



ANALISIS STABILITAS LERENG TERHADAP KELONGSORAN (STUDI KASUS DI JALAN RAYA BANDUNG-GARUT DESA CIHERANG KECAMATAN NAGREG)

Dendi Yogaswara^{a,*}, Triska Alfitriani Herwina^b

^aMagister Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Garut, Garut

^bJurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Garut, Garut

*Corresponding author, email address: dendi.yogaswara@itg.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article History:</i> Received 14 April 2023 Accepted 11 September 2023 Online 30 September 2023</p> <p><i>Keywords:</i> Bishop Method Landslides Rain Infiltration Slope Stability Factor</p>	<p>Landslides are disasters that frequently happen in the region of Ciherang Village. Heavy rainfall makes slopes unstable, resulting in landslides in the area of Ciherang Village, Nagreg District, and Bandung Regency. Nagreg District has a medium to high potential for soil movement because it is a mountainous location. This study attempts to assess the slope's stability by calculating the safety factor and ascertaining whether the slope will be susceptible to landslides under specific rainfall categories. Descriptive quantitative methodology is employed. Using a descriptive approach, data are collected by measurement, observation, and soil samples in the field. In order to numerically assign model input variables and assess slopes, quantitative analysis is used. Bishop's method's slope analysis findings reveal that the slope has a safety factor of 0.6. The decline in the FK value is impacted by rainwater intrusion. The impact of FK with extremely little rainfall dropped to 0.59. FK's mild rainfall has an impact of 0.52. FK changes to 0.48 as a result of moderate rainfall. FK decreases to 0.47 as a result of heavy rain. FK changes to 0.47 as a result of very heavy rain. With an increase in infiltration volume, the safety factor is dramatically reduced. It may be inferred that the slopes are in critical condition and have a high risk for landslides in all categories of rainfall.</p>

©2023 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Faktor keamanan perlu diketahui melalui analisis stabilitas lereng untuk mengetahui lereng dalam keadaan stabil atau tidak stabil. Tentunya akan sangat berbahaya untuk lingkungan sekitar bila lereng dalam kondisi tidak stabil. Tanah longsor dapat terjadi karena tanah yang tidak stabil. Kuat geser tanah yang rendah, meningkatnya tegangan eksternal, dan tingginya kadar air semuanya berkontribusi terhadap kemungkinan terjadinya longsor (Turnbull dan Hvorslev, 1967). Bencana alam yang sering terjadi di Indonesia salah satunya adalah bencana tanah longsor, terutama sering terjadi di wilayah pengunungan dan di saat musim penghujan. Tanah longsor biasa terjadi di lereng gunung dengan tingkat kecuraman tertentu. Tanah longsor di Indonesia, menurut (Ramdhani dan Idajati, 2017) terjadi pada topografi yang curam, yaitu dengan kemiringan lereng 15° sampai 45° pada curah hujan yang tinggi.

Salah satu daerah yang memiliki potensi mengalami kelongsoran yaitu di Jalan Raya Bandung-Garut, Desa Ciherang, Kecamatan Nagreg, Kabupaten Bandung. Kawasan Desa Ciherang ini merupakan kawasan yang dilewati jalan utama Jalan Raya Bandung-Garut dan terdapat pemukiman tepat di bawah lereng. Berdasarkan Peta Prakiraan Wilayah Potensi Terjadi Gerakan Tanah pada Bulan April Tahun 2022 di Provinsi Jawa Barat (Badan Geologi Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi 2022), daerah Kecamatan Nagreg merupakan daerah yang termasuk zona potensi terjadi gerakan tanah

“Menengah sampai Tinggi”. Hal ini menunjukkan bahwa memang ada kemungkinan pergerakan tanah dari tingkat sedang hingga tinggi di daerah tersebut. Jika curah hujan di atas rata-rata di zona ini, pergerakan tanah dapat terjadi, terutama di tempat-tempat di dekat lembah sungai, lereng curam, tebing jalan, atau jika lerengnya terganggu. Selain itu gerakan tanah lama dapat aktif kembali.

