

ANALISIS STABILITAS LERENG DI DAS TIRTOMOYO WONOGIRI DENGAN METODE SIMPLIFIED BISHOP AKIBAT HUJAN PERIODE ULANG

Febrian Rizal Trisatya¹⁾, Niken Silmi Surjandari²⁾, Noegroho Djarwanti³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: civiluns@uns.ac.id

Abstract

Landslides are the natural disasters caused by many factors. One of the major factor that cause the landslides is rainfall infiltration. Rainfall can turn γ_b into γ_{sat} which can degrades soil quality. This study was conducted to analyze the landslides potential in Simpangan, Hargantoro Village, Tirtomoyo, Wonogiri due to return period rain. This study uses rainfall data from 2011 to 2012 and taken from 3 rainfall station namely Balong, Ngancar and Watugede. The calculation of return period rainfall uses Log Pearson III as frequency analysis. The return period rain converted to saturated soil thickness using SCS-CN method according to existed land cover. The sample were taken by taking soil samples in Simpangan with hand auger boring, then tested in the laboratory to obtain the required soil parameters. *Simplified Bishop Method* method used to analyze the slope stability. The slope was modeled with a slope variation of 30°, 45°, and 60°. The slope stability analysis results without the influence of rainfall infiltration in 30°, 45°, AND 60° produce safety factor (SF) are respectively 3,46, 2,05 and 1,59. The analysis results show that the slope in study area is quite safe from landslides due to the high number of safety factor. The results of slope stability analysis due to the load of the return period rain using the Simplified Bishop Method produces Safety Factor (SF) which is approximately equal in each angle. In 30° slope, the safety factor was 3,19, in 45° was 1,89, and 60° was 1,47. These results shows that the return of period rainfall cause a decrease in slope's safety factor although it did not cause the occurrence of landslides in the study area.

Keyword : *safety factor, return period rainfall, SCS CN, infiltration*

Abstrak

Tanah longsor adalah bencana alam yang disebabkan banyak faktor. Salah satu faktor penting yang menyebabkan terjadinya tanah longsor adalah infiltrasi air hujan. Air hujan dapat mengubah γ_b menjadi γ_{sat} sehingga menurunkan kualitas tanah. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis besarnya potensi longsor di Dusun Simpangan, Desa Hargantoro, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri akibat hujan periode ulang. Penelitian ini menggunakan data hujan dari tahun 2011 sampai 2012 dan berasal dari 3 stasiun hujan, yaitu Balong, Ngancar dan Watugede, hujan periode ulang menggunakan analisis frekuensi Log Pearson III. Hujan periode ulang yang didapat kemudian dikonversi menjadi tebal lapisan tanah jenuh menggunakan metode SCS-CN sesuai dengan tutupan lahan yang ada. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah di dusun Simpangan dengan metode bor dangkal, kemudian diuji di laboratorium untuk mendapatkan data parameter tanah yang dibutuhkan. Metode analisa stabilitas lereng yang digunakan adalah Bishop yang Disederhanakan (*Simplified Bishop Method*). Lereng dimodelkan ke dalam 3 sudut yaitu 30°, 45° dan 60°. Hasil analisa stabilitas lereng tanpa pengaruh infiltrasi hujan pada sudut 30°, 45° dan 60° menghasilkan angka keamanan (SF) berturut-turut adalah 3,46, 2,05 dan 1,59. Hasil analisa menunjukkan bahwa lereng di lokasi penelitian cukup aman karena tingginya angka keamanan. Hasil analisa stabilitas lereng akibat beban hujan, yaitu dengan pengaruh hujan periode ulang menggunakan metode Bishop yang Disederhanakan menghasilkan angka keamanan (SF) yang kurang lebih sama pada masing-masing sudut kemiringan yaitu pada sudut 30° adalah 3,19, pada sudut 45° adalah 1,89, dan pada sudut 60° adalah 1,47. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beban hujan periode ulang menyebabkan penurunan angka keamanan lereng meskipun tidak menyebabkan terjadinya longsor di lokasi penelitian.

