



Analisis Kinematik Bidang Diskontinuitas Batuan Vulkanik di Desa Seloharjo dan Sekitarnya Kecamatan Pundong Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta

Ignasius Mahendradewa Adam*, Zihad Tafaul Hadi

Program Studi Magister Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinematika bidang diskontinuitas pada batuan vulkanik untuk mengidentifikasi karakteristik gerakan massa serta mengidentifikasi arah dan tipe longsoran di daerah Seloharjo dan sekitarnya, kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan data diskontinuitas berupa kekar (*joint set*) dengan metode scanline (tahap lapangan). Tahap selanjutnya dilakukan analisis metode kinematika menggunakan proyeksi stereografis dengan bantuan software Dips 6.0 dan klasifikasi sistem *Rock Mass Rating* (RMR). RMR digunakan untuk menentukan pembobotan dari suatu massa batuan dengan mengevaluasi ketahanan massa batuan. Lokasi penelitian mencakup 2 titik lokasi pengamatan (LP), yaitu pada koordinat $7^{\circ} 59' 19.3''$ LS dan $110^{\circ} 19' 19.0''$ BT (LP 1) dan pada koordinat $7^{\circ} 59' 24.3''$ LS dan $110^{\circ} 19' 19.2''$ BT (LP 2). Pada LP 1, berdasarkan nilai pembobotan RMR sebesar 63 pada batuan vulkanik andesit, termasuk batuan kelas II atau tergolong baik (*Good rock*) dengan nilai kemiringan lereng (ψ_f) = 78° , kemiringan garis perpotongan dua bidang diskontinuitas (ψ_i) = 59° dan nilai sudut geser dalam (ϕ) = 45° , ($\psi_f > \psi_i > \phi$), sehingga berpotensi untuk terbentuk jenis longsoran baji (*wedge failure*). Pada LP 2 berdasarkan nilai pembobotan RMR sebesar 59 pada batuan andesit, termasuk batuan kelas III yaitu Batu sedang (*Fair rock*) dengan nilai kemiringan lereng (ψ_f) = 66° , kemiringan garis perpotongan dua bidang diskontinuitas (ψ_i) = 48° dan nilai sudut geser dalam (ϕ) = 35° ($\psi_f > \psi_i > \phi$), sehingga berpotensi untuk terbentuk jenis longsoran baji.

Kata kunci: kinematik; bidang diskontinuitas; gerakan massa; rock mass rating; batuan vulkanik.

Abstract

This research was conducted to analyze the kinematics of discontinuity fields in volcanic rocks to identify the characteristics of mass movement and identify the direction and type of avalanche in the Seloharjo area and its surroundings, Pundong sub-district, Bantul Regency, Yogyakarta Special Region. Retrieval of discontinuity data in the form of joints (joint set) by scanline method (field stage). The next step is to analyze the kinematics method using stereographic projections with assistance software Dips 6.0 and system classification Rock Mass Rating (RMR). RMR is used to determine the weight of a rock mass by evaluating the resistance of the rock mass. The research location includes 2 observation points (LP), namely at coordinates $7^{\circ} 59' 19.3''$ South Latitude and $110^{\circ} 19' 19.0''$ East Longitude (LP 1) and at coordinates $7^{\circ} 59' 24.3''$ South Latitude and $110^{\circ} 19' 19.2''$ East Longitude (LP 2). In LP 1, based on the RMR weighting value of 63 on andesitic volcanic rock, it is included in class II rocks or classified as good rock with a value of slope (ψ_f) = 78° , the slope of the line of intersection of two discontinuity areas (ψ_i) = 59° and the value of the inner shear angle (ϕ) = 45° , ($\psi_f > \psi_i > \phi$), so it has the potential to form a wedge type of avalanche (wedge failure). In LP 2 based on the RMR weighting value of 59 on andesitic rocks, including class III rocks, namely medium rocks (Fair rock) with the value of the slope (ψ_f) = 66° , the slope of the line of intersection of two discontinuity planes (ψ_i) = 48° and the value of the inner shear angle (ϕ) = 35° ($\psi_f > \psi_i > \phi$), so it has the potential to form a wedge failure.

Keywords: kinematics; discontinuities; mass movement; rock mass rating; volcanic rock

*) Korespondensi: geologyadam.upnvyk@gmail.com

Diajukan : 12 Februari 2023

Diterima : 11 Oktober 2023

Diterbitkan : 18 Desember 2023

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Desa Seloharjo, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan daerah perbukitan berlereng curam bagian dari Pegunungan Selatan (van Bemmelen, 1949). Litologi penyusunnya yaitu batuan vulkanik berupa andesit, intrusi, lava dan breksi andesit, bagian dari Formasi Nglanggran berumur Kala Miosen (Raharjo dkk., 1995). Struktur batuan yang terbentuk di daerah penelitian merupakan produk deformasi tektonik dan atau vulkanik, dimana aktivitas tektonik masih aktif hingga sekarang (Pulunggono dan Martodjojo, 1994). Daerah penelitian juga dikontrol oleh peran kondisi pelapukan. Struktur tektonik yang terbentuk sejak awal Miosen berperan atas pembentukan gunung api, dimana kemunculan gunung api sangat dikontrol pola bukaan rekahan menurut Bronto (2009).

Dari beberapa informasi pemberitaan terkini, menyebutkan bahwa daerah Seloharjo dan sekitarnya oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Bantul, digolongkan sebagai daerah yang rawan akan bencana longsor atau gerakan massa (Badan Penanggulangan Bencana Daerah DIY, 2019).

