

ANALISIS STABILITAS LERENG BATUAN DENGAN METODE SLOPE STABILITY PROBABILITY CLASSIFICATION (SSPC) PADA KAWASAN PIYUNGAN-PATUK, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Rana Wiratama

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Universitas Papua,
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari
Email: send2wiratama@yahoo.com

Abstract

Landslide events in an area are manifestations of unstable slope conditions, so that evaluation of slope stability and mapping of areas prone to landslides is very important as an effort to mitigate landslides. In this study the Slope Stability Probability Classification (SSPC) method was used to evaluate slope stability in the Piyungan-Patuk area. which is a rock mass classification system for slope stability which classifies 3 (three) different rock masses through a three-step approach namely: Exposure Rock Mass (ERM), Reference Rock Mass (RRM) and Slope Rock Mass (SRM). Slope stability analysis results on 18 selected slopes obtained probability of slope stability with very low to very high classification with a probability value of stability <0.5 to > 95, where the probability value is strongly influenced by rock mass parameters such as rock strength, discontinuity and weathering rate .

Keywords: Slope stability, Discontinuity, Rock Mass

Abstrak

Peristiwa terjadinya longsor di suatu kawasan merupakan manifestasi dari kondisi lereng yang tidak stabil, sehingga evaluasi stabilitas lereng dan pemetaan pada kawasan yang rawan terjadinya longsor menjadi hal yang sangat penting sebagai upaya mitigasi terhadap bencana longsor. Pada penelitian ini diterapkan metode *Slope Stability Probability Classification* (SSPC) untuk evaluasi stabilitas lereng di daerah Piyungan-Patuk. yang merupakan sistem klasifikasi massa batuan untuk stabilitas lereng yang mengklasifikasikan 3 (tiga) massa batuan berbeda melalui pendekatan tiga langkah (three steps approach); yaitu : *Exposure Rock Mass* (ERM), *Reference Rock Mass* (RRM) dan *Slope Rock Mass* (SRM). Hasil analisis stabilitas lereng pada 18 lereng terpilih didapat probabilitas stabilitas lereng dengan klasifikasi *sangat rendah* hingga *sangat tinggi* dengan nilai probabilitas kestabilan <0,5 sampai dengan >95, dimana nilai probabilitas ini sangat dipengaruhi oleh parameter masa batuan seperti kekuatan batuan, diskontinuitas dan tingkat pelapukan.

Kata Kunci: Stabilitas lereng; Diskontinuitas; Massa Batuan.

