

ANALISIS TINGKAT KELONGSORAN MENGGUNAKAN METODE ROCK MASS RATING (RMR) , SLOPE MASS RATING (SMR), SERTA METODE BISHOP PADA LERENG BATUAN X, KELURAHAN JANGLI, KECAMATAN TEMBALANG, KOTA SEMARANG

Syafrichard Ihsan Nickolas¹, Nick Nurfaizi¹, Habib Husain¹, Dian Agus Widiarso¹,

¹Departemen Teknik Geologi, Universitas Diponegoro,

SemarangEmail Penulis:

syafrichardnickolas@students.undip.ac.id

Naskah Diterima: 29 April 2024/Revisi: 28 Juni 2024 /Disetujui: 30 Juni 2024

ABSTRAK

Kawasan penelitian berlokasi di Kelurahan Jangli, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Kawasan ini berada dekat dengan kawasan pemukiman sehingga faktor keamanan lereng menjadi faktor penting yang harus diperhatikan. Lereng batuan yang aman dari longsor tentunya harus memenuhi berbagai kriteria dan pembobotan tertentu sesuai dengan metode yang digunakan. Longsor merupakan pergerakan suatu massa tanah atau batuan sepanjang bidang gelincir atau bidang geser. Terjadinya suatu peristiwa tanah longsor tentunya disebabkan oleh berbagai faktor-faktor alam seperti adanya peran dari struktur geologi, mekanika batuan, kuat tekan batuan, maupun faktor geologi lainnya. Adapun penelitian kali ini memiliki fokus utama terkait dengan analisis RMR dan SMR dan penggunaan metode Bishop dalam mengidentifikasi tingkat kelongsoran lereng batuan penelitian. Dari penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwasanya pada metode RMR didapati nilai pembobotan sebesar 72 yang, menurut klasifikasi Bieniawski (1989), termasuk dalam kelas II atau "Pemerian Baik". Sementara dalam analisis SMR, hasil perhitungan mengungkapkan persentase kinematika wedge sliding sebesar 0,62%. Pembobotan F1, F2, F3, dan F4 menghasilkan nilai SMR sebesar 86,1, yang secara klasifikasi dikategorikan sebagai "very good" atau "sangat baik". Hasil pengolahan data dengan menggunakan Metode Bishop juga menunjukkan nilai kondisi lereng yang aman, baik dalam kondisi kering maupun kondisi jenuh, di mana nilai yang diperoleh menunjukkan $FK > 1,25$. Dengan demikian, bahwa kondisi massa batuan di lokasi tersebut sangat stabil, dengan potensi kegagalan atau longsoran yang rendah.

Kata kunci: Batuan; Rock Mass Rating; Slope Mass Rating

ABSTRACT

The research area is located in Jangli Village, Tembalang District, Semarang City. This area is close to residential areas so slope safety is an important factor that must be considered. Rock slopes that are safe from landslides must of course meet various criteria and certain weightings according to the method used. A landslide is the movement of a mass of soil or rock along a slip plane or a sliding plane surface. The occurrence of a landslide is certainly caused by various natural factors such as the role of geological structure, rock mechanics, rock compressive strength, and other geological factors. This research has a main focus related to RMR and SMR analysis and the use of the Bishop method in identifying the level of failure of the research rock slopes. From the research that has been carried out, it is known that the RMR method found a weighting value of 72 which, according to Bieniawski's (1989) classification, is included in class II or "Good Rating". Meanwhile, in the SMR analysis, the calculation results reveal that the wedge sliding kinematics percentage is 0.62%. The weighting of F1, F2, F3, and F4 produces an SMR value of 86.1, which is classified as "very good" or "very good". The results of data processing using the Bishop Method also show values for safe slope conditions, both in dry and saturated conditions, where the values obtained show $FK > 1.25$. Thus, the condition of the rock mass at this location is very stable, with a low potential for failure or landslides.

Keywords: Rocks; Rock Mass Rating; Slope Mass Rating

PENDAHULUAN

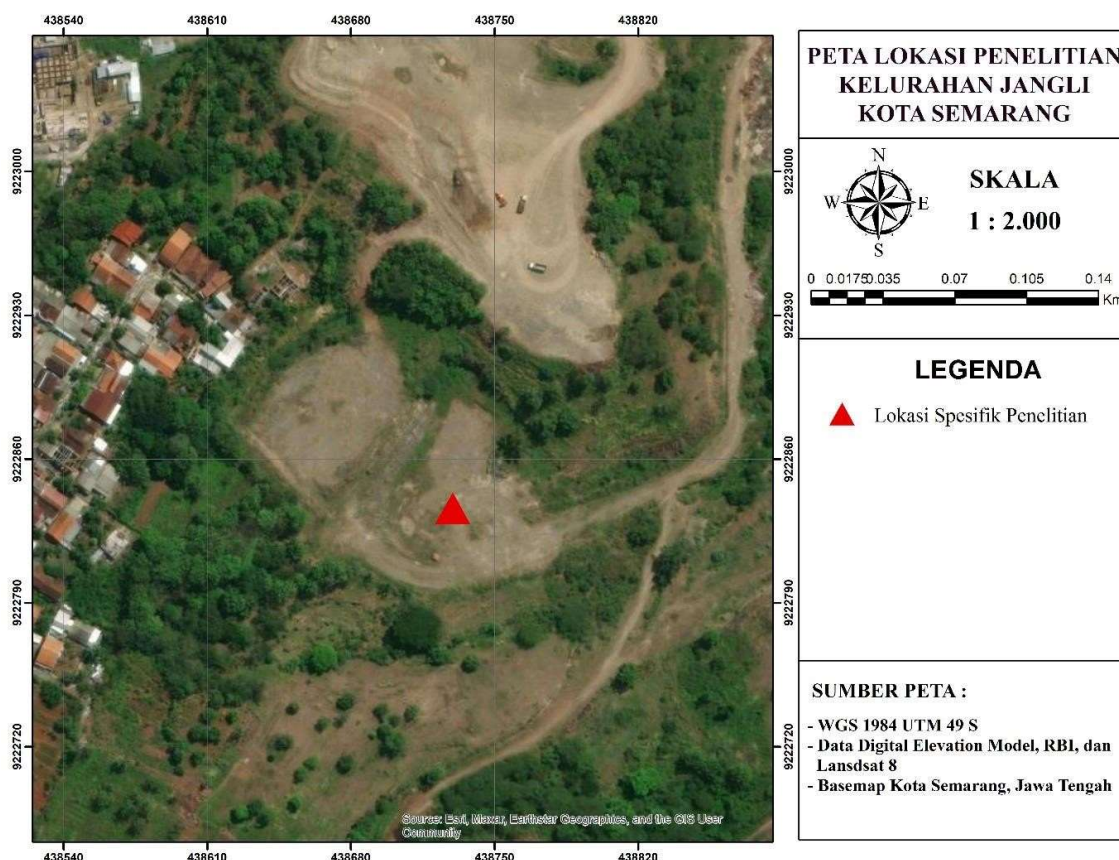
Kekuatan dan stabilitas lereng termasuk salah satu hal yang paling krusial dalam keberadaan sebuah lereng. Lereng yang kokoh dan stabil tentunya memiliki tingkat ketahanan batuan yang cukup prima sehingga dapat meminimalisir adanya potensi terjadinya tanah longsor. Tentunya, untuk mengetahui tingkat kestabilan dan longsor sebuah lereng batuan, perlu dilakukan suatu berbagai analisis keteknikan, di antaranya analisis RMR maupun SMR, dan juga klasifikasi massa batuan sehingga nantinya dapat diketahui jenis longsor yang berpotensi akan terjadi. Menurut Bieniawski (1989), RMR adalah sebuah metode empiris yang digunakan dalam menentukan pembobotan suatu massa batuan serta untuk menilai tingkat resistensi massa batuan yang tujuan akhirnya untuk mengetahui tingkat kemiringan lereng maksimum. Klasifikasi *Slope Mass Rating (SMR)* berfungsi mengetahui tingkat kualitas massa batuan pembentuk lereng maupun tingkat stabilitasnya.

