

Analisis Kerawanan dan Penanggulangan Longsor Di Benteng Ka'do Kec.Kapala Pitu Dengan Menggunakan Geotekstil

Israel Padang^{1,*}, Hernita Matana²

¹⁻² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jl. Nusantara No. 12, Makale 91811, Tana Toraja, Sulawesi Selatan, Indonesia

¹civilrael1107@gmail.com; ²Hernita_nink@ymail.com

*corresponding author

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci:

Jarak Pandang
Jari-jari Tikungan
Kecepatan Rencana
Superelevasi

Bencana alam tanah longsor sering melanda beberapa wilayah di tanah air. Kabupaten Toraja Utara Kecamatan Kapala Pitu Lembang Benteng Ka'do adalah salah satu lembang yang sering terjadi bencana alam berupa tanah longsor karena sebagian wilayahnya berupa lereng dan pegunungan. Sembilan tahun terakhir mulai tahun 2012 sampai tahun 2021 sering terjadi longsor ketika musim hujan tiba, khususnya pada bulan desember dengan curah hujan yang cukup tinggi. Kejadian tersebut menyebabkan kerugian materi dan rusaknya fasilitas umum yaitu jalan raya. Lembang Benteng Ka'do mempunyai karakteristik lahan dengan bentuk bertahap-tahap, berbukit hingga bergunung-gunung dengan ketinggian tempat bervariasi dari lereng yang landai. Dari hasil penelitian diperoleh nilai CBR 42.65% yang menjelaskan bahwa kepadatan tanah dalam kondisi baik. Penggunaan perkuatan lembar geotekstil pada percobaan pergeseran tanah menyebabkan peningkatan kekuatan dan kepadatan pada subgrade tanah. Hasil pengujian diperoleh hasil untuk tanah pada sampel tanah yang diperkuat lembar geotekstil pada kemiringan 30o, dalam waktu 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 0 mm atau 0%, pada kemiringan 35o selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 0 mm atau 0%, dan pada kemiringan 40o selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 8 mm atau 0,67%. Kondisi sampel tanah pada permukaan hanya terguras oleh air namun air tidak menembus lapisan perkuatan geotekstile yang menyebabkan lapisan tanah di bawahnya tetap kering dan tidak mengalami perpindahan secara signifikan

Keywords:

Sight Distance
Curve Radius
Design Speed
Superelevation

ABSTRACT

Landslides often hit several areas in the country. North Toraja Regency, Kapala Pitu Subdistrict, Lembang Fort Ka'do is one of lembang's where natural disasters often occur in the form of landslides because part of the area is in the form of slopes and mountains. The last nine years starting from 2012 to 2021, landslides often occur when the rainy season arrives, especially in december with quite high rainfall. The incident caused material losses and damage to public facilities, namely roads. Lembang Fort Ka'do has land characteristics with gradual shapes, hilly to mountainous with varying altitudes from gentle slopes. From the results of the study obtained a CBR value of 42.65% which explains that the density of the soil is in good condition. The use of geotextile sheet reinforcement in soil displacement experiments led to an increase in the strength and density of the soil subgrade. The test results obtained results for soil samples reinforced with geotextile sheets at a slope of 30o, within 2 hours or 7200 seconds watering experienced a shift of 0 mm or 0%, at a slope of 35o for 2 hours or 7200 seconds watering experienced a shift of 0 mm or 0%, and at a slope of 40o for 2 hours or 7200 seconds watering experienced a shift of 8 mm or 0.67%. The condition of the soil sample on the surface is only drained by water but the water does not penetrate the geotextile reinforcement layer which causes the soil layer below to remain dry and does not experience significant displacement.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. Pendahuluan