Gerakan massa merupakan proses pergerakan material batuan atau tanah penyusun lereng meluncur atau jatuh ke arah kaki lereng karena kontrol gravitasi bumi (Crozier dan Glade, 2005). Kelerengan menjadi faktor penting dalam proses terjadinya gerakan massa, Kondisi kemiringan lereng lebih 15° perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan terjadinya gerakan massa, kehadiran bidang diskontinuitas pada lereng, kecuraman lereng dan arah kemiringan perlapisan batuan merupakan faktor-faktor kontrol penting terhadap kejadian luncuran/ jatuhnya batuan tersebut. (Karnawati, 2005). Menurut Wyllie dan Mah (2004), kestabilan lereng batuan sering dipengaruhi oleh struktur geologi yang terdapat pada batuan. Struktur geologi secara alami menyebabkan batuan menjadi pecah (*break*), seperti bidang perlapisan (*bedding*), kekar (*joint*) dan sesar (*fault*), yang kemudian disebut sebagai diskontinuitas.

Diskontinuitas merupakan bidang yang memisahkan massa batuan menjadi bagian yang terpisah (Priest, 1993), sehingga diskontinuitas akan menjadi bidang lemah yang berpotensi menyebabkan longsor pada lereng batuan.

Bidang diskontinuitas (bidang lemah) dapat menjadi bidang gelincir sehingga memicu potensi terjadinya longsor pada batuan, berdasarkan hal diatas pemetaan orientasi diskontinuitas pada batuan sangat penting untuk dilakukan.

Klasifikasi sistem *Rock Mass Rating* (RMR) atau disebut klasifikasi geomekanik adalah suatu metode empiris untuk menentukan pembobotan dari suatu massa batuan. RMR dipergunakan untuk mengevaluasi ketahanan massa batuan sebagai salah satu cara untuk menentukan kemiringan lereng maksimum. Penggunaan klasifikasi massa batuan RMR diterapkan dengan massa batuan dibagi menjadi beberapa kelompok daerah yang didasarkan kesamaan sifat dan karakteristik. Klasifikasi RMR diaplikasikan dengan membagi massa batuan dalam beberapa kelompok atas dasar kesamaan sifat dan karakteristik. Sifat diskontinuitas massa batuan dikelompokkan atas kesamaan karakter, tipe batuan yang sama atau jarak spasi antara bidang diskontinuitas yang relatif sama. Penilaian klasifikasi massa batuan RMR (Bieniaswki, 1989) dilakukan dengan mengikuti persamaan rumus:

$$RMR_{basic} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

R₁ adalah kekuatan batuan;

R₂ adalah RQD;

R₃ adalah jarak diskontinuitas;

R₄ adalah kondisi diskontinuitas;

R₅ adalah kondisi airtanah

Analisis kinematika dilakukan untuk mengetahui tipe dan arah gerakan massa yang berpotensi terjadi pada lereng batuan yang terkekarkan dan terlapukkan secara intensif di daerah penelitian, analisis kinematik mengacu pada pergerakan dari tubuh batuan, tanpa mengacu pada gaya yang menyebabkan pergerakan. Analisis kinematika menggunakan parameter orientasi bidang diskontinuitas, orientasi lereng, dan sudut geser batuan yang diproyeksikan dalam analisis stereografis (Wyllie dan Mah, 2004). Proyeksi stereografis menyajikan orientasi data 3 dimensi menjadi data 2 dimensi yang kemudian dianalisis (Hoek dan Bray, 1981). Data yang diplotkan pada proyeksi stereografis merupakan data pengukuran orientasi lereng yang diproyeksikan menjadi garis lengkung dan data pengukuran orientasi struktur geologi yang diproyeksikan

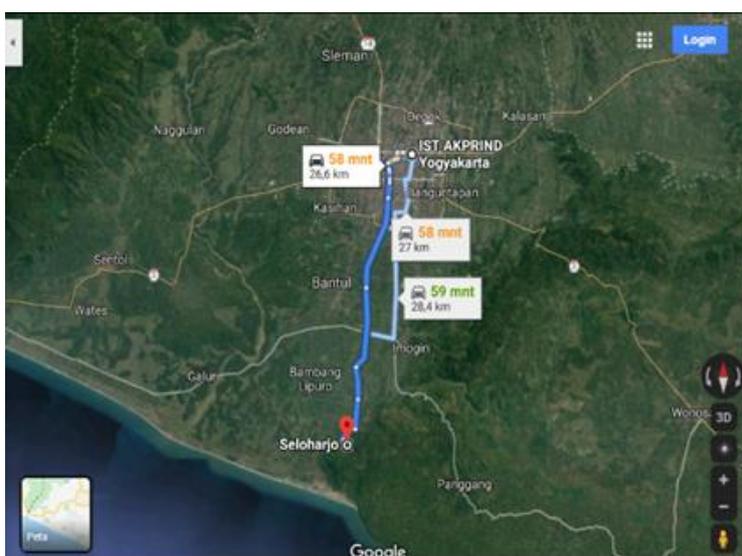
menjadi garis lengkung atau titik (Lisle dan Leyshon, 2004). Melalui analisis kinematika, data diskontinuitas batuan dapat memberikan informasi pada Desa Seloharjo, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tipe longsoran dan arah pergerakannya berdasarkan analisis kinematik bidang diskontinuitas pengembangan dari RMR pada daerah Seloharjo dan sekitarnya,