Kata Kunci : angka keamanan, hujan periode ulang, SCS CN, infiltrasi

PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan potensi bencana geologis berupa pergerakan tanah yang terjadi karena perubahan keseimbangan daya dukung tanah dan akan berhenti setelah mencapai keseimbangan baru. Selain itu tanah longsor merupakan salah satu fenomena alam yang tidak terkontrol yang menarik perhatian manusia karena berpotensi membahayakan keselamatan manusia.

Bencana alam longsor tanah yang banyak terjadi di Indonesia merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah (*soil mass movement*) pada lereng-lereng alam. Gerakan tanah ataupun longsor akan dikategorikan sebagai bencana apabila terjadi pada daerah yang dihuni oleh manusia atau pada daerah

tempat kegiatan manusia. Jadi aspek kehadiran manusia atau terpengaruhnya aktivitas manusia sangat penting dalam menetapkan apakah suatu gerakan tanah atau longsor dianggap sebagai bencana atau tidak. (Achmad, Fadly 2010)

LOKASI PENELITIAN

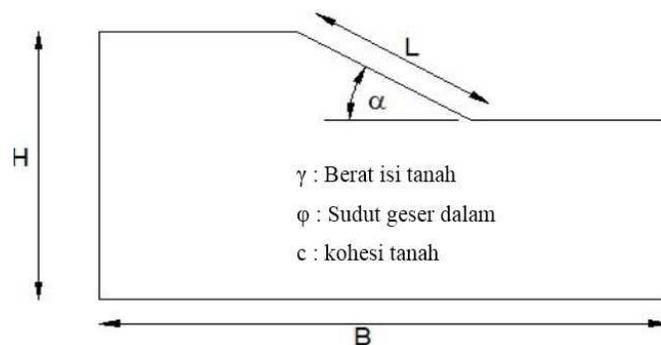
Daerah Wonogiri yang terletak di provinsi Jawa Tengah adalah daerah yang kondisi alamnya berupa perbukitan dan lereng batuan yang terjal. Daerah tersebut berpotensi besar mengalami kelongsoran. Banyak ditemukan titik titik kelongsoran terutama setelah terjadi hujan. Pada tahun 2012, terjadi kelongsoran di desa Hargorejo, kecamatan Tirtomoyo, kabupaten Wonogiri (Solopos, 24 November 2012). Peristiwa tersebut terjadi saat hujan mengguyur selama 6 jam. Hal tersebut menunjukkan bahwa curah hujan berpengaruh terhadap angka kewananaan lereng. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan agar dapat menjadi bahan pertimbangan dan acuan dalam mitigasi bencana longsor. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil sampel di lereng dusun Simpangan, Desa Hargantoro, Kecamatan Tirtomoyo, Wonogiri. Koordinat lokasi pengambilan sampel adalah $S07^{\circ}56'22.50''$, $T 111^{\circ} 4'30.30''$



Gambar 1. Kondisi tutupan lahan lokasi pengambilan sampel (Google Earth, 2014)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis data. Data hujan dianalisis menggunakan poligon Thiessen untuk mencari hujan wilayah (Triadmojo, 2008), metode Log Pearson III (Triadmojo, 2008) untuk distribusi hujan, dan metode SCS CN untuk menghitung debit limpasan dan kapasitas infiltrasi. Tutupan lahan yang digunakan adalah kondisi eksisting atau kondisi sebenarnya, yang berupa ladang/tegalan dan hutan. Metode yang digunakan untuk menganalisa stabilitas lereng pada penelitian ini adalah analisis manual menggunakan metode Bishop yang disederhanakan (*Simplified Bishop*). Dimensi lereng dimodelkan dengan sudut kemiringan bervariasi yaitu 30° , 45° dan 60° , dengan panjang lereng (L) 10 m.