Hakikatnya, peristiwa tanah longsor merupakan salah satu peristiwa alam yang harus diwaspadai keberadaannya mengingat besarnya potensi dampak yang ditimbulkannya. Di dalam penelitian kali ini, analisis RMR, SMR, dan penentuan tipe longsor dilakukan melalui pengambilan data struktur suatu massa batuan serta pengelompokkan massa batuan yang dilakukan menggunakan metode *scanline*, yakni membentangkan meteran di sepanjang lereng penelitian. Metode *scanline* merupakan suatu metode objektif yang efektif dalam mengidentifikasi dan mendiskripsikan kondisi rekahan suatu singkapan massa batuan (Brown, 1981).

Data yang dapat dianalisis meliputi arah kemiringan bidang diskontinuitas, orientasi bidang, dan kondisi bidang diskontinuitas yang mencakup nilai kekasaran, nilai bukaan, jenis isian, tingkat pelapukan, kemenerusan, dan nilai kekasaran. Adapun hal yang melatarbelakangi penulis dalam mengangkat metode analisis ini adalah karena metode RMR, SMR dan *Bishop* dinilai memiliki sistematis yang jelas, tingkat perhitungannya yang dinilai cukup sederhana, pengerjaannya lebih efektif dan efisien, hingga tingkat keakuratan atau hasil yang dinilai mendekati teliti. Dengan adanya penelitian ini, yakni dengan penggunaan metode analisis RMR, SMR, dan analisis kinematika lainnya penulis dapat mengetahui jenis atau tipe longsor yang akan berpotensi terjadi di kawasan penelitian. Parameter struktur geologi pada suatu bidang diskontinuitas disinyalir mempengaruhi tingkat kestabilan lereng suatu massa batuan (Rusydny dkk, 2016).

Lokasi penelitian berada di Kelurahan Jangli, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Wilayah Jangli memiliki kondisi morfologi yang bervariasi, yang secara garis besar termasuk bentuklahan struktural berbukit cukup terjal. Mengacu kepada Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang oleh (Robert E.Tanden, dkk, 1996), Kota Semarang tersusun atas berbagai jenis litologi, yang apabila diurutkan dari muda ke tua yakni Aluvium (Qa), Batuan Gunungapi Gajahmungkur (Qhg), Batuan Gunungapi Kaligesik (Qpk), Formasi Jongkong (Qpj), Formasi Damar (QTd), Formasi Kaligetas (Qpkg), Formasi Kalibeng (Tmkl), Formasi Kerek (Tmk). Secara spesifik, kawasan penelitian termasuk bagian dari Formasi Damar (QTd) yang terdiri atas litologi batupasir tufan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Menurut Poedjoprajitno, S.et.al (2009), litologi batupasir pada formasi ini

mengandung mineral basa, feldspar dan kuarsa dan litologi breksi vulkanik kemungkinan terendapkan sebagai lahar.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Dilakukannya suatu analisis potensi longsor yang ada pada kawasan penelitian dikarenakan kawasan tersebut merupakan kawasan yang sering dilalui oleh masyarakat sekitar atau sebagai akses menuju lahan perkebunan. Dengan diketahuinya potensi longsor pada lereng tersebut, maka dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan Tindakan pencegahan apabila sewaktu-waktu potensi longsor tersebut dapat terjadi. Dalam penelitian kali ini, digunakan analisis RMRSR, serta metode bishop untuk menentukan tingkat atau intensitas kelongsoran kelerengan batuan pada area penelitian.

