

PEMETAAN ANGKA KEAMANAN LERENG DENGAN *SCRIPT PYTHON* SEBAGAI MITIGASI BENCANA ALAM TANAH LONGSOR BUKIT GANOMAN

Belinda Rosa Natanhia¹⁾ R. Harya Dananjaya²⁾ Rr. Rintis Hadiani³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: lindarolto95@gmail.com

Abstract

The National Disaster Management Agency noted that there are landslide disasters occurred in Karanganyar District since 2001 and started on 2006, the landslide disaster occurred routinely every year. Particularly in Ganoman Hill, the last landslide was on February 5th, 2016 which disturbed traffic on the road. Landslide prone areas need to be identified, one of the best solutions is to mapping the safety factor (sf). The Map of SF can be create easily using scripts (a series of code that can be ran as a program).

The research was done using soil data input, rainfall data input, and slope data input. The analysis was done with Microsoft Excel and scripts (Python program languages) that integrated directly with Geographic Resources Analysis Support System Geographic Information System (GRASS GIS).

The result of mapping SF in Bukit Ganoman, Koripan Village, Matesih Sub-District, Karanganyar Regency shows that a few points in this location is prone to landslide. The SF value that more than 1.25 (rare-stable slopes of landslides) is in rice fields, residential, and plantations. SF values that between 1.25 and 1.07 (critical slopes-ever landslide) is in the plantations. The SF value that less than 1.07 (the slopes are unstable-can be or often landslide) is in the fields and through the road body. In this area of road that had occurred landslide disaster on February 5th, 2016, so the validity of this research is proved enough.

Keywords: landslide, mapping, safety factor, script, Python.

Abstrak

Badan Nasional Penanggulangan Bencana mencatat bahwa di Kabupaten Karanganyar terjadi longsor sejak tahun 2001 dan mulai 2006, longsor ini terjadi rutin setiap tahun. Khususnya di Bukit Ganoman, longsor terakhir adalah 5 Februari 2016 yang mengakibatkan longsor tanah mengganggu lalu lintas di jalan. Daerah rawan longsor perlu diidentifikasi, salah satu solusi yang tepat adalah dengan pembuatan peta *safety factor (sf)*. Peta SF dapat dibuat dengan mudah menggunakan skrip (rangkaiannya kode yang dapat dijalankan sebagai program).

Penelitian dilakukan dengan menggunakan masukan data tanah, data hujan, dan data kemiringan lereng. Analisa dilakukan dengan Microsoft Excel dan skrip (bahasa Python) yang terintegrasi langsung dengan Geographic Resources Analysis Support System Geographic Information System (GRASS GIS).

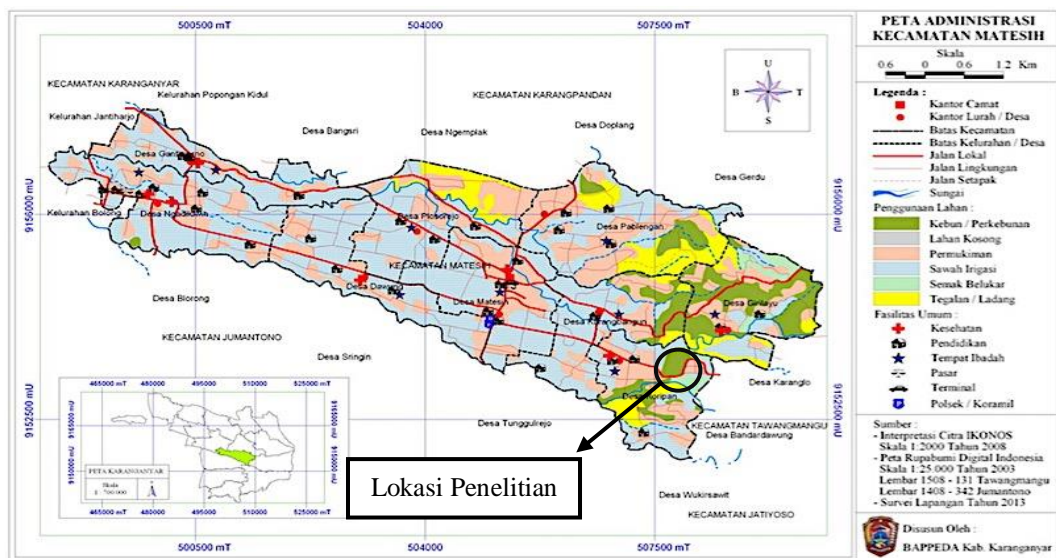
Hasil penelitian pemetaan SF di Bukit Ganoman, Desa Koripan, Kecamatan Matesih, Kabupaten Karanganyar ini menunjukkan bahwa beberapa titik di lokasi ini rawan longsor. Nilai SF lebih dari 1,25 (lereng stabil-jarang terjadi longsor) berupa sawah, pemukiman, dan perkebunan. Nilai SF antara 1,25 dan 1,07 (lereng kritis-pernah terjadi longsor) berupa perkebunan. Nilai SF kurang dari 1,07 (lereng labil-bisa atau sering terjadi longsor) berupa ladang dan melalui badan jalan. Pada daerah jalan ini yang pernah terjadi longsor pada 5 Februari 2016, sehingga penelitian ini terbukti cukup valid.

