

Available online at www.jurnal.abulyatama.ac.id/tekniksipil
ISSN 2407-9200 (Online)

Universitas Abulyatama Jurnal Teknik Sipil Unaya



Upaya Stabilisasi Lereng Dengan Pendekatan Geotekstil *Eco-Slopes*

Tigo Mindaistiwi^{1*}, Amrita Winaya Shita Dewi²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang, Indonesia.

*Email korespondensi: tigomindaistiwi@untagsmg.ac.id¹

Diterima Agustus 2021; Disetujui Desember 2021; Dipublikasi Januari 2022

Abstract: During the rainy season, various disasters occur in Indonesia, one of which is landslides. As happened in the geological area of the Karangsambung nature reserve, Kebumen Regency, Central Java. The area has unique geological characteristics and is dominated by slopes that have a high potential for landslides. The movement of avalanches generally gets bigger or faster if the rainfall is getting higher. The purpose of this study was to determine the cause of landslides and appropriate countermeasures to prevent the occurrence of landslides. Field investigations and laboratory tests were used to determine soil characteristics which were then analyzed using the infinite element method to calculate the slope factor of safety (Fs). Based on the laboratory test, it was found that the cohesion value and low shear angle indicated a low bearing capacity of the soil. Based on the investigation, it was found that the groundwater level is at an elevation of 0.00 m or ground level. At a groundwater level of 0.00 m, the Fs value of 0.50 Fs value < 1 is categorized as unsafe. The groundwater level was lowered to a depth of 3.00 m, obtained Fs > 1.3, and categorized as safe. The decrease in groundwater level on the slopes is planned with a French drainage system that uses geotextiles. The geotextile that will be used also involves vetiver/vetiver grass as a conservation effort, locking the soil and simultaneously channeling water in the soil out through evaporation.

Keywords: slope stabilization, geotextiles, vetiver grass

Abstrak: Pada saat musim hujan berbagai bencana terjadi di Indonesia, salah satunya yaitu bencana tanah longsor. Seperti yang terjadi pada Kawasan geologi cagar alam Karangsambung Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Kawasan tersebut mempunyai karakteristik geologi yang unik serta didominasi oleh lereng yang berpotensi tinggi mengalami kelongsoran. Pergerakan kelongsoran pada umumnya semakin besar atau cepat jika curah hujan semakin tinggi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui penyebab kelongsoran dan penanggulangan yang tepat untuk mencegah terjadinya kelongsoran. Investigasi lapangan dan uji laboratorium digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah yang kemudian dianalisis menggunakan metode elemen tak terhingga untuk menghitung faktor keamanan (Fs) lereng. Berdasarkan uji laboratorium didapatkan nilai kohesi dan sudut geser sangat rendah yang mengindikasikan daya dukung tanah yang rendah. Berdasarkan investigasi didapatkan bahwa muka air tanah berada pada elevasi 0.00 m atau pada permukaan tanah. Pada elevasi muka air tanah 0.00 m didapatkan nilai Fs 0,50 nilai Fs < 1 maka dikategorikan tidak aman. Dilakukan penurunan muka air tanah sedalam 3.00 m diperoleh Fs > 1,3 dan dikategorikan aman. Penurunan muka air tanah pada lereng direncanakan dengan sistem drainase perancis yang menggunakan geotekstil. Geotekstil yang akan dipakai juga melibatkan rumput akar wangi/vetiver sebagai usaha konservasi, mengunci tanah serta sekaligus menyalurkan air didalam tanah keluar melalui penguapan.

Kata kunci: stabilisasi lereng, geotekstil, rumput akar wangi

Kawasan geologi Cagar Alam Karangsambung yang terletak di Kabupaten Kebumen Provinsi Jawa Tengah merupakan kawasan yang menyimpan berbagai fenomena geologi yang sangat unik karena kawasan tersebut menyimpan bukti dari adanya teori tektonik lempeng yaitu tempat bertemunya lempeng dasar Samudra Hindia Australia dengan lempeng dataran benua Eurasia (Asiklin, 1974; Prasetyadi, 2007). Selain memiliki karakteristik geologi yang unik kawasan tersebut juga didominasi oleh lereng dan perbukitan dengan penggunaan lahan sebagai perkebunan dan pinus milik perhutani.