Peristiwa tanah longsor atau dikenal dengan gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng alami atau lereng non alami dan sebenarnya merupakan fenomena alam, yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhi dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Adapun faktor yang mempengaruhi tanah longsor diantara adalah kemiringan lereng, tekstur tanah, permeabilitas tanah, pelapukan batuan, kedalaman efektif tanah, kerapatan torehan, keadaan muka air tanah, dan curah hujan sedangkan faktor non alami penggunaan lahan dan kerapatan vegetasi. Bencana alam tanah longsor sering melanda beberapa wilayah di tanah air. Kabupaten Toraja Utara Kecamatan Kapala Pitu Lembang Benteng Ka'do adalah salah satu Lembang sering terjadi bencana alam berupa tanah longsor karena sebagian wilayahnya berupa lereng dan pegunungan. Sembilan tahun terakhir mulai tahun 2012 sampai tahun 2021 sering terjadi longsor ketika musim hujan tiba, khususnya pada bulan desember dengan curah hujan yang cukup tinggi. Kejadian tersebut menyebabkan kerugian materi dan rusaknya fasilitas umum yaitu jalan raya. Lembang Benteng Ka'do mempunyai karakteristik lahan dengan bentuk bertahap-tahap, berbukit hingga bergunung-gunung dengan ketinggian tempat bervariasi dari lereng yang landai. Untuk menanggulangi kelongsoran yang terjadi di lembang tersebut maka digunakan geotekstil, dimana geotekstil merupakan geosintetik permeabel yang terdiri dari anyaman tekstil, yang berupa lembaran sintesis yang tipis, fleksibel, berpori yang digunakan untuk stabilisasi dan perbaikan tanah. Pemilihan geotekstil untuk perkuatan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal geotekstil terdiri dari; kuat tarik geotekstil, sifat perpanjangan, struktur geotekstil dan daya tahan terhadap faktor lingkungan, sedangkan faktor eksternal, adalah jenis bahan timbunan yang berinteraksi dengan geotekstil. Struktur geotekstil, yaitu jenis anyam (*woven*) atau niranyam (*non-woven*) mempengaruhi pada pemilihan geotekstil untuk perkuatan. Kondisi lingkungan juga memberikan reduksi terhadap kuat tarik geotekstil karena reaksi kimia terhadap geotekstil dan lingkungan sekitarnya. Sinar ultra violet, air laut, kondisi asam atau basah serta mikro organisme seperti bakteri dapat mengurangi kekuatan geotekstil. Waktu pembebanan juga mengurangi kekuatan geotekstil karena akan terjadi degradasi pada geotekstil oleh karena faktor fatigasi dan angin. Untuk menutupi kekurangan tersebut, tidak seluruh kuat tarik geotekstil yang tersedia dapat dimanfaatkan dalam perencanaan konstruksi perkuatan. Material yang digunakan untuk pembuatan geosintetik umumnya dihasilkan oleh industri plastik seperti polimer, karet, *fiber-glass*, dan material alam yang terkadang dipakai.

Para ahli di bidang geosintetik, mendefinisikan geosintetik sebagai material yang umumnya berbentuk lembaran terbuat dari polimer sintetik (plastik), seperti *polipropilin*, *polyester*, *polietilen*, dan sebagainya yang fungsikan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh konstruksi yang berkaitan dengan tanah.

II. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan geotekstil woven tipe 250 gsm yang berasal dari PT. Multibangun Rekatama Patria. Geotekstil ini seperti terpal plastik dan berwarna hitam.

Tabel 1. Karakteristik Geotekstil Woven Yang digunakan Pada Penelitian

Properties	Testmet hod	Unit	M 150	M 200	M 250	M 300	M 350
<i>PHYSICAL</i>							
Material (warp & weft)		Gr/m ²	150	200	250	300	350
Colour			PP Black	PP Black	PP Black	PP Black	PP Black
<i>MECHANICAL</i>							
Strip Tensile strenght	ASTM D 1682-64						

Tabel 3. Kebutuhan Kekuatan Geotekstil yang Disarankan

Type Strength	Test Method	Class A ¹	Class B ²
Grab Tensile	ASTM D 4632	200	90
Elongation (%)	ASTM D 4632	15	15
Puncture	ASTM D 4833	80	40
Tear	ASTM D 4533	50	30
Abrasion	ASTM D 3884	55	25

Seam	ASTM D 4632	180	80
Burst	ASTM D 3786	320	140

A. Perhitungan Sudut Friksi Geotekstil

Sudut friksi dari geotekstil harus mampu memberikan gaya gesek yang diperlukan untuk menahan tekanan aktif lateral tanah timbunan. Perhitungan sudut friksi geotekstil diberikan oleh persamaan berikut:

$$Pa = \tau \cdot L \quad (1)$$

$$Pa = (\sigma_v \cdot \tan \delta) L \quad (2)$$

$$0,5yH^2K_o = (0,5yH \tan \delta) L \quad (3)$$

$$\tan \delta_{req} = H \frac{K_a}{L} \quad (4)$$

Dengan :

