

**Analisis Kestabilan Lereng Untuk Gerakan Massa
Berdasarkan Metode *Scanline* Di Daerah Tegalrejo Dan Sekitarnya,
Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul,
Daerah Istimewa Yogyakarta**

***Slope Stability Analyst For Mass Movement
According Scanline Method On Tegalrejo And Nearby Area,
Gedangsari District, Gunungkidul Regency,
Special Region Of Yogyakarta***

Muhammad Rizki Aulia^{1*}, Danis Agoes Wiloso²

¹Mahasiswa Teknik Geologi-FTM, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Jl. Kalisahak No. 28 Yogyakarta 55222

²Dosen Teknik Geologi-FTM, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Jl. Kalisahak No. 28 Yogyakarta 55222

*E-mail: auliarizki196@gmail.com

Naskah diterima: 11 Oktober 2019, direvisi: 25 Oktober 2019, disetujui: 31 Oktober 2019

ABSTRAK

Daerah penelitian terletak di Daerah Tegalrejo dan sekitarnya, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta. Terletak pada zona 49S di posisi koordinat UTM X 459500mT-461500mT dan koordinat UTM Y 9138000mU-9136000mU. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi berupa data *scanline* dan *Rock Mass Rating* berupa klasifikasi kelas massa batuan. Metode yang digunakan adalah studi pustaka dengan merujuk dari pustaka dan penelitian terdahulu serta pengambilan data di lapangan. Data tersebut berupa data geologi, sampel batuan, data *scanline*, data bidang diskontinuitas serta keadaan keairan. Daerah penelitian didapatkan nilai total bobot RMR (*Rock Mass Rating*) *basic* yang didapat dari lima parameter utama kemudian dilakukan penyesuaian rating untuk mengetahui kelas massa batuan di Daerah Tegalrejo. Pada lokasi penelitian LP 1 didapatkan hasil penyesuaian bobot untuk orientasi kekarnya -25 (sedang) yang kemudian di tambah dengan perhitungan nilai *Rock Mass Rating* sehingga di dapat total bobot RMR sebesar 38, termasuk kedalam kelas IV batu buruk (*Bad Rock*) dengan perkiraan nilai kohesi 100-200 Kpa dan sudut geser dalam 15^o-25^o. Pada lokasi penelitian LP 2 didapatkan hasil penyesuaian bobot untuk orientasi kekarnya -25 (sedang) yang kemudian di tambah dengan Perhitungan nilai *Rock Mass Rating* maka di dapat total bobot RMR sebesar 47 termasuk kedalam kelas III batu sedang (*Medium Rock*) dengan perkiraan nilai kohesi 200-300 Kpa dan sudut geser dalam 25^o-35^o menurut Bieniawski (1989).

Kata kunci: *Scanline*, RMR, kohesi, sudut geser.

ABSTRACT

The research area is located in Tegalrejo and the surrounding area, Gedangsari District, Gunungkidul Regency, Special Region of Yogyakarta. Located in zone 49S at 459500mE-461500mE and 9138000mN-9136000mN. The research aims to provide information in the form of scanline data and Rock mass Rating in the form of classifications of the Rock age class. The method used is literature study by referring to literature and previous research and data collection in the field. The data are in the form of geological data, rock samples, scanline data, discontinuity field data, and water conditions. The research area is obtained the total value of basic RMR obtained from five main parameters, then the rating is adjusted to determine the rock mass class in the Tegalrejo area. In LP1, the adjusted value for the discontinuity orientation is -25 (moderate), then added to the Rock Mass Rating calculation, the value of RMR is 38 included in class IV (bad rock) with an estimated cohesion of 100-200 kPa and friction angel of rock mass 15-20. In LP2, the adjusted value for the discontinuity orientation is -25 (moderate) then added to the Rock Mass Rating calculation, the value of RMR is 47 included in class III (medium rock) with an estimated cohesion of 200-300 kPa and friction angel of rock mass 25-35 according to Bieniawski (1989).

Keywords: *Scanline*, RMR, cohesion, friction angel.