Gambar 2. Permodelan lereng sebelum hujan

Dengan,

H : Tinggi lereng (m)

α : Sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)

L : Panjang Lereng (m)

B : Panjang bidang memanjang lereng (m)

Pengujian Data Tanah

Data tanah diambil dengan cara mengambil sampel di lokasi penelitian kemudian dilakukan pengujian laboratorium untuk mendapatkan data properties tanah. Pengambilan sampel dilakukan dengan bor dangkal. Lokasi pengambilan sampel dipilih berdasarkan data kejadian longsor yang terjadi di Kecamatan Tirtomoyo. Dilakukan pengambilan *undisturbed sampel* (UDS) maupun *disturbed sampel* (DS). Sampel yang telah diambil selanjutnya dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah, UNS. Data yang diambil selanjutnya dianalisis dan dianggap mewakili kondisi yang ada dilapangan. Dengan data tanah yang telah didapat, dapat dilakukan analisa stabilitas lereng sebelum terjadi hujan.

Perhitungan Data Hujan

Data Hujan yang digunakan adalah data hujan harian. Data curah hujan adalah data curah hujan harian 10 tahun (2002-2011) dari 3 stasiun hujan ,yaitu Balong, Ngancar, dan Watugede kemudian dicari hujan maksimum bulanan. Data hujan didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Wonogiri. Polygon *Thiessen* ()digunakan untuk mengubah hujan titik menjadi hujan wilayah Setelah kita memperoleh hujan harian maksimum bulanan pada masing masing stasiun hujan, tahap selanjutnya adalah menghitung koefisien Thiessen. Koefisien Thiessen dihitung berdasarkan presentase luasan daerah tangkapan hujan dari masing-masing stasiun. Setelah koefisien Thiessen didapatkan, kemudian dicari hujan maksimum rata-rata. Hujan maksimum rata-rata diperoleh dari hujan maksimum setiap tahun. Tanggal terjadinya hujan maksimum harian tersebut digunakan sebagai tinjauan dari setiap stasiun. Tinggi hujan periode ulang diperoleh dengan melakukan analisis frekuensi hujan. Salah satu metodenya adalah Metode Log Pearson tipe III. Hujan Periode Ulang yang digunakan adalah 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 tahunan.

Analisa *Curve Number (CN)* Berdasarkan Tutupan Lahan

Penelitian ini menggunakan tutupan lahan pada kondisi eksisting (hutan dan tegalan), yang bertujuan agar menjadi mitigasi bencana pada tahun yang akan datang. Untuk mengetahui koefisien tutupan lahan di lokasi pengambilan sampel, digunakan *gps* (*Global Positioning System*) untuk mendapatkan koordinat lokasi. Koordinat tersebut kemudian di input ke dalam program *google earth* sehingga nampak kondisi tutupan lahan dan luas lereng yang ditinjau di lokasi pengambilan sampel. Menghitung Infiltrasi yang terjadi dengan Metode SCS-CN. Tahap selanjutnya adalah menghitung debit limpasan metode SCS CN. Metode SCS CN dipilih karena metode ini mempertimbangkan infiltrasi air hujan yang terjadi. Berat tanah setelah terjadi infiltrasi inilah yang kemudian dijadikan sebagai beban lereng. Data infiltrasi digunakan untuk mengetahui seberapa dalam tanah jenuh yang terjadi akibat volume infiltrasi air hujan. Perbedaan infiltrasi yang terjadi setiap bulan akan mempengaruhi tebal lapisan tanah jenuh yang terjadi.

Menghitung Ketebalan Tanah Jenuh.