TINJAUAN PUSTAKA

a. Metode RMR

Menurut Bieniawski (1989), RMR merupakan sebuah metode empiris yang dapat melakukan pembobotan dari suatu massa batuan dan dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat resistensi suatu massa batuan sehingga dapat menentukan kemiringan lereng maksimum. Dalam melakukan perhitungan klasifikasi RMR, terdapat lima parameter yang digunakan, di mana nantinya

kelima parameter ini akan memengaruhi pembobotan untuk masing-masingnya, serta jenis klasifikasinya. Parameter kelas massa batuan dengan metode RMR menurut Bienawski (1989) dalam Swana (2012), yaitu *Unconfined Compressive Strenght* (UCS), *Rock Quality Designation* (RQD), *Spacing of Discontinuities*, *Condition of Discontinuities*, dan *Groundwater Condition*.

b. Metode SMR

Slope Mass Rating (SMR) didapatkan dengan mengkalkulasikan faktor penyesuaian yang dipengaruhi oleh arah bidang diskontinuitas serta metode penggalian (Trides, Tommy 2019). *Slope Mass Rating* diperoleh dari RMR dengan cara mengurangi nilai faktor penyesuaian dipengaruhi oleh kekar – hubungan lereng serta menambahkan faktor bergantung pada sebuah metode penggalian. Secara matematis, rumus SMR dinyatakan sebagai berikut.

$$SMR = RMR_{Basic} + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Keterangan :

F1 = kesesuaian antara kekar dan jurus

lereng F2 = kemiringan kekar pada model

keruntuhan F3 = korelasi muka lereng

dengan kemiringan F4 = metode penggalian lereng.

c. Metode Bishop

Metode Bishop yang digagas oleh A.W. Bishop di dalam penerapannya menggunakan cara potongan , di mana dilakukan analisis gaya-gaya yang terdapat pada masing-masing potongan. Metode Bishop digunakan untuk mengidentifikasi permukaan gelincir yang menyerupai lingkaran. Metode ini memakai konsep irisan untuk menentukan nilai faktor keamanan (FK) dari suatu massa batuan yang berpeluang akan terjadinya runtuhnya material. Aspek keseimbangan digunakan pada masing-masing potongan-potongan yang membentuk suatu lereng tersebut. Metode Bishop mengasumsikan bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan memiliki resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1955).

c. Metode Scanline

Metode *scanline* merupakan suatu metode objektif yang efektif dalam mengidentifikasi dan mendiskripsikan kondisi rekahan suatu singkapan massa batuan (Brown, 1981). Adapun data yang nantinya dapat diambil dengan metode *scanline* sendiri yakni berupa orientasi kemiringan suatu bidang diskontinuitas, orientasi bidang, dan keadaan bidang diskontinuitas bidang yang mencakup nilai kemenerusan, tingkat kekasaran, nilai bukaan, karakteristik isian, dan tingkat pelapukan.

c. Perhitungan RQD

RQD (*Rock Quality Designation*) pada dasarnya dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yakni metode perhitungan langsung dengan inti bor dan perhitungan tidak

langsung yang di dalam penerapannya menggunakan rumus empiris. Adapun persamaan yang digunakan dalam nilai RQD dengan nilai jarak antar bidang diskontinuitas ada pada massa batuan atau nilai *joint spacing* (Js) adalah sebagai berikut.

$$RQD = 100e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1) \text{ Sen dan Kazi (1984)}$$

METODOLOGI

a. Waktu Penelitian

Kegiatan *reconnaissance* dilaksanakan pada tanggal 18-19 Agustus 2023, kemudian dilanjutkan kegiatan pengambilan data primer di lapangan yang dilakukan mulai tanggal 25 Agustus sampai 5 September 2023.

b. Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan di Kelurahan Jangli, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Penelitian kelereng batuan kemudian dibatasi dan difokuskan pada area lereng batuan X.

c. Jenis dan Sumber Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis data, yakni data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini meliputi data hasil pengamatan lapangan yang meliputi geometri lereng aktual, hasil uji sifat fisik dan mekanik batuan, serta pengukuran kondisi diskontinuitas lereng. Sedangkan data sekunder berasal dari penelitian terdahulu yang diperoleh melalui studi literatur.

d. Teknik Analisis Data

Adapun analisis dan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini di antaranya perhitungan kualitas massa batuan yang mengacu pada nilai RQD, RMR dan SMR sehingga diketahui kondisi batuan pada lereng penelitian. Kemudian dilanjutkan penilaian tingkat kestabilan lereng dengan menggunakan penggunaan metode *Bishop* dengan menggunakan *software* Slide 6.0

HASIL DAN PEMBAHASAN

METODE RMR

Perhitungan klasifikasi RMR menggunakan lima parameter yang di mana nantinya kelima parameter ini akan memengaruhi pembobotan untuk masing-masingnya, serta jenis klasifikasinya. Parameter kelas massa batuan dengan metode RMR menurut Bienawski (1989) dalam Swana (2012), yaitu *Unconfined Compressive Strength* (UCS), *Rock Quality Designation* (RQD), *Spacing of Discontinuities*, *Condition of Discontinuities*, dan *Groundwater Condition*.

a. Kuat Tekan Batuan

Parameter ini digunakan dengan tujuan untuk mengelompokkan kekuatan dan sifat dari batuan utuh. Adapun berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan, didapati informasi bahwasanya kuat tekan batuan pada lereng yang diamati adalah memiliki sifat sangat lapuk (kekuatannya sangat rendah). Pasalnya, pada saat ditekan menggunakan paku, lereng tersebut dapat ditekan dengan mudah. Adapun dari pengamatan yang dilakukan, diketahui bahwasanya tingkat kekuatan batuan pada lereng yang diamati adalah sebesar 0,25 – 1 Mpa. Seperti yang terlihat pada tabel 1, maka diperoleh nilai *Uniaxial Compressive Strenght* (UCS) lereng di kawasan penelitian memiliki pembobotan sebesar 0 poin (Bienawski, 1989).

Tabel 1 Manual Indeks Uniaxial Compressive Strenght (UCS)

Kode	Deskripsi	Uji Lapangan	UCS (MPa)	<i>Index Point Load</i> (MPa)
0	Sangat lemah	Bisa ditekan dengan paku	0-25-1,0	-
1	Lemah	Hancur bila dipukul dengan Palu/dapat digores dengan pisau	5-25	-
2	Sedang	Tidak dapat digores dengan pisau	25-50	<1
3	Kuat	Dapat hancur Ketika dipukul lebih dari satu kali	50-100	2-4
5	Sangat kuat	Dapat hancur Ketika dipukul berkali-kali dengan palu geologi	100-250	4-10
6	Sangat kuat sekali	Sulit pecah dipukul dengan palu geologi	>250	>10

b. Spasi Diskontinuitas / Kekar

Berdasarkan pengamatan lapangan yang telah dilakukan, nilai spasi antar kekar sendiri dapat dihitung dengan menggunakan rata-rata antar kekar yang dijumpai. Adapun data kekar yang didapatkan terdiri dalam beberapa *joint set*, sehingga jarak antar kekar dinilai cukup sulit untuk teramati. Pada eksekusinya, jarak diambil dari pengukuran berbagai kekar yang kemudian jaraknya ditarik nilai rata-ratanya. Berdasarkan pengambilan data yang dilakukan maka spasi diskontinuitas atau jarak pada kekar yang paling dominan adalah pada 0.6-2 m. Seperti yang terlihat pada tabel 2, maka nilai spasi diskontinuitas lereng tersebut memiliki bobot sebesar 15 poin.