Pada musim penghujan lereng serta perbukitan pada Kawasan Geologi Cagar Alam Karangsambung Kebumen berpotensi tinggi mengalami kelongsoran, mulai dari longsor tanah hingga longsor batu yang sangat berisiko karena lereng tersebut berada tepat di pinggir jalan. Sampai saat ini belum ada upaya stabilisasi lereng dari pemerintah setempat untuk menanggulangi kawasan yang menjadi cagar alam geologi tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian untuk mengetahui penyebab dari kelongsoran serta upaya stabilisasi lereng yang tepat pada kawasan tersebut.

Berbagai metode penanganan longsor sudah banyak diterapkan di Indonesia salah satunya yaitu dengan pengubahan lereng terjal menjadi berundak (Windutomo, 2019), pemasangan bronjong (Murri et al, 2015). Stabilisasi lereng dapat juga dilakukan dengan menambahkan bahan lainnya yang

mengandung silika, kalsium (Salim & Rahmawati, 2019) atau bahan tambahan lainnya yang kaya mineral.

Untuk mengetahui faktor aman lereng dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan, salah satunya dengan bantuan program HEC-RAS (Syahputra et al., 2019). Pada penelitian ini dilakukan dengan investigasi lapangan pengujian laboratorium serta analisis menggunakan metode elemen tak terhingga (*infinite slope*) untuk mengetahui faktor aman (F_s) lereng yang kemudian merekomendasikan upaya stabilisasi yang tepat untuk Kawasan tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Letak dan Bidang Longsor

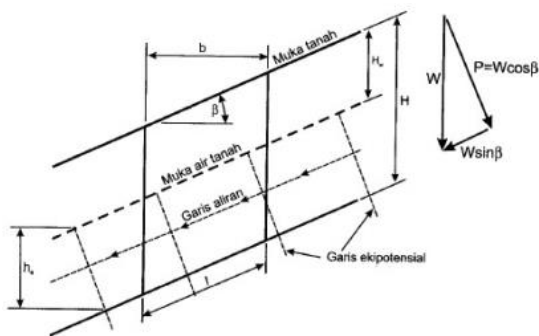
Tanah longsor merupakan suatu peristiwa terganggunya kestabilan tanah atau batuan pada suatu lereng yang disebabkan oleh kondisi kemiringan lereng, morfologi dan hidrologi (Karnawati, 2005). Letak bidang gelincir longsor perlu ditentukan untuk menentukan metode penanggulangan longsor yang sesuai.

Dalam Suryolelono (1999), penentuan letak bidang gelincir di lapangan tidak dilakukan secara langsung, namun dikaitkan dengan menentukan besarnya tegangan geser tak terdrainase dalam tanah berdasarkan hasil korelasi nilai konus (q_c) dari pengujian sondir (CPT) yang nilainya berbanding lurus. Keruntuhan lereng dapat disebabkan oleh adanya gangguan terhadap stabilitas, bilamana tegangan geser tanah lebih besar dari tegangan geser yang diijinkan dalam tanah maka proses Gerakan tanah akan terjadi. Berdasarkan hasil

pengujian sondir di beberapa titik sejajar arah longsoran, didapatkan potongan lereng dengan posisi titik-titik nilai konus terendah. Bilamana titik-titik ini dihubungkan akan terlihat suatu bidang yang merupakan kumpulan titik-titik lemah atau disebut bidang gelincir. Selain itu dengan metode ini potesni terjadinya kelongsoran lanjutan juga dapat diprediksi apabila terjadi gangguan-gangguan pada lereng tersebut.