δ_{req} = sudut friksi geotekstil yang dibutuhkan

H = tinggi timbunan

K_a = koefisien tekanan aktif tanah = $\tan^2 (45 - \phi/2)$

L = panjang geotekstil

Φ = sudut geser tanah timbunan

Tabel 4. Sudut Geser Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser (ϕ)
	30
Kerikil kepasiran	-40°
Kerikil kerakal	35°-40°
Pasir padat	35°-40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25°-30°
Lempung kelanauan	20°-25°

B. Pelengkungan Geotekstil

Akibat penurunan yang terjadi akibat beban tanah timbunan, materi geotekstil akan mengalami pelengkungan, sehingga menyebabkan terjadi harus lebih kecil dari regangan maksimum yang mampu ditahan geotekstil ukuran yang digunakan untuk menentukan kemampuan geotekstil mengalami regangan akibat tegangan yang bekerja adalah modulus elastisitas geotekstil. Besarnya modulus elastisitas geotekstil tergantung dari jenis dan spesifikasi geotekstil yang diberikan oleh pabrik pembuatnya.

C. Perilaku Material Komposit Tanah dan Perkuatan

Adanya kemampuan perkuatan yang mampu menahan tarik dan adanya transfer beban antara perkuatan dengan tanah menyebabkan tanah memiliki kohesi nyata dan kuat gesernya bertambah. Sedangkan perkuatan dalam matriks tanah memperkecil deformasi massa tanah dalam arah perkuatan, sehingga menahan batas tekanan dan menaikkan kekuatan geser. Sedangkan pada batas tekanan yang tinggi, keruntuhan sistim komposit terjadi akibat patah atau putusya perkuatan. Pada kondisi dengan batas tekanan yang tinggi, kenaikan kekuatan tanah komposit besarnya adalah konstan dan tidak ditentukan oleh besarnya kenaikan batas tekanan.

D. Daya Dukung Geotekstil

1. Cek kapasitas daya dukung

Apabila tebal lapisan tanah lempung jauh lebih besar dari pada lebar timbunan maka perlu dilakukan analisa untuk mengetahui faktor keamanan daya dukung tanah.

a. Kapasitas Daya Dukung Ultimit.

$$q_{ult} = C_u N_c \quad (5)$$

Dengan :

q_{ult} = kapasitas daya dukung ultimit (kN/m²)

C_u = kuat geser tak terdrainase (kN/m²)

N_c = faktor daya dukung = $5,14 + 0,5 B/D$

B = lebar dasar timbunan

D = ketebalan rata-rata tanah lempung (m)

Untuk tanah kohesif, hubungan kuat geser undrained (C_u) dengan tahanan konus alat sondir tipe bikonus (mengukur tahanan ujung dan tahanan gesek selimut konus) pada tanah kohesif ($\varphi = 0$):

- Lempung terkonsolidasi normal dengan ($q_c < 20 \text{ kN/m}^2$):

$$C_u = \frac{q_c}{18} \text{ sampai } \frac{q_c}{15} \text{ (} q_c \text{ dalam kN/m}^2\text{)} \quad (6)$$

- Lempung terkonsolidasi berlebihan dengan $q_c > 20 \text{ kN/m}^2$

$$C_u = \frac{q_c}{26} \text{ sampai } \frac{q_c}{22} \text{ (} q_c \text{ dalam kN/m}^2\text{)} \quad (7)$$

Angka 18 diambil karena dianggap sangat konservatif (aman), dan bisa dipakai nilai berkisar 10-60 tergantung dari pengalaman lokal. q_c adalah tahanan konus dalam kN/m^2 , diambil nilai q_c rata-rata dalam kedalaman 0 sampai B dari dasar fondasi.