Tabel 2 Deskripsi Spasi Diskontinuitas

Deskripsi	Spasi Kekar	Rating
Sangat lebar (<i>very wide</i>)	>2	20
Lebar (<i>wide</i>)	0.6-2	15
Sedang (<i>moderate</i>)	0.2-0.6	10
Rapat (<i>close</i>)	0.006-0.2	8
Sangat rapat (<i>very close</i>)	<0.006	5

c. RQD (*Rock Quality Designation*)

RQD pada dasarnya dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yakni metode perhitungan langsung dengan inti bor dan perhitungan tidak langsung yang di alam

penerapannya menggunakan rumus empiris. Adapun persamaan yang digunakan dalam nilai RQD dengan spasi antar bidang diskontinu pada massa batuan atau *joint spacing* (Js) adalah sebagai berikut

$$RQD = 100e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1) \text{ Sen dan Kazi (1984).}$$

Seperti yang disajikan pada tabel 3 berikut, diketahui hasil perhitungan dari nilai RQD yakni sebesar 99,9843 %. Berikutnya, nilai RQD yang telah diperoleh tersebut dikaitkan dengan tingkat kualitas batuan, di mana berdasarkan tabel 4, nilai RQD sebesar 99,9843 % termasuk dalam kategori sangat baik (*excellent*) dan memiliki nilai pembobotan sebesar 20 poin.

Tabel 3 Hasil Perhitungan nilai RQD

	λ	$0,1\lambda$	$(-0,1\lambda)$
$\lambda(1/d(i-m))$	0.171708467	0.017170847	-0.017170847
e	2.72		
$e^{(-0,1\lambda)}$	0.982965067		
$0,1\lambda + 1$	1.017170847		
RQD	99.98434095		
	excellent		

Tabel 4 Kualitas Batuan

RQD (%)	Kualitas Batuan	Rating
<25	Sangat jelek (<i>very poor</i>)	3
25-50	Jelek (<i>poor</i>)	8
50-75	Sedang (<i>fair</i>)	13
75-90	Baik (<i>good</i>)	17
90-100	Sangat baik (<i>excellent</i>)	20

d. Kondisi Bidang Diskontinuitas

Berdasarkan pengamatan lapangan yang telah dilakukan, terdapat berbagai parameter yang digunakan dalam mendeskripsikan bidang diskontinuitas. Adapun parameter yang dipakai yakni tingkat *persistence* (kemenerusan), *separation* (tingkat kerapatan celah kekar), *roughness* (tingkat kekasaran), *filling* (pengisi), dan *weathering* (tingkat pelapukan).

Setelah dilakukan pengambilan data lapangan, diperoleh nilai persistensi sebesar < 1 m. Berikutnya, kerapatan celah kekar (*separation*) setelah dilakukan pengukuran didapati nilai sebesar 0,1- 0,5 mm. Nilai *roughness* pada lereng ini adalah *Rough*. *Filling* atau pengisi pada lereng ini adalah tidak ada. Terakhir, dari tingkat pelapukan yang diukur, diketahui tingkat pelapukan yang ada pada lereng ini bersifat kuat. Hal ini didukung dengan kondisi lereng yang daya tarik antar partikelnya tergolong rendah sehingga rentan akan longsor. Selain itu, dari parameter vegetasi, vegetasi yang ada juga cukup banyak sehingga menyebabkan kondisi batuan pada lereng ini dinilai cukup lunak dan sangat mudah untuk terlepas.

Seperti yang terlihat pada tabel 5, terdapat hasil perhitungan dari setiap parameter yang ada, dimana parameter persistensi memiliki bobot sebesar 6 poin, parameter *aperture* memiliki

ANALISIS TINGKAT KELONGSORAN MENGGUNAKAN METODEROCK MASS RATING (RMR) , SLOPE MASS RATING (SMR), SERTA METODE BISHOP PADA LERENG BATUAN X, KELURAHAN JANGLI, KECAMATAN TEMBALANG, KOTA SEMARANG

bobot sebesar 4 poin, parameter *roughness* memiliki bobot sebesar 5 poin, parameter *filling* memiliki bobot sebesar 6 poin, dan parameter *weathering* memiliki bobot sebesar 1 poin. Dengan demikian, maka pembobotan untuk kondisi bidang diskontinuitas total yakni sebesar 22 poin.

Tabel 5 Pedoman pembobotan kondisi bidang diskontinuitas

<i>Guide of joint condition and rating</i>					
<i>Persistensi</i>	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m
<i>Rating</i>	6	4	2	1	0
<i>Aperture</i>	None	<0.1mm	0.1-1.0	1-5 mm	>5mm
<i>Rating</i>	6	5	3	1	0
<i>Roughness</i>	<i>Very rough</i>	<i>Rough</i>	<i>Slightly rough</i>	<i>Smooth</i>	<i>slickenside</i>
<i>Rating</i>	6	5	3	1	0
<i>Filling (gauge)</i>	None	<i>Hard filling</i> <5mm	<i>Hard filling</i> >5mm	<i>Soft filling</i> <5mm	<i>Soft filling</i> >5mm
<i>Rating</i>	6	4	2	2	1
<i>Weathering</i>	<i>Unweathered</i>	<i>Slightly weathered</i>	<i>Moderately weathered</i>	<i>Highly weathered</i>	<i>Decomposed</i>
<i>rating</i>	6	5	3	1	0

Tabel 6 Klasifikasi kondisi diskontinuitas oleh (Bienewski,1979)