Lereng Tak Terhingga (*Infinite Slope*)

Pada daerah pegunungan sering terdapat lereng yang sangat panjang dimana lapisan tanah paling atas adalah lempung dan dibawahnya adalah lapisan keras dengan permukaan sejajar dengan permukaan tanah. Pada keadaan demikian, bidang geser biasanya terdapat pada batas kedua lapisan tanah. Kelongsoran dengan tipe tersebut dinamakan kelongsoran “translational”, lereng tersebut disebut “tak terhingga” seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Analisis kemantapan lereng tak terhingga (Wesley, 2010)

Rumus yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng dengan menggunakan analisis kemantapan lereng tak terhingga adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 2006):

a. Tanah tidak jenuh

$$F_s = \frac{c}{\gamma H \cos \beta \sin \beta} + \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} \quad (1)$$

b. Kondisi tanah jenuh air (jenuh penuh)

$$F_s = \frac{c}{\gamma_{sat} H \cos \beta \sin \beta} + \left[1 - \frac{\gamma_w}{\gamma} \left\{ 1 - \frac{H_w}{H} \right\} \right] \frac{\tan \phi}{\tan \beta} \quad (2)$$

c. Kondisi tanah jenuh sebagian

$$F_s = \frac{C + [(\gamma_d h_1 + \gamma' h_2) \cos 2\alpha] \tan \phi}{(\gamma_d h_1 + \gamma_{sat} h_2) \cos \alpha \sin \alpha} \quad (3)$$

Dengan:

F_s = Faktor aman

H = Kedalaman bidang longsor

H_w = Kedalaman muka air tanah

c = Kohesi (kN/m^2)

ϕ = sudut geser tanah ($^\circ$)

β = sudut kemiringan lereng ($^\circ$)

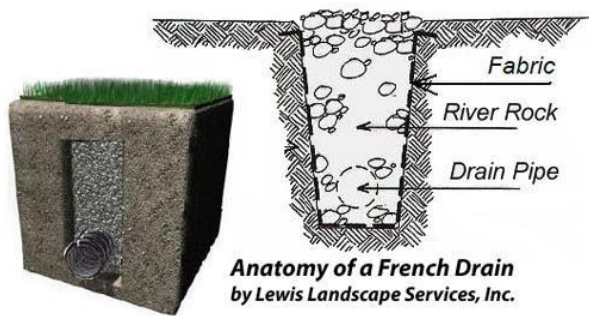
γ_{sat} = Berat volume jenuh tanah (gr/cm^3)

γ_d = Berat volume kering tanah (gr/cm^3)

γ' = Berat volume efektif tanah (gr/cm^3)

Sistem Drainase Perancis dengan Geotekstil

Tujuan dari sistem drainase adalah untuk meminimalisir atau mengeringkan genangan air yang terjadi diatas permukaan tanah. Umumnya kontruksi drainase merupakan suatu sistem yang dibagi-bagi dalam sub sistem yang lebih kecil. Bentuk denah sistem jaringan dapat bercabang-cabang seperti bentuk pohon atau sejajar. Kontruksi drain berupa saluran memanjang, diisi batu pecah, dan dibungkus dengan geotekstil yang berfungsi sebagai filter (Suryolelono, 2000). Kontruksi drain perancis dapat diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kontruksi drain perancis (*French drain*)

Kondisi tanah kenyang air, intensitas hujan (r m/s), aliran masuk terjadi pada dinding konstruksi drain, sehingga arah aliran sejajar masuk ke saluran drain. Ditentukan bidang referensi PQ melalui dasar konstruksi drainse hingga hukum Darcy dapat diberlakukan.

$$q = k_s i A \quad (4)$$

dengan

k_s = permeabilitas tanah (m/s)

i = gradien hidraulik

A = luasampang aliran

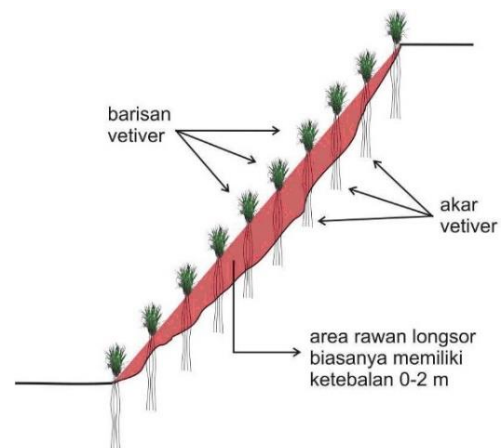
Sehingga diperoleh persamaan drainase Perancis:

$$h = \sqrt{\frac{r}{2k_s} + \left(\frac{r.L}{kd.id.b}\right)^2} \quad (5)$$

Perkuatan Tanah dengan Rumput Akar Wangi

Dalam penanganan longsoran tebing juga dikenal pendekatan *eco-engineering* (Hengchaovanich, 2003) yang memanfaatkan unsur vegetasi dengan jenis tanaman rumput akar wangi (*Vetivera zizaniodes/Chrysopogan zizanioides*). Tanaman rumput akar wangi dinilai lebih alami, murah, mudah pelaksanaannya, dan ramah lingkungan. Fungsi dari vegetasi ini adalah untuk mengendalikan erosi pada tebing dan akarnya secara fisik

mengendalikan partikel tanah tetap ditempatnya sehingga erosi dan longsoran tebing dapat diminimalkan. Mekanisme pengendalian kelongsoran lereng oleh rumput akar wangi sebagai unsur vegetasi untuk penanganan masalah longsoran dapat diilustrasikan pada gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme pengendalian kelongsoran lereng oleh akar wangi (Hengchaovanich, D., 2003)

METODE PENELITIAN

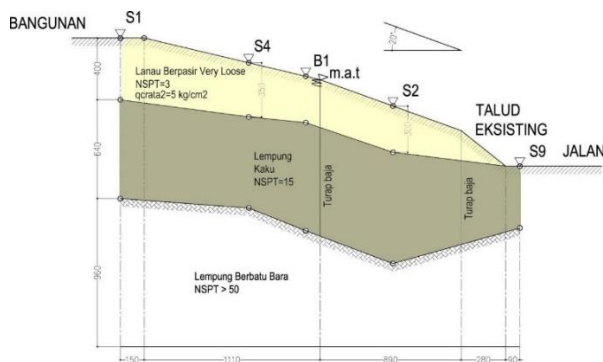
Penelitian ini dilakukan dengan investigasi lapangan dan uji laboratorium. Investigasi di lapangan meliputi survey geometrik lereng dan pengambilan sampel tanah sedangkan untuk pengujian di laboratorium dilakukan uji karakteristik tanah dan uji kuat geser tanah (*direct shear test*) untuk mengetahui karakteristik dari lokasi yang diteliti. Hasil dari investigasi lapangan dan pengujian laboratorium digunakan untuk analisis lereng tak terhingga dengan mencari faktor aman atau *Factor Safety* (F_s). Setelah dilakukan perhitungan factor safety dari lereng kemudian dilakukan metode stabilisasi yang tepat untuk Kawasan Geologi Cagar Alam

Karangsambung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Permodelan Lereng

Hasil dari investigasi lapangan menunjukkan bahwa muka air tanah ada pada kedalaman 0.00 m atau berada pada permukaan tanah, tanah keras berada pada kedalaman 10 m dengan jenis tanah yang berbeda pada kedalaman tersebut, yaitu 3 m tanah lanau dan 7 m tanah lempung. Permodelan lereng di Kawasan Cagar Alam Geologi Karangsambung diilustrasikan pada gambar 4.



Gambar 4. Permodelan lereng

Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dari beberapa sampel tanah diperoleh karakteristik tanah di Kawasan Geologi Cagar Alam Karangsambung - Kebumen seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik tanah uji laboratorium

Lokasi	Depth (m)	γ_{sat} gr/cm ³	γ_d gr/cm ³	Kadar air (%)	Specific Gravity (Gs)	n	e	c (kN/m ²)	ϕ (°)
Titik 1	1,00	1,64	1,23	33,26	2,67	53,72	1,01	0,27	23,90
Titik 2	1,00	1,65	1,25	32,86	2,67	53,20	1,01	0,29	25,63