- b. Hitung beban maksimum pada kondisi tanpa geotekstil

$$P_{max} = \gamma_m H + q \quad (8)$$

Dengan :

P_{max} = beban maksimum (kN/m^2)

γ_m = berat isi tanah timbunan (kN/m^2)

H = tinggi timbunan Q = beban merata (kN/m^2)

III. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian CBR (California Bearing Rasio)

Pada pengujian CBR banyaknya penambahan didapat dari kadar air optimum pengujian pemadatan (*Compaction Test*) untuk sampel 5000 gram dengan menggunakan molt 6" dapat dihitung sebagai berikut:

Penambahan air = Sampel tanah CBR \times Kadar air optimum (*Compaction Test*)

Dimana :

A = Sampel Tanah Cbr (5000 gram)

B = kadar air optimum (%) (dari hasil percobaan *compaction Test*)

Penambahan air = $3500 \times 37.52\%$
 $= 131320 \text{ gram} \approx 160200 \text{ ml}$

Tabel 5. Kadar Air Pada Pengujian CBR

No. Container			
Berat tanah basah + Container	gram	57	67
Berat tanah kering + Container	gram	47	54
Berat air	gram	10	13
Berat container	gram	13	11
Berat tanah kering	gram	34	43
Kadar air	%	29.41	30.23
Kadar air rata-rata	%	29.82	

Tabel 6. Berat Isi pada Pengujian CBR

A. Berat Cetakan	gram	4348
B. Berat Tanah Basah + Cetakan	gram	7979
C. Berat Tanah Basah	gram	3631
D. Volume Cetakan	cm^3	2178.672
E. Berat Isi Basah	gram/cm^3	1.667
F. Berat Isi Kering	gram/cm^3	1.284

(Sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKIT 2021)

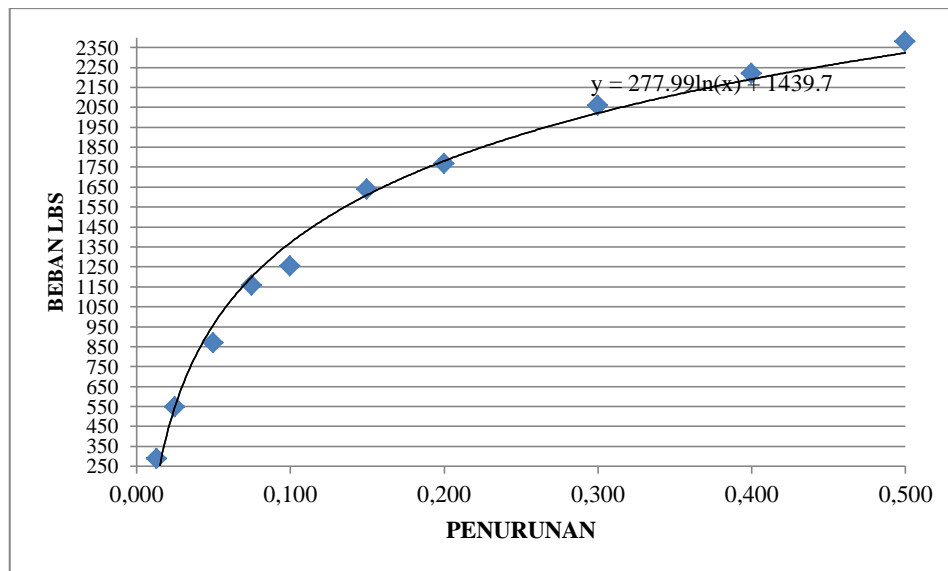
Berat isi basah pada pengujian CBR seperti pada tabel di atas sebesar 1.667 gr/cm^3 dan berat isi kering sebesar 1.284 gr/cm^3 .

Tabel 7. Hasil Pengujian CBR *Proving ring Calibration* 28 KN cap lbs/Dev = 5.7

Waktu (menit)	Penurunan (inch)	Pembacaan Dial PER(Div)	Faktor kalibrasi	Beban (lbs)
0.25	0.013	9	32.15139	289.3625
0.5	0.025	17	32.15139	546.5736
1	0.05	27	32.15139	868.0875
1.5	0.075	36	32.15139	1157.45
2	0.1	39	32.15139	1253.904
3	0.15	51	32.15139	1639.721
4	0.2	55	32.15139	1768.327
6	0.3	64	32.15139	2057.689
8	0.4	69	32.15139	2218.446
10	0.5	74	32.15139	2379.203

(Sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKIT 2021)

Berdasarkan hasil pengujian CBR di atas nilai faktor kalibrasi alat perlu diperhitungkan untuk memperoleh hasil yang akurat, Di mana nilai faktor kalibrasi untuk alat uji CBR di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja adalah 2379.2029 lbs/div.



