

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE *ROCKMASS RATING*, *SLOPE MASS RATING*, DAN JANBU PADA JALAN SUMBING, KELURAHAN BENDUNGAN, KECAMATAN GAJAHMUNGKUR, KOTA SEMARANG

Bey Anandha Herfaes¹, Devina Aldalivia Budhi Giral di¹, Lutfia Yasmin¹,
Dian Agus Widiarso¹

¹Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik,
Universitas Diponegoro, SemarangEmail Penulis:
beyanandhaerfaes@students.undip.ac.id

Naskah Diterima: Mei 2024 /Revisi: Mei 2024 /Disetujui: Juni 2024

ABSTRAK

Kestabilan lereng merupakan suatu kondisi atau keadaan yang mantap atau stabil terhadap suatu bentuk dan dimensi lereng. Gerakan tanah yang terjadi di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan terutama pada musim hujan. Pergerakan massa tanah merupakan suatu proses geologi yang dimana merupakan hasil interaksi kondisi yang terjadi pada suatu lingkungan seperti morfologi, geologi, struktur geologi, hidrogeologi, dan penggunaan lahan. Terdapat juga pengaruh dari kondisi tektonik yang ada di Indonesia, yang dimana kondisi tektonik ini menyebabkan terbentuknya kenampakan morfologi berupa tinggian, patahan, batuan yang mudah lapuk yang dikarenakan adanya pengaruh iklim tropis, sehingga menyebabkan potensi gerakan tanah semakin tinggi. Adanya faktor pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, dapat memberikan dampak juga pada perubahan tata guna lahan, sehingga mengakibatkan bencana gerakan tanah akan semakin meningkat. Keruntuhan pada lereng alami atau buatan disebabkan karena adanya perubahan antara lain topografi, seismik, aliran air tanah, kehilangan kekuatan, perubahan tegangan, dan musim / iklim / cuaca. Akibat adanya gaya luar yang bekerja pada material pembentuk lereng menyebabkan material pembentuk lereng mempunyai kecenderungan untuk menggelincir.

Kata kunci: Lereng; Tanah; Tektonik; Geologi

ABSTRACT

Slope stability is a condition or condition that is steady or stable regarding the shape and dimensions of the slope. The land movement that occurs in Indonesia increases every year, especially during the rainy season. The movement of land masses is a geological process which is the result of the interaction of conditions that occur in an environment such as morphology, geology, geological structure, hydrogeology and land use. Apart from that, there is also the influence of tectonic conditions in Indonesia, where these tectonic conditions cause the formation of morphological features in the form of heights, faults, easily weathered rocks due to the influence of the tropical climate, thus causing the potential for ground movement to be higher. Apart from that, the very rapid population growth factor can also have an impact on changes in land use, resulting in land movement disasters increasing. Collapse on natural or artificial slopes is caused by changes including topography, seismic, groundwater flow, loss of strength, changes in stress, and season/climate/weather. As a result of external forces acting on the slope-forming material, the slope-forming material has a tendency to slide.

Keywords: Slopes, soils, tectonics, and geology

PENDAHULUAN

Kestabilan lereng merupakan suatu kondisi atau keadaan yang mantap atau stabil terhadap suatu bentuk dan dimensi lereng (Duncan, et al, 2004). Kestabilan lereng diperlukan dalam pengerjaan berkaitan dengan penimbunan maupun penggalian batuan atau bahan galian, terutama di penggalian yang bersifat terbuka. Nilai dari kestabilan lereng selanjutnya dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan *Rock Mass Rating* (RMR), *Slope Mass Rating* (SMR), serta perhitungan menggunakan metode Janbu.

Gerakan tanah yang terjadi di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan terutama pada musim hujan. Pergerakan massa tanah merupakan suatu proses geologi yang merupakan hasil interaksi kondisi yang terjadi pada suatu lingkungan seperti morfologi, geologi, struktur geologi, hidrogeologi, dan penggunaan lahan. Selain itu, terdapat juga pengaruh dari kondisi tektonik yang ada di Indonesia, di mana kondisi tektonik ini menyebabkan terbentuknya kenampakan morfologi berupa tinggian, patahan, batuan yang mudah lapuk yang dikarenakan adanya pengaruh iklim tropis, sehingga menyebabkan potensi gerakan tanah semakin tinggi. Selain itu, adanya faktor pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, dapat memberikan dampak juga pada perubahan tata guna lahan, sehingga mengakibatkan bencana gerakan tanah akan semakin meningkat.

Daerah penelitian yakni Kelurahan Bendungan, Kecamatan Gajahmungkur, Kota Semarang di mana morfologi yang terdapat pada area tersebut antara lain dataran rendah dan perbukitan dengan elevasi berkisar di 0,75–348 mdpl. Topografinya sendiri beragam mulai dari pantai dan daratan dengan kemiringan perbukitan ini berkisar di 0–45%. Apabila daerah penelitian diamati secara langsung tanpa dilakukannya perhitungan menggunakan metode *Rock Mass Rating* dan *Slope Mass Rating*, maka dapat diketahui bahwa daerah penelitian ini akan mudah mengalami peristiwa tanah longsor, yang di mana tanah longsor ini akan merugikan masyarakat setempat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui keadaan kestabilan lereng yang ada pada daerah Jalan Sumbing, Kelurahan Bendungan, Kecamatan Gajahmungkur, Kota Semarang.

a. *Tinjauan Pustaka*

- 1) Kestabilan Lereng
- 2) Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng
- 3) Analisis Kinematika

3.1 *Planar Sliding*

Keruntuhan geser planar merupakan bentuk longsoran atau keruntuhan yang paling mudah diidentifikasi dan dianalisis. Keruntuhan bidang dapat terjadi dengan bidanggelincir tunggal. Kondisi yang dapat menyebabkan keruntuhan *planar sliding* ialah:

- Kemiringan lereng lebih besar daripada kemiringan bidang gelincir,
- Jejak bagian bawah bidang diskontinuitas yang menjadi bidang gelincir muncul di mukalерeng,
- Bidang gelincir memiliki jurus yang sejajar atau hampir sejajar (maksimal 20°) dengan jurus permukaan lereng,
- Kemiringan bidang gelincir lebih besar daripada sudut geser didalamnya.

