

ANALISIS STABILITAS LERENG BERDASARKAN PENGARUH HUJAN BULANAN MAKSIMUM DI DAS TIRTOMOYO WONOGIRI MENGGUNAKAN METODE BISHOP DISEDERHANAKAN (Studi Kasus di Dusun Pagah, Hargantoro, Tirtomoyo, Wonogiri)

Muh. Fachrudin Arrozi¹⁾, 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

Wonogiri is one of the regencies in the south of Central Java. It has a quite steep topography, which some of the areas have wavy, hilly, and mountainous morphology. The conditions cause Wonogiri as area with a high-potential land-slide in rainy seasons. This is strengthened by the landslide occurred in December, 2007 which destroyed some areas in Wonogiri, one of them was Dusun Pagah, Hargantoro, Tirtomoyo. There were fourteen people killed in the landslide.

The research is aimed to find out the influence of maximum monthly-rain toward the slopes stability in Dusun Pagah, Hargantoro, Tirtomoyo, Wonogiri, in some oblique angle variations (30°, 45°, and 60°) with existing land use (woods, fields, and blank field). A maximum monthly-rain is a daily rain which happens during a certain month. The sample of soil obtained from the research location was tested to determine the type and the parameter of the soil which is needed in slopes-stability analysis (γ , c , and φ). Slopes-stability analysis using a simplified Bishop method. The analysis of rain-water infiltration in this research used SCS-CN method. The data of the rain which was analyzed was the rain occurred in rainy seasons (from November until April) in the period of 2007 to 2011. The rain-water infiltration increased the soil weight-volume which caused the slopes load increase. The analysis results showed that the infiltration influenced the decrease of safety factor grades. At the oblique angle of 30° from 2,7233 to 2,1885, at 45° from 1,5485 to 1,2329, and at 60° from 1,2877 to 0,8655.

Keywords: monthly-rain, infiltration, SCS-CN, slopes stability, SF

Abstrak

Wonogiri merupakan salah satu kabupaten di bagian Selatan Jawa Tengah dengan kondisi topografi cenderung curam, dimana sebagian wilayahnya merupakan wilayah dengan morfologi yang bergelombang, perbukitan hingga pegunungan. Kondisi ini yang menyebabkan Wonogiri termasuk daerah dengan potensi longsor cukup tinggi ketika memasuki musim penghujan. Hal ini diperkuat dengan adanya peristiwa longsor yang terjadi pada Desember 2007 silam pada beberapa daerah di Wonogiri salah satunya di Dusun Pagah, Hargantoro, Tirtomoyo 14 jiwa melayang akibat peristiwa ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hujan bulanan maksimum terhadap stabilitas lereng di Dusun Pagah, Hargantoro, Tirtomoyo, Wonogiri dengan beberapa variasi kemiringan (30°, 45°, dan 60°) dengan tutupan lahan eksisting berupa hutan, ladang, dan lahan kosong. Sampel tanah dari lokasi penelitian diuji untuk mengetahui parameter tanah yang dibutuhkan dalam analisis stabilitas lereng (γ , c , dan φ). Analisis stabilitas lereng menggunakan metode Bishop disederhanakan. Analisis infiltrasi air hujan menggunakan metode SCS-CN. Data hujan digunakan merupakan hujan yang terjadi pada bulan musim hujan (November-April) pada kurun waktu 2007-2011. Infiltrasi air hujan akan menyebabkan berat volume tanah menjadi bertambah sehingga beban lereng menjadi bertambah. Hasil analisis menunjukkan bahwa infiltrasi berpengaruh terhadap penurunan nilai SF. Kemiringan 30° dari 2,7233 menjadi 2,1885, kemiringan 45° dari 1,5485 menjadi 1,2329, dan kemiringan 60° dari 1,2877 menjadi 0,8655.

