

Studi pengaruh kemiringan sudut terhadap angka keamanan lereng dengan perkuatan geotekstil

M. Irfan^{1*}, Galuh Chrismaningwang¹, Pria Ardhana²

¹Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

²PT. Tetrasa Geosinindo, Jakarta Pusat, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Geosynthetics
Reinforcement
Stability
Slope Angles
Slope Reinforcement

Corresponding Author:

M Irfan
irfanbac.mi@gmail.com

Abstract

A slope is an inclined land surface from a higher point to a lower point. Slopes are usually formed due to excavation for construction or naturally formed due to landslides. Slope reinforcement is a way to ensure stability and safety against landslides. One of the commonly used reinforcement methods is the use of geotextiles. The advantages of using geotextiles for reinforcement are ease of implementation, cost-effectiveness, and the ability to enhance slope stability actively. The stability analysis of slopes is conducted to assess whether a slope is stable and safe from landslides. Slope stability analysis can be performed using empirical or numerical calculations. Numerical analysis is conducted using the GeoStudio program. This research studies the influence of slope angles on the safety factor. The analysis is performed using five different methods: the Ordinary Method, the Bishop Method, the Janbu Method, the Morgenstern-Price Method, and the Spencer Method in the GeoStudio software. Based on the results obtained from three slope angle variations (60°, 65°, and 75°) under a factory's live load and using the five methods in the GeoStudio program, the slopes are classified as unsafe with $SF < 1.5$. After planning reinforcement with Hibritex Geotextile LP75/75 and applying it to the slopes with the three angle variations, the resulting safety factors are classified as stable and safe with a safety factor > 1.5 .

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

PENDAHULUAN

Latar belakang

Batuan atau permukaan tanah dengan keadaan miring dan cenderung menurun dari suatu tempat tertinggi ke tempat terendah. Lereng dapat terbentuk karena proses alami seperti erosi, longsor, atau gempa bumi, atau dapat juga dibuat manusia dalam rangka pembangunan terasering atau konstruksi bangunan. Lereng akibat penggalian akan diperkuat dengan dinding penahan tanah ataupun

perkuatan lainnya agar terhindar dari terjadinya kelongsoran.



Gambar 1. Lereng di Proyek Pembangunan Pabrik Kariangau

Salah satu contoh perkuatan lereng adalah dengan menggunakan perkuatan geosintetik. Geosintetik terdiri dari beberapa jenis, antara lain geogrid, *geonet*, geomembran, *geofoam*, *geosynthetic clay liner*, geotekstil, geokomposit dan *geopipe* (Koerner 2005). Salah satu contoh dari geosintetik yaitu geotekstil. Geotekstil merupakan jenis material geosintetik dengan fungsi sebagai perbaikan stabilisasi lereng dan perbaikan tanah. Geotekstil adalah lembaran tipis buatan tembus air terbuat dengan bahan-bahan sintetis, seperti *chloride*, *polyvinyl*, *polypropylene*, *nylon*, *polyester*, dan campuran dari bahan-bahan tersebut.

Stabilitas lereng dapat terpengaruhi oleh beberapa faktor. Seperti jenis dan keadaan lapisan tanah; bentuk geometris lereng; penambahan kadar air pada tanah; berat dan distribusi beban; dan getaran atau gempa. Sehingga dalam perencanaannya pembuatan lereng harus dianalisis secara tepat agar terhindar dari kelongsoran. Menurut Yodha dkk. (2019) yang melakukan studi perkuatan geotekstil dengan variasi kemiringan melalui pemodelan, diketahui bahwa pada analisis lereng tanpa menggunakan perkuatan diketahui apabila sudut lereng yang ditinjau semakin kecil, kekakuan tanah yang berkorelasi dengan daya dukung relatif besar. Setelah perbaikan lereng dengan menggunakan perkuatan geotekstil, apabila sudut lereng semakin kecil, kekakuan tanah yang berkorelasi dengan daya dukung tanah relatif kecil.