Tanah dibagi menjadi 2 kondisi, yaitu tanah kondisi jenuh (*saturated*) dan tanah tak jenuh(*unsaturated*). Penyebab tanah menjadi jenuh adalah masuknya air ke dalam rongga rongga tanah . Pertambahan jumlah air yang masuk ke dalam tanah akan mengubah γ_b menjadi γ_{sat} . Hal tersebut akan menurunkan sifat fisik tanah, sehingga akan berpengaruh dengan angka keamanan lereng. Dalam penelitian ini, permodelan lereng dibagi menjadi 2 lapisan tanah. Tanah jenuh di bagian atas dan tanah tak jenuh di bagian bawah. Tanah jenuh di bagian atas karena adanya infiltrasi air hujan, sehingga menyebabkan tanah menjadi jenuh di kedalaman tertentu. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung γ_{sat} (Hardiyatmo, 2010 :

$$e = \frac{(9.81 \times G_s \times (1+w))}{\gamma_b} - 1 \quad (1)$$

Nilai e konstan karena tanah tidak expansive, maka perhitungan γ_{sat} :

$$\gamma_{sat} = 9.81 \times \frac{(G_s + e)}{(1+e)} \quad (2)$$

Setelah γ_{sat} diperoleh dilakukan perhitungan tebal air infiltrasi untuk setiap 1 m³.

$$w_w = \gamma_{sat} - \gamma_b \quad (3)$$

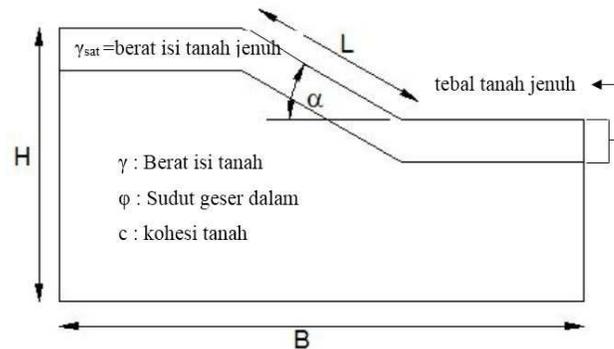
$$V_w = \frac{W_w}{9.81} \quad (4)$$

$$V_f = F \times A \text{ (Luas Area Terinfiltrasi)} \quad (5)$$

$$H \text{ jenuh} = \frac{V_f}{V_w \times A} = \frac{F \times A}{V_w \times A}$$

$$H \text{ jenuh} = \frac{F}{W_{cr}} \quad (6)$$

Maka akan didapatkan ketebalan tanah *saturated* akibat infiltrasi tersebut yang selanjutnya akan digunakan untuk pembuatan layer dalam pemodelan lereng 2D. Permodelan lereng setelah terjadi hujan dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 3. Permodelan Lereng Setelah Hujan

Analisis Stabilitas Lereng Pada Lereng Setelah Terjadi Hujan

Setelah dilakukan permodelan ,maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan analisis kestabilan lereng untuk memperoleh nilai SF lereng tersebut. Hasil yang didapat digunakan untuk menggambar grafik hubungan SF dengan tinggi hujan periode ulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pengujian Laboratorium

Parameter Tanah	Nilai	Satuan
G_s	2,49	-
γ_b	1,79	kN/m ³
<i>Gravel</i>	0,02	%
<i>Sand</i>	19,65	%
<i>Silt</i>	50,08	%
<i>Clay</i>	30,25	%
w_n	31,17	%
LL	55,44	%
PL	38,99	%
IP	16,45	%
Klasifikasi Tanah	MH	-
c (<i>direct shear</i>)	34,5	kPa
φ (<i>direct shear</i>)	11,15	...°

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian laboratorium, didapatkan bahwa tanah di lokasi penelitian termasuk tanah jenis lanau anorganik (MH)

Tabel 2. Hasil Pengolahan Data Hujan

T	G atau K	K.S	$\ln X_i + K.S$	X_i (mm/hari)
2	-0,149	-0,0482	3,9119	49,9712
5	0,768	0,2475	4,2076	67,1626
10	1,339	0,4317	4,3917	80,7380
20	1,793	0,5780	4,5380	93,4575
50	2,502	0,8064	4,7664	117,4383
100	2,963	0,9549	4,9149	136,2417
200	3,409	1,0987	5,0587	157,3025
500	3,782	1,2189	5,1789	177,3883