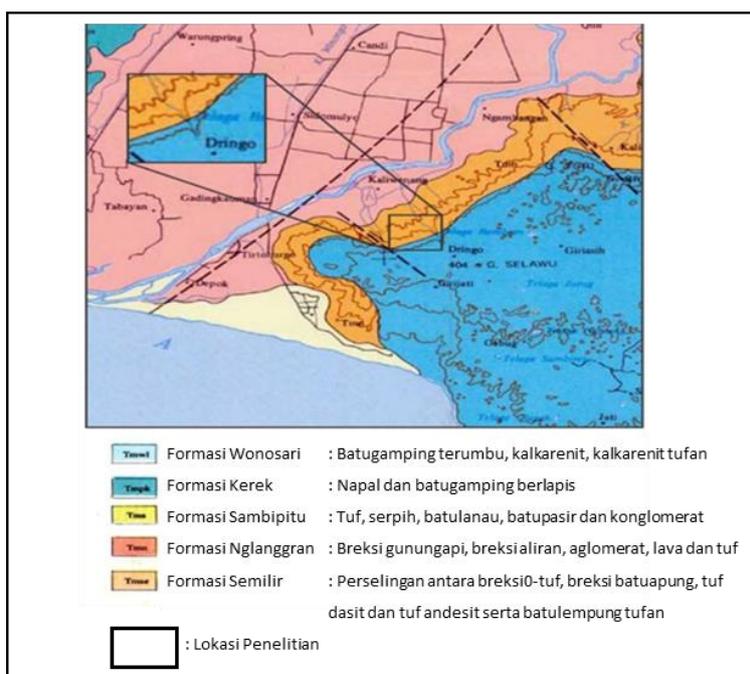
Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Desa Seloharjo merupakan wilayah yang terletak di Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1). Luas wilayah Desa Seloharjo 11.105.550 Ha yang terletak pada titik koordinat $7^{\circ}59'34''\text{LS}$ dan $110^{\circ}20'05''\text{BT}$.

Daerah penelitian merupakan daerah perbukitan berlereng curam bagian dari Pegunungan Selatan (van Bemmelen, 1949). Litologi penyusunnya yaitu batuan vulkanik



Gambar 1. Lokasi penelitian



Gambar 2. Lokasi daerah penelitian ditinjau dari Peta Geologi Regional Lembar Yogyakarta, Jawa. (dimodifikasi dari Rahardjo dkk., 1995).

andesit berupa intrusi, lava dan breksi, bagian dari Formasi Nglanggran berumur Kala Miosen (Raharjo, dkk, 1995). Struktur batuan yang terbentuk di daerah penelitian merupakan produk deformasi tektonik dan atau vulkanik, dimana aktivitas tektonik masih aktif hingga sekarang (Pulungono dan Martodjojo, 1994).

Geologi Regional Daerah Penelitian

Fisiografi daerah penelitian merupakan bagian fisiografi Jawa Timur (van Bemmelen, 1949). Daerah penelitian merupakan bagian dari Pegunungan Selatan atau tepatnya Pegunungan Selatan Jawa Timur bagian barat, dan disebut sebagai Punggungan Axial dan Lereng Bagian Selatan (Sidarto 2009).

Stratigrafi daerah penelitian merupakan batuan andesit oleh Rahardjo dkk. (1995) dalam Sidarto (2009) berdasarkan pemetaan regional dengan satuan litostratigrafi merupakan bagian dari Formasi Nglanggran berumur Miosen dalam bentuk sebagai batuan beku intrusi, lava andesit, dan breksi, diinterpretasikan sebagai turbidit yang diendapkan di cekungan muka busur.

Menurut Bronto (2009), daerah penelitian merupakan bagian dari kelompok gunung api purba Parangtritis – Sudimoro yang mempunyai ciri bentang alam berupa tinggian yang tersusun oleh litologi berupa perlapisan aliran lava dan breksi piroklastika yang diterobos retas, yang kesemuanya berkomposisi andesit. Pembentukannya berada pada cekungan dalam busur gunung api (*intra arc basins*), terbentuk sebagai produk gunung api yang tumpang tindih (*superimposed volcanisms*), oleh Bronto (2009) disebut sebagai cekungan dalam busur gunung api aktif (*active fire arc basins*).

Tektonik pembentukan Formasi Nglanggran terjadi paska pergerakan Lempeng Samudera Hindia yang kecepatannya melemah dan hampir berhenti sejak Miosen Awal (Asikin, 1974 dalam Sidarto 2009). Pengendapan berlangsung di daerah penelitian, membentuk Formasi Kebobutak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggran, Formasi Sambipitu, Formasi Oyo; dan tidak disertai aktivitas magmatisme. Pada Miosen Tengah, kecepatan lempeng kembali seperti sebelumnya (seperti saat Oligosen Akhir) dan membentuk lokasi tunjaman baru yang terletak di lepas pantai di selatan Pulau Jawa. Akibat aktivitas tektonik ini, terbentuk gaya kompresi nisbi utara – selatan dan magmatisme di Jawa kembali aktif. Gaya kompresi ini

mengakibatkan daerah penelitian terlipat, pembentukan sesar, dan aktifitas magmatisme yang menghasilkan beberapa gunung api dan batuan terobosan. Menurut Bronto (2009), struktur tektonik yang terbentuk sejak awal Miosen berperan atas pembentukan gunung api, dimana kemunculan gunung api sangat dikontrol pola bukaan rekahan.

METODOLOGI

Penelitian ini melalui 3 metode, yaitu studi pustaka, penelitian lapangan dan analisis laboratorium:

1. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan data sekunder yang berkaitan dengan bahasan penelitian. Data sekunder berupa data litologi, struktur geologi dan umur batuan yang didapat dari informasi peta geologi regional daerah penelitian yang telah dibuat oleh peneliti terdahulu, diperoleh dari literatur maupun publikasi baik cetak ataupun elektronik.
2. Penelitian lapangan bertujuan untuk mendapatkan data primer yang berkaitan dengan bahasan penelitian. Data primer didapatkan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran secara langsung di lapangan terhadap aspek-aspek yang berkaitan dengan bahasan naskah seminar. Pengukuran di lapangan menggunakan metode scanline dan pengamatan visual kondisi di lapangan, mencakup:
 - a. Pengukuran azimuth lereng dan kemiringan lereng (slope) menggunakan kompas geologi (Brunton). Pengukuran bidang diskontinuitas, mencakup: pengukuran kedudukan (strike/dip) dari bidang diskontinuitas, pengukuran orientasi dip direction dari bidang diskontinuitas, spasi/jarak antara bidang diskontinuitas, jumlah diskontinuitas. Identifikasi jenis diskontinuitas apakah perlapisan, kekar, sesar, atau zona hancuran.
 - b. Kondisi umum keairan dari lereng batuan (kering, lembab, berair, basah atau mengalir)
 - c. Identifikasi nama batuan berdasarkan karakteristik fisik (megaskopis) batuan tersebut dan pengambilan sampel batuan
3. Data primer yang diperoleh dari penelitian lapangan dan pengujian laboratorium kemudian dianalisis. Analisis yang dilakukan berupa analisis kinematik dengan proyeksi stereografis dengan menggunakan Software