Kata kunci: longsor, pemetaan, angka keamanan, skrip, Python.

PENDAHULUAN

Di Kabupaten Karanganyar terjadi longsor setiap tahun sejak 2006 hingga 2017. Khususnya di Bukit Ganoman, longsor terakhir pada 5 Februari 2016 dan mengakibatkan sebagian badan jalan tertutup longsor tanah.

Nilai stabilitas lereng perlu diketahui untuk menunjukkan kerawanan lereng terhadap longsor. Peta angka keamanan (*safety factor-SF*) lereng yang memuat nilai stabilitas lereng setiap koordinat dibutuhkan di Indonesia, namun masih sulit didapatkan. Pembuatan peta SF terbilang rumit, maka skrip (rangkaiannya kode yang bisa dijalankan sebagai program) digunakan pada penelitian ini untuk memudahkan pembuatan peta SF. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan mitigasi bencana alam tanah longsor di Bukit Ganoman, Desa Koripan, Kecamatan Matesih, Kabupaten Karanganyar. Peta lokasi terkait dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

Mitigasi bencana alam tanah longsor sudah banyak diteliti dan dilakukan dengan berbagai metode sesuai kondisi lapangan. Penelitian dengan tujuan memetakan angka keamanan lereng pernah dilakukan sebelumnya. Beberapa penelitian yang pernah ada berkaitan dengan pemetaan angka keamanan lereng dijabarkan pada paragraf selanjutnya.

Penelitian stabilitas lereng pada satu tahun terakhir ini adalah penelitian dengan tujuan menghasilkan pemetaan nilai angka keamanan lereng terhadap variasi resiko berdasarkan peta RBI pada *software* SIG. Analisa dengan variasi presentase tingkat kepercayaan. penelitian ini dilakukan di Bukit Ganoman, Karanganyar. Analisa kemiringan lereng menggunakan metode *circle*. Parameter yang digunakan berupa nilai persentase tingkat kepercayaan, peta RBI, data tanah, dan kemiringan lereng. Variabel yang dihasilkan adalah nilai *safety factor* (Adriyati, dkk., 2016).

Penelitian serupa bersamaan dengan Adriyati (2016) adalah penelitian stabilitas lereng dengan metode *Morgenstern Price* dengan interval kepercayaan dan menghasilkan peta angka keamanan. Penelitian dilakukan pada lokasi sama dengan Adriyati, yaitu Bukit Ganoman, Karanganyar. Parameter yang digunakan berupa data elevasi dari *ASTER GDEM* dan nilai interval kepercayaan. Variabel yang dihasilkan berupa nilai *safety factor* (Wicaksono, dkk., 2016).

DASAR TEORI

Longsor dan Stabilitas Lereng

Longsor terjadi akibat gaya dorong melebihi gaya perlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor (Das, 1985). Menurut Hardiyatmo (2010), stabilitas lereng dipengaruhi oleh gaya yang menggerakkan, gaya rembesan dalam lereng, kemiringan bidang longsor, kuat geser tanah pada bidang longsor, dan pengurangan kuat geser tanah pada bidang longsor akibat tekanan hidrostatis.

