

Identifikasi Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Analisis Kinematika dan Kesetimbangan Batas Di Jalan Akses Menuju Wisata Sermo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta

Muhammad Amin Fahmi¹⁾, I Gde Budi Indrawan¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,
Corresponding Author: Muhammad Amin Fahmi (muhammad.amin.fahmi@mail.ugm.ac.id)

Abstract

Slopes are areas that are prone to landslides. This is due to various factors such as lithological conditions, geological structure, rainfall, earthquakes, and anthropogenic activities. The objective of this study is to identify the potential types of landslides that may occur on slopes along the access roads to the Sermo tourist area, specifically the Sermo-Kokap Road, Sermo Subdistrict, Klepu-Siluwok Road, and Pengasih-Sermo Road, Kokap District, Kulon Progo Regency, Yogyakarta, using kinematic analysis and Limit Equilibrium methods. Observations were conducted at six monitoring stations to collect data on discontinuity orientations such as layering, joints, and faults, which were then analyzed using the Dips v. seven program to obtain information on landslide potential. The analysis results indicate that monitoring points STA 1, STA 4, and STA 5 have the potential for rolling landslides. Meanwhile, STA 2 and STA 6 have the potential for lateral and planar landslides. STA 3 only has the potential for planar landslides. Limit equilibrium analysis with safety factor calculations showed that STA 3 has the potential for planar landslides with a safety factor of 1.217, which is considered safe. However, STA 2 and STA 6, which have the potential for lateral and planar landslides, have safety factor values of 1.027 (wedge), 1.032 (planar), 1.012 (wedge), and 1.039 (planar), respectively. STA 2 and 6 are in a critical condition and require further protection. The results of this study are expected to provide vital information for reducing the risk of landslides in the area.

Keywords: Kinematics analysis, Limit equilibrium, Landslide, Factor of safety

1. Latar belakang

Bencana longsor merupakan salah satu bencana yang paling banyak menyebabkan korban dan kerusakan. Berdasarkan data statistik Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) hingga saat ini terdapat 3.198 nyawa meninggal dan 57.140 rumah mengalami kerusakan (BNPB, 2024). Resiko longsor yang diakibatkan instabilitas pada lereng yang berakibat longsor dapat menimbulkan risiko signifikan terhadap keselamatan manusia, infrastruktur, dan lingkungan. Stabilitas lereng sebagian besar bergantung pada karakteristik geologi dan geoteknik dari batuan dan tanah yang membentuk lereng tersebut. Kekuatan dari material lereng memiliki peran penting dalam stabilitas lereng. Namun, untuk lereng yang sebagian besar terdiri dari batuan dasar, faktor paling penting

sering kali adalah struktur geologi dari batuan itu sendiri (Mote T., dkk., 2004).

Daerah penelitian berada di jalan sermo terdapat beberapa titik yang pada yaitu jalan Sermo-Kokap, Lkr. Sermo, Klepu-Siluwok, dan Pengasih-Sermo yang telah disajikan pada **Gambar 1.1**. Daerah tersebut merupakan salah satu akses jalan menuju wisata waduk sermo yang dikhawatirkan lereng-lereng yang berada di sekitar jalan tersebut dapat mengalami longsor sehingga dapat membahayakan warga sekitar atau para turis yang ingin menuju wisata waduk sermo. Geologi daerah penelitian, berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Yogyakarta (Rahardjo, dkk., 1995), mencakup beberapa formasi utama. Formasi ini termasuk Formasi Nanggulan, yang terdiri dari batupasir yang mengandung lignit, napal, batulempung, dan batugamping. Formasi

Kebobutak terdiri dari breksi andesit, tuf lapili, dan aliran lava andesit. Sementara itu, Formasi Jonggrangan terdiri dari konglomerat, napal tufan, dan batupasir gampingan. Formasi Sentolo merupakan lapisan yang terdiri dari batugamping dan napal yang berinteraksi. Di antara formasi tersebut terdapat juga endapan aluvial. Terdapat batuan terobosan andesit di daerah tersebut. Menurut Bronto, dkk. (2004), sesar-sesar di daerah tersebut umumnya merupakan sesar normal dan sesar naik. Namun, terdapat juga sesar turun, salah satunya terletak di bagian timur, di lokasi Waduk Sermo. Sesar ini memotong intrusi andesit, Formasi Kebobutak, dan Formasi Sentolo.

2. Metodologi

Analisis Kinematika (*kinematic analysis*)

Metode kinematik bertujuan untuk menganalisis perpindahan massa batuan dengan merekonstruksi pergerakan yang terjadi di dalam batuan yang disebabkan oleh deformasi, tanpa memperhitungkan gaya yang diterapkan kepadanya. Metode ini berfokus pada evaluasi mendetail terhadap struktur dari massa batuan serta geometri dari bidang kelemahan yang berkontribusi pada pelemahan lereng (Hoek & Bray, 1981 ; McClay, 1987 ; Palmström, 2001). Pada dasarnya analisis kinematika menggunakan data diskontinuitas yang kemudian diplotkan pada proyeksi stereografi menggunakan *Schmidt net* untuk mengidentifikasi longsor blok. Data diskontinuitas yang diambil berupa orientasi (*trend & plunge*) per lapisan, kekar, patahan, dan lipatan yang terdapat di lapangan. Pengambilan data orientasi diskontinuitas menggunakan metode *scanline* sepanjang ± 30 meter. Pengambilan orientasi diskontinuitas secara langsung di lapangan paling sedikit 20 pengukuran untuk mendapatkan informasi orientasi set diskontinuitas yang representatif (Duncan dkk., 2004). Data diskontinuitas yang didapatkan perlu dilakukan *contouring* dalam program Dips v.7 untuk

mendapatkan konsentrasi persebaran orientasi diskontinuitas sehingga dapat diketahui arah orientasi utama dari diskontinuitas. Berdasarkan hasil proyeksi stereografi pada Schmidt net dapat memberikan informasi 4 jenis runtuh lereng (*slope failure*) yang mungkin terjadi yaitu: 1). longsor bidang (*planar*); 2). longsor jenis baji (*wedge*); 3). longsor jenis gulingan (*toppling*); 4). longsor jenis melingkar (*circular*), yang telah disajikan pada **Gambar 2.1**, dimana karakteristik dari diskontinuitas pada setiap jenis longsor.