Deskripsi Kondisi Bidang Diskontinuitas	Pembobotan RMR
Permukaan sangat kasar, tidak menerus, separasi tidak ada, tidak lapuk	30
Permukaan agak kasar, lebar bukaan diskontinuitas <1mm, tingkat pelapukan rendah <i>slightly weathered</i>	25
Permukaan agak kasar, lebar bukaan diskontinuitas <1mm, sangat lapuk	20
Bidang diskontinuitas menerus, permukaan halus (<i>slickenside structure</i>), lebar bukaan diskontinuitas 1-5mm, terdapat material pengisi yang lunak	10
Bidang diskontinuitas >5mm, permukaan halus (<i>slickenside structure</i>), lebar bukaan diskontinuitas >5mm, terdapat material pengisi yang lunak	0

e. Kondisi Air Tanah

Keberadaan suatu lereng batuan tentunya tidak terlepas dari adanya keberadaan air tanah yang bekerja. Adapun pada lokasi penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwasanya kondisi airtanah yang bekerja pada lereng kawasan penelitian termasuk ke dalam kategori kering (dry). Berdasarkan tabel 7, maka pembobotan kondisi air tanah yang ada pada lokasi penelitian memiliki bobot RMR sebesar 15 poin (Bieniawski, 1979).

Tabel 7 Pembobotan kondisi air tanah

Kondisi Air Tanah	Pembobotan RMR
Kering (<i>dry</i>)	15
Lembab (<i>dam</i>)	10
Basah (<i>wet</i>)	7
Menetes (<i>dripping</i>)	4
Mengalir (<i>flowing</i>)	0

f. Kalkulasi Pembobotan RMR

Berdasarkan hasil pengolahan data dan penilaian pada kelima parameter yang ada, maka didapatkan nilai kalkulasi pembobotannya sebagai berikut ;

Tabel 8 Pembobotan klasifikasi RMR Bieniawski (1979)

Parameter			Jangkauan Nilai						
1	Kekuatan Batuan Utuh	Indeks Poin Load Uniaxial compressive	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Tidak menggunakan Point Load		
			>250 MPa	100-250MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Bobot		15	12	7	4	2	1	0
2	Rock Quality Designation		90-100 %	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	Bobot		20	17	13	8	3		
3	Spasi Diskontinuitas Kekar		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2	<0.06m		
	Bobot		20	15	10	8	0		
4.	Kondisi Bidang Diskontinuitas		Sangat kasar dinding segar tidak menerus rapat	Kasar terbuka <1mm dinding sedikit lapuk	Sedikit kasar terbuka <1mm dinding sangat lapuk	Terisi tebal <5mm terbuka 1 -5mm menerus	Terisi material lunas >5mm Menerus		
	Bobot		30	25	20	10	0		
5.	Kondisi Airtanah	Aliran per 10m panjang terowongan Tekanan Air Kondisi Umum	0 Kering	<10 Lembab	25-10 Berair	25-125 Basah	>125 >0.5 Mengalir		
	Bobot		15	10	7	4	0		

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh pembobotan kekuatan batuan utuh (0 poin) + RQD (20 poin) + spasi diskontinuitas (15 poin) + kondisi bidang diskontinuitas (22 poin) + kondisi airtanah (15 poin) sehingga diperoleh hasil pembobotan nilai RMR sebesar 72 poin. Adapun pada pembobotan nilai RMR yang sudah dilakukan, selanjutnya jumlah bobot tersebut akan diplotkan ke dalam kelas massa batuan, di mana kelas massa batuan di sini didasarkan pada bobot total yang telah diperoleh tadi. Seperti yang terlihat pada tabel 9, total nilai RMR sebesar 72 di dalam kelas massa batuan menurut Bienewski (1989), digolongkan ke kelas nomor II. Tabel 9 merupakan hasil dari pengeplotan kelas massa batuanya.

ANALISIS TINGKAT KELONGSORAN MENGGUNAKAN METODE *ROCK MASS RATING (RMR)* , *SLOPE MASS RATING (SMR)*, SERTA METODE BISHOP PADA LERENG BATUAN X, KELURAHAN JANGLI, KECAMATAN TEMBALANG, KOTA SEMARANG

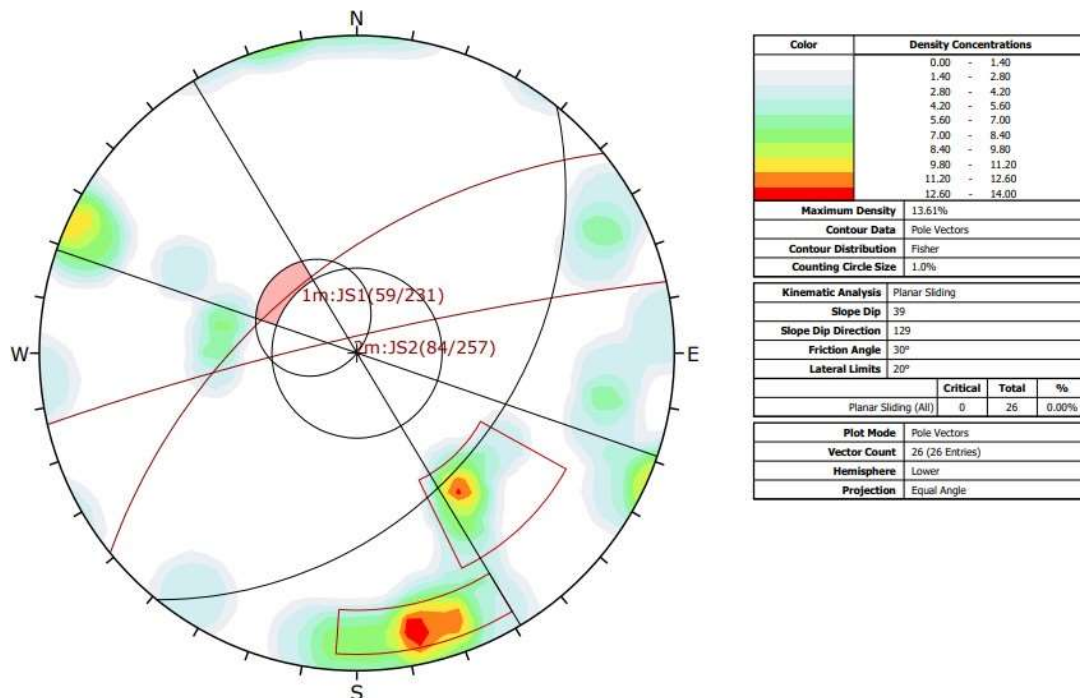
Tabel 9 Kelas massa batuan berdasarkan bobot total menurut Bieniawski, (1989)