Dips 6.0. Sebelum melakukan analisis kinematika, dilakukan klasifikasi massa batuan dengan menggunakan metode *Rock Mass Rating* (RMR) menurut Bieniawski (1989), untuk mendapatkan kelas batuan penyusun lereng dan nilai sudut geser dalam batuan (ϕ). Selanjutnya, data kedudukan diskontinuitas dimasukkan ke dalam software Dips 6.0, sehingga didapatkan titik-titik pengeplotan berdasarkan analisis stereografis Schmidt Net. Metode contouring didasarkan atas kerapatan titik-titik hasil pengeplotan tersebut, mengacu pada analisis stereografis Kalsbeek Net. Masing-masing nilai kerapatan akan dinyatakan dalam bentuk persentase. Harga persentase tertinggi atau maksimal dianggap sebagai *Pole* kedudukan umumnya. Setelah didapat kedudukan umum dari diskontinuitas, selanjutnya data arah umum lereng dan kemiringan lereng serta sudut geser dalam batuan (ϕ) dimasukkan ke dalam software Dips 6.0, kemudian akan tampil proyeksi stereografis dari hubungan kedudukan umum lereng batuan, sudut geser dalam batuan (ϕ) serta kedudukan umum dari diskontinuitas. Dari hasil proyeksi stereografis dapat ditentukan tipe dan arah longsor.

Hasil akhir dari penelitian ini didapat tipe dan arah longsor dari suatu lereng yang

didukung dengan data kelas batuan penyusun lereng.

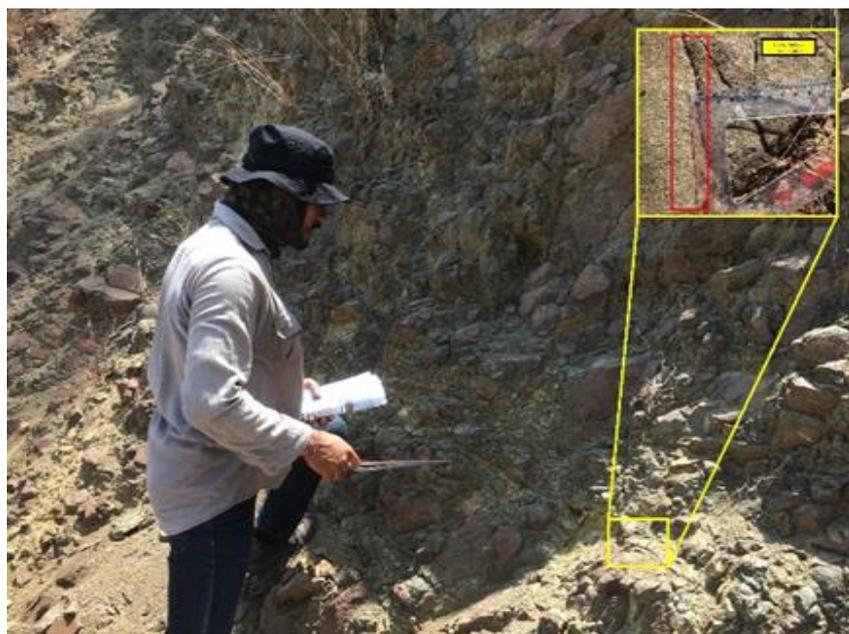
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi pengamatan Lereng 1

Lereng 1 merupakan lereng dengan slope 78° dan azimuth lereng $N310^\circ E$, tinggi lereng ± 10 m dengan lebar lereng ± 40 m. Berdasarkan pengamatan megaskopis, litologi penyusun lereng berupa batuan beku andesit. Andesit yang dijumpai dalam kondisi lapuk sedang hingga lapuk kuat, kondisi segar hanya dijumpa pada bongkah-bongkah batuan lepas. Karakteristik andesit segar di lapangan menunjukkan warna abu-abu kehitaman struktur masif, fanerik, bentuk kristal subhedral-euhedral, hipokristalin, hubungan kristalnya equigranular. Komposisi mineral terdiri dari piroksen, hornblend, plagioklas. Sedangkan andesit yang lapuk ringan berwarna abu-abu hitam kecoklatan dan di beberapa bagian menampakkan warna merah kecoklatan akibat proses oksidasi. Andesit lapuk berwarna merah kecoklatan yang dijumpai pada bagian kulit dan bidang kekar yang kemudian berkembang ke seluruh material batuan. Pengukuran bidang diskontinuitas menggunakan metode scanline dengan bentangan tali ($65^\circ N245^\circ E$) sepanjang 12 m, memperoleh 113 data diskontinuitas (Appendix 1).



Gambar 3. Geometri lereng lokasi pengamatan lereng 1



Gambar 4. Pengambilan data lebar bukaan dan panjang bidang diskontinyu lokasi pengamatan lereng 1.