Kata Kunci : hujan bulanan, infiltrasi, SCS-CN, stabilitas lereng, SF

PENDAHULUAN

Longsor seringkali terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam, serta tingkat kelembaban (*moisture*) tinggi, tumbuhan jarang (lahan terbuka) dan material kurang kompak. Faktor lain untuk timbulnya longsor adalah rembesan dan aktifitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi. Kondisi lingkungan setempat merupakan suatu komponen yang saling terkait. Bentuk dan kemiringan lereng, kekuatan material, ke-

dudukan muka air tanah dan kondisi drainase setempat sangat berkaitan pula dengan kondisi kestabilan lereng (Verhoef, 1985).

Wonogiri merupakan salah satu kabupaten di bagian Selatan Jawa Tengah, yang memiliki kondisi topografi cenderung curam, dimana sebagian wilayahnya merupakan wilayah dengan morfologi yang bergelombang, perbukitan hingga pegunungan. Adapun luasannya hampir mencakupi 12 kecamatan dari 25 Kecamatan di Wonogiri, yaitu sekitar + 48% dari luas keseluruhan (Widiansyah, 2007).

Pemerintah Kabupaten Wonogiri dalam wonogirikab.go.id mencatat bahwa pernah terjadi longsor dan banjir pada penghujung tahun 2007 tepatnya pada tanggal 25 dan 26 Desember 2007 di daerah Kecamatan Tirtomoyo akibat musim hujan di penghujung tahun tersebut. Tercatat 14 warga tewas akibat bencana alam tersebut. Adapun lokasi tanah longsor menurut camat Tirtomoyo ada empat titik yang masing-masing terletak di Dusun Semangin, Desa Sendangmulyo, dan dua titik yaitu Dusun Pagah dan Dusun Sanggrahan yang keduanya berada di Desa Hargantoro.

Longsor dapat disebabkan oleh beberapa faktor dimana salah satunya adalah curah hujan. Hujan dengan intensitas tertentu yang terjadi secara terus menerus pada waktu tertentu pula akan menyebabkan penambahan massa tanah pada lereng akibat terbentuknya *storage* oleh infiltrasi air hujan tersebut. Melihat besarnya pengaruh curah hujan terhadap stabilitas lereng maka penelitian ini dilakukan mengingat semakin sering bencana tanah longsor yang terjadi setiap memasuki bulan-bulan basah pada musim hujan. Penelitian ini meninjau stabilitas lereng di Dusun Pagah, Desa Hargantoro, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri dengan menggunakan metode analisis stabilitas lereng Bishop yang disederhanakan (*Simplified Bishop*).



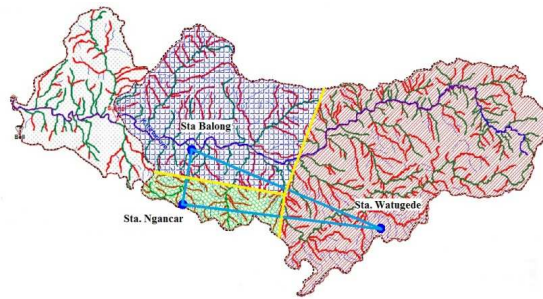
Gambar 1. Lokasi Penelitian

METODE PENELITIAN

Analisis stabilitas lereng berdasarkan pengaruh hujan bulanan maksimum melalui beberapa tahapan analisis yang meliputi : *pertama*, menghitung hujan wilayah DAS Tirtomoyo Wonogiri dengan menggunakan metode Thiessen, *kedua* menghitung nilai infiltrasi yang terjadi pada lereng berdasarkan variasi tutupan lahan (eksisting, hutan, dan ladang berteras-teras) menggunakan metode CN yang dikembangkan oleh *Soil Conservation Service*. Metode CN merupakan metode yang digunakan untuk menghitung jumlah infiltrasi air hujan berdasarkan jenis tutupan lahan yang ada. *Ketiga*, menghitung kedalaman tanah jenuh akibat infiltrasi berdasarkan jenis tanah di lokasi penelitian. *Keempat*, menghitung nilai stabilitas lereng akibat penambahan beban air infiltrasi pada kemiringan 30°, 45°, dan 60° pada setiap variasi tutupan lahan (eksisting, hutan, dan ladang berteras-teras) dengan menggunakan metode Bishop disederhanakan. Gambaran lebih lanjut mengenai tahapan analisis adalah sebagai berikut :