PENDAHULUAN

Secara geografis sebagian besar wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia berada pada kawasan rawan bencana alam, dan salah satu bencana alam yang sering terjadi adalah bencana gerakan massa. Upaya penanggulangan yang diambil salah satunya adalah melalui pelaksanaan penataan ruang yang berbasis mitigasi bencana alam agar dapat ditingkatkan keselamatan dan kenyamanan kehidupan serta penghidupan masyarakat terutama di kawasan rawan bencana gerakan massa.

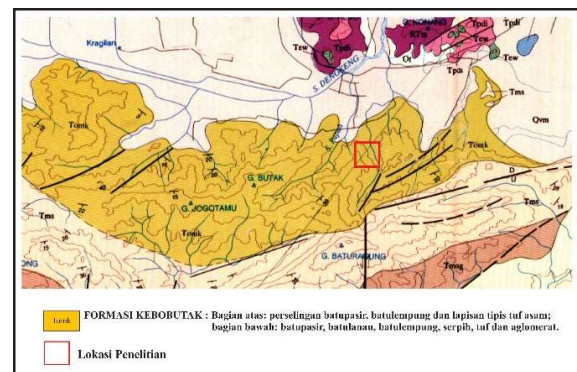
Pada daerah penelitian terdapat dua titik tempat gerakan massa yang dimana gerakan massa pada batuan banyak dikaitkan dengan tingkat pelapukan dan struktur geologi yang hadir pada massa batuan tersebut, seperti sesar, kekar, lipatan dan bidang perlapisan. Struktur geologi tersebut, selain lipatan, selanjutnya disebut sebagai diskontinuitas (bidang lemah).

Lokasi penelitian berada pada Daerah Tegalrejo dan Sekitarnya, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dimana titik tempat gerakan massanya berada tak jauh dari pemukiman penduduk yang bisa saja kembali terjadi gerakan massa karena banyaknya bidang lemah seperti kekar maupun sesar di lokasi penelitian tersebut.

TEORI

Secara umum batuan penyusun pegunungan selatan Yogyakarta – Jawa Tengah terdiri atas batuan gunungapi, batuan metamorf, batuan sedimen sillisiklastik dan batuan karbonat, berumur pra tersier hingga tersier. Penyebaran batuan gunungapi sendiri di pegunungan selatan Yogyakarta – Jawa Tengah

mencapai 50% dari total keseluruhan batuan yang tersingkap di wilayah ini. Di dalamnya terdiri atas breksi gunungapi, breksi pumis dan tuf pumis, serta batuan beku lava dan intrusi. Berdasarkan peta geologi lembar Yogyakarta dan Surakarta-Giritontro, batuan gunungapi tersebut merupakan Formasi Kebo-Butak, Semilir, dan Nglanggran, yang keseluruhannya berumur Tersier (Rahardjo dkk, 1977 dan Surono dkk 1992) dapat lihat (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian ditinjau dari Peta Geologi Regional Lembar Surakarta-Giritontro (Surono, dkk, 1992)

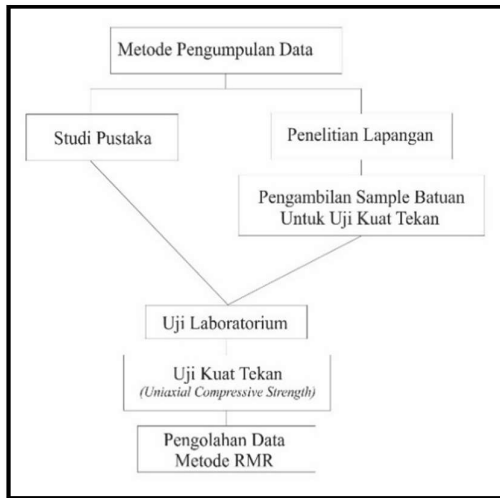
Daerah penelitian tersusun oleh satu Formasi yaitu Formasi Kebo-Butak. Formasi Kebo-Butak merupakan Formasi yang tersebar di selatan perbukitan Jiwo dan terus ke selatan hingga gawir bagian bawah dari pegunungan Baturagung.