Gambar 5. Bukaan dikontinuitas, panjang diskontinuitas dan kondisi umum keairan LP1

Berdasarkan pengamatan di lapangan, jenis diskontinuitas pada lereng 1 berupa kekar (joint), struktur sekunder tersebut diakibatkan oleh proses tektonik dan vulkanik yang berarah umum timur laut-barat daya dan akibat proses pelapukan yang cukup intens. Pada diskontinuitas tersebut memiliki panjang 10cm – 1m dengan spasi diskontinuitas rata-rata 0,054 m (Gambar 4).

Permukaan bidang diskontinuitas sedikit kasar - kasar dengan kondisi batuan yang lapuk sedang–lapuk kuat, lebar bukaan pada diskontinuitas 1mm-4mm dengan kondisi umum keairan kering (Gambar 3).

Lokasi Pengamatan Lereng 2

Lereng 2 merupakan lereng dengan slope 66° dan azimuth lereng $N321^\circ E$, tinggi lereng ± 8 m

dengan lebar lereng ± 20 m. Berdasarkan pengamatan megaskopis, litologi penyusun lereng berupa batuan breksi andesit. Fragmen andesit segar di lapangan menunjukkan warna abu-abu kehitaman struktur masif, fanerik, bentuk kristal subhedral-euhedral, hipokristalin, hubungan kristalnya equigranular. Komposisi mineral terdiri dari piroksen, hornblend, plagioklas, sedangkan fragmen andesit yang lapuk ringan berwarna abu-abu hitam kecoklata. Pengukuran bidang diskontinuitas menggunakan metode scanline dengan bentangan tali (60° N240°E) sepanjang 11 m (Gambar 6), memperoleh 117 data diskontinuitas (Appendix 2).

Berdasarkan pengamatan di lapangan, jenis diskontinuitas pada lereng 2 berupa kekar (Gambar 7). Bidang diskontinuitas tersebut memiliki panjang 1m - 3m dengan spasi diskontinuitas rata-rata 0,09m. Permukaan bidang diskontinuitas kasar dengan kondisi batuan yang lapuk sedang–lapuk kuat. Lebar bukaan pada diskontinuitas 1mm – 4 mm dengan kondisi umum keairan kering (Gambar 8).

Kuat Tekan

Sebelum memperoleh data kuat tekan diperlukan sampel contoh batuan insitu lereng, setelah itu sampel dipotong menjadi bentuk kubus dengan ukuran 5cm^3 . Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan untuk mendapatkan nilai kuat tekan sebagai salah satu parameter untuk mengetahui klasifikasi massa batuan RMR. Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Penelitian dan Pengembangan Sabo, menggunakan alat uniaxial compressive strength/UCS. Hasil pengujian kuat tekan pada lokasi pengamatan 1 dan lokasi pengamatan 2 disajikan dalam Tabel 1.

Rock Quality Designation

Rock Quality Designation (RQD) adalah salah satu parameter yang diperlukan dalam penelitian ini. Namun, dalam penelitian ini menggunakan data yang disebutkan dalam Tabel 2, sehingga perhitungan RQD menggunakan rumus:

$$RQD = 100e^{-0,1\lambda} (1 + 0,1\lambda) \text{ dengan } \lambda = N/L$$

λ : Frekuensi diskontinuitas

N : Jumlah diskontinuitas yang memotong scanline

L : Panjang *scanline* (m)

e : Konstanta

Analisis Kinematik Lereng 1

Sebelum analisis kinematika, terlebih dahulu dilakukan klasifikasi massa batuan dengan sistem *Rock Mass Rating* (RMR). Klasifikasi massa batuan ini bertujuan untuk menentukan jenis kelas batuan yang menyusun lereng 1 serta untuk mendapatkan nilai sudut geser dalam batuan. Nilai sudut geser dalam batuan ini digunakan untuk analisis kinematika dalam menentukan tipe longsor yang berpotensi terjadi pada lereng 1. Hasil perhitungan RMR lereng 1 ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil perhitungan RMR dari batuan penyusun lereng 1, maka didapat nilai RMR sebesar 63. Berdasarkan nilai RMR tersebut maka batuan pada lereng 1 termasuk ke dalam batuan kelas II, yaitu tergolong baik (*good rock*) dengan nilai sudut geser dalam 35° - 45° (Tabel 4). Sudut geser dalam yang dipakai dalam analisis kinematika adalah nilai sudut geser dalam yang terbesar yaitu 45° .

Diagram Rosette pada Gambar 9 menunjukkan arah umum dari dua joint set. Arah umum joint set 1 berkisar N171°E, yang relatif ke kuadran II dan pada joint set 2 menunjukkan arah N305°E, relatif ke kuadran IV. Perpotongan antar dua bidang diskontinuitas tersebut menunjukkan arah dan jenis longoran pada lereng 1. Rekap analisis kinematika bidang diskontinuitas lereng 1 dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan analisis kinematika bidang diskontinuitas menunjukkan bahwa lereng 1 berpotensi terbentuk longoran baji (*wedge failure*). Ditunjukkan bahwa terdapat 2 set diskontinuitas yang saling berpotongan, sehingga menghasilkan garis perpotongan 59° , N 335° E. Garis perpotongan ini memotong muka lereng sehingga terbentuk bidang gelincir bebas (*daylight envelope*), menandakan bahwa berpotensi untuk terjadinya longoran. Berdasarkan pengukuran dan analisis didapatkan nilai slope lereng 78° , kemiringan (*plunge*) garis perpotongan 2 diskontinuitas 59° , dan nilai Sudut geser dalam (ϕ) 45° . Data tersebut menunjukkan bahwa syarat untuk terbentuknya longoran baji (*wedge failure*) pada lereng 1 telah terpenuhi, dikarenakan ($\psi_f > \psi_i > \phi$) ($78^\circ > 59^\circ > 45^\circ$). Berdasarkan arah (trend) dari garis perpotongan, maka arah longoran yang mungkin terjadi adalah N 335° E atau berarah barat laut.