3.2 *Wedge Sliding*

Keruntuhan geser baji akan terjadi apabila ada dua bidang diskontinuitas atau lebih berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji terhadap lereng. Pernyataan lainnya yang harus terpenuhi untuk *Wedge Sliding* ini ialah:

- Arah garis perpotongan kedua bidang diskontinuitas harus mendekati arah kemiringan muka lereng,

- Sudut lereng lebih besar daripada sudut garis potong kedua bidang diskontinuitas,
- Garis perpotongan dua bidang diskontinuitas harus menembus permukaan lereng,
- *Plunge* dari garis perpotongan kedua bidang diskontinuitas lebih besar daripada sudut geser didalamnya.

3.3 *Direct Toppling*

Keruntuhan jungkiran umumnya terjadi pada massa batuan yang kemiringan bidang-bidang diskontinuitasnya berlawanan arah dengan kemiringan lereng. Bidang diskontinuitas tersebut akan membentuk kolom yang akan mengguling apabila bidang diskontinuitas yang menghubungkan antarkolom menggelincir. Beberapa kondisi yang dapat menyebabkan keruntuhan tipe jungkiran adalah:

- Jurus dari bidang diskontinuitas harus dan/atau mendekati paralel dengan jurus permukaan lereng (perbedaan arah maksimal 20°),
- *Plunge* dari bidang gelincir harus lebih kecil dari kemiringan permukaan lereng dikurangi dengan sudut geser yang ada di dalam dari bidang gelincir tersebut.

METODOLOGI

a. *Sumber Data*

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian yaitu pengambilan data di lapangan. Penulis mendapatkan sumber data berupa data kuantitatif dan kualitatif.

Data kuantitatif merupakan sebuah data informasi berupa angka atau bilangan. Data kuantitatif ini didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran di lapangan dilakukan menggunakan menggunakan metode *scanline* di sepanjang lereng pada lokasi pengamatan. Metode *scanline* ini merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mengobservasi dan mengukur rekahan pada suatu bidang permukaan (Gusti Ayu, 2017). Sedangkan data kualitatif merupakan salah satu jenis data yang dapat diamati dan direkam. Data kualitatif ini bersifat non-numerik atau non – angka.

b. *Analisis Rock Mass Rating*

Analisis *Rock Mass Rating* (RMR) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan massa batuan. Metode *Rock Mass Rating* ini dikembangkan oleh Bieniawski pada tahun 1989. Di dalam metode RMR, mengklasifikasikan massa batuan menggunakan parameter-parameter yang sekiranya dapat mempengaruhi sifat batuan. Parameter tersebut selanjutnya dapat dipresentasikan hasilnya kedalam indeks penilaian untuk mengetahui kualitas dari massa batuan dan kelas massa batuan tersebut. Berikut beberapa parameter yang digunakan didalam menentukan kelas massa batuan pada metode *Rock Mass Rating*, yaitu:

1) Kekuatan Batuan Utuh

Kekuatan batuan utuh dapat diketahui melalui pengujian secara langsung di lapangan maupun uji laboratorium. Pengujian nilai kuat tekan batuan secara langsung di lapangandilakukan dengan memukul batuan dengan palu geologi. Selanjutnya, nilai kuat tekan di lapangan tersebut dikorelasikan dengan nilai kuat tekan batuan hasil uji laboratoriumyaitu uji kuat tekan uniaksial atau *uniaxial compressive strength* (UCS). Hasil dari uji kuat tekan batuan utuh yang dilakukan di laboratorium selanjutnya dikorelasikandengan hasil uji kuat tekan batuan di lapangan yang

menggunakan palu geologi. Pengujian kuat tekan batuan utuh dengan estimasi di lapangan akan menghasilkan parameter-parameter yang telah dibuat oleh Bieniawski (1989).

Tabel 1 Klasifikasi Kuat Batuan Utuh

<i>Hammer Test</i>	UCS (MPa)	<i>Rating</i>
Terkelupas oleh palu geologi	>250	15
Banyak pukulan palu geologi	100-250	12
Lebih dari satu pukulan palu geologi	50-100	7
Tidak tergores pisau-Palu geologi	25-50	4
Tergores pisau-pukulan palu	5 - 25	2
Hancur dan tergores pisau	1 - 5	1
Tergores kuku	<1	0

2) *Rock Quality Designation* (RQD)

Rock Quality Designation merupakan ukuran kasar mengenai derajat keretakan pada massa batuan. Perhitungan nilai RQD memiliki dua metode yang digunakan, yaitu metode langsung dan metode tidak langsung. Perhitungan dengan metode tidak langsung dilakukan apabila tersedia data bor atau *core log*. Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung data kekar yang telah diperoleh di mana data kekar ini memiliki jarak kekar lebih dari 10 cm (Deere, 1989). Sedangkan metode langsung digunakan apabila *core logs* tidak tersedia. Metode langsung dikembangkan oleh Priest & Hudson pada tahun 1976.

Tabel 2 Klasifikasi Kualitas Batuan

RQD (%)	Kualitas Batuan	<i>Rating</i>
90-100	<i>Excellent</i> (Sangat Bagus)	20
75-90	<i>Good</i> (Baik)	17
50-75	<i>Fair</i> (Sedang)	13
25-50	<i>Poor</i> (Buruk)	8
<25	<i>Very Poor</i> (Sangat Buruk)	3

3) Jarak Diskontinuitas

Jarak diskontinuitas merupakan suatu ketidakmenerusan pada suatu massa batuan yang mempengaruhi kualitas dari batuan tersebut. Di dalam hal ini kemenerusan tersebut dapat berupa kekar, sesar, dan bidang diskontinuitas lainnya.