Pada lereng bagian atas dikawasan tersebut, lahannya sudah alih fungsi menjadi perkebunan palawija sehingga berkurangnya tanaman pelindung dan penahan erosi air untuk menahan curah hujan yang tinggi. Keberadaan pepohonan pada lereng gunung dapat mengurangi resiko terjadinya longsor, akan tetapi apabila lereng gunung digunakan untuk tanaman budidaya dapat menyebabkan ketidak stabilan lereng sebagaimana yang dinyatakan oleh (Naryanto dkk., 2019)

Apabila terjadi longsor pada daerah tersebut, akan berdampak besar baik segi ekonomi maupun sosial. Diantaranya mengalami kerugian yang cukup besar pada korban yang terkena bencana longsor, rusaknya infrastruktur terutama pemukiman penduduk, serta merusak akses jalan utama Jalan Raya Bandung-Garut. Dengan kondisi yang terjadi pada lereng Jalan Raya Bandung-Garut, maka dilakukan penelitian meninjau stabilitas lereng tersebut dengan menggunakan metode Bishop (Bishop, 2015) yang disederhanakan (*Simplified Bishop*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan lereng berdasarkan perhitungan faktor keamanan dan mengetahui lereng akan berpotensi longsor ketika dalam kondisi kategori curah hujan tertentu.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Stabilitas Lereng

Longsor dapat terjadi apabila berat tanah cukup besar atau gaya dorong lebih besar dari gaya yang berlawanan dari kekuatan geser tanah. Hal tersebut dikarenakan permukaan tanah memiliki kemiringan dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal sehingga dapat menyebabkan komopenen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan permukaan tanah bergerak ke arah bawah (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2007).

Keruntuhan lereng disebabkan oleh adanya peningkatan tegangan geser, menurunnya kuat geser pada bidang longsor atau keduanya pada waktu yang sama. Terdapat lima klasifikasi keruntuhan lereng utama sebagai berikut (Das 2010) :

1. Runtuhan (*Fall*)

Pergerakan massa jatuh melalui udara. Massa yang meluncur menuruni lereng yang curam tidak ditahan oleh suatu geseran dengan material yang berbatasan.

2. Robohan (*Topples*)

Gerakan tanah berupa perputaran suatu satuan massa yang divariasikan oleh gaya gravitasi atau gaya lain seperti adanya air dalam rekahan.

3. Aliran (*Flows*)

Aliran massa yang berupa aliran fluida kental merupakan pergerakan runtuh aliran (*flows*), dimana jenis gerakan ini terjadi ketika kondisi tanah yang sangat sensitif atau ada gaya gempa hadir.

4. Longsor (*Slide*)

Gerak longsor terdiri dari regangan geser dan perpindahan dalam suatu bidang. Keruntuhan geser merambat dari satu titik dan bukan secara instan melintasi bidang gelincir.

5. Pencarah lateral (*Lateral Spread*)

Tanah dan batuan bergerak secara translasi pada kemiringan landai sampai datar.

Analisis stabilitas lereng bertujuan untuk menentukan nilai faktor keamanan suatu bentuk lereng. Pada dasarnya, analisis stabilitas lereng dapat dianggap sebagai mekanisme gerak suatu benda pada bidang miring. Jika gaya penahan yang ditimbulkan oleh gesekan antara benda atau objek dengan permukaan lereng dengan benda lebih besar daripada gaya yang menyebabkan benda meluncur karena gravitasi, maka benda tidak akan bergeser dan akan tetap pada tempatnya (Hardiyatmo, 2006). Berdasarkan intensitas kelongsorannya, rentang faktor keamanan menurut (Bowles dan Hainim, 1991) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Keamanan Berdasarkan Intensitas Longsoran

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran biasa terjadi/sering (Kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (Kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran Jarang terjadi (Kelas stabil)

2.2. Metode Irisan Bishop

Alan Wilfred Bishop mengembangkan metode Bishop, yang menggunakan prosedur potong di mana gaya diterapkan pada masing-masing bagian. Menurut teknik Bishop, gaya yang memberikan tekanan pada arah vertikal seharusnya tidak memiliki tekanan ke atas sebagai hasilnya (Bishop, 2015). Metode ini dapat dilihat pada Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i-n} [c'bi + (Wi(1 - r_u) tg \varphi') \frac{1}{\cos \theta_i ((1 + tg \theta_i tg \varphi')/F)}]}{\sum_{i=1}^{i-n} Wi \sin \theta_i} \quad (1)$$

Keterangan:

- F : Faktor aman
- c' : Kohesi tanah efektif (kN/m²)
- φ' : Sudut geser dalam efektif (derajat)
- bi : Lebar irisan ke-i (m)
- Wi : Berat irisan tanah ke-i (kN)
- μi : Tekanan air pori irisan ke-i (kN/m²)
- θi : Sudut yang didefinisikan (derajat)