Interval Kepercayaan 95%

Interval kepercayaan menunjukkan sejauh mana nilai sampel dapat mengestimasi dengan benar parameter populasi atau sejauh mana pengambilan keputusan mengenai hasil uji hipotesis nol diyakini kebenarannya (Adriyati, 2016). Tingkat kepercayaan 95% berarti kepastian statistik sampel mengestimasi dengan benar parameter populasi atau tingkat kepercayaan untuk menolak atau mendukung hipotesis nol adalah sebesar 95%. Rumus yang digunakan untuk analisa statistic ini dituliskan pada Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 3.

$$\bar{x} = \mu = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu)^2}{(n-1)}} \quad (2)$$

$$\bar{x} - t_{(\alpha)} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu \quad (3)$$

Keterangan:

μ = Parameter rata-rata untuk distribusi

t = Tabel *Distribution Critical Values*

a = Tingkat signifikan data

Analisa Data Hujan

Data hujan harus diuji homogenitas agar layak dianalisa. Data hujan yang digunakan selama kurun waktu 2 tahun yaitu 2015 dan 2016. Metode *RAPS* dilakukan dengan membandingkan nilai hitung dengan nilai kritik pada nilai *Confidence Interval* yang sesuai. Jika nilai kritik > nilai hitung, maka data dinyatakan homogen. Jika nilai kritik < nilai hitung, maka datum *outlier* (nilai ekstrim) diganti menjadi nilai rerata atau batas atas/bawah (Haan, 1977).

Data hujan yang sudah homogen selanjutnya dihitung menjadi data hujan wilayah dengan metode aritmatik/aljabar rerata. Metode aritmatik dapat digunakan jika jarak antarstasiun kurang dari 30 km. Menurut Triatmodjo (2008), rumus hujan wilayah metode aritmatik ditulis pada Persamaan 4.

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (4)$$

Keterangan:

P = curah hujan wilayah (mm/hari),

P_1, P_2, P_3, P_n = curah hujan titik di stasiun ke-1, ke-2, ke-3, dan ke- n ,

n = jumlah stasiun.

Data hujan wilayah yang sudah didapatkan berupa data hujan harian, kemudian diolah menjadi data hujan dua harian. Data hujan dua harian selama 2 tahun tersebut kemudian diolah data hujan jam-jaman atau disebut intensitas hujan. Rumus analisa intensitas hujan metode Mononobe ditulis pada Persamaan 5.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

Keterangan:

I = intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum 24 jam (mm)

t = lama curah hujan (jam)

Besaran t ditentukan berdasarkan rata-rata lama curah hujan maksimum yang terjadi dalam satu hari pada lokasi penelitian (Kalimanto, 2015). Pada Kabupaten Karanganyar, pernah terjadi hujan dengan durasi maksimal 6 jam (Nurhidayah, 2010). Nilai t yang digunakan pada penelitian ini adalah 6 jam. Data hujan wilayah dua harian yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data hujan wilayah dua harian 2015 dan 2016 dari Stasiun Matesih dan Stasiun Karanganyar di Bukit Ganoman (PU SDA TARU, 2017)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--		-
2	22,000	51,000	4,000	35,500	19,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,500
3	22,000	13,500	39,500	30,000	40,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16,000
4	7,000	9,500	37,500	17,500	62,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,500	18,000
5	22,000	21,000	2,000	17,500	34,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,500	9,500
6	15,000	21,500	19,000	4,500	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,500
7	0,000	52,500	36,000	16,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,500	12,000
8	0,000	66,500	31,000	31,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,000	46,500
9	0,000	49,500	14,000	17,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	35,000	108,500
10	0,000	79,000	0,000	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24,500	79,000
11	0,000	78,500	0,000	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	13,500
12	31,000	60,000	8,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,000	27,500
13	41,000	57,500	10,500	13,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,500	35,000
14	27,500	32,000	6,500	14,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,500	50,000
15	23,000	12,000	17,500	19,000	16,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	78,000
16	22,000	12,500	63,000	46,000	16,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,000
17	34,000	16,500	50,000	33,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14,000	18,500
18	45,000	10,500	0,000	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14,000	5,500
19	47,500	41,500	35,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,500	12,000
20	70,000	88,500	79,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,500	15,000
21	50,000	51,000	57,000	8,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	19,000
22	20,000	0,000	44,000	10,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,000
23	32,500	0,000	66,000	67,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24	19,500	26,500	44,500	72,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500
25	27,000	26,500	52,500	41,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14,000	44,500
26	22,500	5,000	47,000	60,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,000	44,000
27	2,500	5,000	17,000	57,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	23,500	0,000
28	10,500	0,000	135,500	40,000	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	22,500	0,000