1000	4,403	1,4192	5,3792	216,7240
------	-------	--------	--------	----------

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan tinggi hujan periode ulang dengan metode Log Pearson III

Tabel 3. Hasil Pengolahan Curve Number Lokasi Penelitian

No	Tata Guna Lahan	CN	Luas Bag. 1		Curve Number
			(km ²)	Ha	
1	Hutan	66,00	0,019	1,91	58,6435
2	Tegalan	74,00	0,002	0,24	8,1553
3	Jumlah		0,02	2,15	66,7988

Sehingga diperoleh nilai *Curve Number* di lokasi penelitian adalah 66,7988

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tebal Tanah Jenuh

periode ulang	Volume (m ³)	H _{jenuh} (m)
2	444,482	0,74
5	676,53	1,14
10	828,749	1,39
20	952,085	1,6
50	1145,55	1,92
100	1269,89	2,13
200	1387,66	2,33
500	1483,38	2,49
1000	1635,77	2,75

Irisan lereng dibagi menjadi 30 irisan dengan program *SlopeW*, dan didapat jari jari kelongsoran sebesar 9,88m untuk sudut 30°, 10,68m untuk sudut 45° dan 14m untuk sudut 60°. Sehingga data-data yang diperlukan untuk analisis dengan metode *Simplified Bishop* bisa didapat

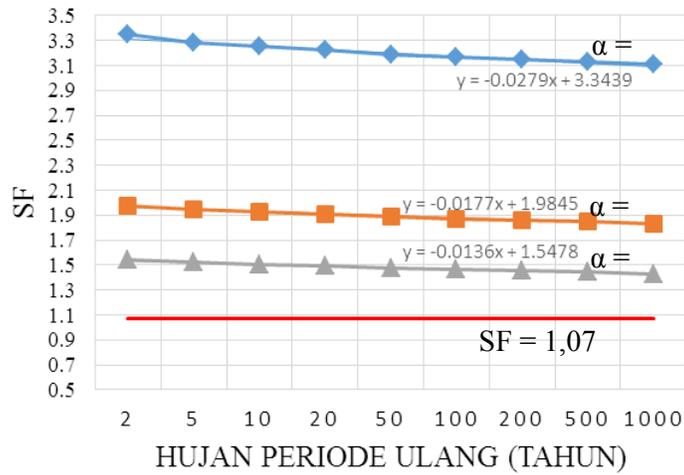
Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai SF Lereng Sebelum Hujan

Sudut Kemiringan Lereng	SF
30°	3,46
45°	2,05
60°	1,59

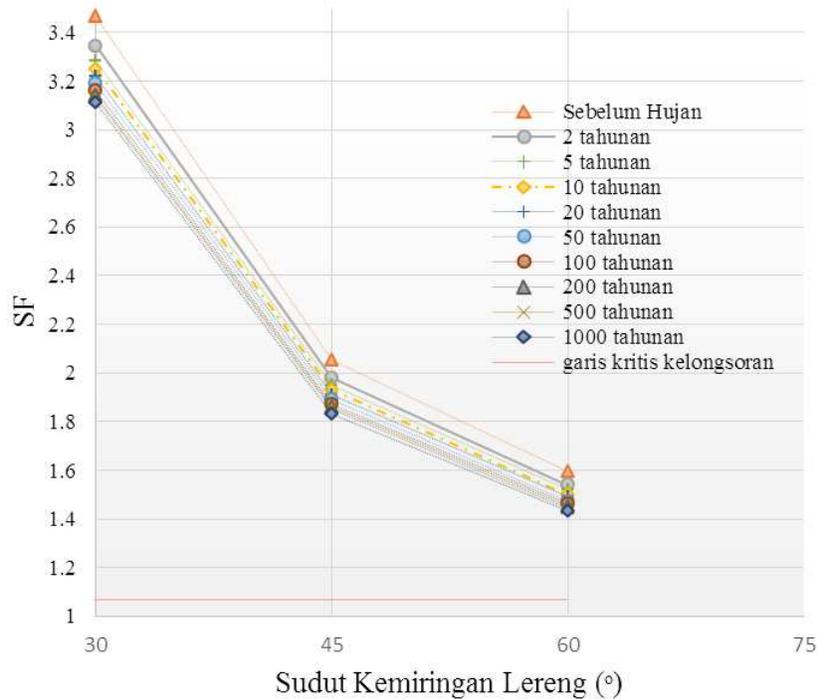
Setelah kondisi lereng sebelum hujan di analisis, kemudian dibandingkan dengan hasil analisis lereng setelah hujan untuk membandingkan seberapa besar pengaruh hujan dalam kestabilan lereng. Setelah hujan, lapisan tanah atas berubah menjadi kondisi saturated sehingga γ_b menjadi γ_{sat} . Dari pengujian laboratorium, didapatkan γ_b sebesar 17,95 kN/m³ dan γ_{sat} yang didapat dari perhitungan lapisan tanah jenuh adalah sebesar 18,2218 kN/m³