Rumus rasio tekanan air pori (r_u) :

$$r_u = \frac{ub}{W} = \frac{u}{\gamma h} \quad (2)$$

Keterangan:

- r_u : Rasio tekanan air pori
- u : Tekanan air pori (kN/m²)
- b : Lebar irisan (m)
- γ : Berat volume tanah (kN/m²)
- h : Tinggi irisan rata-rata (m)

2.3. Kategori Curah Hujan

Berdasarkan Buletin Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, curah hujan bulanan dikategorikan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Besar Curah Hujan Sebulan Pada Musim Hujan

Klasifikasi Hujan Harian	Curah Hujan	Hari Hujan	Estimasi Jumlah Curah Hujan	Kumulatif Curah Hujan Sebulan
Sangat Ringan	<5 mm/24 jam	5-6 hari	10-15 mm	10-15 mm
Ringan	5-20 mm/24 jam	6-7 hari	60-70 mm	70-85 mm
Sedang	21-50 mm/24 jam	6-7 hari	180-210 mm	250-295 mm
Lebat	51-100 mm/24 jam	2-4 hari	150-250 mm	400-545 mm
Sangat Lebat	>100 mm/24 jam	1-2 hari	110-300 mm	510-845 mm
		20-26 hari	510-845 mm	

Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2022

2.4. Volume Infiltrasi dan Ketebalan Tanah Jenuh

Air yang masuk ke dalam tanah sebagai hasil irigasi atau curah hujan dikenal sebagai infiltrasi. Laju infiltrasi sangat tinggi selama fase awal hujan dan secara bertahap menurun ke nilai yang setara dengan koefisien saturasi permeabilitas.

Metode SCS-CN didasarkan pada korelasi antara laju infiltrasi di setiap masing-masing jenis tanah dan jumlah total presipitasi yang turun pada setiap kejadian hujan. Limpasan langsung (S), abstraksi awal (*Initial Abstraction*, I_a), dan infiltrasi (F), merupakan tiga komponen curah hujan total untuk setiap hujan di tanah dengan kemampuan terbaik tanah untuk menahan sejumlah air (*retention*) tertentu, dengan hubungan (Te Chow dkk., 1998; Tikno dkk., 2012).

Banyaknya limpasan langsung dihitung dengan Persamaan 3 (Amirul dkk., 2021) :

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P + I_a)} + S \quad (3)$$

dengan:

$$I_a = 0,2 S \quad (4)$$

Dari Persamaan 3, maka nilai Q dapat diketahui dengan memasukkan nilai P berdasarkan persamaan 5.

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad (5)$$

Untuk nilai S dan I_a merupakan parameter yang tidak diketahui. Penetapan nilai S (dalam mm) diperoleh dari nilai *runoff Curve Number* (CN) sesuai dengan Persamaan 6.

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad (6)$$

Untuk menghitung besar infiltrasi yang terjadi, dapat melalui Persamaan 7.

$$F = (P - I_a) - Q \quad (7)$$

Dengan A sebagai luas lereng, maka volume infiltrasi (V_f) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 8.

$$V_f = F \times A \quad (8)$$

Keterangan:

- Q : Volume aliran Permukaan (mm)
- Ia : Abstraksi Awal
- F : Infiltrasi (mm/jam)
- S : Volume dari total simpanan permukaan (mm)
- CN : Curve Number
- Vf : Volume Infiltrasi (mm³)
- A : Luas lereng (m²)

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 dengan menggunakan Persamaan 9.

$$e = \left(\frac{G_s \gamma_w (1 + w)}{\gamma_b} \right) - 1 \quad (9)$$

Nilai angka pori dianggap konstan meskipun terjadi perembesan air sehingga dapat dihitung berat volume tanah pada kondisi jenuh menggunakan Persamaan 10.

$$\gamma_{sat} = \frac{(\gamma_w (G_s + e))}{(1 + e)} \quad (10)$$

Dengan mengetahui volume infiltrasi yang terjadi, ketebalan tanah jenuh dihitung menggunakan Persamaan 11.

$$h_{sat} = \frac{\left(\frac{F}{\left(\frac{\gamma_{sat} - \gamma_b}{\gamma_w} \right) \times 1 \text{ m}^3} \right)}{A} \quad (11)$$

Keterangan:

Gs : 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)

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif. Pendekatan deskriptif dengan teknik pengumpulan data secara observasi di lapangan untuk pengukuran, pengamatan dan pengambilan sampel tanah. Metode analisis kuantitatif dilakukan untuk pemberian secara numerik terhadap variabel-variabel masukan model untuk menganalisis lereng.

