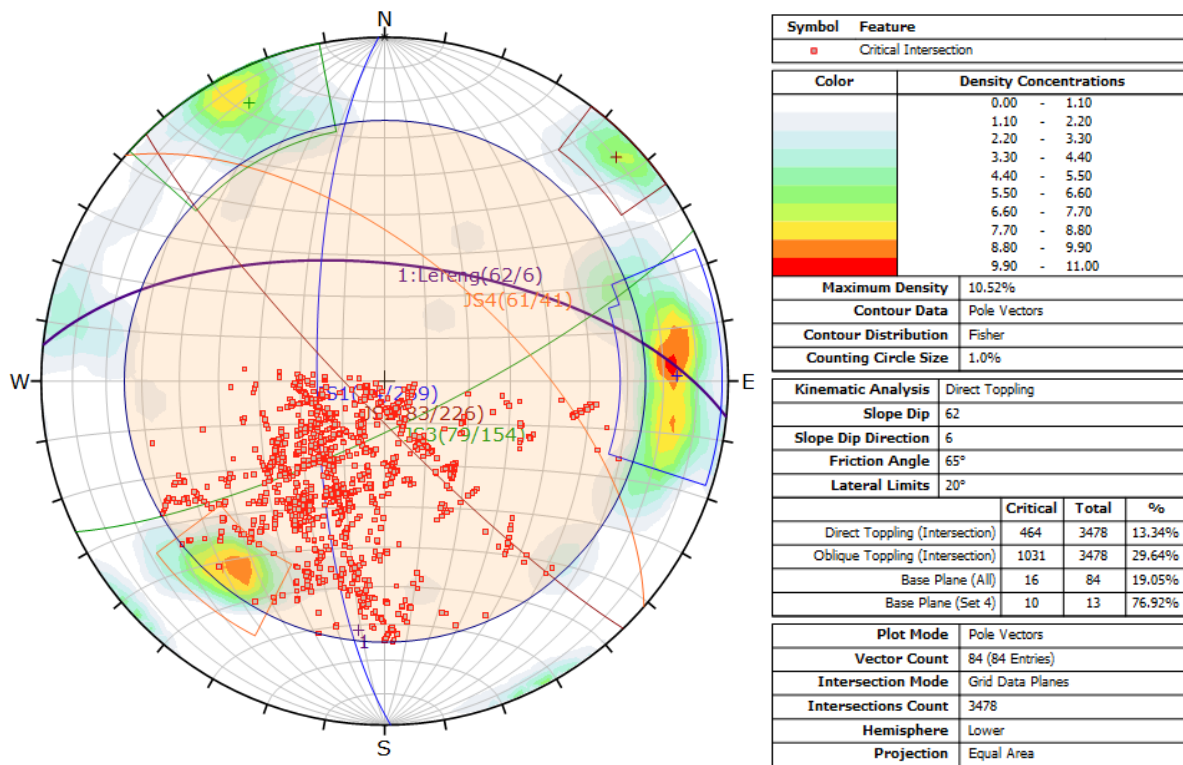


Gambar 10. Analisis Kinematik STA-30

Dari penggambaran arah umum dan analisis kinematik mengindikasikan terjadinya longsoran guling. Hal ini ditandai dengan adanya JS2 yang berada pada $N46^{\circ}E/62^{\circ}$ dan berlawanan arah dengan arah lereng pada $N240^{\circ}E/75^{\circ}$ sebagai syarat utama kelongsoran guling. JS1 membentuk bidang potong terhadap JS2 sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya kelongsoran guling karena blok batuan menjadi terpotong. Berdasarkan persentasi *critical point* terhadap total *pole* didapatkan persentasi jenis longsoran guling terbesar adalah longsoran guling rebah miring

(*Oblique Toppling*) dengan persentase sebesar 23,62% yang memiliki arah longsoran pada arah $N316^{\circ}E/61^{\circ}$.