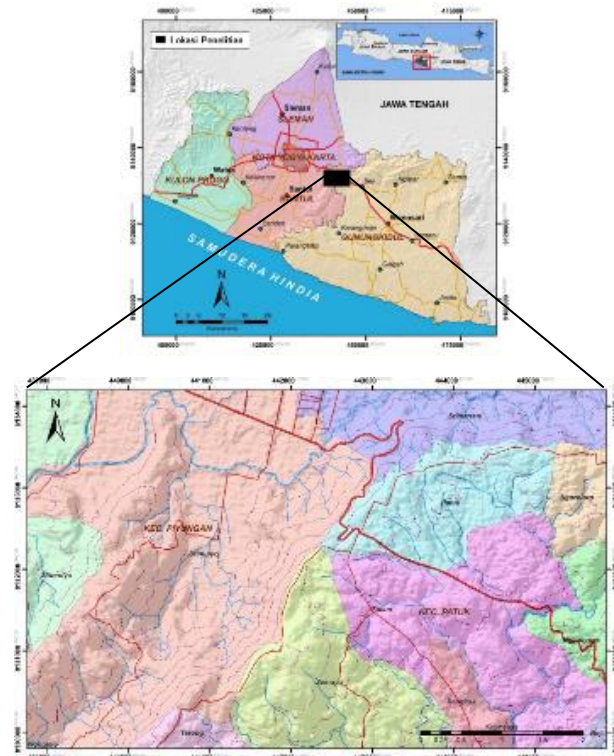
PENDAHULUAN

Wilayah Piyungan-Patuk yang secara administratif termasuk kedalam wilayah provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang berdasarkan pada faktor-faktor kondisi geologi dengan morfologi perbukitan berada pada daerah yang rawan terjadinya longsor dan gerakan tanah (Sopheap & Karnawati, 2007). Berdasarkan kondisi tersebut, ruas jalan raya yang melalui wilayah Piyungan-Patuk, yang merupakan jalur transportasi darat utama antara kota Yogyakarta dan Kabupaten Gunungkidul, sangat rawan terkena dampak longsor, yang selain mengancam dan membahayakan keselamatan jiwa dan harta benda penduduk sekitar maupun para pengguna jalan raya, juga dapat menyebabkan terputusnya jalur penghubung utama antara kota Yogyakarta dan Kabupaten Gunungkidul sehingga akan mengakibatkan terganggunya roda perekonomian masyarakat sekitar. Oleh karena itu, mengingat bahwa kejadian longsor merupakan manifestasi dari keadaan lereng yang tidak stabil, maka evaluasi stabilitas lereng pada jalur jalan raya Piyungan-Patuk menjadi hal yang sangat penting sebagai upaya mitigasi bencana longsor dan gerakan tanah pada kawasan tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kestabilan lereng dengan metode *Slope Stability Probability Classification* (SSPC) pada lereng-lereng terpilih di kawasan Piyungan-Patuk. SSPC merupakan pendekatan baru metode klasifikasi masa batuan yang secara langsung menghitung probabilitas kestabilan suatu lereng berdasarkan parameter-parameter masa batuan. SSPC telah diterapkan untuk penilaian stabilitas lereng di berbagai daerah untuk berbagai keperluan rekayasa, dan dihasilkan penilaian stabilitas lereng yang lebih baik dibandingkan sistem lainnya (Hack, 1998).

Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi daerah penelitian berada di wilayah Piyungan-Patuk yang secara administratif termasuk ke sebagian wilayah Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul dan wilayah Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunungkidul (Gambar 1).



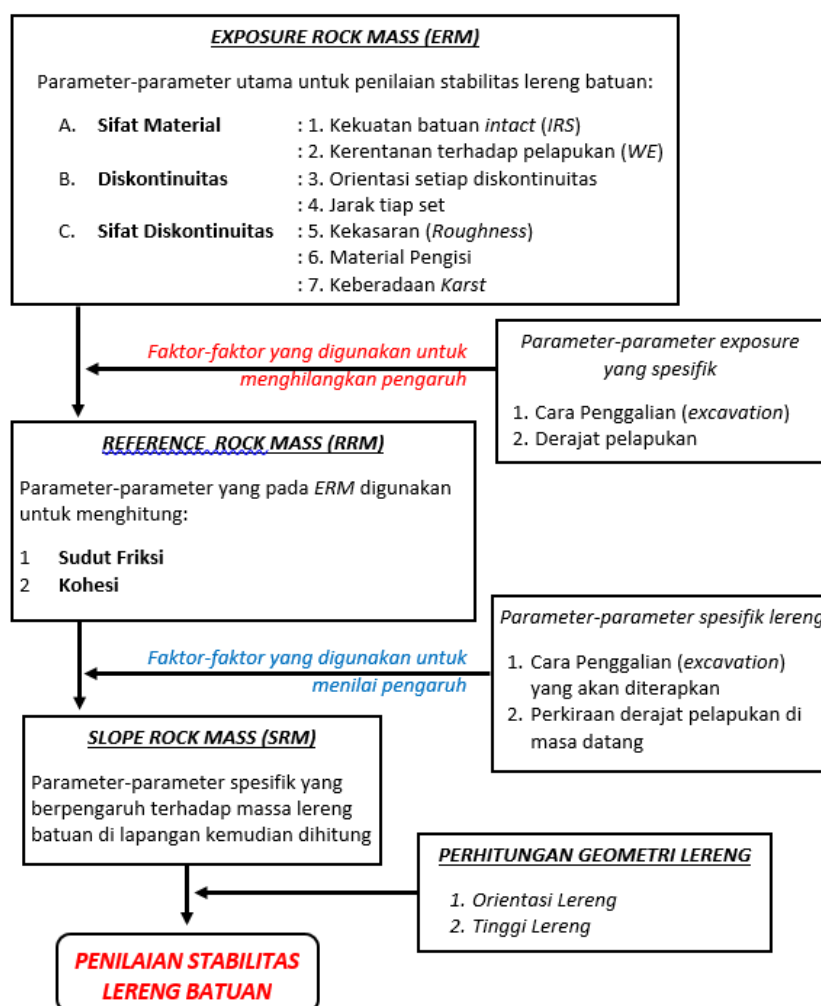
Gambar 1. Lokasi penelitian.