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dapat diketahui bahwa kadar air di dua titik sampel tanah menunjukkan prosentase yang tinggi yang mengindikasikan bahwa tanah jenuh air. Tanah dengan jenuh air menyebabkan derajat kejenuhan (n) dan angka pori (e) meningkat. Dengan derajat kejenuhan dan angka pori yang meningkat berpengaruh terhadap kestabilan lereng yang dapat memicu longsoran pada saat musim hujan. Berdasarkan uji berat jenis (Gs) diperoleh nilai 2,665 yang menunjukkan tanah masih berbutir kasar dan tingkat pelapukan yang belum sempurna sedangkan berdasarkan pengujian *direct shear test* didapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser tanah (ϕ) dengan nilai yang rendah, yang menyebabkan tanah mempunyai daya dukung yang rendah. Hasil dari uji *direct shear* ini akan digunakan sebagai analisis untuk menghitung faktor keamanan lereng dengan analisis kemantapan lereng tak terhingga.

Perhitungan Factor Safety (Fs)

Pada Kawasan Geologi Cagar Alam Karangsambung mempunyai kedalaman longsoran 3.00 di bawah permukaan tanah dengan lereng yang sangat panjang. Suatu lokasi yang mempunyai karakteristik lereng yang sangat panjang dibandingkan kedalaman longsorannya disebut lereng tak terhingga. Pada Kawasan tersebut juga mempunyai lapisan lempung yang berada pada lapisan atas dan dibawah lapisan lempung terdapat tanah keras dengan permukaan sejajar dengan permukaan tanah. Untuk menetapkan kemantapan lereng tersebut menggunakan “analisis kemantapan

lereng tak terhingga”.

Berdasarkan perhitungan dengan analisis kemantapan lereng tak terhingga dengan menggunakan rumus kondisi tanah jenuh rumus (2) maka dapat dihitung Faktor keamanan lereng (F_s) dari Muka air tanah pada elevasi 0.00 m hingga 3.00 m seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan faktor keamanan lereng

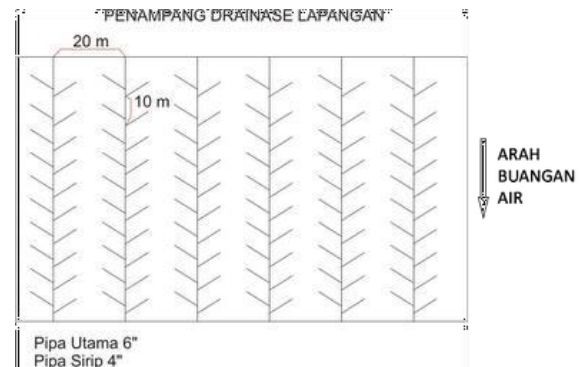
No titik	Kohesi (kN/ m ²)	Sudut Geser (°)	Factor Safety (F_s)			
			Muka air tanah (m)			
			0.00	1.00	2.00	3.00
1	0,266	23,90	0,491	0,739	0,988	1,236
2	0,289	25,63	0,530	0,799	1,068	1,337

Dari hasil perhitungan tabel di atas diketahui bahwa pada muka air 0.00 m $F_s < 1$ maka tidak aman, sehingga dilakukan perkuatan lereng dengan menurunkan muka air tanah. Penurunan muka air tanah dihitung dari 1.00 m hingga 3.00 m hingga nilai F_s tercapai $>1,2$. Dari hasil perhitungan dengan penurunan muka air tanah sedalam 3 m diperoleh $F_s > 1$ dan dapat dikategorikan aman. Sehingga penurunan muka air tanah sedalam 3 m dari permukaan tanah dijadikan acuan untuk mendesign sistem drainase dengan pendekatan geotekstil *eco-slopes*.

Upaya Stabilisasi Lereng dengan Pendekatan Geotekstil *Eco-Slopes*

Upaya Stabilisasi Lereng dengan Pendekatan Geotekstil *Eco-Slope* dilakukan

dengan pengaturan sistem drainase yang berfungsi untuk mengurangi infiltrasi air hujan meresap ke dalam lereng. Sistem drainase ini memanfaatkan geotekstil sebagai filter. Sistem drainase yang akan diterapkan dapat dilihat pada Gambar 5.