Perhitungan hujan wilayah

Penelitian ini menggunakan data curah hujan dari tahun 2007 – 2011 yang berasal dari stasiun Balong, Ngancar, dan Watugede. Poligon Thiessen digunakan untuk mengubah hujan titik menjadi hujan wilayah. Poligon Thiessen dibuat dengan menentukan batas DAS Tirtomoyo kemudian setelah menentukan batas DAS, menghubungkan ketiga stasiun hujan hingga membentuk segitiga, mencari garis berat dari kedua garis yang membagi dua bagian sama persis, menghubungkan ketiga garis berat sehingga membentuk polygon seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Poligon Thiessen DAS Tirtomoyo di titik stasiun debit Sulingi

Setelah menentukan poligon Thiessen, selanjutnya menentukan koefisien Thiessen untuk masing-masing stasiun hujan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Koefisien Thiessen untuk stasiun Balong, Ngancar, dan Watugede

<i>Polygon Thiessen Factor</i>			
No	Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Presentase (%)
1	Stasiun Balong	56,43	34
2	Stasiun Ngancar	12,74	8
3	Stasiun Watugede	98,21	58
Jumlah		167,38	100

Metode SCS CN

Metode SCS CN memperhitungkan nilai infiltrasi yang terjadi pada setiap jenis tanah dengan jumlah hujan yang jatuh pada setiap kali terjadi hujan sehingga dapat diketahui berapa mm air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah yang akan digunakan untuk menghitung tebal lapisan tanah yang menjadi jenuh pada lereng. Secara umum curah hujan total (P) yang jatuh ke tanah dengan potensi maksimal tanah untuk menahan air (S) akan terbagi menjadi tiga komponen ; Air larian (Q), Infiltrasi (F) dan Abstraksi awal (Ia), dengan hubungan sebagai berikut :

$$Q = (P - Ia)^2 / (P - Ia) + S \quad (1)$$

Dengan :

$$Ia = 0,2 S \quad (2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) bisa diperoleh nilai Q dengan memasukkan nilai P kedalam persamaan berikut:

$$Q = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S) \quad (3)$$

Nilai S dapat diperoleh dari nilai *runoff Curve Number* (CN) dengan rumus berikut :

$$S = (25400/CN) - 254 \text{ untuk nilai S dalam mm.}$$

Apabila nilai P dan Q diketahui maka kita dapat menghitung besar infiltrasi yang terjadi melalui persamaan berikut:

$$F = (P - Ia) - Q \quad (4)$$

Dengan A sebagai luas lereng, maka volume infiltrasi (V_f) bisa dihitung dengan:

$$V_f = F \times A \quad (5)$$

Menghitung Ketebalan Tanah Jenuh

Infiltrasi yang terjadi setiap kali terjadi hujan akan menyebabkan lapisan *topsoil* pada lereng menjadi jenuh. Ketebalan lapisan tanah jenuh akan berbeda untuk hujan yang terjadi pada intensitas yang berbeda pula. Dengan menggunakan data indeks properties tanah akan dapat diperhitungkan seberapa dalam lapisan tanah yang akan menjadi jenuh oleh volume air tertentu. langkah awal adalah menghitung angka pori tanah.