Klasifikasi massa batuan dibuat berdasarkan sistem Klasifikasi RMR (Bieniawski, 1989) menggunakan lima parameter utama, yang dijumlahkan untuk memperoleh nilai total RMR. Parameter tersebut yaitu:

1. *Uniaxial Compressive Strength (UCS)*
2. *Rock Quality Designation (RQD)*
3. Jarak antar (spasi) kekar (*Spacing of discontinuities*)
4. Kondisi Kekar (*Condition of discontinuities*)
5. Kondisi air tanah (*Groundwater conditions*)

METODOLOGI

Teknik pengumpulan data yang dilakukan menggunakan 2 metode yang meliputi pengumpulan data primer yaitu berdasarkan pengamatan dilapangan, data pengujian laboratorium dan data sekunder yang berupa studi pustaka dari para penelitian terdahulu serta literatur yang cocok dengan penelitian ini. Kedua metode tersebut saling berkaitan, sehingga didapatkan data yang cukup baik untuk diolah dalam menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Berikut alur bagan pengumpulan dapat dilihat dibawa ini (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram Alur Pengumpulan Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

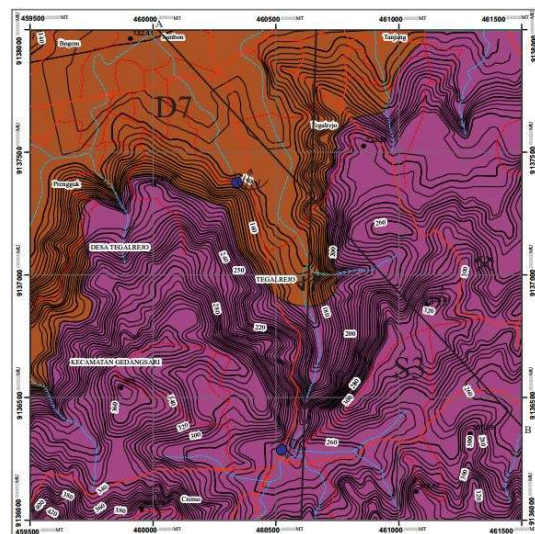
Hasil penelitian yang diperoleh berupa data RMR yang meliputi lima parameter, serta data pendukung berupa data geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi. Pada penelitian ini data pengamatan lapangan massa batuan dilakukan pada LP 1 dengan koordinat 4603716 mT 9137370 mU dan LP 2 dengan koordinat 460513 mT 9136287 mU.

Geomorfologi Daerah Penelitian

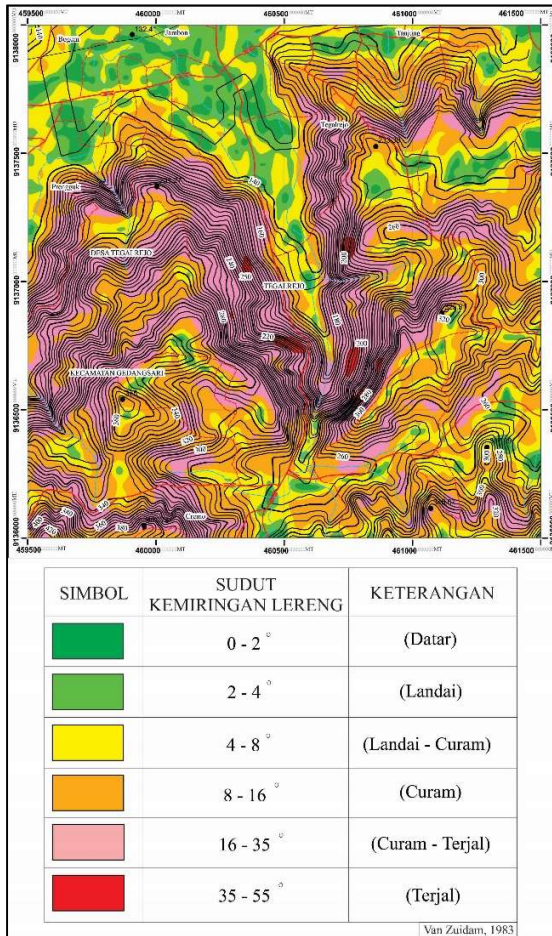
Geomorfologi daerah penelitian terdiri atas 2 satuan yaitu satuan geomorfologi asal

struktural dan asal denudasional. Dalam 2 satuan geomorfologi asal tersebut di bagi lagi atas 2 subsatuan geomorfik sebagai berikut (Gambar 3):