29	20,500	0,000	141,000	9,500	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	7,500	20,000	0,000
----	--------	-------	---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

Lanjutan Tabel 1. Data hujan wilayah dua harian 2015 dan 2016 dari Stasiun Matesih dan Stasiun Karanganyar di Bukit Ganoman (PU SDA TARU, 2017)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
30	35,000	0,000	18,000	0,500	3,500	0,000	0,000	0,000	0,000	7,500	43,000	0,000
31	37,500	0,000	0,000	0,500	3,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	23,000	1,500
1	30,000	17,500	4,500	0,000	0,500	22,500	0,000	0,000	0,000	10,000	13,500	7,500
2	32,000	32,000	4,500	0,000	0,500	38,500	0,000	0,000	12,500	41,000	14,500	29,000
3	32,000	32,000	0,000	9,000	0,000	25,000	0,000	0,000	15,000	31,000	3,000	31,500
4	42,000	42,000	8,500	34,000	1,000	9,000	0,000	0,000	107,500	0,000	2,000	13,500
5	24,500	24,500	14,500	41,500	1,000	0,000	0,000	0,000	105,000	12,500	0,000	5,000
6	21,500	21,500	10,000	28,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,500	0,000	8,500
7	21,500	21,500	29,000	39,500	0,000	8,000	0,000	15,500	0,000	7,500	0,000	8,500
8	0,000	0,000	47,000	40,000	0,000	18,500	0,000	23,000	0,000	50,000	17,500	0,000
9	9,000	9,000	30,000	12,500	0,500	23,500	0,000	7,500	0,000	89,500	101,500	2,500
10	14,000	14,000	20,000	0,000	0,500	15,000	10,000	0,000	0,000	60,000	164,000	2,500
11	17,000	17,000	23,000	2,000	5,000	2,000	10,000	0,000	0,000	15,000	106,000	0,000
12	46,000	46,000	15,000	4,000	9,000	0,000	17,500	0,000	1,000	2,000	42,000	0,000
13	37,500	37,500	12,500	8,500	4,000	0,000	17,500	7,500	1,000	0,000	46,500	7,000
14	4,500	4,500	11,500	14,000	5,000	0,000	0,000	7,500	0,000	0,000	50,000	45,000
15	1,000	6,500	3,000	7,500	5,000	1,000	1,500	0,000	0,000	19,500	25,000	38,000
16	5,500	10,000	0,000	0,000	0,000	23,500	6,500	0,000	2,500	19,500	10,500	0,000
17	10,000	7,000	20,000	0,000	20,500	22,500	5,000	0,000	15,000	0,000	14,000	0,000
18	7,000	2,500	45,000	2,000	20,500	88,000	7,000	0,000	17,000	0,000	18,500	0,000
19	2,500	0,000	30,000	2,000	0,000	129,000	13,500	0,000	19,500	0,000	9,500	0,000
20	0,000	1,000	5,000	0,000	12,000	41,000	9,500	0,000	38,000	2,500	7,500	2,000
21	8,500	24,500	0,000	1,000	27,000	8,000	4,000	0,000	44,000	22,500	7,500	2,000
22	24,500	23,500	0,000	1,000	30,000	8,000	43,500	0,000	26,000	25,000	17,500	0,000
23	16,000	0,000	6,000	12,500	92,500	12,500	42,500	0,000	14,000	10,000	31,000	0,000
24	0,000	6,000	13,500	27,500	91,500	12,500	0,000	0,000	9,000	19,000	41,500	0,000
25	6,000	8,000	19,500	17,000	14,000	0,000	1,000	0,000	7,500	14,000	80,500	0,000