$$e = ((G_s \cdot \gamma_w (1+w)) / \gamma_b) - 1 \quad (6)$$

Nilai angka pori dianggap konstan meskipun terjadi penambahan air sehingga kita dapat menghitung berat volume tanah pada kondisi jenuh menggunakan rumusan:

$$\gamma_{sat} = (\gamma_w(G_s + e))/(1 + e) \quad (7)$$

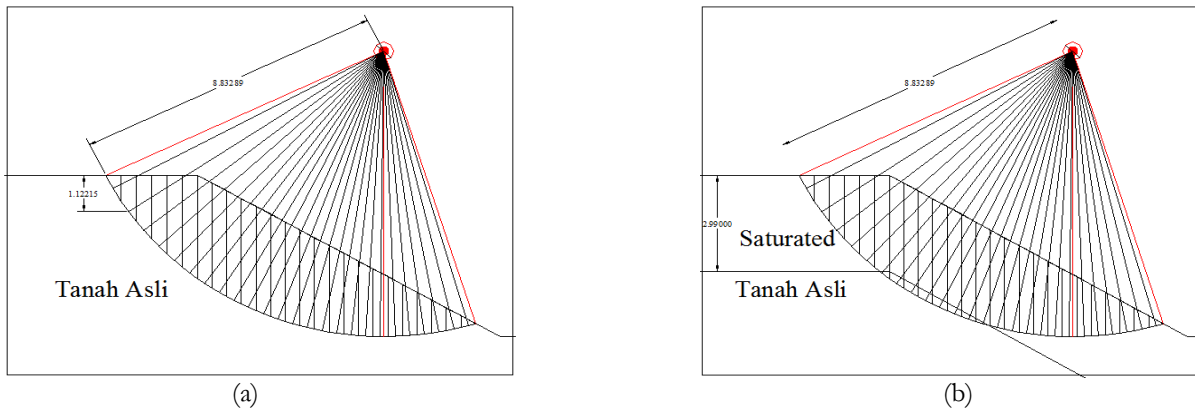
Dengan mengetahui volume infiltrasi yang terjadi dapat dihitung ketebalan tanah jenuh menggunakan rumusan :

$$h_{sat} = (F/((\gamma_{sat} - \gamma_b) / \gamma_w) \times 1 \text{ m}^3) / A \quad (8)$$

dengan,

- G_s = *Specific Gravity*
- γ_b = Berat volume basah (kN/m³)
- γ_{sat} = Berat volume pada kondisi jenuh (kN/m³)
- γ_w = Berat Volume Air (kN/m³)

Analisis Stabilitas Lereng Sebelum dan Sesudah Hujan



Gambar 3. Permodelan Lereng Sudut 30° (a) Sebelum Hujan (b) Sesudah Hujan

Permodelan lereng yang digunakan untuk analisis seperti terlihat pada gambar 2. Variabel yang berubah pada permodelan lereng adalah sudut kemiringan lereng dan kedalaman lapisan tanah jenuh. Garis longsor didapat dari analisis menggunakan *Slope/w* dan dipilih garis longsor dengan nilai *safety factor* (SF) paling kritis. Selanjutnya dengan menggunakan metode irisan manual Bishop disederhanakan dihitung stabilitas lereng sebelum dan setelah terjadi hujan dengan menggunakan garis longsor hasil analisis menggunakan *slope/w* tersebut. Berikut persamaan metode Bishop disederhanakan :

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' + W_i (1 - u_i)] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \frac{c' + W_i (1 - u_i)}{F \gamma_w})} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (9)$$

Dengan,

- SF = *Safety Factor*
- c' = Kohesi tanah efektif (kN/m²)
- φ' = Sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)
- b_i = Lebar irisan ke- i (m)
- W_i = Berat irisan tanah ke- i (kN)
- θ_i = Sudut yang didefinisikan (derajat)
- u_i = Tekanan air pori pada irisan ke- i (kN/m²)

Analisis stabilitas lereng dilakukan setelah terjadi hujan/infiltrasi pada setiap variasi tutupan lahan yang tentunya akan memiliki kedalaman tanah jenuh yang berbeda-beda dan pada variasi kemiringan lereng. Tujuannya adalah untuk mengetahui tutupan lahan apa yang paling tepat digunakan pada lokasi penelitian serta akan diketahui pula pengaruh infiltrasi air hujan dan kemiringan lereng terhadap stabilitas lereng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