Tabel 3 Deskripsi Spasi Diskontinuitas (Bieniawski, 1979)

Deskripsi	Jarak (m)	<i>Peringkat</i>
Sangat Lebar	>2	20
Lebar	0.6 - 2	15
Sedang	0.2 - 0.6	8
Rapat	0.06 - 0.2	5
Sangat Rapat	<0.06	1

4) Kondisi Diskontinuitas

Pengamatan kondisi diskontinuitas dilakukan dengan cara mengukur dan menghitung beberapa subparameter yang ada di dalamnya. Subparameter yang ada yaitu panjang bidang diskontinuitas, bukaan bidang diskontinuitas, kekasaran dari permukaan bidang diskontinuitas, jenis material pengisi bidang diskontinuitas, kondisi pelapukan yang ada pada setiap bidang diskontinuitas, dan kondisi pelapukan yang ada pada setiap bidang diskontinuitas. Pengamatan

ini dilakukan secara langsung pada batuan di lereng yang diukur, kemudian diklasifikasikan menggunakan tabel yang telah dipublikasi.

Tabel 4 Pedoman Pembobotan Kondisi Bidang Diskontinuitas

Parameter	Rating				
Panjang Kekar	<1 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	>20 m 0
Jarak antar permukaan	Tidak Ada 6	<0.1 mm 5	0.1 - 1.0 mm 4	1 - 5 mm 1	>5 mm 0
Kekasaran kekar (<i>Roughness</i>)	Sangat Kasar 6	Kasar 5	Sedikit Kasar 3	Halus 1	Slickendsided 0
Material Pengisi (<i>Infilling/Gouge</i>)	Tidak Ada 6	Keras <5 mm 4		Lunak >5 mm 2	
Kelapukan (<i>Weathering</i>)	Tidak Lapuk 6	Sedikit Lapuk 5	Lapuk 3	Sangat Lapuk 1	Hancur 0

c. Metode Janbu

Metode Janbu merupakan salah satu metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium*) di mana metode ini dapat digunakan untuk menganalisis lereng bidang gelincir yang tidak berbentuk busur lingkaran (non-sirkular). Bidang longsor pada analisis metode Janbu dapat ditentukan berdasarkan zona lemahnya yang terdapat pada massa batuan. Metode ini menggunakan suatu faktor koreksi (f_0) untuk mengkoreksi bentuk bidang gelincir yang tidak berupa busur lingkaran. Metode Janbu memberikan faktor keamanan yang bersifat logis apabila diterapkan pada bidang gelincir yang landai (Yori dkk, 2021). Dalam menghitung faktor keamanan tersebut dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$FK = \frac{f_0 \sum X / (1 + \frac{Y}{FS})}{\sum Z + Q}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Geologi Daerah Penelitian

Secara administrasi daerah penelitian terletak di wilayah Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Kota Semarang memiliki luas wilayah sebesar 373,70 km² dan secara geografis terletak pada koordinat 110°16'20'' - 110°30'29'' BT dan 6°55'34'' - 7°07'04'' LS. Kota Semarang sangat dipengaruhi oleh keadaan alam yang mempunyai ciri khas yaitu terdiri dari daerah perbukitan, dataran rendah, dan daerah pantai dengan kemiringan tanah berkisar antar 0–40% dan ketinggian antara 0,75–348,00 mdpl. Kota Semarang didominasi oleh endapan aluvial yang memiliki umur Kuarter terutama pada daerah bagian utara. Pada bagian selatan berupa tinggian yang didominasi oleh batuan vulkanik dan tampak beberapa struktur patahan. Adapun stratigrafi regional yang melandasi kavling, yaitu:

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE *ROCK MASS RATING*, *SLOPE MASS RATING*, DAN JANBU PADA JALAN SUMBING, KELURAHAN BENDUNGAN, KECAMATAN GAJAHMUNGKUR, KOTA SEMARANG

1) Seri Batuan Gunungapi Gajah Mungkur dan Kaligesik

Batuan gunungapi Gajah Mungkur berupa lava andesit, sedangkan batuan Gunungapi Kaligesik berupa lava basaltik.

2) Formasi Damar

Formasi Damar terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksiv ulkanik. batupasir tufaan yang ada pada formasi Damar ini memiliki warna kuning kecokelatan dengan butir halus—Hasil Data RMR dan SMR.

Tabel 5 Data RMR

Rock Mass Rating (RMR)		
KUAT BATUAN UTUH UCS (Mpa)		
Bisa ditekan dengan paku	0.25 - 1	☐
Hancur bila dipukul dengan palu	5 - 25	
Tidak dapat digores dengan pisau	25 - 50	
Dapat hancur ketika dipukul lebih dari satu kali	50 - 100	
Dapat hancur ketika dipukul berkali-kali palu geologi	100 - 250	
Sulit pecah dipukul dengan palu geologi	> 250	
KONDISI KEKAR		
<i>PERSISTENCE</i> (KEMENERUSAN)	<1 m	☐
	1 - 3 m	
	3 - 10 m	
	10 - 20 m	
	>20 m	
<i>SEPARATION</i> (KERAPATAN CELAH KEKAR)	<0.1 mm	
	0.1 - 0.5 mm	
	0.5 - 2.5 mm	☐
	2.5 - 10 mm	
	>10 mm	
<i>ROUGHNESS</i> (KEKASARAN)	<i>Very rough</i>	
	<i>Rough</i>	☐
	<i>Slightly rough</i>	
	<i>Smooth</i>	
	<i>Slickenside</i>	
<i>FILLING</i> (PENGISI)	<i>None</i>	☒
	<i>Hard filling</i> <5 mm	
	<i>Hard filling</i> >5 mm	
	<i>Soft filling</i> <5 mm	
	<i>Soft filling</i> >5 mm	
<i>WEATHERING</i> (PELAPUKAN)	Tidak Lapuk/Segar	
	Pelapukan Ringan	
	Pelapukan Sedang	
	Pelapukan Kuat	☒
	Sangat Lapuk	