Analisis kinematika Lereng 2

Sebelum analisis kinematika, terlebih dahulu dilakukan klasifikasi massa batuan dengan sistem RMR pada lereng 2. Klasifikasi massa batuan ini bertujuan untuk menentukan jenis kelas batuan yang menyusun lereng 2 serta untuk mendapatkan nilai sudut geser dalam batuan. Nilai sudut geser dalam batuan ini digunakan untuk analisis kinematika dalam menentukan jenis longsor yang berpotensi terjadi pada lereng 2. Perhitungan RMR pada lereng 2 ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil perhitungan RMR dari batuan penyusun lereng 2, maka didapat nilai

RMR sebesar 59. Berdasarkan nilai RMR tersebut maka batuan pada lereng 2 termasuk ke dalam batuan kelas III, yaitu tergolong batu sedang (*fair rock*) dengan nilai sudut geser dalam 25° - 35° (Tabel 6). Sudut geser dalam yang dipakai dalam analisis kinematika adalah nilai sudut geser dalam yang terbesar yaitu 35° .

Diagram Rosette pada Gambar 11 menunjukkan arah dua joint set. Arah umum joint set 1 berkisar $N171^{\circ}E$, yang relatif ke kuadran II dan pada joint set 2 menunjukkan arah umum $N305^{\circ}E$, relatif ke kuadran IV. Arah dan jenis longsoran lereng 2 disebutkan dalam Gambar 12.



Gambar 6. Bentangan Scanline pada lokasi pengamatan 2



Gambar 7. Geometri lereng dan bidang diskontinu pada lokasi pengamatan 2.



Gambar 8. Permukaan diskontinuitas yang sedikit kasar serta kondisi keairan yang kering pada lp 2.

Tabel 1. Data hasil pengujian kuat tekan

Kode Sampel	Dimensi Sampel (cm)			Luas cm ²	Beban			Kuat Tekan	
	P	L	T		kN/s	Kg	Kg/cm ²	Mpa	
Lp 1	5	5	5	27,661	2,474	27000	976,116	95,7242	
Lp 2	5	5	5	26,207	1,836	8800	335,787	32,9294	

Tabel 2. Hasil perhitungan RQD pada lokasi pengamatan 1 dan lokasi pengamatan 2

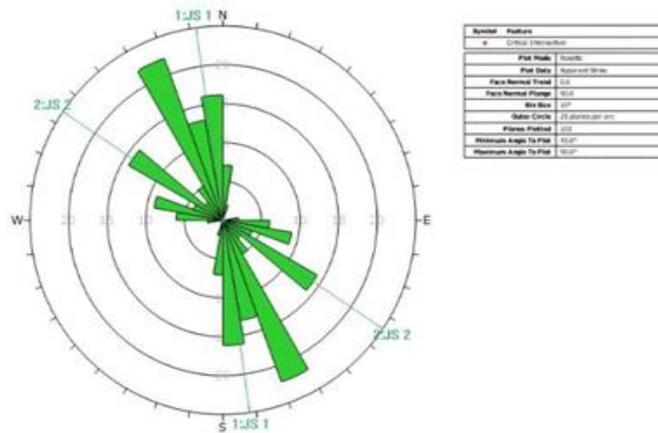
Lokasi Pengamatan	Rock quality designation (RQD)			
	N	L	λ	RQD
1	113	12	9,41	74,724
2	117	11	10,6	71,35

Tabel 3. Hasil perhitungan RMR Lereng 1 berdasarkan klasifikasi Bieniawski (1989)

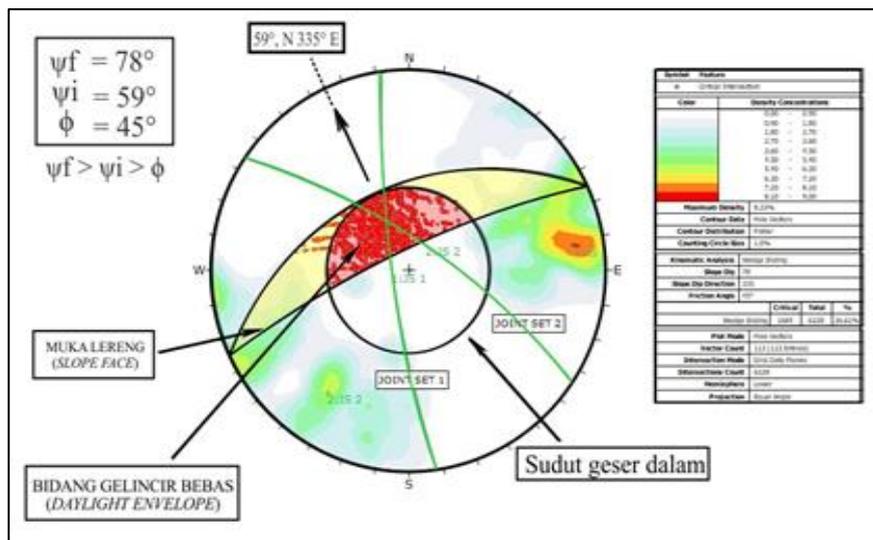
No	Parameter	Keterangan	Bobot
1	Kekuatan Batuan (Mpa)	95,7242	7
2	RQD (%)	74,724	13
3	Spasi diskontinuitas (m)	0,05	5
4	Kondisi diskontinuitas		
	<i>presistence/kemenerusan</i> (m)	0,10	6
	<i>separation/bukaan</i> (mm)	0,5 - 3,83	1
4	kekasaran permukaan diskontinuitas	kasar (<i>rough</i>)	5
	<i>Infillings</i> /pengisi	Tidak ada	6
	Kelapukan	Sedikit lapuk	5
5	Kondisi Keairan	Kering	15
NILAI RMR			63