26	10,500	4,500	22,000	2,000	1,500	0,000	3,500	0,000	7,500	10,000	71,000	20,000
27	9,500	9,500	30,000	5,000	1,500	7,000	2,500	4,000	0,000	26,000	47,500	35,000

Lanjutan Tabel 1. Data hujan wilayah dua harian 2015 dan 2016 dari Stasiun Matesih dan Stasiun Karanganyar di Bukit Ganoman (PU SDA TARU, 2017)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
28	17,000	18,000	32,500	5,000	1,500	48,000	1,500	12,000	70,000	20,000	107,000	15,000
29	13,000	11,000	25,500	9,000	3,000	44,500	1,500	8,000	121,000	4,000	116,000	0,000
30	1,000	0,000	17,500	9,000	6,500	8,500	0,000	5,000	87,500	17,500	64,500	0,000
31	5,000	0,000	21,500	0,000	9,000	5,000	1,000	5,000	36,500	41,000	26,500	0,000

Analisa Kedalaman Tanah Jenuh dengan Metode *Green Ampt* (2006 dan 2011)

Metode *Green-Ampt* (2006 dan 2011) merupakan metode pendugaan kapasitas dan laju infiltrasi. *Green-Ampt* mengemukakan istilah tebal tanah jenuh (*wetting front*), yaitu batas antara tanah di bawah yang mempunyai kelembaban tertentu dengan tanah jenuh di atasnya. Tebal tanah jenuh ini ada pada kedalaman H_{sat} yang dicapai pada waktu t dari muka tanah. Rumus analisa kedalaman tanah jenuh yang digunakan ditulis pada Persamaan 6 dan Persamaan 7 (Chen, 2006 dan Walter, 2011).

$$t = \frac{F(t)}{p \times \cos \alpha} \text{ untuk } F(t) < F_p \text{ dan } t < t_p \text{ atau } p < k \quad (6)$$

$$Z_f = H_{sat} = \frac{F(t)}{(\theta_s - \theta_i)} \quad (7)$$

Keterangan:

- $F_p = F(t)$ = jumlah air terinfiltrasi sebelum air mulai menggenangi di muka tanah (cm),
- p = curah hujan atau *ponding* (cm/jam)
- t = lama curah hujan (jam),
- k = koefisien permeabilitas (cm/jam),
- α = sudut kemiringan lereng (derajat),
- $Z_f = H_{sat}$ = tebal tanah jenuh (cm),
- θ_s = kelembaban tanah jenuh,
- θ_i = kelembaban tanah awal sebelum infiltrasi.

Nilai konduktivitas dan *suction head* ditentukan berdasarkan **Tabel 2**.

Tabel 1. Parameter infiltrasi *Green-Ampt* untuk berbagai kelas tanah (Rawls, dkk., 1983)

<i>Texture</i>	<i>Porosity</i> η	<i>Residual Porosity</i> θ_r	<i>Effective Porosity</i> θ_e	<i>Suction Head</i> Ψ (cm)	<i>Conductivity</i> k (cm/hr)
<i>Sand</i>	0,437	0,020	0,417	4,95	11,78
<i>Loamy Sand</i>	0,437	0,036	0,401	6,13	2,99
<i>Sandy Loam</i>	0,453	0,041	0,412	11,01	1,09
<i>Loam</i>	0,463	0,029	0,434	8,89	0,34
<i>Silt Loam</i>	0,501	0,015	0,486	16,68	0,65
<i>Sandy Clay Loam</i>	0,398	0,068	0,330	21,85	0,15
<i>Clay Loam</i>	0,464	0,155	0,309	20,88	0,10
<i>Silty Clay Loam</i>	0,471	0,039	0,432	27,30	0,10
<i>Sandy Clay</i>	0,430	0,109	0,321	23,90	0,06
<i>Silty Clay</i>	0,470	0,047	0,423	29,22	0,05
<i>Clay</i>	0,475	0,090	0,385	31,63	0,03