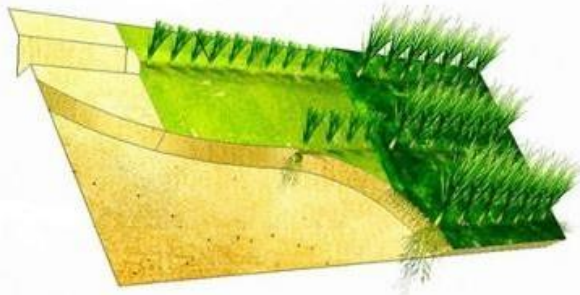


Gambar 5. Sistem drainase

Sistem drainase Perancis merupakan sistem drainase yang akan diusulkan sebagai solusi untuk mengatasi kelongsoran pada lereng di Kawasan Geologi Cagar Alam Karangsambung-Kebumen. Drainase Perancis terdiri dari kerikil-kerikil atau batuan-batuan yang menyelimuti sebuah pipa yang dibungkus dengan *filter fabric* (bahan geotekstil) dan berfungsi untuk mengalirkan air dari muka. Sedangkan yang dimaksud geotekstil merupakan material sintesis yang *fleksibel*, *permeable* dan mempunyai kuat tarik yang tinggi. Geotekstil banyak dimanfaatkan dalam proyek Teknik sipil diantaranya yaitu sebagai perkuatan tanah lunak, dinding penahan tanah, sebagai lapisan pemisah dan penyaring drainase serta sebagai lapisan pelindung.

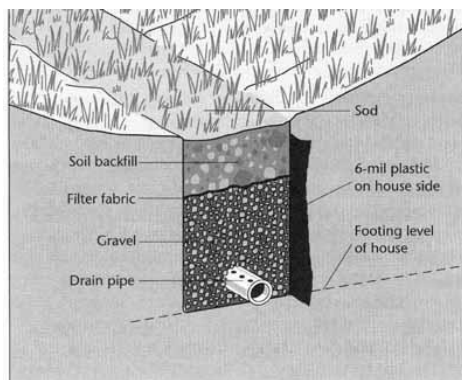
Selain itu, dalam pendekatan eko-hidrolik dikenal penanganan masalah longsoran tebing dengan *eco-engineering* yang memanfaatkan

unsur vegetasi dengan jenis tanaman yang lebih alami, murah, mudah pelaksanaannya, bahannya mudah diperoleh, dan ramah lingkungan. Fungsi dari vegetasi ini adalah mengendalikan erosi pada tebing dan akarnya secara fisik mengendalikan partikel tanah tetap ditempatnya sehingga erosi dan longsoran tebing dapat diminimalkan. Gambar penggunaan tanaman rumput akar wangi sebagai unsur vegetasi sebagai penanganan masalah longsoran tebing dengan *eco-engineering* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar. 6 Tanaman rumput akar wangi sebagai unsur vegetasi

Gambaran perkuatan lereng dengan Geotekstil Eco-slopes dengan unsur vegetasi rumput akar wangi dapat diilustrasikan pada gambar 7.



Gambar 7. Perkuatan lereng dengan Geotekstil Eco-slopes dengan unsur vegetasi rumput akar wangi

Dalam perencanaan drain dengan kontruksi tipe drain Perancis (*French Drain*)

dapat ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menentukan jarak konstruksi drain (s) dan ukuran lebar drain (b).
- Diperoleh tinggi hilang (h) maksimum pada kondisi a). Bila $h > D$, maka jarak drain diperpendek, demikian sebaliknya, $h_{maks} = D$
- Kontrol kehilangan air di saluran drain (h_w)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kasus tanah longsor yang terjadi di Kawasan Geologi Cagar Alam Karangsambung-Kebumen terjadi terutama pada saat musim hujan. Hal ini dikarenakan muka air tanah berada pada elevasi 0.00 m atau pada permukaan tanah. Berdasarkan perhitungan pada elevasi muka air tanah 0.00 m didapatkan nilai faktor keamanan (Fs) rata-rata yaitu 0,50 maka $F_s < 1$ sehingga dikategorikan tidak aman yang menyebabkan terjadi kelongsoran. Oleh karena itu dilakukan perkuatan lereng dengan menurunkan muka air tanah. Penurunan muka air tanah dihitung dari elevasi 1.00 m sampai 3.00 m hingga nilai Fs mencapai $> 1,2$. Dari hasil perhitungan dengan menurunkan muka air tanah sedalam 3 m diperoleh $F_s > 1,3$ sehingga dapat dikategorikan aman.