1. Subsatuan topografi bergelombang kuat hingga perbukitan dengan pola aliran kekar atau patahan (S3). Subsatuan ini memiliki topografi bergelombang kuat dengan kemiringan lereng yang curam 14° – 45° , memiliki ketinggian antara 150 - 400 mdpl (Gambar 4). Tersusun atas litologi batupasir dan tuf. Pembentukannya di pengaruhi oleh tenaga asal dalam (endogen) yang tak teramati sehingga struktur-struktur sekunder yang terbentuk berupa kekar.
2. Subsatuan kaki lereng (D7), memiliki relief rendah dengan lereng hampir horizontal sampai rendah, kemiringan lereng rata-rata 0° – 14° , memiliki ketinggian antara 41-150 mdpl (Gambar 4). Tersusun atas lithologi tuf dan endapan alluvial. Pembentukan dipengaruhi oleh tenaga asal luar (eksogen) berupa pelapukan erosional dan pengendapan matrial rombakan (agredasi).



Gambar 3. Pembagian subsatuan geomorfik pada daerah penelitian



Gambar 4. Kelerengan daerah penelitian

Stratigrafi Daerah Penelitian

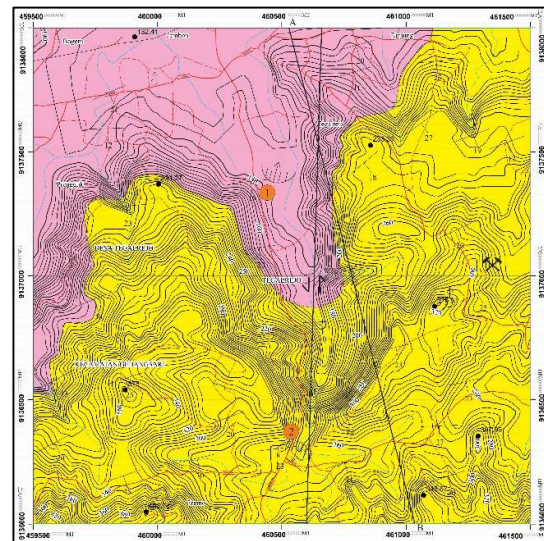
Daerah penelitian terdiri dari satu formasi yaitu Formasi Kebo-Butak (Tomk) yang dimana litologi pada daerah penelitian yaitu (Tabel 1):

1. Satuan tuf Kebo-Butak, ciri litologi tuf kasar yang memiliki warna segar putih keabu-abu dan berwarna lapuk abu-abu kecoklatan dengan struktur masif hingga perlapisan serta ukuran butir abu halus-kasar, bentuk butir menyudut, sortasi baik, dengan kemas tertutup, matriks tuf, semen silika. Satuan ini memiliki anggota batupasir yang menjadi sisipan dengan menempati $\pm 40\%$ dari seluruh luas daerah penelitian (Gambar 5).

2. Satuan batupasir Kebo-Butak, memiliki warna segar abu-abuan dan berwarna lapuk kecoklatan dengan struktur *massif-inverse graded bedding* dengan ukuran butir pasir sedang-kasar, bentuk butir membulat tanggung-menyudut tanggung dengan kemas tertutup, sortasi baik, matriks tuf, semen silika. Satuan ini memiliki anggota tuf, batulempung, breksi andesit. Menempati $\pm 60\%$ dari seluruh luas daerah penelitian (Gambar 5).