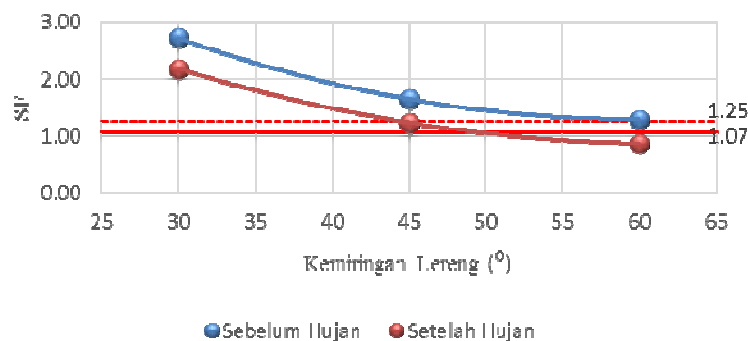
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah untuk memperoleh parameter tanah berupa indeks properties dan parameter geser tanah diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Laboratorium

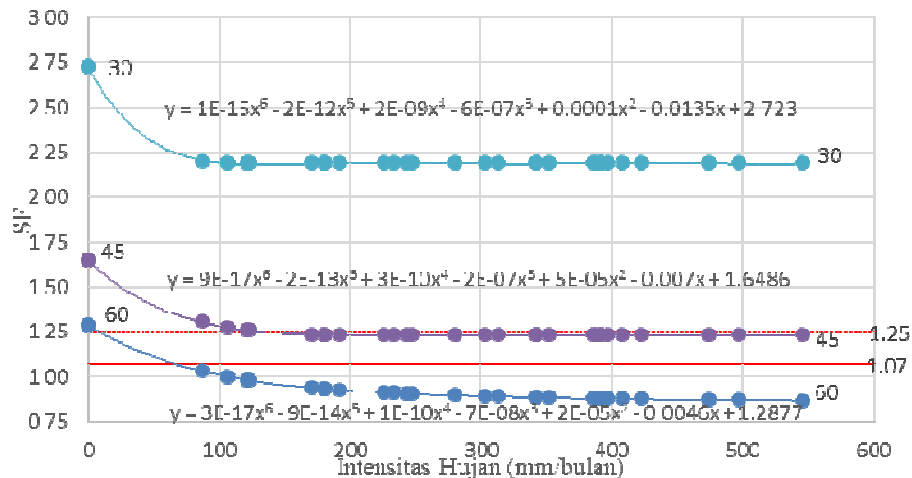
Parameter Tanah	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
w_n	%	46,60	47,29	41,97
γ_b	kN/m ³	16,81	16,60	16,56
Gs	-	2,48	2,59	2,61
Gravel	%	1,82	0,33	0,18
Sand	%	45,82	40,58	40,72
Silt	%	35,41	39,88	30,31
Clay	%	16,96	19,21	28,79
LL	%	55,24	60,94	57,50
PL	%	32,69	32,12	21,23
IP	%	22,55	28,82	36,28
Klasifikasi Tanah	-	MH	MH	MH
c (direct shear)	kg/cm ²	0,034	0,2138	0
φ (direct shear)	...°	20,30	15,35	26,87

Hasil pengujian laboratorium pada ketiga sampel menunjukkan bahwa tanah termasuk lanau tak organik dengan plastisitas tinggi (MH). Pada tanah berbutir halus, lanau (*silt*) lebih dominan daripada lempung (*clay*) disertai dengan kandungan pasir yang cukup tinggi sehingga kemungkinan tanah untuk meloloskan air cukup besar. Hal ini menambah kemungkinan lapisan tanah jenuh atau *storage* akibat infiltrasi semakin besar pula. Sampel 2 digunakan sebagai data tanah untuk perhitungan analisis stabilitas lereng karena dianggap mewakili kondisi lereng yang dimodelkan dalam bentuk 2D berdasarkan letak pengambilannya (pengambilan sampel 2 berada pada badan lereng).