Grafik 1. Hubungan Penurunan Beban pada Pengujian CBR

Pada Grafik 1 menunjukkan hubungan antara besaran penurunan dengan beban pada pengujian CBR, Di mana semakin berat beban yang diberikan terhadap sampel pengujian semakin besar pula penurunan yang terjadi pada sampel benda uji.

Hasil pengujian dan analisa California Bearing Ratio (CBR) dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Hasil Nilai CBR

Penurunan,x (inchi)	Beban, $y = 277.99\ln(x) + 1439.7$ (lbs)	CBR (%)
0.1	1371.411	45.71
0.2	1781.372	39.59
Nilai CBR rata-rata :		42.65

(Sumber: Analisis Data di Laboratorium Teknik Sipil UKIT 2021)

Berdasarkan Tabel 8. diperoleh nilai CBR minimum adalah 45.71% dan CBR maksimumnya 39.59% dan dapat di gambarkan dalam grafik penurunan beban pada grafik 1 yang berhubungan antara beban dengan tekanan penetrasi, nilai rata rata CBR 42.65% yang menjelaskan bahwa kepadatan tanah dalam kondisi baik.

B. Pengujian Tanah dengan Perkuatan Geotextil

Geotextil yang digunakan dalam percobaan ini adalah geotextil type Non Woven yang merupakan salah satu jenis geotextile yang berbentuk lembaran dan tak berayam (non Woven) yang dibuat dari serat-serat polymer / polyester yang dibuat menggunakan mesin bertegnologi modern secara mekanis dengan quality qontrol yang tinggi. Umumnya digunakan pada bidang rekayasa geoteknik.

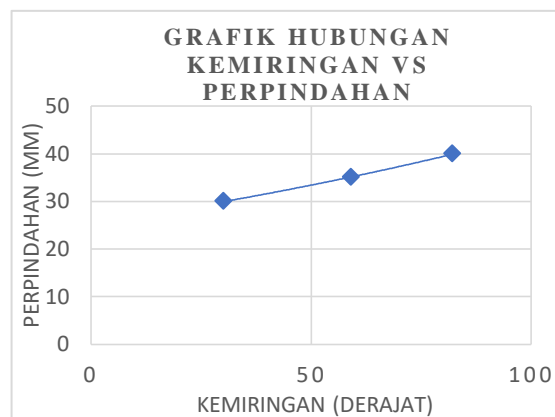
Dalam percobaan ini akan dibuat 3 benda uji untuk uji pergeseran tanah normal atau tanpa penggunaan lembar geotextile dengan variasi kemiringan papan seluncuran yaitu 30° , 35° , dan 40° , dan juga 3 benda uji lapisan tanah dengan menggunakan lembar geotextile dengan kemiringan yang sama. Tebal lapis tanah percobaan adalah 30 cm, dengan lebar 40 cm dan panjang 120 cm.



Gambar 1. Pengujian Sampel Tanah Normal

Tabel 9. Perpindahan Tanah Normal

No	Sampel	Kemiringan (derajat)	Waktu (detik)	Pergeseran (mm)	Persentase Pergeseran terhadap Panjang Lintasan (%)
1	S1	30	7200	30	2.5
2	S2	35	7200	59	4.92
3	S3	40	7200	82	6.83

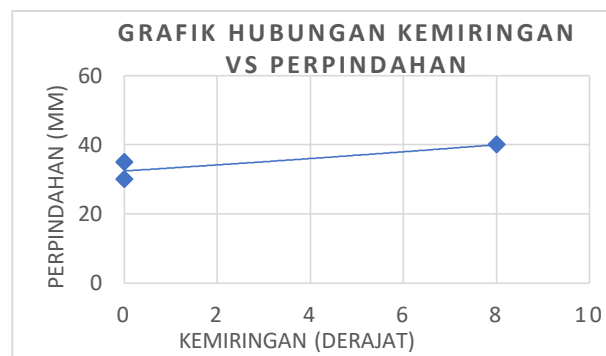


Grafik 2. Nilai Perpindahan Tanah Normal

Dari grafik di atas terlihat bahwa untuk tanah pada sampel normal pada kemiringan 30° , dalam waktu 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 30 mm atau 2,5% dari panjang lintasan, pada kemiringan 35° selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 59 mm atau 4,92 % dari panjang lintasan, dan pada kemiringan 40° selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 82 mm atau 6,83 persen dari panjang lintasan.