METODE PENELITIAN

Evaluasi kestabilan lereng batuan di lokasi penelitian dilakukan dengan metode SSPC, yang merupakan sistem klasifikasi massa batuan untuk stabilitas lereng yang mengklasifikasikan 3 (tiga) massa batuan berbeda melalui pendekatan tiga langkah (*three steps approach*); yaitu :

1. *Exposure Rock Mass* (ERM) atau massa batuan tersingkap dikarakterisasikan dan dikoreksi berdasarkan pelapukan dan tipe penggaliannya.
2. *Reference Rock Mass* (RRM) atau massa batuan imajiner, yaitu kondisi massa batuan segar, tak terganggu digunakan sebagai referensi koreksi dan parameter ERM
3. *Slope Rock Mass* (SRM) yaitu massa batuan dimana terdapat lereng atau direncanakan dibuat lereng, dinilai berdasarkan parameter turunan RRM dengan pertimbangan derajat pelapukan dan metode penggalian.

Ketiga tahapan tersebut digunakan pada SSPC untuk perhitungan probabilitas kestabilan lereng dengan diagram alir sebagai berikut (Gambar 2)



Gambar 2. Diagram alir metode SSPC

PARAMETERISASI MASSA BATUAN

Dalam SSPC penilaian terhadap kondisi kestabilan suatu lereng sangat dipengaruhi oleh parameter-parameter massa batuan pembentuk lereng, sehingga penilaian terhadap parameter-parameter massa batuan pembentuk lereng dilakukan sebagai langkah awal untuk evaluasi stabilitas lereng. Parameter-parameter dimaksud adalah:

Weathering/Pelapukan (We)

Dalam SSPC derajat pelapukan massa batuan pembentuk lereng dikarakterisasi mengikuti *British Standard* (BS5930, 1981). Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa pelapukan batuan pembentuk lereng sangat dipengaruhi oleh kondisi lokal seperti misalnya posisi dan orientasi lereng serta pengaruh aktivitas di lingkungan sekitar.

Intact Rock Strength (IRS)

Intact Rock Strength atau kekuatan batuan utuh merupakan parameter yang paling utama dan

paling penting untuk meng-estimasi stabilitas lereng. Pada SSPC, *IRS* di-estimasi di lapangan menggunakan palu geologi standar (berat $\pm 1\text{kg}$) sesuai dengan klasifikasi *British Standard* (BS5930, 1981).

Diskontinuitas

Diskontinuitas (bidang perlapisan, kekar, rekahan) dan kombinasinya dengan kuat geser sepanjang bidang diskontinuitas menentukan kemungkinan terjadinya pergerakan sepanjang bidang diskontinuitas sehingga memiliki pengaruh penting terhadap perilaku mekanik massa batuan (Hack, 2002). Kuat geser diskontinuitas ditentukan oleh *sliding criterion* yang mengkonversi karakterisasi visual dan *tactile* (derajat kekasaran berdasarkan sentuhan) kedalam *apparent friction angle* sepanjang bidang diskontinuitas sesuai dengan referensi yang tersedia baik untuk skala besar (*Roughness large scale (RI)*) yang diukur pada bidang sepanjang $\pm 1\text{ m}$, maupun skala kecil

(*Roughness small scale (Rs)*) yang diukur pada bidang seluas $\pm 20 \times 20 \text{ cm}^2$.

Keberadaan *Infill material (Im)* dan *Karst (Ka)* sebagai material pengisi didalam dan sepanjang diskontinuitas juga mempengaruhi kuat geser masa batuan sehingga dikarakterisasi dan diidentifikasi keberadaannya di lapangan.

Kondisi diskontinuitas (CD)

Nilai faktor diskontinuitas (TC) didapat melalui persamaan

$$TC = Rl * Rs * Im * Ka \quad (1)$$

TC = Discontinuity factor

Rl = Roughness large scale

Rs = Roughness small scale

Im = Infill material

Ka = Karst

Sehingga kondisi diskontinuitas (CD) adalah:

$$CD = \frac{\frac{TC_1}{DS_1} + \frac{TC_2}{DS_2}}{\frac{1}{DS_1} + \frac{1}{DS_2}} \quad (2)$$

TC = Discontinuity factor

CD = Condition of Discontinuity

DS = Discontinuity Spacing

Ka = Karst

Spacing parameters (SPA)

Perhitungan *spacing factor* untuk setiap set diskontinuitas didapat melalui persamaan:

- Untuk massa batuan dengan 1 (satu) set diskontinuitas:

$$Factor_1 = 0.45 + 0.246 * \log_{10} x$$

$$Factor_2 = Factor_3 = 1$$

- Untuk massa batuan dengan 2 (dua) set diskontinuitas:

$$Factor_1 = 0.38 + 0.259 * \log_{10} x_{\text{minimum}}$$

$$Factor_2 = 0.28 + 0.300 * \log_{10} x_{\text{maximum}}$$

$$Factor_3 = 1$$

- Untuk massa batuan dengan 3 (tiga) set diskontinuitas:

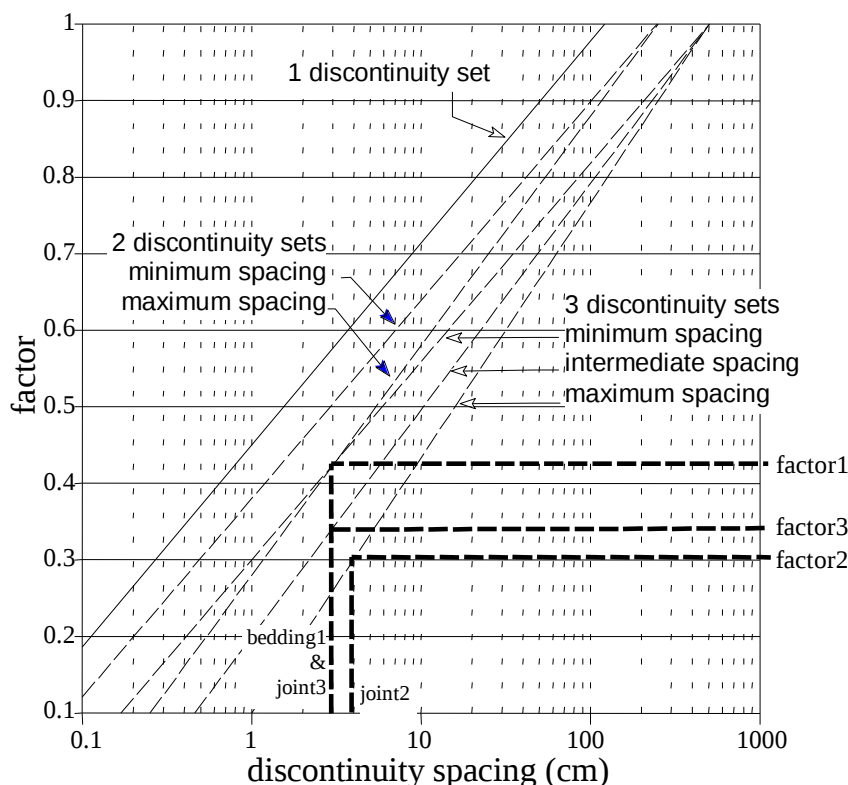
$$Factor_1 = 0.30 + 0.259 * \log_{10} x_{\text{minimum}}$$

$$Factor_2 = 0.20 + 0.296 * \log_{10} x_{\text{intermediate}}$$

$$Factor_3 = 0.10 + 0.333 * \log_{10} x_{\text{maximum}}$$

(x = jarak antar diskontinuitas dalam cm)

Selain dengan perhitungan melalui persamaan diatas, *spacing factor* bisa didapat dengan cara memplot *discontinuity spacing (cm)* terhadap *factor graph plot* (Gambar 3)



Gambar 3. Grafik plot *spacing factor* berdasarkan jarak set diskontinuitas.

Kemudian setelah didapat nilai faktor dilakukan perhitungan *Spacing Parameter* (SPA) dengan persamaan:

$$SPA = Factor_1 * Factor_2 * Factor_3$$

Friksi (ϕ_{mass}) dan Kohesi (Coh_{mass}) Massa Batuan

Friksi dan kohesi massa batuan dapat dihitung dengan mengoptimalkan kriteria keruntuhan *Mohr-Coulomb* dengan IRS, SPA dan CD melalui persamaan:

$$\text{Friksi} = \phi_{mass} = 0.2417IRS + 52.12SPA + 5.779CD$$

$$\text{Kohesi} = Coh_{mass} = 94.27IRS + 28629SPA + 3593CD$$

Tinggi Lereng Maksimum (H_{max})