Analisis Kesetabilan Batas Pada Longsor Membaji dan Membidang

Analisis kesetimbangan batas adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi kestabilan suatu massa yang mungkin bergerak menuruni lereng. Metode ini melibatkan perbandingan antara gaya yang mendorong (gaya penggerak) dan gaya yang menahan (gaya penahan) sepanjang bidang potensial longsor. Dengan membandingkan kedua gaya ini, diperoleh nilai Faktor Keamanan (FS) yang mengindikasikan tingkat keamanan suatu lereng terhadap potensi longsor (Aprilia dkk., 2014). Analisis kestabilan batas ini dilakukan secara perhitungan manual berdasarkan tipe longsor membaji dan membidang. Pada dasarnya kestabilan lereng dipengaruhi oleh gaya penahan dan gaya penggerak pada bidang yang berpotensi bergelincir. Menurut Hoek dan Bray (1981), nilai Faktor Keamanan (FK) yang kurang dari atau sama dengan 1 menandakan bahwa lereng berada dalam kondisi tidak stabil. Sebaliknya, nilai FK yang lebih besar dari 1 mengindikasikan bahwa lereng berada dalam kondisi stabil. Lanjutannya, Priest dan Brown (1983) memperinci bahwa nilai FS yang berada di antara 1 dan 1,2 menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi kritis, sedangkan nilai FK yang sama dengan atau lebih besar dari 1,2 menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi aman.

3. Fundamental

Longsor Membidang (*Planar Failure*)

Longsor membidang merupakan tipikal longsor pada batuan dimana blok batuan telah tergelincir pada satu bidang yang miring dari muka lereng. Menurut Duncan dkk (2004) syarat terjadi longsor membidang yaitu: (1) Bidang tempat terjadinya geseran harus sejajar atau hampir sejajar (dalam kisaran sekitar $\pm 20^\circ$) dengan muka lereng ; (2) Bidang geseran harus "terlihat" di muka lereng, yang berarti bahwa kemiringan bidang harus kurang dari kemiringan muka lereng, yaitu, $\psi_p < \psi_f$; (3) Kemiringan bidang geseran harus lebih besar dari sudut gesekan bidang tersebut, yaitu, $\psi_p > \phi$; (4) Ujung atas dari permukaan geseran baik berpotongan dengan lereng atas, atau berakhir di sebuah retakan tegangan. ; (5) Permukaan pembebasan yang memberikan hambatan geseran yang dapat diabaikan harus ada dalam massa batuan untuk mendefinisikan batas lateral dari longsor. Sebagai alternatif, kegagalan dapat terjadi pada bidang geseran yang melalui bagian "nose" lereng yang cembung. Kondisi geometri dan parameter yang berpengaruh pada longsor yang telah disajikan pada **Gambar**

2.2. Persamaan perhitungan faktor keamanan dapat dilakukan sebagai berikut.

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan } (Fr)}{\text{Gaya Penggerak } (Fi)} \quad \dots(1)$$

$$FK = \frac{c.A + W \cos \psi_p \tan \phi}{W \sin \psi_p} \quad \dots(2)$$

Di mana c dan A adalah kohesi batuan pada lereng dan area kontak pada bidang gelincir.

Ketika permukaan atas horizontal ($\psi_s = 0$), peralihan dari satu kondisi ke kondisi lain terjadi ketika retakan tegangan bertepatan dengan puncak lereng, yaitu dapat diasumsikan ratio z dan H. Berdasarkan geometri yang telah disajikan pada **Gambar 2.2**, dapat

ditentukan nilai usaha (W) dengan mengalikan unit berat batuan (γ_r) dengan area kontak (A) yang kemudian disederhanakan menjadi persamaan 4. Nilai dari A juga dapat ditentukan melalui penyederhanaan pada persamaan 5.

$$\frac{z}{H} = r \quad \dots(3)$$

$$W = \frac{1}{2} \gamma_r H [\cot \psi_p \{1 - r^2\} - \cot \psi_f] \quad \dots(4)$$

$$A = H (1 - r) \operatorname{cosec} \psi_p \quad \dots(5)$$

Dimana r adalah variabel asumsi untuk ratio kedalaman dari retakan tegangan dengan ketinggian lereng. Untuk mendapatkan nilai kedalaman retakan tegangan kritis maka FK harus dalam kondisi minimum, sehingga di dapatkan persamaan 6 dan 7.

$$\frac{\partial f}{\partial r} = 0 \quad \dots(6)$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{cA}{W \sin \psi_p} + \frac{\tan \phi}{\tan \psi_p} \right] = 0 \quad \dots(7)$$

Reduksi konstanta dan nilai yang tidak bergantung dengan nilai variabel r, kemudian lakukan diferensiasi hingga mendapatkan persamaan kuadrat pada persamaan 8, yang kemudian disederhanakan pada persamaan 9. Nilai dari r tidak mungkin >1 , sehingga persamaan yang digunakan pada z kritis pada persamaan 10.

$$r = \frac{2 \cot \psi_p \pm \sqrt{\cot^2 \psi_p - 4 \cot \psi_p (\cot \psi_p - \cot \psi_f)}}{2 \cot \psi_p} \quad (8)$$

$$r = 1 \pm \sqrt{\tan \psi_p \cot \psi_f} \quad (9)$$

$$r = 1 - \sqrt{\tan \psi_p \cot \psi_f} \quad (10)$$

Untuk mendapatkan nilai A dan W dapat mensubstitusikan persamaan 10 kepada persamaan 4 & 5 yang kemudian dapat menentukan nilai faktor keamanan pada jenis longsor membidang pada persamaan 2.