Pembobotan	100-81	80-61	60-41	40-21	<21
Nomor kelas	I	II	III	IV	V
Pemerian	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Kohesi (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Sudut Gesek Dalam (°)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

ANALISIS KINEMATIKA

a. Planar Sliding

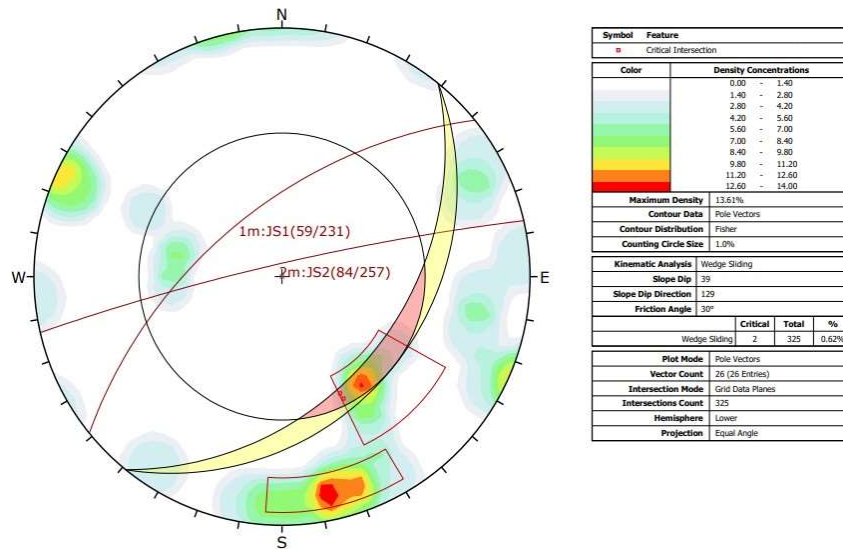
Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software*, dapat diketahui pada metode planar sliding atau keruntuhan geser ini didapatkan hasil seperti Gambar 2.



Gambar 2 Analisis Kinematika Planar Sliding.

b. Wedge Sliding

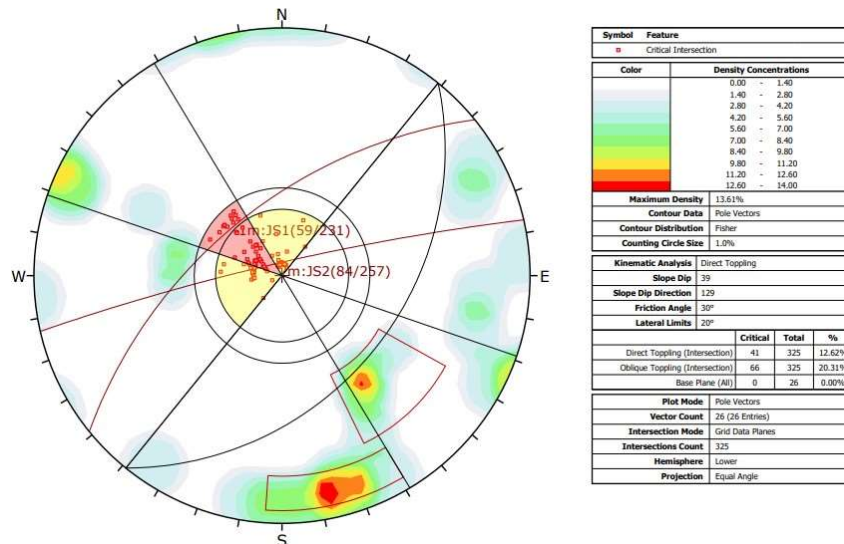
Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software*, dapat diketahui pada metode *wedgesliding* didapatkan hasil seperti Gambar 3.



Gambar 3 Analisis Kinematika Wedge Sliding

c. Direct Toppling

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software*, dapat diketahui pada metode directtoppling didapatkan hasil seperti gambar 4.



Gambar 4 Analisis Kinematika Direct Toppling

METODE SMR

Adapun pada eksekusinya, perhitungan dan Nilai RMR dan SMR sendiri sejatinya merupakan metode klasifikasi yang disesuaikan dengan orientasi lereng serta metode eskavasi yang dipakai di dalamnya adalah berdasarkan data RMR. Dengan berpatokan pada pembobotan massa batuan menggunakan metode SMR, Romana membagi nilai besaran

ANALISIS TINGKAT KELONGSORAN MENGGUNAKAN METODE ROCK MASS RATING (RMR) , SLOPE MASS RATING (SMR), SERTA METODE BISHOP PADA LERENG BATUAN X, KELURAHAN JANGLI, KECAMATAN TEMBALANG, KOTA SEMARANG

faktor koreksi F1, F2 dan F3 yang digunakan pada jenis longsoran planar. Sementara pada F4 adalah metode penggalan yang diaplikasikan pada lereng, untuk diketahui masuk lereng alami, penggalan mekanis atau telah dilakukan rekayasa peledakan.

Berikutnya, orientasi set diskontinuitas serta tingkat kemiringan set diskontinuitas yang dipakai dalam perhitungan SMR sendiri diperoleh dari proyeksi stereografis. Sementara itu, orientasi lereng, tingkat kemiringan lereng serta metode penggalan diperoleh dari pengambilan data primer secara langsung di lapangan. Mengacu pada data maka diperoleh nilai presentasi paling besar adalah pada tipe runtuh *toppling direct* dimana berdasarkan data *toppling* ini dapat dicari nilai-nilai berikut:

- > α_s : orientasi kemiringan (*dip direction*) dari bagian permukaan lereng yang sudah didapatkan dari lapangan berupa *dip direction* berupa $\text{dip} + 90$ yaitu 129.
- > α_j : orientasi kemiringan (*dip direction*) diskontinuitas. Arah kemiringan lereng menggunakan metode wedge dimana *dip direction*-nya adalah 82.
- > β_j : sudut kemiringan diskontinuitas. Perpotongan sudut dimana kalau *toppling* itu perpotongan diantara 2 sudut yang ada yaitu *dip* dengan nilai 49
- > β_s : sudut kemiringan lereng. Adalah *slope* data lapangan adalah 39