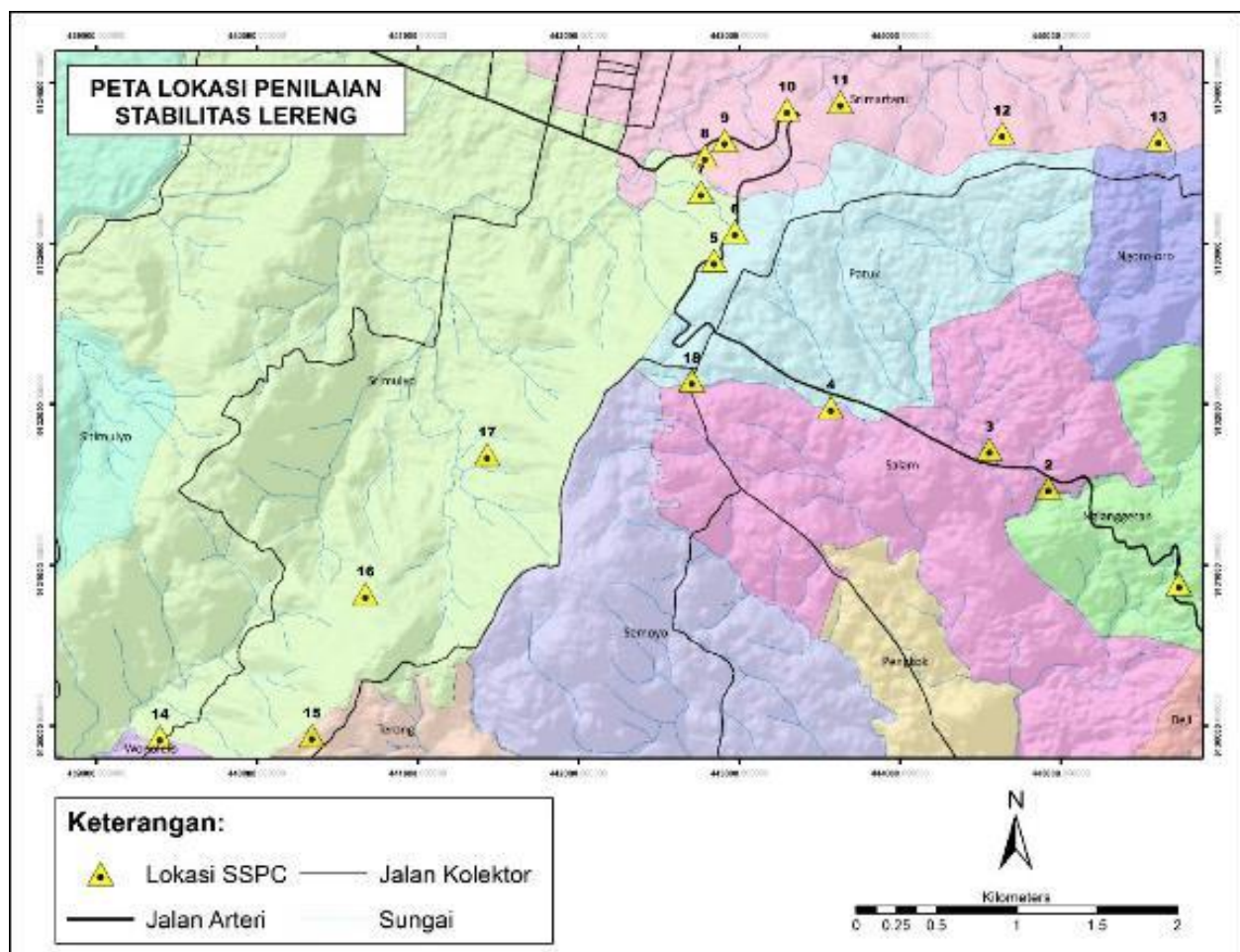
Dalam sistem SSPC, apabila $dip_{slope} \leq \phi_{mass}$, maka tinggi lereng maksimum (H_{max}) adalah tak terhingga, tetapi apabila $dip_{slope} \geq \phi_{mass}$, maka tinggi

maksimum (H_{max}) lereng dapat dihitung dengan persamaan:

$$H_{max} = 1.6 \cdot 10^{-4} coh_{mass} \frac{\sin(dip_{slope}) \cos(\phi_{mass})}{1 - \cos(dip_{slope} - \phi_{mass})}$$

HASIL PENELITIAN

Perhitungan klasifikasi masa batuan untuk penilaian stabilitas lereng dengan metode SSPC dilakukan terhadap 18 lereng terpilih di lokasi penelitian. Pemilihan lereng untuk perhitungan tersebut didasarkan kepada pertimbangan aksesibilitas, variasi jenis liologi, serta keterdapat parameter-parameter pengukuran dalam tubuh masa batuan pembentuk lereng. Berikut disajikan peta lokasi pengukuran SSPC di lokasi penelitian (Gambar 4)