Tabel 6 Data Kondisi Airtanah

Kondisi Airtanah	
Kering	✓
Lembab	
Basah	
Menetes	
Mengalir	

Tabel 7 Data Scanline

SCANLINE AND ORIENTATION JOINT (FOR RMR AND SMR)		
Panjang Scanline (m)	30 meter	
Orientasi Lereng	Strike: N 165°E	Dip: 79°
Orientasi Scanline	Strike: N 103°E	Dip: 8°
Kemiringan/Slope Lereng	79°	

Tabel 8 Data Strike dan Dip

Meter ke-	Strike	Dip
0,2 m	N 184° E	61°
0,7 m	N 183° E	81°
1,73 m	N 171° E	76°
3 m	N 212° E	72°
6,1 m	N 225° E	80°
8,5 m	N 315° E	89°
8,7 m	N 168° E	77°
9,6 m	N 140° E	86°
10,48 m	N 137° E	81°
10,95 m	N 195° E	83°
11,6 m	N 193° E	86°
12,75 m	N 178° E	86°
14,25 m	N 188° E	63°
14,4 m	N 161° E	60°
15 m	N 267° E	65°
15,7 m	N 170° E	86°
16,25 m	N 87° E	76°
16,4 m	N 158° E	85°
16,55 m	N 298° E	80°
17,7 m	N 159° E	82°
18 m	N 148° E	81°
18,4 m	N 133° E	81°
18,7 m	N 285° E	80°
19,2 m	N 141° E	78°
20 m	N 185° E	84°
21 m	N 187° E	85°
21,9 m	N 184° E	78°
24,1 m	N 180° E	80°
26,5 m	N 174° E	84°
28,3 m	N 183° E	87°

b. Parameter RMR

Dalam pelaksanaan analisis RMR, diperlukan beberapa parameter dari sampel yang akan dilakukan pengujian. Dalam analisis ini digunakan parameter dari Bieniawski (1989) sebanyak lima parameter untuk selanjutnya dilakukan perhitungan yang akan mendapatkan nilai RMR. Kelima parameter tersebut yakni:

1) Kuat Tekan Batuan

Parameter kuat tekan batuan dilakukan dengan menguji sampel yang telah diambil di lokasi penelitian. Pada kondisi lapangan diketahui bahwa sampel dapat ditekan dengan palu sehingga berdasarkan Tabel 9. pembobotan RMR maka didapatkan kelas batuan dengan kuat tekan 0,25 - 1 Mpa dengan pembobotannya sebesar 0.

Tabel 9 Manual Indeks *Uniaxial Compressive Strength* (UCS)

Kode	Deskripsi	Uji Lapangan	UCS (MPa)	Index Point Load (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
4	Sangat Kuat	Dapat hancur ketika dipukul berkali-kali dengan palu geologi	100 - 250	4 - 10
5	Sangat Kuat Sekali	Sulit pecah dipukul dengan palu geologi	>250	>10

2) RQD (*Rock Quality Designation*)

Dalam pengerjaan RQD dilaksanakan perhitungan dengan metode *scanline* dengan *scanline* sepanjang 30 m. Perhitungan RQD menghasilkan nilai sebesar 99.8187 di mana berdasar Tabel 10. hubungan RQD dan kualitas massa batuan, sampel termasuk ke dalam batuan dengan kualitas sangat baik. Kelompok ini memiliki pembobotan sebesar 20.

Tabel 10 Klasifikasi Kualitas Batuan Berdasarkan Perhitungan RQD

RQD (%)	Kualitas Batuan	Rating
90-100	<i>Excellent</i> (Sangat Bagus)	20
75-90	<i>Good</i> (Baik)	17
50-75	<i>Fair</i> (Sedang)	13
25-50	<i>Poor</i> (Buruk)	8
<25	<i>Very Poor</i> (Sangat Buruk)	3

3) Spasi Diskontinuitas

Diskontinuitas atau pada penelitian ini merujuk ke kekar di mana parameter ini adalah nilai dari garis tegak lurus antar kekar. Dilakukan pengukuran garis-garis ini pada lereng yang diuji yang selanjutnya dilakukan perhitungan dan didapatkan rata-rata sebesar 1,54 yang kemudian nilai tersebut dikonversikan ke dalam mm menjadi 1540 sehingga spasidiskontinuitas pada lokasi penelitian termasuk ke dalam kelas “Wide” dengan nilai berkisar di 600-2000 mm. Kelas “Wide” ini selanjutnya memiliki pembobotan sebesar 15.

Tabel 11 Deskripsi Spasi Diskontinuitas (Bieniawski, 1979)

<i>Description</i>	<i>Spacing (mm)</i>	<i>Rating</i>
<i>Very Close</i>	<60	5
<i>Close</i>	60 - 200	8
<i>Moderate</i>	200 - 600	10
<i>Wide</i>	600 - 2000	15
<i>Very Wide</i>	>2000	20

4) Kondisi Diskontinuitas

Parameter ini tersusun atas subparameter yang berkaitan dengan lereng penelitian di mana subparameter tersebut yakni; *persistence*, *separation/aperture*, *roughness*, *filling(gouge)*, dan *weathering*. Kelima subparameter tersebut berdasarkan pada kondisi lapangan dapat dijabarkan secara singkat yaitu;

- *persistence* atau kemenerusan yakni sebesar 1-3 m dengan pembobotan sebesar 4,
- *separation* atau kerapatan celah kekar yakni >5 mm dengan nilai pembobotan 0,
- *roughness* atau kekasaran yang sedikit kasar berbobot 3,
- *filling (gouge)* yang tidak dijumpai pada kekar yang ada di lokasi penelitian sehingga berbobot 6, dan
- *weathering* (pelapukan) yang sedang sehingga berbobot 3. Berdasarkan kelima subparameter dari parameter kondisi diskontinuitas ini diketahui bahwa total bobot sebesar 16.