Tabel 1. Stratigrafi daerah penelitian

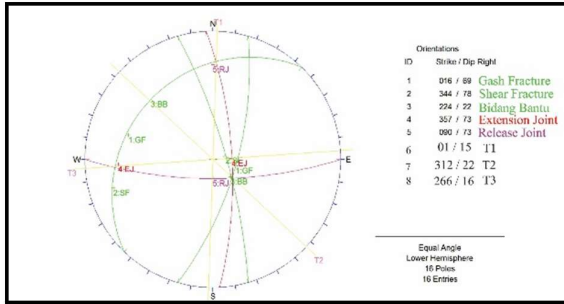
UMUR ZAMAN KALA	SIMBOL	SATUAN	PEMERIAN
TERSIER OLIGOSEN - MIOSEN	[Yellow Box]	BATUPASIR KEBO-BUTAK	Satuan batupasir Kebo-Butak terdiri dari batupasir warna coklat keabu-abuan, berukuran pasir halus - sangat kasar, bentuk butir membulat, sortasi baik - sedang, kemas tertutup, matriks tuf, semen silika. satuan batupasir Kebo-Butak memiliki anggota sil basalt. batuan batupasir Kebo-Butak menempati daerah penelitian, 60%
	[Pink Box]	TUF KEBO-BUTAK	satuan tuf Kebo-Butak terdiri dari tuf warna putih kecoklatan hingga kehijauan, ukuran butir angular, sortasi baik, kemas tertutup, matriks tuf - semen silika. satuan tuf Kebo-Butak memiliki anggota batupasir dan menempati daerah penelitian, 40%



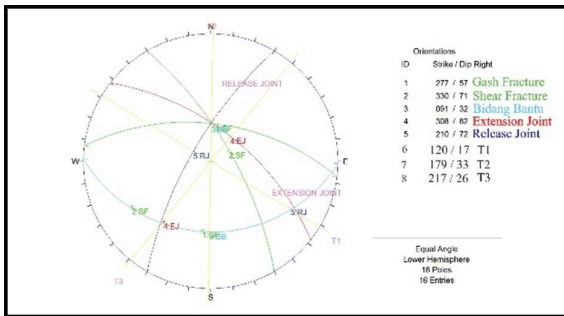
Gambar 5. Geologi daerah penelitian

Struktur Geologi Daerah Penelitian

Pada daerah penelitian terdapat struktur geologi yaitu berupa kekar yang ada pada Daerah Tegalrejo. Berikut hasil analisis data kekar di lokasi penelitian LP 1 (Gambar 6) dan LP 2 (Gambar 7)



Gambar 6. Hasil analisis lokasi penelitian 1



Gambar 7. Hasil analisis lokasi penelitian 2

Dari hasil analisis kekar tersebut dapat mengetahui arah tegasan utamanya relatif tenggara-baratlaut dan timurlaut baratdaya.

Klasifikasi kelas massa batuan (RMR)

Mempunyai beberapa parameter untuk mengetahui dari karakter massa batuan yaitu meliputi sifat bidang lemah (kekar serta derajat pelapukan). Pada penelitian ini ada beberapa data pengamatan lapangan di LP 1 dan LP 2 yang di gunakan, yaitu sebagai berikut:

1. Kuat Tekan Batuan (*Rock Strength*)

Pada lokasi penelitian penyusun melakukan manual indeks text pada LP 1 dilihat (Tabel 2) dan *sampling* untuk dilakukan pemotongan sampel batuan dengan bentuk kubus ukuran 5cm x 5cm pada LP 2 dilihat (Tabel 3). Setelah pemotongan sampel kemudian dilakukan pengujian kuat tekan.

Tabel 2. Hasil uji kuat tekan dengan manual indeks text di lokasi penelitian LP 1

Lokasi Pengamatan	No Lokasi Pengamatan	Deskripsi Batuan	UCS (Mpa)	Identifikasi Lapangan Dengan Palu Geologi
Lereng samping rumah Desa Tegalrejo	1	Lemah	5-25	Dapat ditusuk

Tabel 3. Hasil uji kuat tekan lokasi penelitian LP 2

Lokasi Pengamatan	No. Lokasi Penelitian	No. Sampel	Kuat Tekan (Kg/Cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)
Lereng jalan Desa Tegalrejo	2	1	634,92	62,2
		2	628,56	61,6
Rata – rata nilai kuat tekan 1 dan 2				61,9