Gambar 4. Peta lokasi pengukuran SSPC

Pada tabel 1 berikut disajikan hasil karakterisasi lereng berdasarkan parameter-parameter masa batuan serta perhitungan probabilitas kestabilan

pada lereng 7 yang berlokasi di Dukuh Plesedan, Desa Srimulyo, Kecamatan Piyungan

Tabel 1. Karakterisasi lereng 7

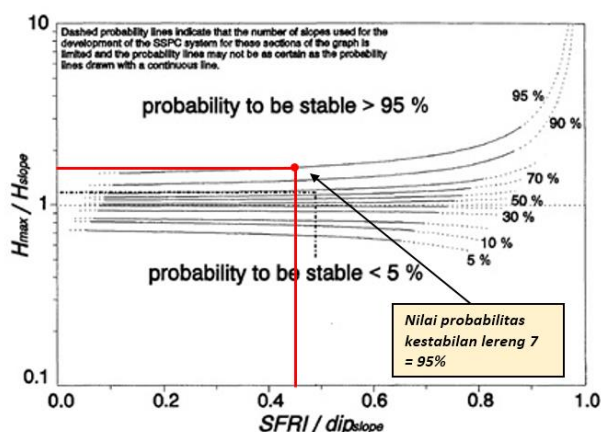
KARAKTERISASI LERENG		
Lereng	: 7	
Lokasi	: Dukuh Plesedan, Desa Srimulyo, Kec. Piyungan	
Koordinat UTM		
- Easting	: 442778.73 m	
- Northing	: 9133344.25 m	
Litologi	: <i>Perselingan Batupasir Tufan-Batupasir halus</i>	
Strike/Dip Slope	: N87°E/84°	
Parameter Exposure		
Method of Excavation (ME)	<i>Natural Slope</i>	1.00
Degree of Weathering (WE)	<i>Slightly Weathered</i>	0.95
Intact Rock Strength (IRS)	<i>Bongkah sekepala tangan pecah dengan pukulan ringan (palu geologi)</i>	50 MPa
Parameter Diskontinuitas		
Tipe	B1	J1
Dip Direction (derajat)	100	303
Dip (derajat)	9	81
Spacing (m)	0.3	0.07
Persistence (Strike) (m)	5	<5
Persistence (Dip) (m)	>1	>0.05
Roughness large scale (RI)	0.75	0.80
Roughness small scale (Rs)	0.65	0.90
Infill Material (Im)	1.00	0.85
Karst (Ka)	1.00	1.00



Gambar 5. Penilaian set diskontinuitas pada lereng 7

Tabel 2. Hasil perhitungan probabilitas kestabilan lereng 7

PROBABILITAS KESTABILAN LERENG		
Nama: <i>Lereng 7</i>		Lokasi: <i>Dukuh Plesedan</i>
Parameter Lereng		Faktor
Metode Penggalian/Pembentukan	<i>SME</i>	1.00
Derajat Pelapukan	<i>SWE</i>	0.95
Orientasi	<i>Strike</i>	N87°E
Kemiringan	<i>Dip_{slope}</i>	84°
Tinggi	<i>H</i>	4.5 m
Kekuatan Batuan Pembentuk	<i>SIRS</i>	50 Mpa
Jarak Antar Diskontinuitas	<i>SSPA</i>	0.43
Kondisi Diskontinuitas	<i>SCD</i>	0.58
Friksi (ϕ)	<i>SFRI</i>	38°
Kohesi	<i>SCOH</i>	19107.2
Tinggi Maksimum	<i>H_{max}</i>	7.8 m
Rasio Friksi terhadap Kemiringan	$\frac{SFRI}{Dip_{Slope}}$	0.45
Rasio Tinggi Maksimum terhadap Tinggi Lereng	$\frac{H_{Max}}{H_{Slope}}$	1.73
Probabilitas Kestabilan Lereng		95%