Perkembangan software di dunia sekarang sudah sangat maju, khususnya dalam bidang geoteknik pada analisis stabilitas lereng. Dengan menggunakan program komputer analisis yang dilakukan akan mendapatkan hasil analisis yang akurat. GeoStudio merupakan salah satu program yang dapat membantu dalam perencanaan lereng. GeoStudio merupakan *software* yang mempunyai fitur untuk menganalisis permasalahan terkait dengan bidang geoteknik. Terdapat berbagai jenis fitur

analisis yang disediakan di dalam GeoStudio.

Penelitian ini diharapkan mampu menjelaskan apakah terdapat pengaruh dari perencanaan variasi kemiringan pada lereng serta penggunaan geotekstil terhadap stabilitas lereng yang ditinjau dengan menggunakan *software* GeoStudio.

TINJAUAN PUSTAKA

Chasanah (2012) melakukan penelitian yang meninjau pengaruh variasi kemiringan lereng terhadap *safety factor*. Penelitian direncanakan dengan perencanaan lereng menggunakan dua variasi kemiringan, yaitu dengan kemiringan 70° dan 90° . Hasil penelitian menyatakan bahwa lereng 1 dengan kemiringan lereng sebesar 70° memiliki nilai SF 0,794 dan setelah diperbesar menjadi 90° nilai SF mengecil menjadi 0,333. Jadi semakin besar sudut kemiringan lereng yang ditinjau pada penelitian, maka *safety factor* menjadi semakin kecil.

Adriyati dkk. (2017) melakukan penelitian analisis stabilitas pada lereng terhadap variasi kemiringan lereng $36,69^\circ$, $36,87^\circ$, dan $42,51^\circ$. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa analisis stabilitas lereng menggunakan Geostudio 2007 ditinjau menurut teori Bowles 1989, dengan kemiringan lereng $> 36,69^\circ$ memiliki angka keamanan 1,07. Kemiringan lereng dengan sudut $22,62^\circ$ memiliki angka keamanan (SF) 1,86. Kemiringan lereng dengan sudut $< 30,25^\circ$ merupakan lereng yang terklasifikasi ke dalam jarangnyanya kelongsoran yang terjadi pada lereng (lereng relatif stabil).

Pada penelitian ini yang meninjau variasi sudut kemiringan lereng, diharapkan dapat melengkapi penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, serta meninjau stabilitas lereng terhadap variasi kemiringan yang diberi perkuatan geotekstil.

LANDASAN TEORI

Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya jenis tanah, bentuk geometris lereng, infiltrasi hujan, berat beban, dan gempa (Pangemanan, Turangan, dan Sompie, 2014). Menurut Hardiyatmo (2007) permukaan tanah yang tidak datar, komponen gravitasi mengarah untuk menggerakkan permukaan tanah ke bagian yang lebih rendah. Apabila komponen gravitasi pada tanah terlalu besar, akan membuat benturan terhadap gaya geser yang dapat membuat bidang longsornya terlampaui sehingga terjadinya longsoran.

Bowles (1989) telah melakukan klasifikasi *safety factor* terhadap intensitas terjadinya longsor. Klasifikasi *safety factor* menurut Bowles dapat dilihat pada Tabel (1).

Tabel 1. Hubungan *safety factor* terhadap intensitas longsoran (Bowles, 1989)

Nilai Angka Aman	Intensitas Longsor
$SF < 1,07$	Lereng dapat terjadi atau sering terjadinya longsoran (lereng terbilang labil)
$1,07 < SF < 1,25$	Lereng pernah terjadinya longsoran (lereng terbilang kritis)
$SF > 1,25$	Lereng jarang terjadinya longsoran (lereng terbilang stabil)

Kusuma dan Tika (2019) telah melakukan penelitian terhadap hubungan kemiringan lereng dan keamanan lereng yang ditinjau. Kesimpulan hasil penelitian Kusuma dan Tika (2019) terdapat pada Tabel (2).