Longsor Membaji (*Wedge Failure*)

Longsor berbentuk baji merupakan jenis longsor yang sering terjadi pada lereng batuan yang memiliki sambungan. Longsor ini terjadi sepanjang garis pertemuan antara sambungan (*intersection*), sehingga *intersection* tersebut harus terlihat pada permukaan lereng (*daylight*). Agar garis pertemuan dapat terlihat, sudut masuk garis pertemuan harus lebih kecil dari sudut kemiringan permukaan lereng yang diukur sepanjang arah pertemuan. Selain itu, sudut masuk garis pertemuan harus lebih besar dari sudut gesek pada bidang sambungan (Markland, 1972 ; Yoon dkk., 2002). Kondisi umum terjadi longsor membaji yang disajikan pada **Gambar 2.3**. Menurut (Hoek & Bray, 1981 ; Duncan dkk., 2004) untuk dapat terjadinya longsor membaji yaitu: 1) Dua bidang akan selalu berpotongan membentuk sebuah garis. Pada stereonet, garis persimpangan diwakili oleh titik dimana dua lingkaran besar dari bidang tersebut berpotongan, dan orientasi garis ditentukan oleh arahnya (α_i) dan sudut penyelamannya (ψ_i). 2) Sudut penyelaman dari garis persimpangan harus lebih landai dari kemiringan muka, dan lebih curam dari sudut gesekan rata-rata dari kedua bidang geser, yaitu $\psi_{fi} > \psi_i > \varphi$. Kemiringan muka lereng ψ_{fi} diukur dari pandangan tegak lurus terhadap garis persimpangan. Perlu diperhatikan bahwa ψ_{fi} hanya akan sama dengan ψ_f , kemiringan sejati muka lereng, jika arah kemiringan garis persimpangan sama dengan arah kemiringan muka lereng. 3) Garis persimpangan harus menyelam ke arah keluar dari muka untuk memungkinkan geseran; rentang kemungkinan dalam arah garis persimpangan adalah antara α_i dan α_i . Analisis faktor keamanan pada longsor membaji dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$FS = \frac{(R_A + R_B) \tan \varphi}{W \sin \psi_i} \dots(11)$$

R_A dan R_B adalah normal reaksi pada kedua bidang yang disajikan pada **Gambar 2.4a**. Kemudian asumsi bahwa bidang gelincir hanya ditahan oleh sudut friksi (φ). Sudut friksi bernilai sama untuk kedua bidang dan komponen berat bekerja pada garis *intersection* ($W \sin \psi_i$). Sehingga R_A dan R_B dapat disederhanakan sebagai berikut

$$R_A \sin (\beta - \frac{1}{2} \xi) = R_B \cos (\beta + \frac{1}{2} \xi) \dots(12)$$

$$R_A \cos (\beta - \frac{1}{2} \xi) + R_B \cos (\beta + \frac{1}{2} \xi) = W \cos \psi_i \dots(13)$$

Sudut-sudut ξ dan β memiliki penjelasan yang telah disajikan pada **Gambar 2.4b**. Pengukuran sudut ξ dan β dilakukan pada lingkaran besar yang mengandung kutub garis persimpangan dan kutub dari kedua bidang geser. Untuk memenuhi syarat kesetimbangan, komponen normal dari reaksi harus sama persamaan 12, dan jumlah dari komponen yang sejajar harus sama dengan komponen dari berat yang beraksi menuruni garis persimpangan persamaan 13.

Nilai dari R_A dan R_B didapatkan melalui persamaan 12 & 13 dengan penyelesaian penjumlahan sebagai berikut.

$$R_A + R_B = \frac{W \cos \psi_i \sin \beta}{\sin \frac{\xi}{2}} \dots(13)$$

Sehingga, faktor keamanan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 14.

$$FK = \frac{\sin \beta \tan \varphi}{\sin \frac{\xi}{2} \tan \psi_i} \dots(14)$$

4. Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari penelitian mengungkapkan beberapa lereng yang dapat terjadi longsor. Pada tabel yang tersajikan pada **Tabel 3.1** memberikan informasi koordinat dan elevasi titik amat. Pada pengamatan 6 titik stasiun amat (STA) dan dokumentasi kondisi

serta pengukuran diskontinuitas tersajikan pada **Gambar 3.1**. Kondisi massa batuan yang beragam dari pengamatan lereng pada setiap STA sebagai berikut:

Pengamatan titik STA 1

Lereng pada STA 1 memiliki tinggi ± 14 meter dengan orientasi lereng $N310^\circ/50^\circ E$ dimana lereng tersebut terdiri dari litologi batugamping (*Limestone*) yang berlapis dengan berorientasi $N165^\circ/15^\circ E$. Kondisi massa batuan dari lereng tersebut memiliki tingkat pelapukan sedang-tinggi, tingkat kekasaran yaitu kasar, pengisi dari diskontinuitas tidak ada, dan diskontinuitas memiliki separasi < 1 mm. Pada STA 1 memiliki 3 joint set utama, yaitu $N198^\circ/70^\circ E$, $N165^\circ/15^\circ E$, dan $N13^\circ/78^\circ E$. Berdasarkan Analisa kinematika menggunakan Dips yang terlag disajikan pada **Gambar 3.2** tidak memiliki potensi longsor membidang dan membaji karena arah kemiringan bidang diskontinuitas berlawanan dengan arah bidang lereng. Oleh karena itu, orientasi joint set tersebut hanya berpotensi kecil mengalami longsor mengguling yaitu sekitar 7,32%, yang dianggap tidak memerlukan tindakan khusus.

Pengamatan titik STA 2.