2. RQD (*Rock Quality Designation*)

Rock Quality Designation merupakan petunjuk untuk memperkirakan kualitas dari massa batuan secara kuantitatif. RQD didefinisikan sebagai presentasi dari perolehan inti bor (*core*) yang secara tidak langsung didasarkan pada jumlah bidang lemah dan jumlah bagian yang lunak dari massa batuan yang diamati pada inti bor (*core*). Hanya bagian yang utuh dengan panjang lebih besar dar 100 mm (4 inchi) yang dijumlahkan kemudian dibagi panjang total pengeboran (*core*) (Deere, 1967). Namun, apabila data yang dimiliki hanya berupa data permukaan, nilai RQD dapat dicari dengan menggunakan rumus menurut Priest & Hudson (1981) yaitu:

$$RQD = 100 e^{-0.1 \lambda} (0.1 \lambda + 1) \text{ dengan } \lambda = N/L$$

dimana:

λ = frekuensi diskontinuitas

N = jumlah diskontinuitas yang memotong *scanline*

L = panjang *scanline* (m)

Untuk mendapatkan nilai RQD penyusun melakukan pengambilan data bidang diskontinuitas dengan metode *scanline* pada Daerah Tegalrejo lokasi penelitian LP 1 dan LP 2 (Tabel 4).

Tabel 4. Data *Scanline* untuk menghitung RQD pada LP 1 dan LP 2

No. Lokasi Penelitian	N	L (m)	λ	RQD (%)
1	16	4,9	3,26	95,71
2	16	3,48	4,60	92,16
Rata – rata RQD lokasi pengamatan LP 2 dan 42				93,93

3. Spasi Diskontinuitas

Spasi diskontinuitas merupakan jarak tegak lurus antara dua bidang diskontinuitas. Dalam hal ini diskontinuitas berupa rekahan yang didapat dari pengukuran *scanline* di lapangan. Jarak yang diukur selama pengamatan di lapangan masih merupakan jarak semu karena pengukuran jarak mengikuti *scanline*, sehingga jarak tegak lurus antar dua bidang diskontinuitas yang diperoleh belum pasti (Tabel 5).

Tabel 5. Spasi diskontinuitas pada LP 1 dan LP 2

No. Lokasi Penelitian	Spasi bidang diskontinuitas (m)
2	4,68
42	4,1
Hasil rata-rata bidang diskontinuitas sebenarnya	
	4,39

4. Kondisi Diskontinuitas

Ada lima karakteristik kekar yang masuk dalam pengertian kondisi kekar, meliputi kemenerusan (*persistence*), jarak antar permukaan kekar atau celah (*separation/ aperture*), kekasaran kekar (*roughness*), material pengisi (*infilling/ gouge*) serta tingkat kelapukan (*weathering*).

Identifikasi terhadap bidang diskontinuitas yang ada pada Daerah Tegalrejo pada lokasi penelitian LP 1 dan LP 2 didapatkan dengan melakukan pengukuran bidang diskontinuitas dengan metode *scanline* dengan cara membentangkan *roll meter* sepanjang 4,9 m pada LP 1 (Gambar 8) dan 3,48 m pada LP 2 (Gambar 9).



Gambar 8. Pengambilan data bidang diskontinuitas dengan metode *scanline* pada LP 1



Gambar 9. Pengambilan data bidang diskontinuitas dengan metode *scanline* pada LP 2

Hasil dari pengamatan pada kondisi bidang lemah atau diskontinuitas pada Daerah Tegalrejo di lokasi penelitian LP 1 dan LP 2 sebagai berikut (Tabel 6).