Pada lereng STA+60 dengan kedudukan $N275^{\circ}E/62^{\circ}$, berdasarkan hasil *scanline* didapatkan 4 arah umum yakni JS1 pada $N179^{\circ}E/74^{\circ}$, JS2 pada $N136^{\circ}E/83^{\circ}$, JS3 pada $N64^{\circ}E/79^{\circ}$ dan JS4 pada $N311^{\circ}E/61^{\circ}$. Hasil Analisis kinematic menggunakan *software Dips Versi 6.0* dari arah umum JS1, JS2, JS3 dan JS4 serta kedudukan kekar dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11. Analisis Kinematik STA-30

Dari penggambaran arah umum dan analisis kinematik mengindikasikan terjadinya longsoran guling. Syarat utama terjadinya longsoran guling adalah adanya bidang diskontinu yang berlawanan arah dengan arah lereng. Syarat tersebut terpenuhi dengan adanya JS1, JS2 dan JS3 yang berlawanan arah dengan arah lereng. Konsentrasi kekar pada JS3 yang membentuk bidang potong terhadap bidang JS1, JS2, JS4 dan lereng memperbesar kemungkinan terjadinya kelongsoran guling karena blok batuan pada JS1, JS2 dan JS3 terpotong. Bidang bebas dari JS4 yang terpotong oleh lereng membentuk longsoran guling langsung (*Direct Toppling*) dengan arah jatuhnya blok searah dengan arah bidang baji perpotongan JS2 dan JS3 pada arah N172°E/78°. Dari hasil analisis kinematik

besarnya kemungkinan terjadinya longsoran guling terbesar adalah 76,92% .

Analisis Stabilitas

STA-30

Dari hasil pengukuran dan pengamatan pada STA-30 berdasarkan orientasi bidang diskontinu dan kondisi bidang diskontinu didapatkan parameter RMR sebagai berikut yakni kuat tekan batuan (UCS) sebesar 117,7 Mpa memiliki bobot 12, nilai RQD sebesar 73,59% memiliki bobot 13, spasi rata-rata diskontinu sebesar 346,29 cm memiliki bobot 20, bobot total kondisi bidang diskontinu adalah 22 dan kondisi air tanah berada pada kategori kering dengan bobot 15. Sehingga bobot total untuk nilai RMR adalah sebesar 82. Deskripsi kelas masa

batuan berdasarkan metode RMR pada tabel berikut

Tabel 3. Deksirpsi Masa Batuan Berdasarkan pembobotan RMR STA-30

No	Keterangan	Deskripsi
1	RMR	82
2	Kelas	I
3	Deskripsi	Sangat Baik
4	Kohesi (Kpa)	6692,74
5	Sudut Geser Dalam (φ)	65 ⁰

Dari nilai RMR tersebut ditambahkan dengan faktor koreksi terhadap orientasi bidang diskontinu maka dihasilkan bobot SMR. Lereng dengan kedudukan N250⁰E/75⁰ memiliki arah longsoran pada arah N316⁰E/61⁰ dengan metode pembentuk lereng melalui *smoth blasting*. Maka didapatkan faktor koreksi sebagai berikut:

$$F1 = 0.15, F2 = 1, F3 = 0, F4 = -8$$

Dari nilai RMR dan faktor koreksi didapatkan bobot SMR sebesar 74. Deskripsi kelas massa batuan dan stabilitas lereng berdasarkan metode SMR disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Deskripsi kelas massa Batuan Berdasakran *Slope Mass Rating* (SMR)

Kelas	SMR Rating	Deskripsi	Kestabilan	Longsoran	Kemungkinan Longsor
II	74	Baik	Stabil	Beberapa Blok	20%

STA+60

Dari hasil pengukuran dan pengamatan pada STA+60 berdasarkan orientasi bidang diskontinu dan kondisi bidang diskontinu didapatkan parameter RMR sebagai berikut yakni kuat tekan batuan (UCS) sebesar 117,7 Mpa memiliki bobot 12, nilai RQD sebesar 59,91% memiliki bobot 13, spasi rata-rata

diskontinu sebesar 399,18 cm memiliki bobot 20, bobot total kondisi bidang diskontinu adalah 22 dan kondisi air tanah berada pada kategori kering dengan bobot 15. Sehingga bobot total untuk nilai RMR adalah sebesar 82. Deskripsi kelas masa batuan berdasarkan metode RMR pada tabel berikut.