3.1. Lokasi Penelitian

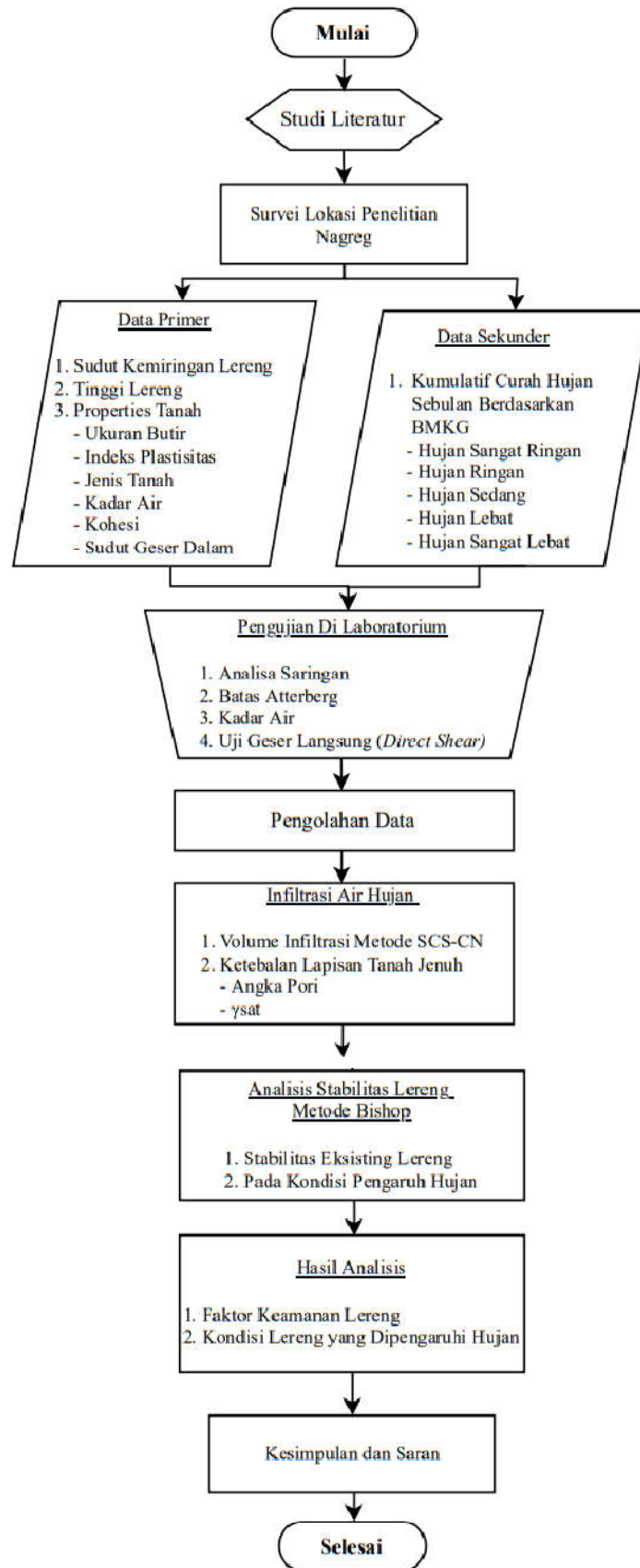
Secara administratif, lokasi penelitian (Gambar 1) tepat berada di Desa Ciherang, Kecamatan Nagreg , Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Untuk pengujian sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Garut, Desa Jayaraga, Kecamatan Tarogong Kidul, Kabupaten Garut, Jawa Barat.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2. Tahapan Penelitian

Agar dapat mempermudah dalam melakukan analisa, dibuat alir penelitian seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini yaitu untuk menunjang kebutuhan penelitian. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data diantaranya adalah :

1. Studi literatur

Studi literatur merupakan sarana pengumpulan data atau sumber yang berkaitan dengan topik yang dibahas dalam suatu penelitian. Studi literatur dikumpulkan dari berbagai sumber terkini, antara lain jurnal, buku, internet, dan perpustakaan.