Pada kondisi sebelum terjadi hujan diperoleh nilai *safety factor* (SF) berturut-turut untuk kemiringan 30°, 45° dan 60° adalah 2,7233, 1,6485 dan 1,2877. Setelah terjadi hujan nilai *safety factor* (SF) berturut-turut untuk kemiringan 30°, 45° dan 60° menjadi 2,1885, 1,2329, dan 0,8655. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *safety factor* (SF) berbanding terbalik dengan kemiringan pada lereng nilai *safety factor* (SF) semakin menurun ketika sudut kemiringan lereng naik dan nilai *safety factor* (SF) mengalami penurunan setelah terjadi hujan. Hal ini menunjukkan bahwa stabilitas lereng dipengaruhi oleh intensitas hujan dan kemiringan dari lereng itu sendiri.



Gambar 4. Grafik Hubungan *Safety factor* (SF) dengan Kemiringan Lereng Sebelum dan Sesudah Hujan



Gambar 5. Grafik Hubungan antara SF dan Intensitas Hujan untuk Tutupan Lahan Eksisting

Intensitas hujan yang meningkat akan berpengaruh terhadap penurunan nilai *safety factor* (SF) lereng. *Safety factor* (SF) lereng pada saat terjadi hujan dengan intensitas lebih dari 80 mm/bulan mengalami penurunan untuk masing-masing kemiringan. Menurut Bowles (1989) lereng stabil jika $SF > 1,25$, kritis jika $1,25 < SF < 1,07$, dan longsor jika $SF < 1,07$. Pada kemiringan 30° dan 45° lereng masih dalam kondisi stabil dimana SF lebih besar dari 1,25 dan pada kemiringan 60° lereng mulai terjadi longsor pada intensitas hujan lebih dari 80 mm/bulan. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi tutupan lahan eksisting lereng tidak aman pada kemiringan 60° ketika terjadi hujan sehingga disarankan untuk tidak melakukan aktifitas apapun pada lereng dengan kemiringan 60°. Selanjutnya dicoba dengan variasi tutupan lahan hutan dan ladang berteras untuk mengetahui tutupan lahan apa yang tepat digunakan untuk kondisi lereng pada kemiringan 45° dan 60°.

KESIMPULAN

Lereng di sub DAS Tirtomoyo yaitu di Dusun Pagah, Hargantoro, Tirtomoyo Wonogiri merupakan lereng dengan kemiringan cukup besar dan lapisan tanah lereng ini adalah lanau dengan plastisitas tinggi dengan kandungan pasir yang cukup tinggi sehingga kemungkinan untuk meloloskan air hujan lebih besar. Tutupan lahan eksisting berupa hutan, ladang, dan lahan kosong.

Kemiringan lereng memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap penurunan nilai *safety factor* (SF) lereng. Semakin curam lereng maka akan semakin besar pula potensi terjadinya longsor terlepas dari pengaruh infiltrasi air hujan. Penggunaan tutupan lahan juga berpengaruh terhadap nilai *safety factor* (SF) lereng terutama dalam kemungkinan meloloskan air hujan yang jatuh ke tanah yang menyebabkan lapisan *topsoil* menjadi jenuh. Infiltrasi air hujan yang semakin besar akan menyebabkan semakin tebal lapisan tanah jenuh yang terbentuk dan berakibat pada bertambahnya beban pada lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Cristadi, Harry. 2010. *Mekanika Tanah II*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Cristadi, Harry. 2010. *Mekanika Tanah I*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Zulfiadi Zakaria. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjajaran. Bandung
- Egar Adistira. 2014. *Analisis Debit Berdasarkan Hujan Kumulatif 15-Harian Menggunakan HydroCAD Pada Sub DAS Tirtomoyo*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Ernha Nindyantika. 2012. *Analisis Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Plaxis 2D V8.2*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset
- Hasrullah, 2011. *Studi Pengaruh Infiltrasi Air Hujan Terhadap Kestabilan Lereng*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo. Tarakan

www.wonogirikab.go.id/home.php?mode=content&submode=detail&id=790

www.ksdasulsel.org/artikel/karhut/248-faktor-penyebab-tanah-longsor