Tabel 4. Klasifikasi kelas batuan lereng 1 (modifikasi Bieniawski, 1989)

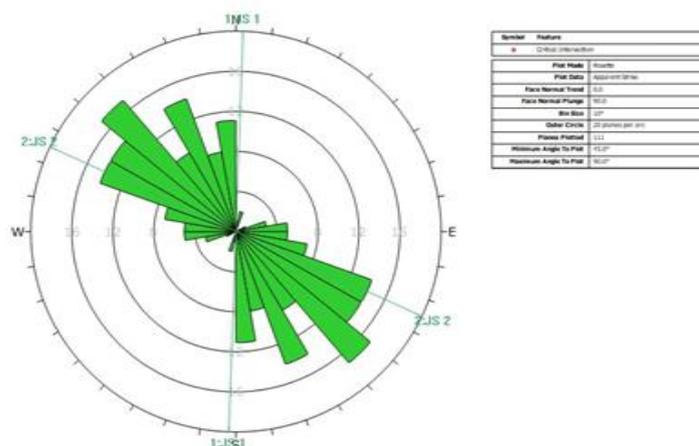
No	Parameter Properties of rockmass	RMR (Rock Class)				
		100-81 (I)	80-61 (II)	60-41 (III)	40-21 (IV)	<20 (IV)
1	Classification of rock mass	Very Good	Good	Fair	Poor	Very poor
2	Average stand-up time	20 years for 15m span	1 year for 10m span	1 week for 5m span	10 hours for 2.5m span	30 minutes for 1m span
3	Cohesion of rock mass (MPa)	>0.4	0.3-0.4	0.2-0.3	0.1-0.2	<0.1
4	Angle of internal friction of rock mass	>45°	35-45°	25-35°	15-25°	<15°
5	Allowable bearing pressure (T/m ²)	00-440	440-280	280-135	135-45	45-30
6	Safe cut slope (°) (Waltham, 2002)	>70	65	55	45	<40



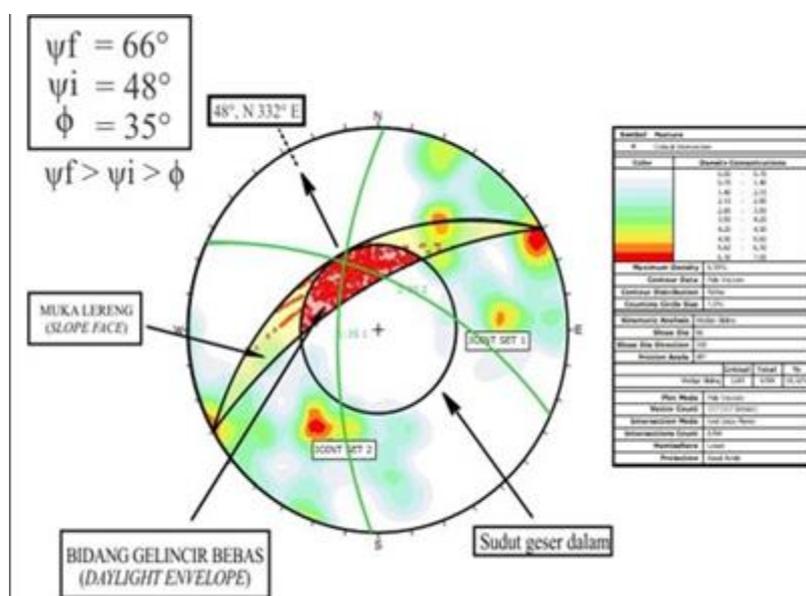
Gambar 9. Hasil Rosette diagram dari diskontinuitas tipe joint pada lereng 1.



Gambar 10. Hasil analisis kinematika lereng 1.



Gambar 11. Hasil Rosette diagram dari diskontinuitas tipe joint pada lereng 2.



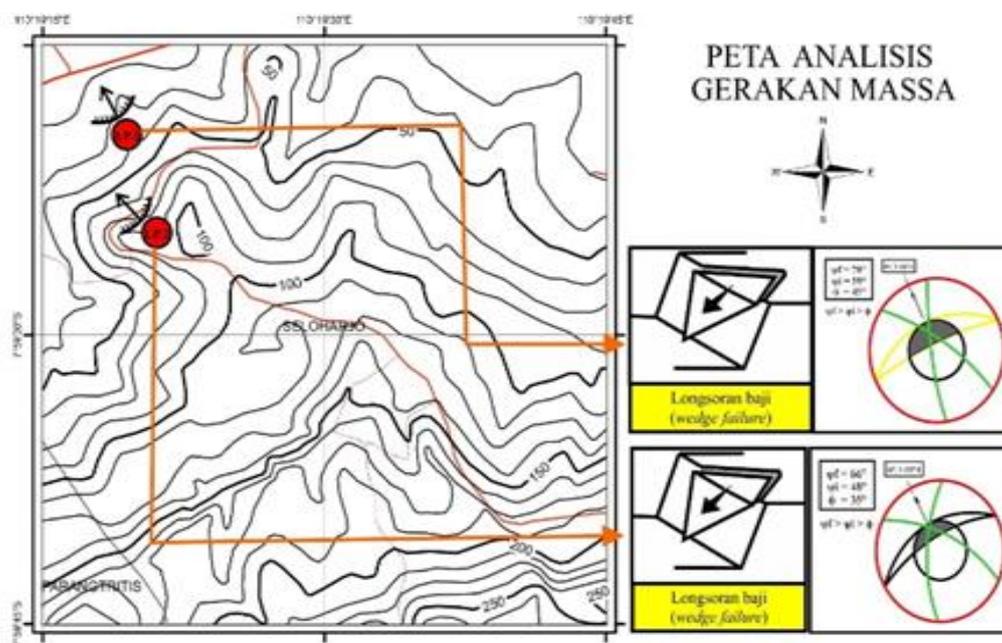
Gambar 12. Hasil analisis kinematika lereng 2