Tabel 12 Data Kondisi Kekar

Kondisi Kekar	
Persistensi	4
<i>Aperture/Separation</i>	0
<i>Roughness</i>	3
<i>Filling</i>	6
<i>Weathering</i>	3
Bobot	16

Tabel 13 Pedoman Pembobotan Kondisi Diskontinuitas

Parameter	Rating				
Panjang Kekar	<1 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	>20 m 0
Jarak antar permukaan	Tidak Ada 6	<0.1 mm 5	0.1 - 1.0 mm 4	1 - 5 mm 1	>5 mm 0
Kekasaran kekar (<i>Roughness</i>)	Sangat Kasar 6	Kasar 5	Sedikit Kasar 3	Halus 1	<i>Slickensided</i> 0
Material Pengisi (<i>Infilling/Gouge</i>)	Tidak Ada 6	Keras <5 mm 4		Lunak >5 mm 2	
Kelapukan (<i>Weathering</i>)	Tidak Lapuk 6	Sedikit Lapuk 5	Lapuk 3	Sangat Lapuk 1	Hancur 0

5) Kondisi Airtanah

Pengamatan yang dilakukan pada lereng penelitian menunjukkan bahwa airtanah memiliki kadar yang cukup rendah sehingga singkapannya cenderung kering dan hasil pengeplotan pada Tabel 14. memiliki bobot sebesar 15.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan rincian pembobotan sebagai berikut; Kuat Batuan Utuh (0) + *Rock Quality Desgination* (20) + Spasi Rekahan (15) + Kondisi Rekahan (16) + Airtanah (15), sehingga didapatkan hasil pengolahan data RMR pada lapangan pengamatan ini yaitu nomor kelas II, dengan pemerian baik, kohesi 300 – 400 kPa, dan sudut gesek dalam ($^{\circ}$) sebesar 35–45 serta total sebesar 66. Jika dimasukkan kedalam klasifikasi menurut Bieniawski (1989). Berdasarkan kelas yang sudah didapatkan dari hasil menjumlahkan parameter yang ada pada *Rock Mass Rating*, maka kelas yang didapatkan pada lokasi pengamatan ini memiliki *stand up time* rata-rata 1 tahun untuk 10 meter dengan kohesi massa batuan 300 – 400 kPa, dan sudut gesekdalam ($^{\circ}$) 350 – 450.

Tabel 14 Data Kondisi Air

Kondisi Airtanah	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

c. Perhitungan dan Nilai RMR

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan data yang telah dilakukan pada lapangan pengamatan sesuai dengan parameter – parameter yang ada, maka didapatkan pembahasan mengenai nilai Rock Mass Rating sebagai berikut:

Tabel 15 Parameter Klasifikasi dan Pembobotannya

No	Parameter		Selang Nilai														
1.	Kekuatan Batuan Utuh	Indeks Kekuatan <i>Point Load</i> (Mpa)	>10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Untuk nilai yang kecil dipakai hasil UCS										
		Kuat Tekan Uniaksial (Mpa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	<table><tr><td>5 - 25</td><td>1</td><td><1</td></tr><tr><td></td><td>-</td><td></td></tr><tr><td></td><td>5</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	5 - 25	1	<1		-			5		2
5 - 25	1	<1															
	-																
	5																
2	1	0															
2.	Pembobotan <i>Rock Quality Designation</i> (%)		15	12	7	4											
	Pembobotan		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25										
3.	Spasi Rekahan		20	17	13	5	3										
	Pembobotan		>2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	60 - 200 mm	<60 mm										
4.			20	15	10	8	5										
	Kondisi Rekahan		Permukaan sangat kasar, tidak menerus, tidak renggang, dan tidak lapuk	Agak kasar, renggangan, <1 mm, agak lapuk	Agak kasar, renggangan, <1 mm, sangat lapuk	Slickensides / gouge <5 mm, renggangan 1 - 5 mm, menerus	Gouge lemah, tebal >5 mm atau renggangan 5 mm, menerus										
	Pembobotan		30	25	20	10	0										
			Tidak Ada	<10	Oct-25	25 - 125	> 125										
5.	Air Tanah	Aliran/10 cm panjang terowongan (L/min)															
		Tekanan pori / tegangan utama max	0	<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5										
		Keadaan umum	Kering	lembab	basah	menetes	mengalir										
	Pembobotan		15	10	7	4	0										

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan rincian pembobotan sebagai berikut Kuat Batuan Utuh (0) + *Rock Quality Designation* (20) + Spasi Rekahan (15) + Kondisi Rekahan (16) + Airtanah (15), sehingga didapatkan hasil pengolahan data RMR pada lapangan pengamatan ini yaitu kelas II, dengan pemerian baik, kohesi 300 – 400 kPa, dan sudut gesek dalam (°) sebesar 35 – 45 total sebesar 66.

Tabel 16 Klasifikasi Hasil Pembobotan Berdasarkan Data RMR (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 KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE *ROCK MASS RATING*, *SLOPE MASS RATING*, DAN JANBU PADA JALAN SUMBING, KELURAHAN BENDUNGAN, KECAMATAN GAJAHMUNGKUR, KOTA SEMARANG

Berdasarkan kelas yang sudah didapatkan dari hasil menjumlahkan parameter yang ada pada Rock Mass Rating, maka kelas yang didapatkan pada lokasi pengamatan ini memiliki *stand up time* rata – rata 1 tahun untuk 10 meter dengan kohesi massa batuan 300 – 400 kPa, dan sudut gesek dalam (°) 350 – 450.