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai SF Lereng Setelah Hujan

Hujan periode ulang	Nilai SF		
	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$
2tahunan	3,34	1,98	1,55
5tahunan	3,28	1,95	1,51
10tahunan	3,25	1,93	1,5
20 tahunan	3,22	1,91	1,49
50 tahunan	3,19	1,89	1,47
100 tahunan	3,16	1,87	1,46
200 tahunan	3,14	1,86	1,45
500 tahunan	3,13	1,85	1,44
1000 tahunan	3,11	1,83	1,42



Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai SF dengan Tinggi Hujan Periode Ulang



Gambar 4. Grafik Hubungan Nilai SF Dengan Sudut Kemiringan Lereng

Dari gambar 3 dan 4, dapat disimpulkan bahwa tinggi hujan periode ulang, berpengaruh terhadap nilai SF lereng. Semakin tinggi hujan periode ulang, maka nilai SF yang didapat semakin kecil. Selain itu, sudut kemiringan lereng juga memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kestabilan lereng dimana semakin curam sudut lereng, maka semakin kecil nilai SFnya. Penurunan nilai SF dari sudut 30° ke 45° lebih besar daripada penurunan nilai SF dari sudut 45° ke 60°

Penelitian ini menunjukkan bahwa curah hujan, jenis tanah dan nilai CN (*Curve Number*) yang didapat dari tata guna lahan pada lereng berpengaruh pada stabilitas lereng. Peningkatan kedalaman tebal tanah jenuh berdampak pada semakin besarnya tekanan air pori sehingga menurunkan nilai SF lereng.

KESIMPULAN

Hasil analisa stabilitas lereng akibat beban hujan, yaitu dengan pengaruh hujan periode ulang menggunakan metode Bishop yang Disederhanakan menghasilkan nilai SF yang kurang lebih sama pada masing-masing sudut kemiringan yaitu pada sudut 30° adalah 3,19 ,pada sudut 45° adalah 1,89, dan pada sudut 60° adalah 1,47. Pada lokasi penelitian ini tidak satupun permodelan lereng yang mengalami kelongsoran karena hasil perhitungan nilai SF semua lereng lebih dari 1,07 (Bowles, 1989) meskipun dengan penambahan beban hujan periode ulang. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa lereng di dusun Simpangan aman terhadap kelongsoran yang diakibatkan oleh beban hujan periode ulang

REFERENSI

- Bowles, Joseph E. 1989. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. McGraw-Hill Book Company. USA
- Hardiyatmo, C. H., 2010. *Mekanika Tanah 1*. Edisi Kelima. Bulaksumur, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, C. H., 2010. *Mekanika Tanah II*. Edisi Kelima. Bulaksumur, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Triadmojo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Bulaksumur, Yogyakarta : Gajah Mada University Pr