Tabel 5. Deksirpsi Masa Batuan Berdasarkan pembobotan RMR STA+60

No	Keterangan	Deskripsi
1	RMR	82
2	Kelas	I
3	Deskripsi	Sangat Baik
4	Kohesi (Kpa)	6692,74
5	Sudut Geser Dalam (ϕ)	65 ⁰

Dari nilai RMR tersebut ditambahkan dengan faktor koreksi terhadap orientasi bidang diskontinu maka dihasilkan bobot SMR. Lereng dengan kedudukan N76⁰E/62⁰ memiliki arah longsoran pada arah N172⁰E/81⁰ dengan metode pembentuk lereng melalui *smoth blasting*. Maka didapatkan faktor koreksi sebagai berikut:

$$F1 = 0.15, F2 = 1, F3 = 0, F4 = -8$$

Dari nilai RMR dan faktor koreksi didapatkan bobot SMR sebesar 74. Deskripsi kelas massa batuan dan stabilitas lereng berdasarkan metode SMR disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Deskripsi kelas massa Batuan Berdasakran *Slope Mass Rating* (SMR)

Kelas	SMR Rating	Deskripsi	Kestabilan	Longsoran	Kemungkinan Longsor
II	74	Baik	Stabil	Beberapa Blok	20%

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran orientasi bidang diskontinu didapatkan data di STA-30 dengan kedudukan lereng pada N250⁰/75⁰ membentuk dua arah umum (*joint set*) yakni JS1 yang berada N213⁰E/78⁰ dan JS2 yang berada pada N46⁰E/62⁰. Dari analisis kinematik diidentifikasi jenis longsoran yang mungkin terjadi adalah jenis longsoran guling (*Toppling Failure*) dengan model keruntuhan jatuh (*Rock Fall*) serta arah keruntuhan pada N316⁰E/61⁰. Berdasarkan

metode *Slope Mass Rating*, batuan pada STA-30 termasuk ke dalam kelas II (Baik) dalam kondisi stabil dengan longsoran membentuk beberapa blok.

Pada STA+ 60 dengan kedudukan N276⁰E/62⁰ terdapat data bidang diskontinu/kekar membentuk 4 arah umum (*joint set*) yakni JS1 berada pada N179⁰E/74⁰, JS2 berada pada N136⁰E/83⁰, JS3 berada pada N64⁰E/79⁰, dan JS4 berada pada N311⁰E/61⁰. Dari analisis kinematik diidentifikasi jenis longsoran yang mungkin

terjadi adalah jenis longsoran guling (*Toppling Failure*) dengan model keruntuhan jatuh (*Rock Fall*) serta arah keruntuhan pada $N172^{\circ}E/81^{\circ}$. Berdasarkan metode *Slope Mass Rating*, batuan pada STA-30 termasuk ke dalam kelas II (Baik) dalam kondisi stabil dengan longsoran membentuk beberapa blok.

SARAN

Berdasarkan hasil dan kesimpulan pada penelitian ini, peneliti memberikan saran kepada pihak-pihak yang terkait atas permasalahan yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengukuran orientasi bidang diskontinu perlu dilakukan pada tiap ketinggian yang mewakili orientasi bidang diskontinu pada lereng secara masif.
2. Analisis kinematik hanya menentukan arah dan indikasi jenis longsoran yang terjadi sehingga diperlukan analisis lebih lanjut dalam menghitung tingkat stabilitas lereng.
3. Perlu mengidentifikasi lebih teliti dan detail kondisi bidang diskontinu khususnya tingkat pelapukan, isian dan kondisi air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustawijaya, D.S. (2019). *GEOLOGI TEKNIK*. Yogyakarta: ANDI.
- Anwar, H. (no date) ‘*Slope Mass Rating Dan Stabilitas Lereng Batupasir*’, pp. 35–41.
- Anwar, H., Rai, M.A. and Wattimena, R.K. (2018) ‘Pengaruh Bidang Diskontinu Terhadap Kestabilan Lereng Tambang – Studi Kasus Lereng Pb9S4 Tambang Terbuka Grasberg’, *Jurnal Geomine*, 6(1), pp. 34–41. Available at: <https://doi.org/10.33536/jg.v6i1.183>.
- Aprilia, F. et al. (2014) ‘Analisis Tipe Longsor Dan Kestabilan Lereng Berdasarkan Orientasi Struktur Geologi Di Dinding Utara Tambang Batu Hijau, Sumbawa Barat’, *Seminar Nasional Kebumihan Ke-7 dan Simposium Pendidikan Geologi Nasional. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*, pp. 30–31.
- Arirupa, G. (2021) ‘Analisis Kestabilan Lereng dengan Pemodelan Numerik Menggunakan Metode Elemen Hingga’, pp. 1–42. Available at: [http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/8837/2/D62116310_skripsi_01-10-2021 Bab 1-2.pdf](http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/8837/2/D62116310_skripsi_01-10-2021_Bab%201-2.pdf).
- Audah, Taufik Toha, M. and Sudarmono, D. (2017) ‘Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating Dan Metode Stereografis Pada Pit Berenai Pt. Dwinad Nusa Sejahtera (Sumatera Copper and Gold) Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan’, *JP Vol.1 No.5*, 1(5), p. 37.
- Dinamis, L.G. et al. (2013) ‘BUKU PANDUAN’, pp. 0–12.
- Hakam, A. (2010) ‘Stabilitas Lereng dan Dinding Penahan Tanah’, *Padang: Ferila* [Preprint].
- Hidayat, R. (2018) ‘Analisis Stabilitas Lereng pada Longsor Desa Caok, Purworejo, Jawa Tengah’, *Jurnal Sumber Daya Air*, 14(1), pp. 63–74. Available at: <https://doi.org/10.32679/jsda.v14i1.195>.