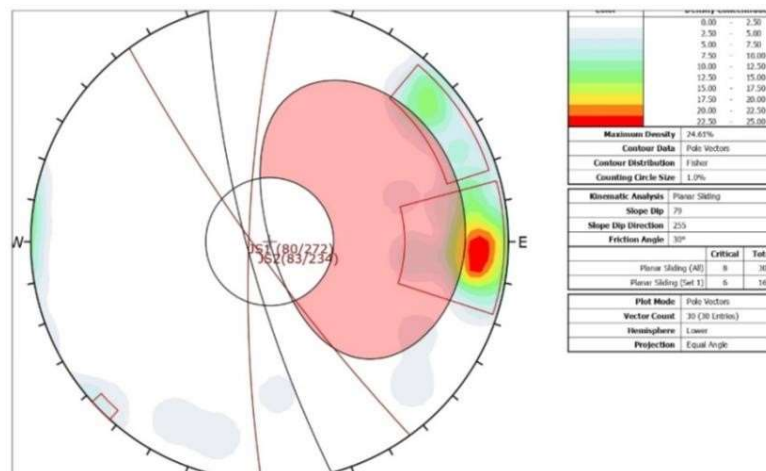
Tabel 17 Tabel Kelas Lokasi Pengamatan

No. Kelas	I	II	III	IV	V
Stand up time rata-rata	20 th. Untuk 15 m span	1 th. Untuk 10 m span	1 minggu. Untuk 5 m span	10 jam. Untuk 2.5 m span	30 menit. Untuk 1 m span
Kohesi massa batuan (kPa)	>400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	<100
Sudut gesek dalam	>450	350 - 450	250 - 350	150 - 250	<150

d. Analisis Kinematika

1) Planar Sliding

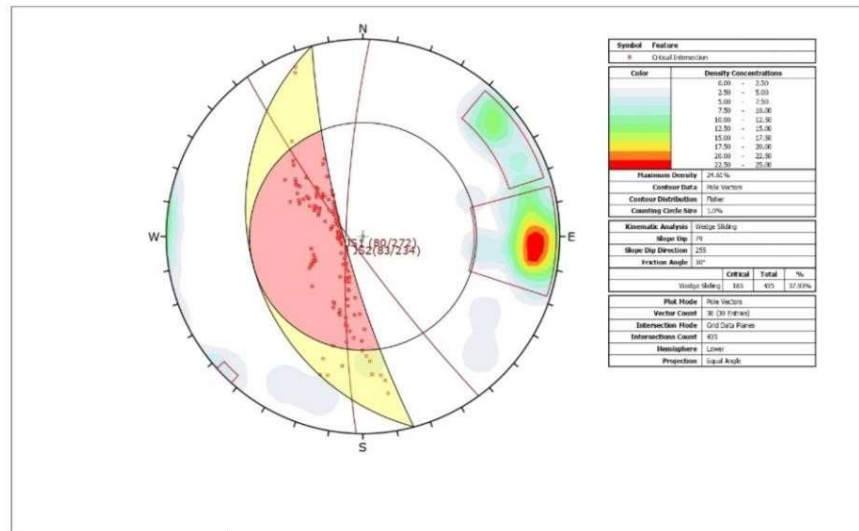
Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software*, dapat diketahui padametode *Planar Sliding* atau keruntuhan geser didapatkan hasil seperti Gambar 1.



Gambar 1 Analisis Kinematika *Planar Sliding*

2) Wedge Sliding

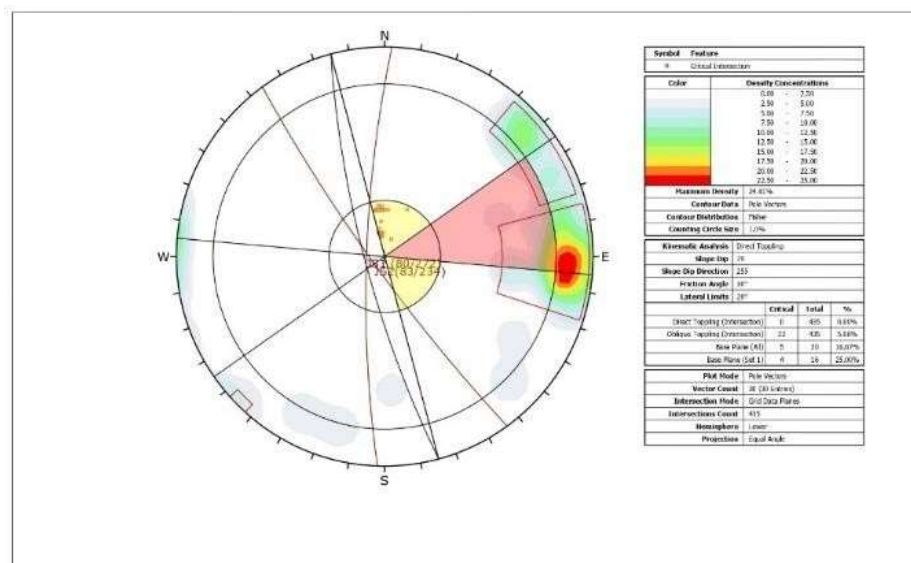
Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software*, dapat diketahui metode *Wedge Sliding* atau keruntuhan geser baji didapatkan hasil seperti Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Analisis Kinematika *Wedge Sliding*

3) *Direct Toppling*

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software*, dapat diketahui pada metode *Direct Toppling* atau keruntuhan jungkitan didapatkan hasil seperti Gambar 3 di bawah ini.