2. Pengumpulan data lapangan

Pada tahap pengumpulan data lapangan ini dilakukan dengan menyatukan semua data-data yang didapatkan pada saat pengambilan data secara langsung di lokasi penelitian yang telah dicatat sebelumnya.

3. Pengujian Laboratorium

Pada tahapan pengujian sampel tanah dari lereng yang diteliti di laboratorium dilakukan dengan diawali dari proses preparasi sampel, kemudian dilakukan pengujian yang sesuai dengan syarat pengujian sampel dan telah memenuhi standar operasional prosedur (SOP). Berikut 2 parameter utama yang diambil dalam pengujian laboratorium :

a. Uji sifat fisik

Pengujian yang akan dilakukan adalah Kadar Air berdasarkan SNI 1965:2008, Analisis Saringan berdasarkan SNI 03-1968-1990 dan Batas Atterberg berdasarkan SNI 1966:2008, SNI 1967:2008. Hasil pengujian dari sampel yang sudah diambil dari lokasi yaitu kadar air, ukuran butir, dan indeks plastisitas.

b. Uji kuat geser

Uji kuat geser langsung (*Direct Shear Test*) dilakukan berdasarkan SNI 2813:2008. Pengujian kuat geser pada sampel tersebut untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dari sampel tersebut

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lereng yang ditinjau memiliki ketinggian 24 m dengan sudut kemiringan 59° dan panjang bidang miring 28 m. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Garut, diperoleh indeks properties dan parameter geser tanah yang diperlukan untuk analisis sebagai berikut :

- Kadar air = 42,63 %
- Indeks Plastisitas = 4,75 %
- Kohesi (c) = 6,22 kN/m²
- Sudut geser dalam = 22,97°
- Berat jenis = 2,68 gr/cm³

Nilai angka dari dari hasil pengujian yang digunakan untuk analisis adalah rata-rata dari hasil pengujian 3 sampel. Hasil uji pada 3 sampel menunjukkan bahwa tanah termasuk tanah anorganik dengan plastisitas yang rendah (ML) menurut USCS dan termasuk tanah lanau menurut hubungan nilai indeks plastisitas dan jenis tanah pada batas-batas *atterberg*.

Tanah di lokasi penelitian termasuk kedalam kelompok C secara hidrologi dengan tekstur tanah lanau. Setelah diketahui kelompok tanah dan tutupan lahan di lokasi penelitian yang berupa lahan pertanian, maka dapat ditentukan nilai CN (*Curve Number*) yaitu 83.

Volume infiltrasi yang terjadi (Tabel 3) dihitung pada kondisi hujan yang berbeda-beda, dimulai dari kondisi hujan sangat ringan sampai dengan hujan sangat lebat dengan nilai P diambil dari nilai maksimum curah hujan kumulatif bulanan.

Parameter kadar air dan berat spesifik tanah sudah diketahui maka untuk nilai angka pori didapatkan $e = 1,56$. Begitu juga dengan berat volume tanah didapatkan $\gamma_{\text{sat}} = 16 \text{ kN/m}^3$. Dengan mengetahui volume infiltrasi yang terjadi, dapat dihitung ketebalan tanah jenuh pada setiap masing-masing kondisi hujan, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Volume Infiltrasi Yang Terjadi

Klasifikasi Curah Hujan	Volume Infiltrasi
Hujan sangat ringan	0,807 m ³
Hujan ringan	5,587 m ³
Hujan sedang	8,405 m ³
Hujan lebat	9,06 m ³
Hujan sangat lebat	9,36 m ³

Tabel 4. Ketebalan Tanah Yang Jenuh Akibat Hujan

Klasifikasi Curah Hujan	Ketebalan Tanah Jenuh
Hujan sangat ringan	0,162 m
Hujan ringan	1,175 m
Hujan sedang	1,686 m
Hujan lebat	1,818 m
Hujan sangat lebat	1,878 m

Berdasarkan pada perhitungan yang telah dilakukan pada masing-masing kondisi lereng secara manual dengan parameter yang didapat dari hasil pengujian di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Garut. Faktor keamanan dari kondisi lereng asli tanpa pengaruh hujan didapatkan $FK = 0,6$. Berikut hasil rekapitulasi hasil faktor keamanan dengan pengaruh hujan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Metode Bishop