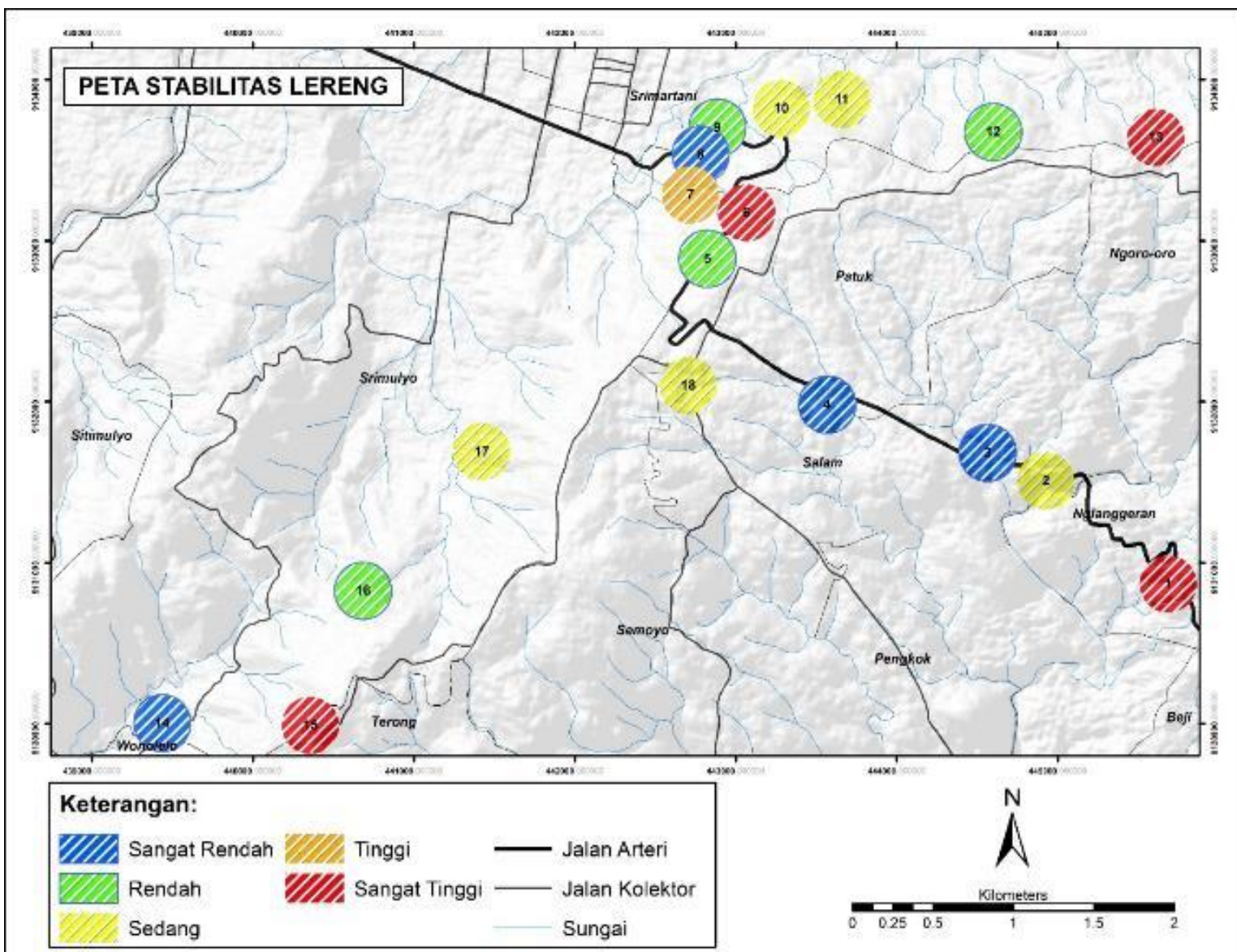
Gambar 6. Grafik plot kestabilan lereng 7

Hasil plot pada grafik (Gambar 6) memperlihatkan bahwa probabilitas kestabilan lereng 7 adalah sebesar 95% yang berarti peluang untuk lereng tetap berada pada kondisi stabil adalah sebesar 95% selama tidak ada perubahan terhadap parameter-parameter masa batuan pembentuk lereng.

Berikut disajikan dalam tabel hasil perhitungan nilai-nilai faktor parameter dan nilai probabilitas kestabilan terhadap 18 lereng terpilih di daerah penelitian

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai faktor parameter dan probabilitas stabilitas lereng pada 18 lereng terpilih.