Penurunan muka air tanah dilakukan dengan pendekatan geotekstil *eco-slopes*. Upaya stabilisasi lereng dengan pendekatan geotekstil *eco-slope* merupakan desain sistem drainase yang berfungsi untuk mengurangi infiltrasi air masuk kedalam tanah. Sistem

drainase ini memanfaatkan geotekstil sebagai filter. Drainase ini menurunkan muka air tanah dan mengalirkannya keluar dari lereng sehingga air tidak akan menggenang di dalam tanah yang dapat menjadikan tanah jenuh serta tanah mudah bergeser dan berakibat kelongsoran. Geotekstil yang akan dipakai juga melibatkan rumput akar wangi. Tanaman rumput akar wangi dijadikan sebagai usaha konservasi tanah yang berfungsi mengunci tanah sekaligus menyalurkan air didalam tanah keluar melalui penguapan secara alami

Saran

Pada sebagian besar kasus tanah longsor yang terjadi di wilayah Indonesia, penyebab utamanya adalah air hujan. Seperti yang terjadi pada kasus tanah longsor di Kawasan Geologi Cagar Alam Karangsambung-Kebumen. Oleh karena itu, dalam penanggulangan tanah longsor yang sangat penting untuk diperhatikan pertama kali adalah sistem drainase yang baik. Sistem drainase tersebut berfungsi untuk mengeluarkan air di dalam tanah yang menyebabkan kelongsoran.

DAFTAR PUSTAKA

Asiklin, S. (1974). *Evolusi Geologi Jawa Tengah dan Sekitarnya Ditinjau dari Segi Teori Tektonik Dunia yang Baru*. Institut Teknologi Bandung.

Hengchaovanich, D. (2003). *Vetiver System for Slope Stabilization: Reviewer*, The 3th International Conference on Vtiver-ICV3, Guangzhou, China.

Prasetyadi, C. (2007). *Evolusi tektonik*

Paleogen Jawa Bagian timur. Institut Teknologi Bandung.

Karnawati, D. (2005). *Bencana alam gerakan massa tanah di Indonesia dan upaya penanggulangannya*. Penerbit Jurusan Teknik Geologi FT Universitas Gadjah Mada. Jogjakarta.

Murri, M. M., Surjandari, N. S., & As' ad, S. (2014). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pemasangan Bronjong (Studi Kasus di Sungai Gajah Putih, Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 2(1), 162.

Suryolelono, K.B. (1999). *Letak bidang longsor lereng Candi Selogriyo Kab. Magelang*, Forum Teknik Jilid 23, No. 3 / 3 November 1999, Fakultas Teknik UGM, Jogjakarta.

Wesley, L.D. (2010). *Geotechnical engineering in residual soils*. John Wiley & Sons. Inc., Hoboken New Jersey.

Winduhutomo, S., Widiyanto, K., Raharjo, P.D. (2019). *Tingkat Kestabilan Lereng Pada Peristiwa Gerakan Tanah di Sepanjang Jalan Wilayah Konservasi Karangsambung*. Prosiding Seminar Nasional Kebumihan ke-12. Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada.

Salim, A., & Rahmawati, C. (2019). Pengaruh Penambahan Limbah Cangkang Tiram Terhadap Stabilisasi Tanah Daerah Rawa. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 5(1), 10–16.

Syahputra, I., Rahmawati, C., & Sudarta, L. (2019). Desain Penampang Krueng Pandrah Dengan Program HEC-RAS. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 5(1), 41–48.