Kemudian ditentukan parameter berupa F1, F2, F3, dan F4 sebagai berikut:

- α_s : 129.
- α_j : 82.
- β_j : 49
- β_s : 39

F1 sendiri pada dasarnya merupakan sudut antara arah kemiringan diskontinuitas dan arah kemiringan lereng, di mana nilainya bergantung pada arah jurus kekar terhadap permukaan lereng. Berikut perhitungan nilai F1 ;

$$F1 = |\alpha_j - \alpha_s|$$

$$|F1 = |82 -$$

$$129| F1 = |-$$

$$47|$$

$$F1 = 47$$

Pembobotan F1 yakni adalah 0,15

F2 merupakan hubungan sudut penunjaman set diskontinuitas sesuai dengan model longsoran. Dalam kalkulasinya, dipakai kemiringan perpotongan set diskontinuitas (*plunge*). Berikut merupakan perhitungan nilai F2;

$$F2 =$$

$$\beta_j F2 =$$

$$49$$

Pembobotan F2 yakni 1

F3 merupakan hubungan antara dip lereng dengan *plunge intersection*, di mana nilainya mendeskripsikan keterkaitan antara permukaan lereng dengan nilai kemiringan kekar. Berikut merupakan perhitungan nilai F3 ;

$$F3 = \beta_j -$$

$$\beta_s F3 = 49$$

$$- 39$$

$$F3 = 10$$

Pembobotan F3 yakni -6

F4 merupakan metode penggalian yang digunakan pada lereng, apakah termasuk lereng alami, penggalian mekanis atau dilakukan peledakan. F4 sendiri menggunakan natural slope atau lereng alami. Pembobotan F4 yakni 15.

Tabel 10 Penilaian pembobotan hubungan kekar dengan lereng (Romana, 1985)

<i>Case</i>	<i>Condition</i>	<i>Very Favorable</i>	<i>Favorable</i>	<i>Fair</i>	<i>Unfavorable</i>	<i>Very Unfavorable</i>
P	$I\alpha_j - \alpha_s I$	$>30^0$	$30^0 - 20^0$	$20^0 - 10^0$	$10^0 - 5^0$	$<5^0$
T	$I\alpha_j - \alpha_s . 180I$					
P/T	$F1 = (1 - \sin I \alpha_j - \alpha_s I)^2$	0.15	0.4	0.7	0.85	1
P	$I\beta_j I$	$<20^0$	$20^0 - 30^0$	$30^0 - 35^0$	$35^0 - 45^0$	$>45^0$
P	$F2 = \tan^2 \beta_j$	0.15	0.4	0.7	0.85	1
T	$F2 = \tan^2 \beta_j$	1	1	1	1	1
P	$I\beta_j + \beta_s I$	$>10^0$	$10^0 - 0^0$	0^0	$0^0 - (-10^0)$	$<-10^0$
T	$I\beta_j + \beta_s I$	$<110^0$	$110^0 - 120^0$	$>120^0$	-	-
P/T	F3	0	-6	-25	-50	-60
<i>Method of Excavation</i>		<i>Natural Slope</i>	<i>Presplitting</i>	<i>Smooth blasting</i>	<i>Blasting/mechanical</i>	<i>Defficient blasting</i>
F4		15	10	8	0	-8

Maka didapatkan hasil perhitungannya ;

$$- F1 = 0,15$$

$$- F2 = 1$$

$$- F3 = -6$$

$$- F4 = 15$$

ANALISIS TINGKAT KELONGSORAN MENGGUNAKAN METODE ROCK MASS RATING (RMR) , SLOPE MASS RATING (SMR), SERTA METODE BISHOP PADA LERENG BATUAN X, KELURAHAN JANGLI, KECAMATAN TEMBALANG, KOTA SEMARANG

Perhitungan nilai SMR berdasarkan rumus maka diperoleh :

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

$$F4SMR = 72 + (0,15 \times 1 \times -6) +$$

$$15$$

$$SMR = 72 - 6 + 15$$

$$SMR = 86,1$$

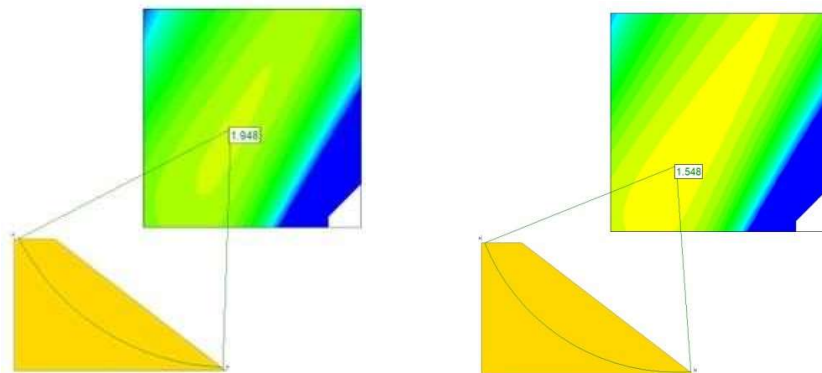
Adapun pengelompokan atau klasifikasi nilai SMR berdasarkan hasil data nilai SMR yakni menjadi angka 86,1 dimana menurut Klasifikasi nilai kelas SMR (Romana, 1985). Pembobotan 86,1 sendiri termasuk dalam kelas I yaitu very good di mana termasuk ke dalam completely stabil atau sangat stabil dengan kegagalan atau longsor tidak ada.