Tabel 6. Pembobotan kondisi bidang diskontinuitas pada LP 1 dan LP 2

No. Lokasi Penelitian	Parameter	Kondisi	Bobot
1	<i>Discontinuity Length</i>	<2,5 m	4
	<i>Separation</i>	1-3 mm	1
	<i>Roughness</i>	Sedikit Kasar	3
	<i>Infilling (gouge)</i>	Soil	2
	<i>Weathering</i>	Sangat Lapuk	1
	Bobot Total		
2	<i>Discontinuity Length</i>	<2 m	4
	<i>Separation</i>	1-3 mm	1
	<i>Roughness</i>	Sedikit Kasar	3
	<i>Infilling (gouge)</i>	Soil	2
	<i>Weathering</i>	Sedikit Lapuk	5
	Bobot Total		
Bobot rata – rata LP 1 dan 2			13

5. Kondisi Air Tanah

Dalam klasifikasi RMR menurut Bieniawski (1989) kondisi airtanah dapat diperkirakan dengan tiga cara: (i) menghitung kecepatan aliran air dalam terowongan; (ii) menghitung rasio tekanan pori; dan (iii) memberikan gambaran umum kondisi airtanah. Apabila klasifikasi RMR diaplikasikan pada lereng batuan, informasi mengenai kondisi keairan dapat diamati secara langsung.

Pengamatan kondisi airtanah dilakukan secara visual terhadap lokasi pengamatan di Desa Tegalrejo. Dari hasil pengamatan tersebut penyusun menyimpulkan bahwa kondisi lokasi penelitian pada LP 1 dan LP 2 yaitu lembab (*damp*) karena kondisi batuan yang terlihat di permukaan berada dalam keadaan lembab.

Setelah kelima parameter dasar diketahui, maka nilai kekuatan massa batuan pada Daerah Tegalrejo di lokasi penelitian LP 1 dan LP 2 dapat diketahui berdasarkan pembobotan klasifikasi RMR (Bieniawski, 1989).

Kekuatan massa batuan pada Daerah Tegalrejo di lokasi penelitian LP 1 (Tabel 7) dan LP 2 (Tabel 8) kemudian dilakukan penyesuaian rating untuk mengetahui kelas massa batuan (Tabel 9).

Tabel 7. Perhitungan nilai RMR pada LP 1

Parameter	Kondisi	Bobot
Kuat Tekan	5-25 Mpa	2
ROD	95,71 %	20
Jarak kekar	4,68 meter	20
Kondisi bidang diskontinuitas	Panjang diskontinuitas < 2,5m, dengan separasi 1-3 mm, Permukaan sedikit kasar dengan lapukan sangat lapuk	11
Kondisi air tanah	Lembab	10
Total perhitungan		63

Tabel 8. Perhitungan nilai RMR pada LP 2

Parameter	Kondisi	Bobot
Kuat Tekan	61.9 Mpa	7
ROD	92,16 %	20
Jarak kekar	4,1 meter	20
Kondisi bidang diskontinuitas	Panjang diskontinuitas < 2, dengan separasi 1-3 mm, Permukaan sedikit kasar dengan lapukan sedikit lapuk	15
Kondisi air tanah	Lembab	10
Total perhitungan		72

Tabel 9. Tabel penyesuaian bobot untuk orientasi kekar (Bieniawski, 1989)

Strike & dip orientasi kekar		Sangat menguntungkan	Menguntungkan	Sedang	Tak menguntungkan	Sangat tak menguntungkan
bobot	Tunnel	0	-2	-5	-10	-12
	Fondasi	0	-2	-7	-15	-25
	lereng	0	-5	-25	-50	-60

Hasil Analisis Klasifikasi Massa Batuan

Setelah didapatkan nilai total bobot RMR (*Rock Mass Rating*) *basic* yang di dapat dari lima parameter utama kemudian dilakukan penyesuaian rating untuk mengetahui kelas massa batuan di Daerah Tegalrejo. Pada lokasi penelitian LP 1 didapatkan hasil penyesuaian bobot untuk orientasi kekarnya yaitu -25 (sedang) yang kemudian di tambah dengan hasil perhitungan nilai *Rock Mass Rating* sehingga di dapat total bobot RMR sebesar 38, termasuk ke dalam kelas IV batu buruk (*Bad Rock*) dengan perkiraan nilai kohesi 100-200 Kpa dan sudut geser dalam 15⁰-25⁰. Pada lokasi penelitian LP 2 didapatkan hasil penyesuaian bobot untuk orientasi kekarnya yaitu -25 (sedang) yang kemudian di tambah dengan perhitungan nilai *Rock Mass Rating* maka di dapat total bobot RMR sebesar 47, termasuk kedalam kelas III batu sedang (*Medium Rock*) dengan perkiraan nilai kohesi 200-300 Kpa dan sudut geser dalam 25⁰-35⁰ menurut Bieniawski (1989).