Lereng di STA 2 menonjol dengan ketinggian ± 25 meter dan kemiringan yang relatif curam, mengarah ke $N310^\circ/71^\circ E$. Terdiri dari breksi andesit yang berisi fragmen dari kerakal hingga bongkah, karakteristik lereng ini mencakup tingkat pelapukan yang sedang, kekasaran yang juga sedang, serta kehadiran material pengisi seperti kalsit dan sfalerit, dengan separasi diskontinuitas kurang dari 1 mm. Dari pengamatan di STA 2, ditemukan tiga set joint: $N262^\circ/74^\circ E$, $N178^\circ/82^\circ E$, dan $N43^\circ/43^\circ E$. Analisis menggunakan Dips yang telah disajikan pada **Gambar 3.3** menunjukkan bahwa potensi longsor membaji mencapai 56,62%. Arah $N250^\circ E$ dan $N9^\circ E$ teridentifikasi memiliki potensi

longsor membaji yang signifikan. Longsor di $N250^\circ E$ terjadi akibat persilangan antara joint set $N262^\circ/74^\circ E$ dan $N43^\circ/43^\circ E$, sementara longsor di $N9^\circ E$ berasal dari persilangan antara joint set $N43^\circ/43^\circ E$ dan $N178^\circ/82^\circ E$. Selain itu, lereng ini juga berisiko tinggi mengalami longsor membidang sebesar 42,31%, yang disebabkan oleh joint set $N43^\circ/43^\circ E$.

Pengamatan titik STA 3

Lereng di STA 3, dengan ketinggian ± 13 meter, terbentuk dari andesit. Orientasi lereng ini adalah $N305^\circ/70^\circ E$, menampilkan kondisi massa batuan yang menunjukkan tingkat pelapukan yang cukup tinggi dan kekasaran yang kasar. Tidak adanya pengisi pada kekar dan separasi kurang dari 1 mm, serta kondisi yang kering, turut mendefinisikan karakteristik lereng ini. Dari pengamatan di STA 3, teridentifikasi tiga orientasi joint set: $N51^\circ/13^\circ E$, $N60^\circ/53^\circ E$, dan $N28^\circ/66^\circ E$. Berdasarkan analisis yang dilakukan dengan Dips mengungkapkan potensi terbesar untuk longsor penggulingan adalah sekitar 46,67%, seperti yang disajikan pada **Gambar 3.4a**. Selain itu, longsor membidang juga menunjukkan potensi yang signifikan, sebesar 20%, yang terutama disebabkan oleh joint set dengan orientasi $N28^\circ/66^\circ E$ dan $N60^\circ/53^\circ E$, seperti yang telah disajikan pada **Gambar 3.4b**.

Pengamatan titik STA 4

Lereng yang terletak di STA 4 menampilkan ketinggian ± 15 meter dan terdiri dari breksi andesit, yang mencakup fragmen dari ukuran kerakal hingga bongkah. Orientasi lereng ini ditetapkan pada $N170^\circ/65^\circ E$, dengan karakteristik massa batuan yang mencatat tingkat pelapukan yang cukup tinggi dan kekasaran yang agak kasar. Tidak adanya material pengisi pada diskontinuitas, beserta dengan separasi kurang dari 1 mm dan kondisi yang kering, menambah pada

deskripsi detail dari lereng ini. Analisis lebih lanjut mengungkapkan adanya tiga joint set utama dengan orientasi $N237^{\circ}/77^{\circ}E$, $N353^{\circ}/24^{\circ}E$, dan $N73^{\circ}/75^{\circ}E$. Berdasarkan interpretasi ini, lereng diperkirakan hanya memiliki potensi longsor mengguling sebesar 26.83%, seperti yang disajikan pada **Gambar 3.5**. Kemudian, tidak ditemukan potensi longsor membidang dan membaji, yang disebabkan oleh orientasi bidang diskontinuitas yang berlawanan dengan arah bidang lereng, mengindikasikan kondisi stabilitas cenderung stabil.

Pengamatan titik STA 5

Lereng di STA 5, yang memiliki ketinggian ± 11 meter, terbentuk dari batuan andesit. Orientasi lereng ini ditentukan sebagai $N179^{\circ}/80^{\circ}E$. Massa batuan di lereng ini dicirikan oleh tingkat pelapukan yang berada di kisaran sedang hingga tinggi dan tingkat kekasaran yang kasar. Lereng ini tidak menunjukkan adanya pengisi pada diskontinuitas, dengan separasi yang kurang dari 1 mm dan berada dalam kondisi yang kering. Pengamatan secara langsung menemukan tiga joint set yang dominan, yaitu $N80^{\circ}/89^{\circ}E$, $N15^{\circ}/17^{\circ}E$, dan $N149^{\circ}/88^{\circ}E$. Berdasarkan analisis menggunakan Dips, hanya ditemukan potensi longsor mengguling sebesar 16.22%, sebagaimana telah disajikan pada **Gambar 3.6**, tanpa adanya potensi untuk longsor membaji maupun membidang. Joint set yang memiliki peran kunci dalam potensi longsor mengguling tersebut adalah $N80^{\circ}/89^{\circ}E$ dan $N15^{\circ}/17^{\circ}E$, menunjukkan interaksi spesifik antara diskontinuitas yang menyebabkan jenis longsor.