- Ikrima, U., Purwoko, B. and Syafrianto, M.K. (2016) 'Analisa kestabilan lereng pada bukit peniraman dengan menggunakan metode stereografis', *Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak*, 1, pp. 1–9.
- Jariah *et al.* (2019) 'Penentuan Arah Tegasan Pembentuk Kekar Menggunakan Diagram Rosette (Studi Kasus Daerah Pattongtongan, Sulawesi Selatan)', *Jurnal Geosaintek*, 5(1), pp. 13–16.
- Muhammad, F.A., Irianto, S. and Syaiful, M. (2011) 'Analisis Potensi Longsor Menggunakan Metode Kinematik pada Tambang Sandy Clay Terbuka Hambalang PT. Indocement Tunggal Prakarsa, tbk, Kecamatan Citeureup Kabupaten Bogor Jawa Barat', *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Geologi*, 1(1), pp. 1–9.
- Yusuf, M. (2021) 'Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode RMR (*Rock Mass Rating*) Pada Jalan Daerah Koto Lamo , Kecamatan Kapur Sembilan ',.
- Prengki, I. and Heriyadi, B. (2018) 'Analisis Beban Runtuh dan Evaluasi Lubang Bukaan Berdasarkan *Metode Rock Mass Rating* dan Q-System pada Tambang Bawah Tanah CV. Bara Mitra Kencana', *Bina Tambang*, 3(4), pp. 1729–1739. Available at: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/102293>.
- Rahmah, N. (2015) 'Makalah Sistem Informasi Geografis', pp. 1–19.
- Ridwan, M. *et al.* (2022) 'Penentuan Kelas Massa Batuan Dengan Klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) Dan *Slope Mass Rating* (SMR) Pada Formasi Balikpapan Dan Pulau Balang Di Kota Samarinda (*Determination Of Rock Mass Class With Rock Mass Rating* (RMR) And *Slope Mass Rating* (SMR ' , 10(Ii), pp. 1–6.
- Ryanda, PD., Trides, T. and Dina Devy, S. (2020) 'Studi Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Kinematik pada Tambang Batu Pasir di Kelurahan Rapak Dalam, Kecamatan Loa Janan Ilir, Kota Samarinda, Kalimantan Timur (*The Study of Slope Stability Using Kinematic Method on Sand Stone Mining at Rapak Dal* ', *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 8(1), pp. 22–27.
- Sirait, B., Pulungan, Z. and Pujiyanto, E. (2021) 'Identifikasi potensi longsor lereng pada kuari batugamping menggunakan analisis kinematika', *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 17(2), pp. 61–75. Available at: <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol17.no2.2021.1113>.
- Sitohang, E.I., Pitulima, J. and Oktarianty, H. (2022) 'Penilaian Tingkat Kestabilan Lereng dengan *Metode Slope Mass Rating* (SMR) pada *Bench S dan J PT Tanjung Bukit Nunggal Kabupaten Bangka Tengah*', *Mineral*, 7(1), pp. 29–35. Available at: <https://doi.org/10.33019/mineral.v7i1.3335>.