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Lokasi penelitian yang terletak di Daerah Tegalrejo dan sekitarnya, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta masuk kedalam Formasi Kebo-Butak dengan litologi penyusun berupa tuf, breksi dan batupasir. Geomorfologi daerah penelitian terdiri atas 2 satuan yaitu satuan geomorfologi asal struktural dan asal denudasional. Dari 2 satuan geomorfologi asal tersebut di bagi lagi atas 2 subsatuan geomorfik, yaitu Subsatuan topografi bergelombang kuat hingga perbukitan dengan pola aliran kekar atau patahan (S3) dan Subsatuan kaki lereng (D7) berdasarkan klasifikasi Van Zuidam, 1983.

Klasifikasi massa batuan berdasarkan metode RMR (*Rock Mass Rating*) dengan lima parameter utama dengan penyesuaian rating sehingga pada lokasi LP1 didapatkan hitungan nilai *Rock Mass Rating* total yaitu 38 yang termasuk dalam kelas IV batu buruk (*Bad Rock*), perkiraan nilai kohesi 100-200 Kpa dan sudut geser dalam 15° - 25° . Pada lokasi LP 2 didapatkan hitungan nilai *Rock Mass Rating* total yaitu 47 yang termasuk dalam kelas III batu sedang (*Medium Rock*) dengan perkiraan nilai kohesi 200-300 Kpa dan sudut geser dalam 25° - 35° menurut Bieniawski (1989).

Pada lokasi penelitian di LP 1 yang berada di lereng samping rumah warga Desa Tegalrejo memiliki karakteristik batuan buruk yang dimana lereng tersebut sangat tidak stabil sehingga akan berbahaya karena bisa terjadi gerakan massa kembali. Sedangkan pada lokasi penelitian LP 2 yang berada pada lereng jalan Desa Tegalrejo memiliki karakteristik batuan sedang yang dimana lereng tersebut sedikit tidak stabil karena bisa terjadi gerakan massa kembali.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, IST

AKPRIND Yogyakarta dan para pihak yang telah membantu dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski., Z.T, 1989. *Engineering Rock Mass Clasifications, The Pennsylvania State University.*
- Bronto, 2010. *Identifikasi Gunungapi Purba Pendul di Perbukitan Jiwo, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten Jawa Tengah,* Pusat Survei Geologi.
- Bemmelen, R. W. Van, 1949. *The Geology of Indonesia, Vol.IA. General Geology,* The Hageu Martinus Nijhoff.
- BAKOSURTANAL. 2000. *Peta Rupa Bumi Indonesia 1:25.000 Lembar 1408-314 Cawas.* Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Bogor.
- Deere D.U., 1967. *Rock Quality Designation (RQD) Index.* Departement of the Army, U.S. Corps of Engineers, Washington DC.
- Hoek, E., Kaiser, P. K., Bawden, W.F., 1995. *Support of Underground Excavations in Hard Rock.* Balkema: Rotterdam.
- International Society of Rock Mechanics (ISRM). 1981. *ISRM suggested Methods: Rock Characterization, Testing, and Monitoring.* ET Brown (Ed.) Pergamon Press.
- Krynine, D. P., dan Judd, W. P., 1957. *Principle of Engineering Geology and Geotechnics,* Mc. Graw Hill Book Company Inc, New York.
- Priest, S.D dan Hudson, J.A., 1981. *Discontinuity Spacing and Trace Length Using Scanline Surveys.* Great Britain, Vol 18 183-197.
- Surono, Toha, B., dan Sudarsono. 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Surono, 2009, *Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah,* J. S. D. Geologi Vol. 19 (3) Juni 2009. hal 1-13

- Van Zuidam, R.A., 1983. *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. Section of Geology and Geomorphology ITC, Enschede, The Netherlands, 324 pp.
- Anonim, 1990. *Pengelolaan Kawasan Lindung*, Keputusan Presiden No. 32 Tahun 1990.