Pengamatan titik STA 6

Lereng di STA 6 menonjol dengan ketinggian ± 27 meter dan terdiri dari breksi andesit, dimana fragmen batuan berkisar dari kerakal hingga bongkah. Orientasi lereng ini ditetapkan pada $N190^{\circ}/80^{\circ}E$, menunjukkan kondisi massa

batuan dengan tingkat pelapukan yang sedang dan kekasaran yang agak kasar. Tidak adanya material pengisi pada diskontinuitas, ditambah dengan separasi kurang dari 1 cm dan keadaan yang kering, menandai karakteristik fisik lereng ini. Analisis terhadap tiga joint set yang mengontrol STA 6, yaitu $N283^{\circ}/63^{\circ}E$, $N59^{\circ}/23^{\circ}E$, dan $N144^{\circ}/76^{\circ}E$, melalui penggunaan Dips seperti yang telah disajikan pada **Gambar 3.7a**, mengindikasikan potensi longsor membaji terbesar sebesar 39.83%, yang terjadi akibat persilangan antara bidang $N144^{\circ}/76^{\circ}E$ dengan $N283^{\circ}/63^{\circ}E$, menunjukkan arah longsor pada $N124^{\circ}E$. Selain itu, terdapat juga potensi longsor membidang sebesar 27.27%, yang disebabkan oleh joint set dengan orientasi $N283^{\circ}/63^{\circ}E$ yang disajikan pada **Gambar 3.7b**, menggambarkan kompleksitas interaksi diskontinuitas yang berkontribusi pada stabilitas lereng.

Pada lereng yang dapat berpotensi mengalami longsor membaji dan membidang akan dilakukan analisis kesetimbangan batas dnengan perhitungan faktor keamanan secara manual. Asumsi sudut friksi (ϕ) pada litologi batugamping, breksi andesit, dan andesit adalah 35° , 37° , dan 38° . Secara ringkas tabel 2 memberikan nilai faktor keamanan untuk longsor membaji dan membidang pada setiap lereng titik pengamatan yang berpotensi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis kinematika, titik pengamatan di STA 1, STA 4, dan STA 5 menunjukkan kecenderungan tinggi terhadap potensi longsor mengguling. Sementara itu, pada titik pengamatan STA 2 dan STA 6, terdapat potensi yang signifikan untuk terjadinya longsor membaji dan membidang. Di sisi lain, STA 3 hanya menunjukkan potensi untuk terjadinya longsor membidang. Hasil perhitungan faktor keamanan menunjukkan bahwa STA 2 dan STA 6

berada dalam kondisi kritis, mengindikasikan risiko tinggi terhadap stabilitas. Sebaliknya, STA 3 ditemukan berada dalam kondisi yang lebih aman, menandakan risiko longsor yang lebih rendah dibandingkan dengan lokasi lainnya.

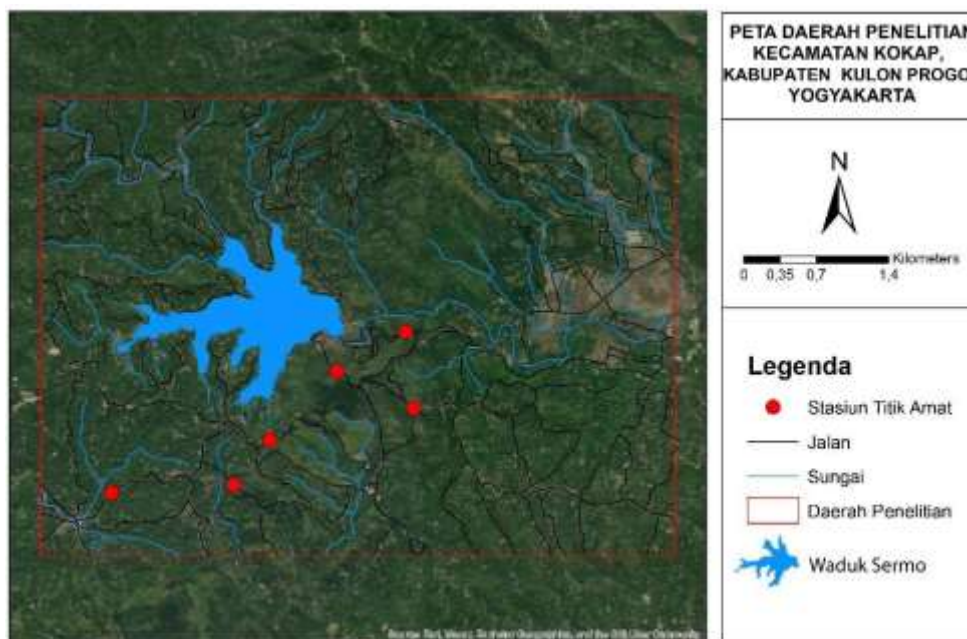
Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada Bapak I Gde Budi Indrawan, P.hD. sebagai pembimbing penelitian ini. Atas bimbingan, masukan, saran, dan dukungan beliau selama penyusunan penelitian ini. Kepada Deril Shalom Pratama Sitohang sebagai asisten yang telah membantu saya dalam pengambilan data di lapangan. Atas kerjasama, dedikasi, dan bantuan Deril dalam melakukan pengumpulan data di lapangan, penelitian ini dapat berjalan lancar sesuai rencana.