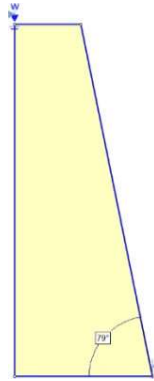


Gambar 3 Analisis Kinematika *Direct Toppling*

e. *Metode Janbu*

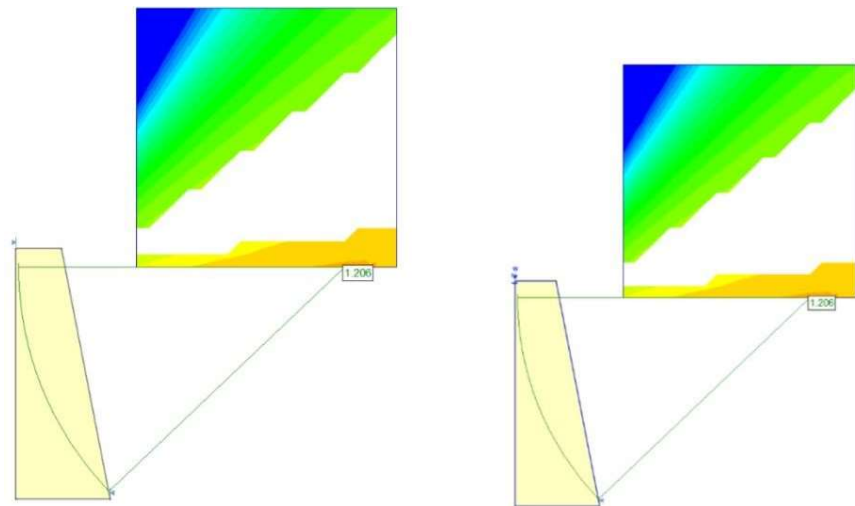
Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan pada *software*, dihasilkan pemodelan lereng sebagai berikut di mana berdasarkan hasil pengukuran di lapangan didapatkan hasil berupa tinggi lereng yakni 5 m dengan sudut kemiringan lereng sebesar 79°.

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE *ROCK MASS RATING*, *SLOPE MASS RATING*, DAN *JANBU* PADA JALAN SUMBING, KELURAHAN BENDUNGAN, KECAMATAN GAJAHMUNGKUR, KOTA SEMARANG

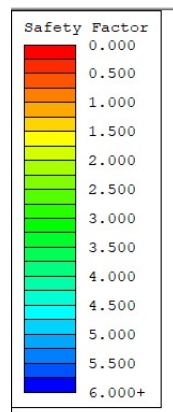


Gambar 4 Pemodelan Lereng pada *Software*

Setelah dilakukan pengolahan dengan metode *Janbu Simplified* pada *software* yang sama, didapatkan hasil nilai FK sebesar 1.206, baik pada kondisi kering maupun jenuh, yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5 (kiri) dan 6 (kanan) Pemodelan Lereng pada Kondisi Kering (kiri) dan Kondisi Jenuh (kanan)



Gambar 7 Skala *Safety Factor* (Keamanan Lereng)

Berdasarkan hasil pengolahan, diketahui bahwa tingkat keamanan lereng dengan pemodelan yang sudah dilakukan masih cukup rendah yakni senilai 1.206 walau tidak dijumpai adanya perbedaan dari lereng kering dan jenuh sehingga diketahui perlu dilakukan pemodelan baru agar supaya nilai keamanan meningkat. Pemodelan lereng dapat dilakukan dengan *software* yang sama dengan membuat pemodelan baru namun masih dengan memperhatikan titik-titik dari lereng yang asli dari hasil pengukuran di lapangan.

f. Perhitungan dan Nilai SMR

Berdasarkan pengolahan data dan perhitungan data yang dilakukan untuk metode SMR, maka didapatkan pembobotan nilai F1 sebesar 0.15, F2 sebesar 0.15, F3 sebesar 0, dan F4 sebesar 0.15. Berikut penyajian di dalam Tabel 18. yakni tabel penilaian pembobotan hubungan kekar dengan lereng menurut Romana (1985).

Tabel 18 Hasil Perhitungan dan Nilai SMR

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

Setelah mendapatkan nilai RMR dan nilai F1, F2, F3, dan F4, maka dapat dilanjutkan kedalam perhitungan nilai SMR dengan rumus:

$$SMR = RMR + (F1.F2.F3) + F4$$

$$SMR = RMR + (F1.F2.F3) + F4$$

$$SMR = 66 + ((0.15)(0.15)(0)) + F4$$

$$SMR = 81$$

Very Good

Untuk perhitungannya sendiri nilai *Rock Mass Rating*

$(66) + (\text{nilai } F1(0.15) \times \text{nilai } F2(0.15) \times \text{nilai } F3(0)) + \text{nilai } F4(15)$
sehingga didapatkan hasil sebesar 81 dengan klasifikasi “*very good*” menurut Tabel 19 yakni tabel klasifikasi nilai SMR menurut Romana (1985).

Tabel 19 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	81 - 100	<i>Very Good</i>	<i>Completely Stable</i>	<i>None</i>	<i>None</i>
II	61 - 80	<i>Good</i>	<i>Stable</i>	<i>Some Blocks</i>	<i>Occasional</i>
III	41 - 60	<i>Normal</i>	<i>Partially Stable</i>	<i>Some joints or many wedges</i>	<i>Systematic</i>
IV	21 - 40	<i>Bad</i>	<i>Unstable</i>	<i>Planar or big wedges</i>	<i>Important / Corrective</i>
V	0 - 20	<i>Very Bad</i>	<i>Completely Unstable</i>	<i>Big planar or soil-like</i>	<i>Reexcavation</i>

g. Rekomendasi

Rekomendasi terhadap nilai SMR ini termasuk ke dalam kelas *None*, *Scaling* yang menandakan bahwa tidak perlu dilakukan suatu perlakuan terhadap lereng tersebut.