Analisa Stabilitas Lereng dengan Metode *Infinite Slope*

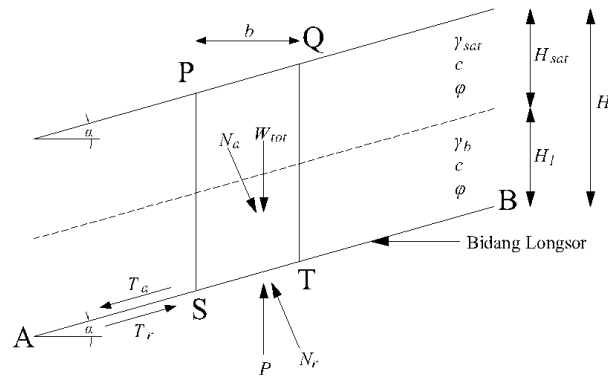
Analisa stabilitas lereng perlu dilakukan untuk mendapatkan angka keamanan dari suatu bentuk lereng. Angka keamanan atau *Safety Factor* (SF) adalah perbandingan antara gaya yang menahan tanah dan gaya yang menggerakkan tanah. Suatu lokasi dikatakan semakin rawan terjadi longsor jika nilai SF semakin kecil, dan sebaliknya. Analisa SF ini dilakukan dengan tidak memperhitungkan air pori dan hanya pada kedalaman tanah jenuh, sehingga kedalaman tanah yang digunakan dalam rumus adalah pada kedalaman tanah jenuh (H_{sat}).

Analisa lereng pada penelitian ini menggunakan metode lereng tak hingga (*infinite slope*) karena yang diteliti merupakan potensi longsor dangkal. Analisa lereng tak hingga dilakukan dengan menentukan nilai SF suatu lereng tak hingga dengan kemiringan lereng sebesar α pada bidang longsor AB dengan adanya lapisan tanah jenuh H_{sat} dan lapisan tanah asli H_l yang dianggap sebagai beban lereng tanpa memperhitungkan tegangan hidrostatis. Model lereng tak hingga dapat dilihat pada **Gambar 2**. Analisa hanya dilakukan pada kedalaman tanah jenuh Rumus analisa stabilitas lereng metode *infinite slope* dituliskan pada Persamaan 8.

$$SF = \frac{c}{\gamma_{sat} H_{sat} \cos^2 \alpha \tan \alpha} + \frac{\tan \varphi}{\tan \alpha} \quad (8)$$

Keterangan:

- SF = angka kewanan,
- c = kohesi tanah (kN/m²),
- φ = sudut gesek dalam tanah (derajat),
- α = sudut kemiringan lereng (derajat),
- γ_{sat} = berat volume tanah jenuh (kN/m³),
- H_{sat} = tebal tanah jenuh (m).



Gambar 2. Lereng Tak Hingga (Tawakkal, dkk., 2015)

Pemetaan *SF*

Pemetaan *SF* merupakan pembuatan peta yang memuat nilai angka keamanan lereng setiap koordinat x dan y . *Script* merupakan rangkain kode yang dapat dijalankan sebagai program. Pemetaan melalui *script* berarti perintah dan masukkan data dijalankan berdasarkan *script* yang ada. *Script* yang digunakan dengan bahasa *Python* agar lebih mudah diintegrasikan dengan perangkat lunak pengolah Sistem Informasi Geografis (SIG) yang digunakan. Hasil dari *running script* ini berupa Peta *Safety Factor*.