Tabel 5. Hasil perhitungan RMR lereng 2 berdasarkan klasifikasi Bieniawski (1989)

No	Parameter	Keterangan	Bobot
1	Kekuatan Batuan (Mpa)	32,9294	4
2	RQD (%)	71,35	13
3	Spasi diskontinuitas (m)	0,09	8
	Kondisi diskontinuitas		
	<i>presistence</i> /kemenerusan (m)	0,375	6
	<i>separation</i> /bukaan (mm)	0,5 - 4,5	1
4	kekasaran permukaan diskontinuitas	Sedikit kasar	3
	<i>Infillings</i> /pengisi	Tidak ada	6
	Kelapukan	Lapuk	3
5	Kondisi Keairan	Kering	15
NILAI RMR		59	

Tabel 6. Klasifikasi kelas batuan lereng 2 (modifikasi Bieniawski, 1989)

No.	Parameter Properties of rockmass	RMR (Rock Class)				
		100-81 (I)	80-61 (II)	60-41 (III)	40-21 (IV)	<20 (IV)
1	Classification of rock mass	Very Good	Good	Fair	Poor	Very poor
2	Average stand-up time	20 years for 15m span	1 year for 10m span	1 week for 5m span	10 hours for 2.5m span	30 minutes for 1m span
3	Cohesion of rock mass (MPa)	>0.4	0.3-0.4	0.2-0.3	0.1-0.2	<0.1
4	Angle of internal friction of rock mass	>45°	35-45°	25-35°	15-25°	<15°
5	Allowable bearing pressure (T/m ²)	600-440	440-280	280-135	135-45	45-30
6	Safe cut slope (°) (Waltham, 2002)	>70	65	55	45	<40



Gambar 13. Peta analisis gerakan massa

Berdasarkan analisis kinematika bidang diskontinuitas menunjukkan bahwa lereng 2 berpotensi terbentuk longsoran baji (*wedge failure*). Ditunjukkan bahwa terdapat 2 set diskontinuitas yang saling berpotongan, sehingga menghasilkan garis perpotongan 48°, N 332° E. Garis perpotongan ini memotong muka lereng sehingga terbentuk bidang gelincir bebas (*daylight envelope*), menandakan bahwa terdapat potensi untuk terjadinya longsor. Berdasarkan pengukuran dan analisis didapatkan nilai slope lereng 66°, kemiringan (*plunge*) garis perpotongan 2 diskontinuitas 48°, dan nilai sudut geser dalam (ϕ) 35°. Data tersebut menunjukkan bahwa syarat untuk terbentuknya

longsoran baji (*wedge failure*) pada lereng 2 telah terpenuhi, dikarenakan ($\psi_f > \psi_i > \phi$) ($66^\circ > 48^\circ > 35^\circ$). Berdasarkan arah (*trend*) dari garis perpotongan, maka arah longsor yang mungkin terjadi adalah N 332° E atau berarah baratlaut.

Dari hasil analisis kinematik pada lereng 1 dan lereng 2, didapatkan hasil berupa tipe longsor baji (*wedge failure*). Hal ini dikarenakan syarat dari longsor baji seperti ($\psi_f > \psi_i > \phi$) terpenuhi, sehingga pada lereng 1 dan lereng 2 mempunyai jenis longsor baji (*wedge failure*), dan arah longsor dari kedua lereng tersebut relatif berarah baratlaut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada ibu/bapak dosen Prodi Magister Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta yang telah memberi ilmu dan masukan selama penelitian, kepada orang tua dan kakak yang selalu memberikan dorongan dan bantuan baik moril maupun materil juga dukungan selama penelitian, dan kepada reviewer yang telah bersedia mereview sehingga dengan harapan tulisan ini dapat dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penanggulangan Bencana Daerah DIY, 2019. Data Kejadian di DIY Tahun 2019. Yogyakarta: BPBD DIY.
- Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification: A Complete manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*. Wiley: New York
- Bronto S., 2009. Fosil gunung api di Pegunungan Selata Jawa Tengah, *Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007, Publikasi Khusus*, no.38, hal. 171-194.
- Crozier, M.J. dan Glade, T., 2005, Landslide Hazard and Risk: Issues, Concepts and Approach. Dalam Glade, T., Anderson, M., Crozier, M.J. (Eds.), *Landslide Hazard and Risk*. John & Wiley Sons, Ltd. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470012659.ch1>
- Hoek, E. dan Bray, J.W., 1981. *Rock Slope Engineering, 3rd Edition*. London: The Institution of Mining and Metallurgy.
- Karnawati, D., 2005. *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pulungono, A. dan Martodjojo, S., 1994. Perubahan Tektonik Paleogene–Neogene Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, *Proceeding Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa*, hal.37-49.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H. M. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Rakhman A.N. dan Triheriyadi N.W.A.A., 2017. Pengaruh Diskontinuitas Massa Batuan Vulkanik Terhadap Stabilitas Lereng di Daerah Jelapan dan Sekitarnya, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 10(1), 2017, hal.71-77. DOI: <https://doi.org/10.34151/technoscientia.v10i1.85>
- Sidarto, 2009. Geologi Pegunungan Selatan di daerah Gunung Kidul, dan sekitarnya ditafsirkan dari citra ALOS. *Prosiding: Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007*, Publikasi Khusus no.38. Bandung: Pusat Survei Geologi.
- van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Martinus Nyhoff: The Hague.
- Wyllie, D.C. dan Mah, C.W. 2004. *Rock Slope Engineering: Civil and Mining (4th Edition)*. London: Spon Press Taylor and Francis Group.