Nomor Lereng	Litologi	Kekuatan Batuan (Mpa)	Derajat Pelapukan	Faktor Jarak Diskontinuitas	Kondisi Diskontinuitas	Friksi (°)	Kohesi (Mpa)	Probabilitas Kestabilan
1	Breksi	185	Rendah	0,42	1,18	53,18	25,86	0,98
2	Breksi	78	Rendah	0,38	0,58	42,02	20,32	0,56
3	Regolit	1	Sangat Tinggi	0,07	0,18	6,19	3,44	0,01
4	Lapili	12,5	Sedang	0,25	0,49	18,64	9,96	0,03
5	Tuff-Lapili	3,63	Tinggi	0,45	0,87	29,16	16,24	0,35
6	Breksi	125	Rendah	0,53	0,43	59,19	28,07	0,97
7	Batupasir Tufan	50	Rendah	0,43	0,59	37,83	19,102	0,95
8	Batupasir Tufan	12,5	Rendah	0,35	0,15	21,97	11,65	0,04
9	Batupasir Tufan	11,6	Sedang	0,39	0,48	25,80	13,95	0,10
10	Batupasir Tufan	50	Rendah	0,17	0,44	23,67	11,26	0,45
11	Batupasir	1,14	Sedang	0,51	0,51	29,69	16,48	0,41
12	Breksi	40	Rendah	0,26	0,51	26,23	13,08	0,15
13	Breksi	150	Rendah	0,31	0,49	55,04	24,66	0,97
14	Tuff	1	Tinggi	0,09	0,21	6,19	3,45	0,01
15	Breksi	150	Rendah	0,37	0,66	53,17	24,89	0,98
16	Batupasir Tufan	35	Sedang	0,33	0,48	28,60	14,56	0,2
17	Batupasir Tufan	1,25	Rendah	0,51	0,52	30,08	16,70	0,50
18	Breksi	12,5	Tinggi	0,27	0,77	21,61	11,70	0,4



Gambar 7. Peta stabilitas lereng daerah penelitian berdasarkan nilai probabilitas SSPC.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai probabilitas kestabilan masing-masing lereng maka probabilitas kestabilan dibagi menjadi lima klasifikasi tingkat kestabilan lereng yaitu *sangat rendah, rendah, sedang, tinggi* dan *sangat tinggi*. Berikut hasil klasifikasi kestabilan lereng disajikan dalam peta stabilitas lereng daerah penelitian (Gambar 7).

Lereng-lereng dengan probabilitas kestabilan sangat rendah dan rendah utamanya terbentuk pada tipe batuan piroklastik tuff dan lapili dengan kondisi diskontinuitas yang rapat serta tingkat pelapukan tinggi sehingga perlu dilakukan upaya perkuatan lereng dengan pembuatan dinding penahan (*retaining wall*)

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perhitungan metode SSPC terhadap 18 lereng terpilih di daerah penelitian didapat:

1. Empat unit lereng memiliki klasifikasi probabilitas kestabilan sangat rendah dengan nilai probabilitas < 0.1 , yaitu lereng 3, 4, 8 dan 14.
2. Empat unit lereng memiliki klasifikasi probabilitas kestabilan rendah dengan nilai probabilitas 0.1-0.35, yaitu lereng 5, 9, 12 dan 16.
3. Lima unit lereng memiliki klasifikasi probabilitas kestabilan sedang dengan nilai probabilitas 0.35-0.6, yaitu lereng 2, 10, 11, 17 dan 18.
4. Satu unit lereng memiliki klasifikasi probabilitas kestabilan tinggi dengan nilai probabilitas 0.95, yaitu lereng 7.
5. Empat unit lereng memiliki klasifikasi probabilitas kestabilan sangat tinggi dengan nilai probabilitas > 0.95 , yaitu lereng 1, 6, 13 dan 15.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya probabilitas kestabilan lereng di daerah penelitian adalah diskontinuitas, kekuatan batuan, derajat pelapukan batuan serta geometri lereng.

Upaya perkuatan lereng perlu segera dilakukan terutama pada lereng dengan tingkat probabilitas kestabilan sangat rendah dan rendah guna menghindari terjadinya peristiwa longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Hack, H.R.G.K., 1998. Slope Stability Probability Classification, SSPC, 2nd edition. ITC, Enschede, The Netherlands. ISBN 90 6164 153 3 258 pp.
- Hack, R., Price, D., Rengers, N., 2003. A new approach to rock slope stability probability classification (SSPC). Bulletin of Engineering Geology and the Environment 62, 167–184.
- Sopheap, L., & Karnawati, I. D. (2007). Landslide risk assessment at Piyungan-Patuk Area, Yogyakarta Special Province, Indonesia (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).