Tabel 20 Rekomendasi Berdasarkan Nilai SMR

<i>SMR</i>	<i>Support Measures</i>
65 - 100	<i>None. Scalling</i>
45 - 70	<i>Protection</i>
30 - 75	<i>Reinforcing</i>
20 - 60	<i>Concreting</i>
10 - 40	<i>Drainage</i>
10 - 30	<i>Toe walls. Reexcavation</i>

Sedangkan untuk tindakan dukungan terhadap nilai SMR menurut Romana (1985) untuk daerah pengamatan ini adalah:

Tabel 21 Tindakan Dukungan Berdasarkan Nilai SMR (Romana, 1985)

<i>Class</i>	<i>SMR</i>	<i>Support</i>
I a	91 - 100	<i>None</i>
I b	81 - 90	<i>None. Scalling</i>
II a	71 - 80	<i>(None. Toe ditch or fence)</i> <i>Spot bolting</i>
II b	61 - 70	<i>Toe ditch or fence. Nets</i> <i>Spot or Systematic bolting</i>
III a	51 - 60	<i>Toe ditch and / or fence nets</i> <i>Spot or Systematic bolting</i> <i>Spot shotcrete</i>
III b	41 - 50	<i>(Toe ditch and / or nets)</i> <i>Systematic bolting. Anchors</i> <i>Systematic shotcrete</i> <i>Toe wall and / or dental concrete</i>
IV a	31 - 40	<i>Anchors</i> <i>Systematic shotcrete</i>

IV b	21 - 30	Toe wall and / or concrete (Reexcavation) Drainage Systematic reinforced shortcrete
		Toe wall and / or concrete Reexcavation. Deep drainage
V a	11 - 20	Gravity or anchored wall
Reexcavatin		

(i) Very often several different support methods are used in the same slope.

(ii) Less usual support measure are in brackets.

Scalling system sendiri memiliki tujuan untuk mencegah kemungkinan terjadinya longsor atau runtuh dari blok batuan yang berpotensi mengalami keruntuhan. Pemotongan blok batuan ini dapat dibantu menggunakan alat berat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa data RMR yang didapatkan pada lapangan merupakan golongan nomor kelas II, dengan pemerian yang baik, kohesi 300 – 400 kPa, dan sudut gesek dalam ($^{\circ}$) sebesar 35 – 45 total sebesar 66. Kemudian, setelah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data SMR menurut (Romana, 1985), dengan rekomendasi berupa *none, scalling*. *Scalling system* sendiri memiliki tujuan untuk mencegah kemungkinan terjadinya longsor atau runtuh dari blok batuan yang berpotensi mengalami keruntuhan. Dalam analisis kinematika untuk pengolahan data lapangan pengamatan ini digunakan tiga metode yaitu metode *Planar Sliding*, *Wedge Sliding*, dan *Direct Toppling*. Dari hasil pengolahan menggunakan *software* selanjutnya, diketahui bahwa tingkat keamanan lereng dengan pemodelan yang sudah dilakukan masih cukup rendah yakni senilai 1.206 walau tidak dijumpai adanya perbedaan dari lereng kering dan jenuh sehingga diketahui perlu dilakukan pemodelan baru agar supaya nilai keamanan meningkat.

Geser baji akan terjadi apabila ada dua bidang diskontinuitas atau lebih berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji terhadap lereng. Untuk keruntuhan jungkiran umumnya terjadi pada massa batuan yang kemiringan bidang-bidang diskontinuitasnya berlawanan arah dengan kemiringan lereng. Bidang diskontinuitass tersebut akan membentuk kolom yang akan mengguling apabila bidang diskontinuitas yang menghubungkan antar kolom menggelincir.

Jenis tanah daerah penelitian berdasarkan klasifikasi jenis tanah, setiap lapisan tersusun oleh tanah organik, lempung, lempung berlanau, lanau berlempung, lanau berpasir, pasir berlanau dan pasir. Jenis tanah tersebut sesuai dengan kondisi geologi daerah penelitian yang tersusun oleh endapan-endapan aluvial.

Jenis tanah daerah penelitian berdasarkan klasifikasi jenis tanah, setiap lapisan tersusun oleh tanah organik, lempung, lempung berlanau, lanau berlempung, lanau berpasir, pasir berlanau dan pasir. Jenis tanah tersebut sesuai dengan kondisi geologi daerah penelitian yang tersusun oleh endapan-endapan aluvial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan (PATGTL) dan seluruh pihak yang telah memberikan saran dan masukan selama berjalannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Wicaksana PS, A. W. P. (2021). Persepsi Masyarakat Terhadap Tingkat Kerawanan Bencana Longsor di Kelurahan Lemponsari Kecamatan Gajahmungkur Kota Semarang. Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Arif, I. (2016). *Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Faizana, F., Nugraha, A. L., & Yuwono, B. D. (2015). Pemetaan Risiko Bencana Tanah Longsor Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(1), 223-234.
- Hassanusi, A. A., Muslim, D., & Khoirullah, N. (2021). Zona Kerentanan Gerakan Tanah Berdasarkan Metode Indeks Storie pada Daerah Gajahmungkur dan Sekitarnya, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. *Geoscience Journal*, 5(5), 527-537.
- Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. 2014. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 37-46.
- Purba, J. O., Subiyanto, S., & Sasmito, B. (2014). Pembuatan Peta Zona Rawan Tanah Longsor di Kota Semarang dengan Melakukan Pembobotan Parameter. *Jurnal Geodesi Undip*, 3(2), 40-52.
- Soedarsono, S. (2012). Kondisi Geologi dan Geomorfologi Kaitannya dengan Degradasi Lingkungan di Kota Semarang. *Jurnal Lingkungan Sultan Agung*, 1(1), 29-41.
- Wicaksono, V. P. (2023). *Pemodelan Potensi Longsor Lereng pada Ruas-Ruas Jalan di Wilayah Kota Semarang*. Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Zagoto, S. M., dan Khoiriyah, S. N. (2022). *Studi Prioritas Kerawanan Longsor dan Penanganan Lereng Jalan Kota Semarang*. Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung.
- Zakaria, Z. (2009). Analisis Kestabilan Lereng Tanah. *Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Geologi*. Bandung: Universitas Padjajaran.