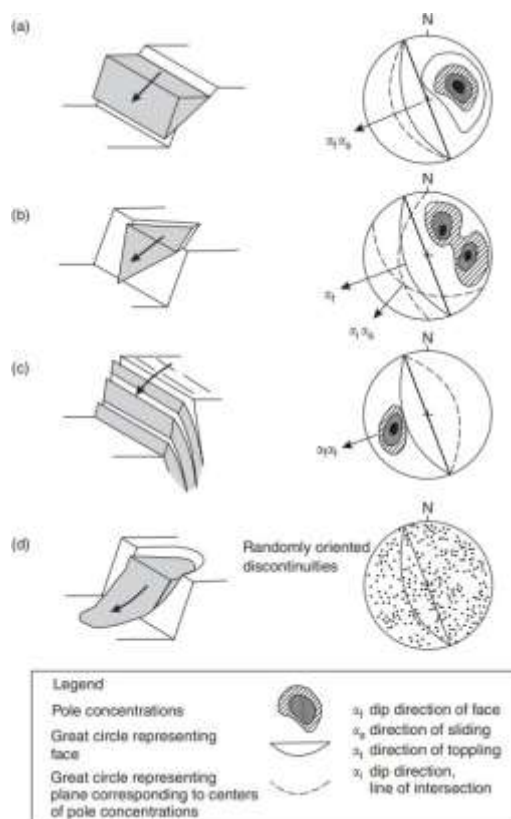
Daftar Pustaka

- Aprilia, F., Indrawan, I.G.B., Adriansyah, Y. and Maryadi, D., 2014. Analisis Tipe Longsor Dan Kestabilan Lereng Berdasarkan Orientasi Struktur Geologi Di Dinding Utara Tambang Batu Hijau, Sumbawa Barat. Semin. Nas. Kebumihan Ke-7 dan Simp. Pendidik. Geol. Nasional. Jur. Tek. Geol. Fak. Tek. Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta, pp.30-31.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia., 2024. Daerah Informasi Bencana Indonesia (DIBI).Diakses dari <https://dibi.bnpb.go.id/kalen2?th=2024&bl=02>
- Bronto, S., Budiadi, Ev., & Hartono, H.G., 2004. Permasalahan Geologi Gunungapi di Indonesia. *Majalah Geologi Indonesia*, 9, 91-105.
- Hoek, E., & Bray, J.W., 1981. *Rock Slope Engineering*. Revised Third Edition. London: The Institution of Mining and Metallurgy.
- Hoek, E., Kaiser, P.K., & Bawden, W.F., 1995. *Support of underground excavations in hard rock*. Rotterdam: Balkema.
- Markland, J.T., 1972. A valuable technique for estimating the stability of rock slopes when the rigid wedge slide type of failure is expected. *Interdepartmental Rock Mechanics Project, Imperial College of Science and Technology*.
- McClay, K.R., 1987. *The Mapping of Geological Structures*. England: John Wiley and Sons, Ltd.
- Mote, T., Morley, D., Keuscher, T., & Crampton, T., 2004. GIS-based kinematic slope stability analysis. In *Proceedings 24th annual ESRI international user conference*, August (pp. 9-13).
- Palmström, A., 2001. *Measurement And Characterization Of Rock Mass Jointing*. Oslo, Norway: A. A. Balkema Publishers.
- Priest, S.D. and Brown, E.T., 1983. Probabilistic stability analysis of variable rock slopes. *Trans.-Inst. Min. Metall., Sect. A;(United Kingdom)*, 92.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H.M.D., 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Wyllie, D.C., & Mah, C.W., 2004. *Rock Slope Engineering (Civil and Mining)*, 4th edition. London and New York: Spon Press.
- Yoon, W.S., Jeong, U.J., & Kim, J.H., 2002. Kinematic analysis for sliding failure of multi-faced rock slopes. *Engineering Geology*, 67(1-2), 51-61.

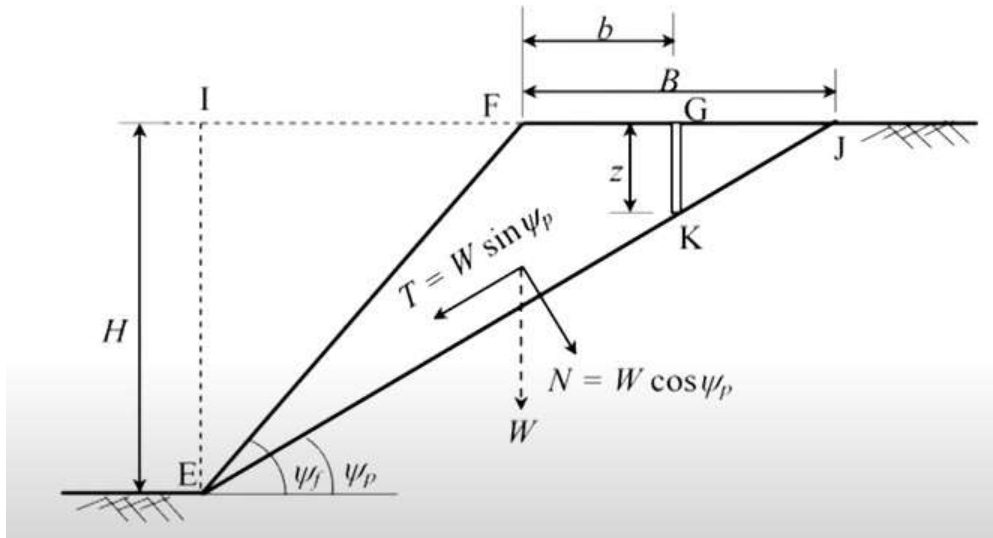
LAMPIRAN



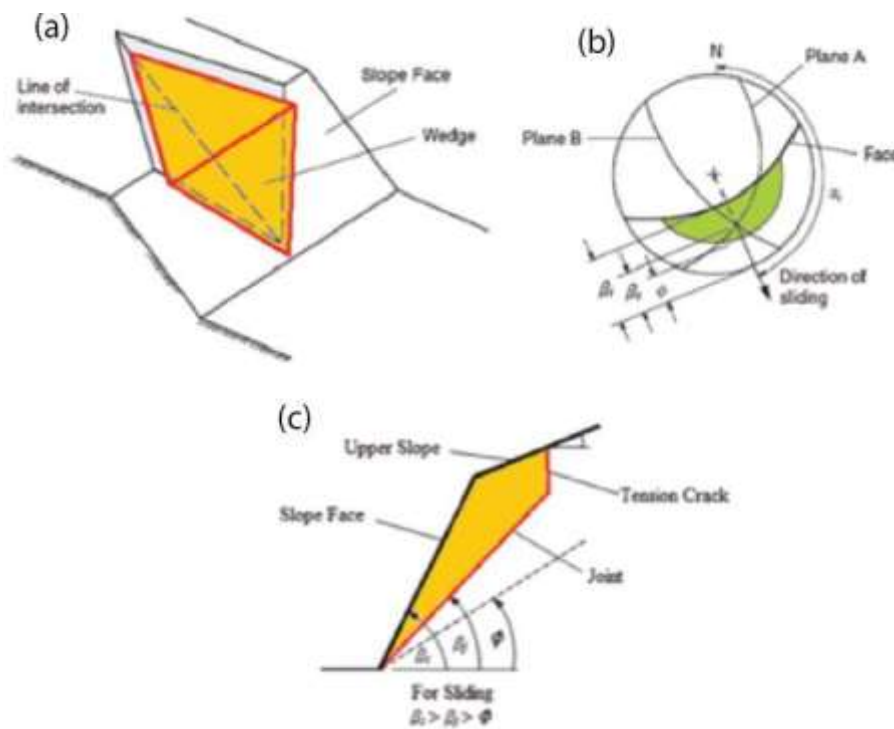
Gambar 1.1 Peta Daerah Penelitian jalan Sermo-Kokap, Lkr. Sermo, Klepu-Siluwok, dan Pengasih-Sermo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta



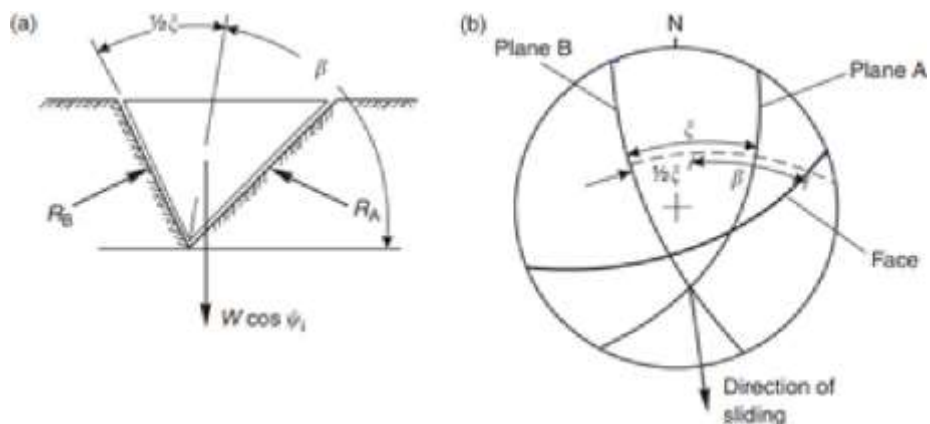
Gambar 2.1 Jenis jenis longsor yang ditentukan dengan memproyeksikan stereografi, (a) longsor planar; (b) longsor baji ; (c) longsor gulingan ; (d) longsor melingkar (Hoek & Bray, 1981)



Gambar 2.2 Geometri dari longsor membidang, dimana H : ketinggian lereng, ψ_p : dip dari bidang gelincir, ψ_f : dip dari lereng, b : lokasi retakan tegangan, dan z : kedalaman retakan tegangan.



Gambar 2.3 Kondisi geometris untuk kegagalan baji: (a) tampilan gambar longsor membaji; (b) stereoplot yang menunjukkan orientasi garis persimpangan, dan rentang sudut masuk garis persimpangan ψ di mana kegagalan adalah layak; (c) tampilan lereng pada sudut tegak lurus terhadap garis persimpangan (Wylie & Mah, 2004).



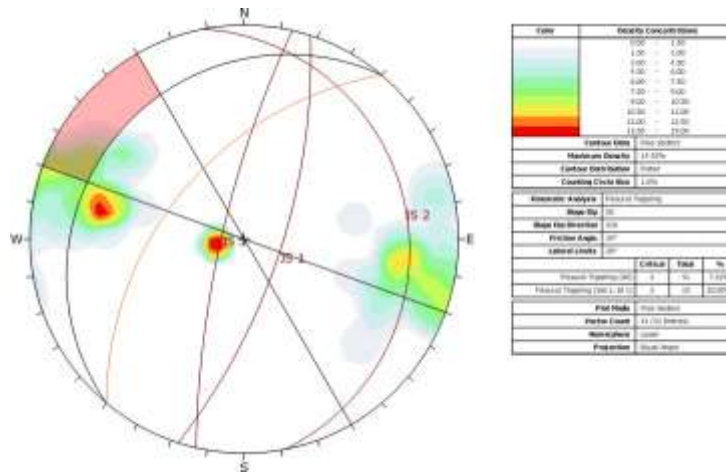
Gambar 2.4 Resolusi gaya untuk menghitung faktor keamanan baji: (a) tampilan baji saat melihat dari depan yang menunjukkan definisi sudut β dan ζ , serta reaksi pada bidang geser R_A dan R_B ; (b) stereonet yang menunjukkan pengukuran sudut β dan ζ (Hoek & Bray, 1981 ; Duncan dkk., 2004)

Titik Amat	Koordinat		Elevasi (m)
	Latitude	Longitude	
STA 1	-7.83102	110.1301	168
STA 2	-7.82782	110.1234	202
STA 3	-7.82438	110.1294	141
STA 4	-7.83773	110.1143	211
STA 5	-7.83842	110.1036	123
STA 6	-7.83382	110.1175	244

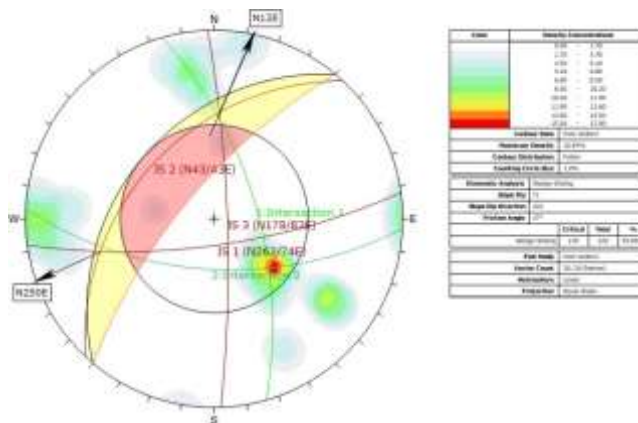
Table 3.1 koordinat dan elevasi titik pengamatan.