No	Klasifikasi Hujan Harian	P	Hasil FK
1	Sangat Ringan	15 mm	0,59
2	Ringan	85 mm	0,52
3	Sedang	295 mm	0,48
4	Lebat	545 mm	0,47
5	Sangat Lebat	845 mm	0,47

Berdasarkan hasil perhitungan kestabilan lereng dengan pengaruh klasifikasi curah hujan, seluruh nilai faktor keamanan baik itu untuk curah hujan sangat ringan sampai dengan curah hujan sangat lebat lebih kecil dari 1,07 (Bowles dan Hainim, 1991; Mau dkk., 2017) dan tidak memenuhi syarat kestabilan suatu lereng $FK > 1,25$ berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2014, dimana lereng termasuk dalam klasifikasi intensitas longsor sering terjadi (kelas labil) dan perlu adanya perkuatan lereng.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Faktor keamanan untuk kondisi lereng tanpa pengaruh infiltrasi air hujan adalah 0,6. Pengaruh hujan sangat kecil, didapat faktor keamanannya menurun menjadi 0,59. Untuk hujan ringan, faktor keamanannya menjadi 0,52. Untuk hujan sedang, faktor keamanannya menjadi 0,48. Untuk hujan deras, faktor keamanannya menjadi 0,47. Untuk hujan sangat deras, faktor keamanannya menjadi 0,47.
2. Ketika volume infiltrasi meningkat, faktor keamanan menurun secara signifikan. Lereng dalam keadaan tidak stabil dan berpotensi besar akan terjadi longsor apabila lereng dipengaruhi oleh semua kategori hujan, baik itu saat hujan sangat ringan, hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat ataupun hujan sangat lebat.

5.2. Saran

1. Untuk menghitung infiltrasi air kedalam tanah untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data curah hujan di daerah tersebut.
2. Membuat pemodelan lereng yang dipengaruhi oleh infiltrasi air hujan.
3. Aliran air permukaan pada lereng perlu dikendalikan dengan maksud untuk mencegah agar tidak sempat merembes atau mengerosi permukaan lereng dengan cara-cara sebagai berikut :
 - Menanam tumbuhan
 - Tata salir
 - Menutup rekahan
 - Perbaiki permukaan lereng
4. Diperlukan perkuatan lereng dengan membuat dinding penahan tanah (*retaining wall*) yang bisa memberikan kontribusi untuk menjaga kestabilan lereng agar bidang tanah tidak bergeser atau longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirul, Chaerul, Rahman. 2021. *Analisis Limpasan Permukaan (Run Off) Pada Daerah Aliran Sungai Jenelata Kabupaten Gowa*. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Badan Geologi Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi. 2022. *Wilayah Potensi Gerakan Tanah Di Provinsi Jawa Barat Bulan April 2022*.
- Bishop, A. W. 2015. The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes. *Geotechnique*. 5(1), 7–17.
- Bowles, J. E., Hainim, K. J. 1991. *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi kedua.. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Das, B. M. 2010. *Principles Of Geotechnical Engineering*. 7th edition. Stanford, USA: Cengage Learning.
- Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2007. Gerakan Tanah. Retrieved from https://vsi.esdm.go.id/index.php/kegiatan-pvmbg/download-center/cat_view/88-publikasi/114-leafletbooklet.
- Hardiyatmo, H. Ci. 2006. *Mekanika Tanah II*. Edisi Keempat. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mau, J., Rasidi, N., Hanggara, I. 2017. Studi Penentuan Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius dan Bishop pada Dinding Penahan Batu Kali di Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu. *eUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia*. 1(2).
- Naryanto, H. S., Soewandita, H., Ganesha, D., Prawiradisastra, F., Kristijono, A. 2019. Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(2).
- Ramdhani, N. I., Idajati, H. 2017. Identifikasi Tingkat Bahaya Bencana Longsor, Kasus : Kawasan Lereng Gunung Lawu, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik ITS*. 6(1), 87–90.
- Te Chow, V., Maidment, D. R., Mays L. W. 1998. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Tikno, S., Hariyanto, T., Anwar, N., Karsidi, A. Aldrian, E. 2012. Aplikasi Metode Curve Number Untuk Mempresentasikan Hubungan Curah Hujan dan Aliran Permukaan di DAS Ciliwung Hulu-Jawa Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 13(1), 25-36.
- Turnbull, W. J., Hvorslev, M. J. 1967. Special problems in slope stability. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*. 93(4), 499-528.