METODOLOGI PENELITIAN

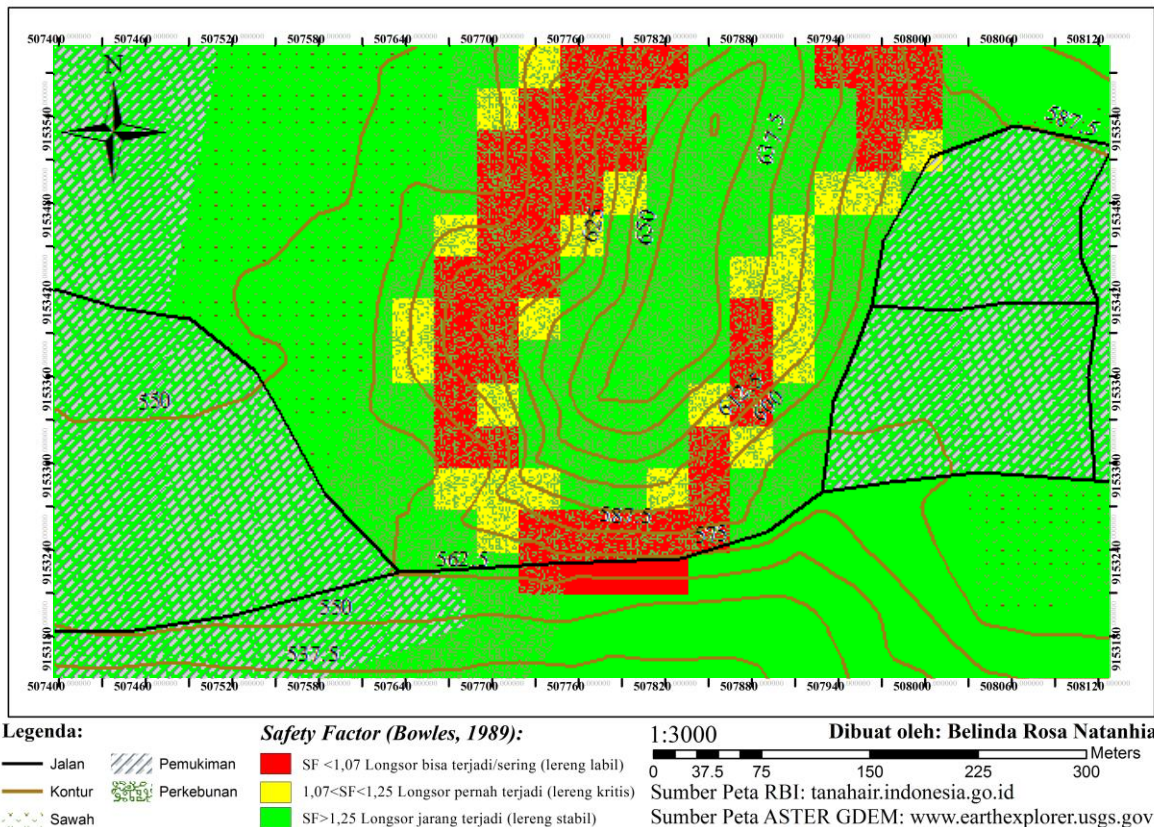
Metode yang digunakan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut. Data hujan (Januari 2015 sampai Desember 2016) berupa hujan titik, didapat dari Balai Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Bengawan Solo Surakarta, diuji homogenitas dengan metode *RAPS*. Jika sudah homogen, maka data diolah menjadi hujan wilayah dengan metode aritmatik. Hujan wilayah harian diolah menjadi hujan wilayah dua harian dan diambil data maksimal. Hujan wilayah dua harian diolah untuk mendapatkan intensitas hujan jam-jaman dengan metode Mononobe.

Langkah selanjutnya adalah mengolah data tanah. Data tanah didapatkan dari uji lab (data primer) dan data dari penelitian sebelumnya (data sekunder) berupa data fisik dan mekanik tanah. Data tanah ini kemudian digunakan untuk analisa kedalaman tanah jenuh dengan metode *Green Ampt* dengan data kemiringan lereng diperoleh dari peta *ASTER GDEM* dan kemudian dilakukan analisa stabilitas lereng. Hasilnya berupa peta angka keamanan lereng. Analisa ini menggunakan software *Microsoft Excel* dan *GRASS GIS*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berupa Peta *Safety Factor*, dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Peta Safety Factor Bukit Ganoman



Gambar 3. Peta *Safety Factor*

Peta *SF* pada penelitian ini menunjukkan bahwa Bukit Ganoman memiliki beberapa daerah dengan nilai *SF* kurang dari 1,07, yaitu lereng labil (bisa terjadi/sering terjadi longsor). Daerah lereng labil ini terletak pada daerah perkebunan dan ada yang melalui badan jalan. Lokasi badan jalan inilah yang perlu diwaspadai, dan terbukti pernah terjadi longsor pada 5 Februari 2016 (Nugroho dalam Rahadian, 2016). Sekitar lereng labil ini juga ada beberapa titik lereng kritis, yaitu lereng dengan nilai *SF* antara 1,07 dan 1,25 (pernah terjadi longsor). Daerah lain pada Bukit Ganoman yang ditinjau pada penelitian ini menunjukkan nilai *SF* lebih dari 1,25, yaitu lereng stabil (jarang terjadi longsor).