Tabel 11 Klasifikasi nilai kelas SMR (Romana, 1985)

<i>Class</i>	<i>SMR</i>	<i>Description</i>	<i>Stability</i>	<i>failures</i>	<i>Support</i>
<i>I</i>	<i>81-100</i>	<i>Very good</i>	<i>Complete stable</i>	<i>None</i>	<i>None</i>
<i>II</i>	<i>61-80</i>	<i>Good</i>	<i>Stable</i>	<i>Some blocks</i>	<i>Occasional</i>
<i>III</i>	<i>41-60</i>	<i>Normal</i>	<i>Partially stable</i>	<i>Some joints or many wedges</i>	<i>Systematic</i>
<i>IV</i>	<i>21-40</i>	<i>Bad</i>	<i>Unstable</i>	<i>Planar or big wedges</i>	<i>Important /corrective</i>
<i>V</i>	<i>0-20</i>	<i>Very bad</i>	<i>Completely unstable</i>	<i>Big planar or soil-like</i>	<i>Reexcavation</i>

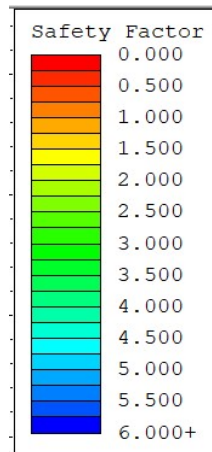
METODE BISHOP

Adapun metode Bishop yang digagas oleh A.W. Bishop di dalam penerapannya menggunakan prinsip potongan , di mana dilakukan analisis gaya-gaya yang mempengaruhi tiap potongan. Metode Bishop digunakan dalam melakukan analisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang menyerupai lingkaran. Metode ini memakai konsep irisan dalam menilai faktor keamanan dari suatu massa batuan yang berpeluang akan terjadinya runtuh material. Aspek keseimbangan digunakan pada masing-masing potongan yang membentuk suatu lereng. Metode Bishop mengasumsikan bahwa masing-masing gaya yang ada pada irisan memiliki resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1955).



Gambar 6 Pemodelan lereng kondisi kering dan lereng kondisi jenuh dengan menggunakan *software Slide*.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan, diketahui lereng penelitian memiliki dimensi tinggi 8 meter dengan kemiringan lereng (*slope*) sebesar 39 derajat. Setelah dilakukan pengolahan data dengan metode *Bishop Simplified* pada *software Slide*, diketahui nilai faktor keamanan (FK) pada kondisi kering pada lereng penelitian sebesar 1,948 ($FK > 1,25$) yang menyatakan bahwa lereng dalam keadaan aman. Hal ini ditunjukkan oleh gambar 2 di atas.



Gambar 7 Skala *Safety Factor* (Keamanan Lereng)

Berikutnya, setelah dilakukan pengolahan data dengan metode *Bishop Simplified* pada *software Slide* pada kondisi jenuh, diketahui bahwasanya nilai faktor keamanan pada lereng penelitian yakni sebesar 1,548 ($FK > 1,25$) yang menyatakan lereng dalam keadaan aman. Hal ini ditunjukkan oleh gambar 3. Berdasarkan pengolahan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Bishop Simplified*, baik pada kondisi kering maupun pada kondisi jenuh, diketahui bahwasanya nilai faktor keamanan yang diperoleh pada lereng penelitian dinilai sudah cukup tinggi dan dapat dikategorikan aman. Hal ini juga mengindikasikan bahwasanya berdasarkan tingkat keamanan lereng tersebut, tidak ada rekomendasi khusus yang dilakukan untuk mempertahankan stabilitasnya

KESIMPULAN

Berdasarkan pengerjaan dan analisis data yang telah dilakukan, evaluasi kondisi massa batuan di lokasi ini telah menghasilkan penilaian yang menguntungkan. Dalam pengerjaan RMR, berdasarkan bobot yang diberikan pada nilai kuat tekan batuan, RQD, spasi kekar, keadaan bidang diskontinuitas, dan kondisi air tanah, didapatkan nilai RMR sebesar 72, yang, menurut klasifikasi Bieniawski (1989), termasuk dalam kelas II atau "Pemerian Baik". Selain itu, kelas massa batuan menurut Bieniawski juga menunjukkan bahwa batuan ini mampu bertahan selama satu tahun untuk 10 meter span.

Sementara dalam analisis SMR, hasil perhitungan mengungkapkan persentase kinematika *wedge sliding* sebesar 0,62%. Pembobotan F1, F2, F3, dan F4 menghasilkan nilai SMR sebesar 86,1, yang secara klasifikasi dikategorikan sebagai "very good" atau "sangat baik" dengan potensi kegagalan atau longsoran yang hampir tidak ada. Oleh karena itu, kami

merekomendasikan untuk melakukan tindakan *scaling* guna meningkatkan faktor keamanan dan memastikan keselamatan di lokasi ini.

Berikutnya, setelah dilakukan pengolahan data menggunakan metode kesetimbangan batas Bishop, diketahui bahwasanya nilai keamanan pada lereng penelitian, baik dalam kondisi kering maupun di dalam kondisi jenuh, dapat dikategorikan sebagai lereng yang aman. Hal ini didasarkan pada nilai yang diperoleh, baik dalam kondisi kering maupun jenuh menunjukkan nilai ($FK > 1,25$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Dian Agus Widiarso, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis. Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada segenap keluarga, sahabat, dan teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan terhadap penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski, Z. T., 1989. Engineering Rock Mass Classification. Mining and Mineral Resources Research Institute. The Pennsylvania State University.
- Brown, E. T., 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods. Oxford: Published for the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics by Pergamon Press.
- Deere, D. U. dan 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*. Hal. 91-101.
- Deere, D.U. and Miller, R.P. 1966. Engineering Classification and Index Properties for Intact Rocks, Technical Report, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, AFNL-TR. 65-116.
- Swana, Galih W., M.Dicky., S., Irvan. Desain Lereng Final Dengan Metode RMR, SMR dan Analisis Kestabilan Lereng: Pada Tambang Batubara Terbuka, di Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. *Buletin Sumber Daya Geologi Volume 7 Nomor 2-2012*.
- Rusdy, I., Sugiyanto, D., Satrio, L., Zulfahriza, Rahman, A., Munandar, I., 2016. Geological Aspect of Slope Failure and Mitigation Approach in Bireun Takengon Main Road, Aceh Province, Indonesia. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 5(1), 30-37.
- Poedjoprajitno, S., Moechtar.H., dan Hidayat,S. 2009. Perubahan Lingkungan Pengendapan Hubungannya dengan Tektonik Kuarter (Studi Kasus Geologi Kuarter di Wilayah Dataran Rendah Aluvial hingga Pantai Sepanjang Maron- Sikucingkrajan, Kec. Gemuruh, Kab. Kendal (Jawa Tengah). *Jurnal Geo-Sciences. JSDG Vol. 19 No. 2 April 2009*.