Tabel 10. Perpindahan Tanah dengan Lembar Perkuatan Geotekstil

No	Sampel	Kemiringan (derajat)	Waktu (detik)	Pergeseran (mm)	Persentase Pergeseran terhadap Panjang Lintasan (%)
1	S1	30	7200	0	0
2	S2	35	7200	0	0
3	S3	40	7200	8	0.67



Grafik 3. Nilai Perpindahan Tanah dengan Lembar Perkuatan Geotekstil

Dari grafik di atas terlihat bahwa untuk tanah pada sampel tanah yang diperkuat lembar geotekstil pada kemiringan 30o, dalam waktu 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 0 mm atau 0%, pada kemiringan 35o selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 0 mm atau 0%, dan pada kemiringan 40o selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 8 mm atau 0,67%. Kondisi sampel tanah pada permukaan hanya tergurasa oleh air namun air tidak menembus lapisan perkuatan geotextile yang menyebabkan lapisan tanah di bawahnya tetap kering dan tidak mengalami perpindahan secara signifikan.

IV. Kesimpulan

1. Diperoleh nilai CBR minimum adalah 45.71% dan CBR maksimumnya 39.59%, nilai rata rata CBR 42.65% yang menjelaskan bahwa kepadatan tanah dalam kondisi baik
2. Penggunaan geotextile pada rekayasa geoteknik dapat meningkatkan kekuatan subgrade tanah. Hal ini menyebabkan resiko pergeseran tanah yang diperkuat dengan lembar geotextile menjadi sangat kecil.
3. Untuk tanah pada sampel normal pada kemiringan 30°, dalam waktu 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 30 mm atau 2,5% dari panjang lintasan, pada kemiringan 35° selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 59 mm atau 4,92 % dari panjang lintasan, dan pada kemiringan 40° selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 82 mm atau 6,83 persen dari panjang lintasan.
4. Untuk tanah pada sampel tanah yang diperkuat lembar geotekstil pada kemiringan 30°, dalam waktu 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 0 mm atau 0%, pada kemiringan 35° selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 0 mm atau 0%, dan pada kemiringan 40° selama 2 jam atau 7200 detik penyiraman mengalami pergeseran sebesar 8 mm atau 0,67%. Kondisi sampel tanah pada permukaan hanya tergurasa oleh air namun air tidak menembus lapisan perkuatan geotextile yang menyebabkan lapisan tanah di bawahnya tetap kering dan tidak mengalami perpindahan secara signifikan.

Daftar Pustaka

- [1] ASTM D 4491 Standard Test Method for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity
- [2] Irwanto. dan Edgard Londongallo.2019. Batas-Batas Konsistensi.UKI:Toraja
- [3] Jefriyanto, W., Saka, B. G. M., Pineng, M., & Djamal, M. (2020, April). Development of LVDT (Linear Variable Differential Transformer) sensor as land displacement sensor. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1528, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.
- [4] Jefriyanto, W., M. Saka B. G., Andi Lolo J. and Rahman, I. (2021) "Simulasi Monitoring Pergeseran Tanah Menggunakan Sensor LVDT (Linear Variable Differential Transformer)", SAINTIFIK, 7(1),

-
- pp. 70-76. doi: 10.31605/saintifik.v7i1.281.
- [5] Muntohar, A. S. (2010). Tanah Longsor: Analisis-Prediksi-Mitigasi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 13.
- [6] Muzani, M. Si. (2019). Tanah Longsor : Faktor Penyebab Tanah Longsor.
- [7] SNI 08-6511-2001 Geotekstil Cara Uji Daya Tembus Air
- [8] Wasni Parinding. 2015. Material Geosintetik, Peningkatan Daya Dukung Tanah Menggunakan Geotekstil. UKI : Toraja
- [9] Widia Kati. 2018. Analisa Saringan pada Tanah. UKI: Toraja
- [10] William dan Petrus Palittin. 2018. CBR (California Bearing Ratio). UKI: Toraja