KESIMPULAN

Hal yang disimpulkan berdasarkan penelitian ini sebagai berikut:

1. Hasil Peta *SF* yang diperoleh menunjukkan bahwa daerah Bukit Ganoman memiliki beberapa titik yang bisa atau sering terjadi longsor (lereng labil dengan $SF < 1,07$), pernah terjadi longsor (lereng kritis dengan $1,07 < SF < 1,25$), dan jarang terjadi longsor (lereng stabil dengan $SF > 1,25$).
2. Daerah lereng stabil berupa sawah, pemukiman, dan perkebunan.
3. Daerah lereng kritis berupa perkebunan.
4. Daerah lereng labil berupa perkebunan dan ada yang melalui badan jalan, daerah badan jalan ini pernah terjadi longsor pada 5 Februari 2016 sehingga penelitian ini terbukti cukup valid.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak R. Harya Dananjaya Hesti I., S.T., M.Eng. dan Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T., yang telah membimbing dan memberi masukan kepada Peneliti dalam melakukan penelitian ini.

REFERENSI

- Adriyati, Meilani, R. Harya Dananjaya, dan Niken Silmi Surjandari, 2016. *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Software Geo Studio 2007 dengan Variasi Kemiringan (Studi Kasus: Bukit Ganoman Kab Karanganyar)*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Maret 2017/97. Surakarta: UNS.
- Anonim, 2017. <https://www.bnpb.go.id/>. Diakses 11 April 2017 20.52 WIB.

- Chen, Li, dan Young, Michael, H., 2006. *Green-Ampt Infiltration Model for Sloping Surfaces*. *Water Resources Research*, Vol. 42, W07420. Las Vegas: *Division of Hydrologic Sciences, Desert Research Institute*.
- Das, Braja, M., 1985. *Principles of Geotechnical Engineering, 3rd ed.* Carbondale: Southern Illinois University, PWS Publishing Company, Boston.
- Haan, Charles, Thomas, 1977. *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa: The Iowa State University Press.
- Hardiyatmo, Hary, Christadi, 2010. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: UGM Press.
- Kalimanto, Demarda, Niken Silmi Surjandari, dan R. Harya Dananjaya, 2015. *Analisis Stabilitas Lereng Akibat Beban Hujan Harian Maksimum Bulanan dan Beban Lalu Lintas*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Juni 2016/458. Surakarta: UNS.
- Nurhidayah, Ropri, Mamok Soeprapto R., dan Siti Qomariyah, 2010. *Kajian Angkutan Sedimen pada Sungai Bengawan Solo (Serenan-Jurug)*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Juni 2013/69. Surakarta: UNS.
- Rawls, Walter, J., dkk., 1983. *Green-Ampt Infiltration Parameters from Soils Data*. Inggris: J. Hydraul.
- Tawakkal, M. Zikiry, Niken Silmi Surjandari, dan R. Harya Dananjaya, 2016. *Pengaruh Curah Hujan Harian Maksimum Bulanan Terhadap Stabilitas Lereng (Studi Kasus: Desa Mangunharjo, Jatipurno, Wonogiri)*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Juni 2016/445. Surakarta: UNS.
- Triatmodjo, Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Walter, M. Todd, 2011. *Physical Hydrology for Ecosystems*. Spring: *Cornell University*.
- Wicaksono, Nycu Maulana, R. Harya Dananjaya, dan Niken Silmi Surjandari, 2016. *Pemanfaatan Data Digital Elevation Model (DEM) untuk Pemetaan Angka Keamanan Berdasarkan Resiko Longsor dari Tinjauan Geoteknik*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Maret 2017. Surakarta: UNS.