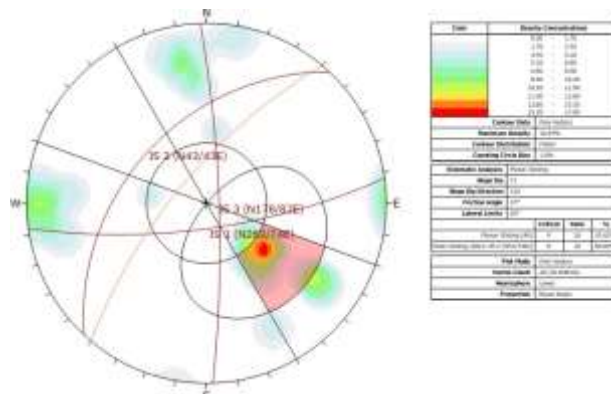
Gambar 3.1 dokumentasi kondisi lereng dan pengukuran di lapangan. (a) pengukuran di STA 1, (b) pengukuran di STA 2, (c) pengukuran di STA 3, (d) pengukuran di STA 4, (e) pengukuran di STA 5, (f) pengukuran di STA 6.



Gambar 3.2 Hasil analisis STA 1 menggunakan Dips menghasilkan potensi longsor mengguling 7.12%.

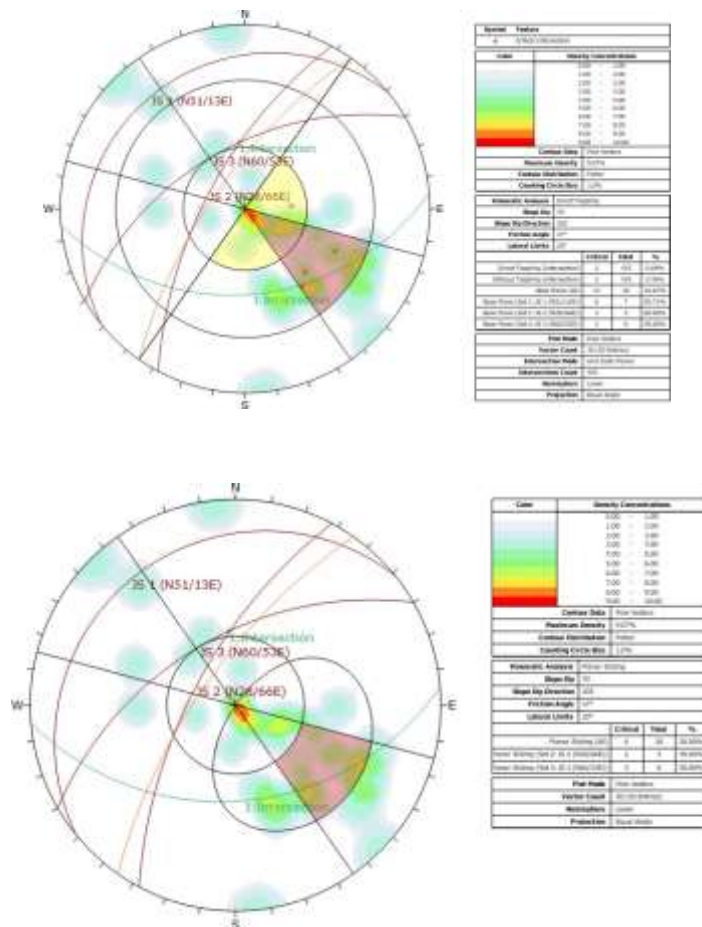


(a)

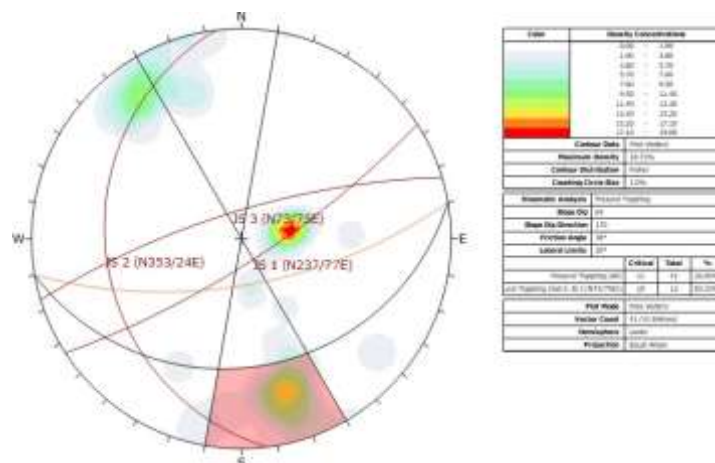


(b)

Gambar 3.3 Hasil analisis STA 2 menggunakan Dips. (a) potensi longsor membaji sebesar 48.85% yang mengarah N250E dan N12E, (b) potensi longsor membidang sebesar 34.62%.



Gambar 3.4 Hasil analisis STA 3 menggunakan Dips. (a) potensi longsor mengguling sebesar 46.67%, (b) potensi longsor membidang 20%.



Gambar 3.5 Hasil analisis STA 4 menggunakan Dips menghasilkan potensi longsor mengguling sebesar 26.83%

Titik Amat	Jenis Longsor	Faktor Keamanan (FK)
STA 1	-	-
STA 2	Membaji	1.027 (kritis)
	Membidang	1.032 (kritis)
STA 3	Membidang	1.217 (aman)
STA 4	-	-
STA 5	-	-
STA 6	Membaji	1.012 (kritis)
	Membidang	1.039 (kritis)

Tabel 3.2 Hasil faktor keamanan secara ringkas dengan perhitungan manual untuk jenis longsor membaji dan membidang