Tabel 2. Klasifikasi lereng terhadap kemiringan lereng (Kusuma & Tika, 2019)

Sudut Kemiringan Lereng (°)	Klasifikasi Lereng
< 30	Lereng stabil (tingkat keberlanjutan yang baik)
30 - 45	Lereng rawan longsor (tingkat keberlanjutan yang sedang)
45 - 60	Lereng rawan longsor (tingkat keberlanjutan yang buruk)
> 60	Lereng sangat rawan longsor (tingkat keberlanjutan yang sangat buruk)

Analisis Stabilitas Lereng

Menurut Pangular (1985) dengan analisis lereng secara umum dapat digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu sebagai berikut :

1. Cara pengamatan visual secara langsung, merupakan cara yang dilakukan dengan mengamati lereng secara langsung di kenyataan lapangan dengan membandingkan keadaan lereng yang dapat bergerak akibat tidak stabil atau diperkirakan lereng yang bergerak karena tidak stabil dan yang tidak, cara pengamatan visual dengan memperkirakan lereng labil maupun stabil adalah dengan memanfaatkan pengalaman di lapangan serta permasalahan yang sering dijumpai pada lereng.
2. Cara komputasi, merupakan cara yang dilakukan analisis dengan perhitungan berdasarkan rumus yang telah diteliti dan dipublikasi (Fellenius, Bishop, Janbu, Sarma, Bishop simplified dan lain-lain).
3. Cara penentuan dengan grafik, merupakan cara yang dilakukan dengan analisis dengan dasar menggunakan grafik yang sudah terstandarisasi (Janbu, Morgenstren, Taylor, Couins dan Hoek & Bray). Cara dengan menggunakan grafik ini digunakan terhadap material homogen dengan struktur yang sederhana.

Terdapat banyak metode dalam analisis stabilitas lereng, Metode Keseimbangan Batas (*Limit Equilibrium Method*) adalah salah satunya. Pada penelitian ini menggunakan analisis numeris dengan menggunakan *Ordinary Method*, *Bishop Method*, *Janbu Method*, *Morgenstern-Price Method*, dan *Spencer Method*. Metode-metode yang digunakan tersebut menggunakan konsep yang sama seperti *Limit Equilibrium Method*, yaitu dengan metode irisan pada bidang longsornya.

Tabel 3. Keadaan kesetimbangan yang dipenuhi pada asumsi perhitungan lereng (Arief, 2008)

Metode	Kesetimbangan Gaya		Kesetimbangan Momen
	Horizontal	Vertikal	
Ordinary	Tidak ditinjau	Tidak ditinjau	Ditinjau
Bishop	Tidak ditinjau	Ditinjau	Ditinjau
Janbu	Ditinjau	Ditinjau	Tidak ditinjau
Spencer	Ditinjau	Ditinjau	Ditinjau
Morgenstern-Price	Ditinjau	Ditinjau	Ditinjau

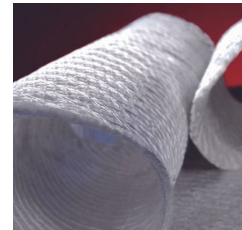
Metode Fellenius atau biasa disebut Metode *Ordinary* mengasumsikan resultan gaya yang terjadi antar irisan adalah nol serta bergerak sejajar terhadap permukaan bidang yang longsor, Metode Bishop mengasumsikan bahwa gaya geser horizontal yang terjadi antar irisan adalah nol, Sedangkan Metode Janbu melakukan asumsi bahwa letak gaya yang terjadi antar irisan didefinisikan oleh gaya antar irisan yang diasumsikan, Metode Morgenstern-Price mengasumsikan bahwa pada lereng yang ditinjau kemiringan gaya geser yang terjadi antar irisan lereng besarnya sama terhadap fungsi tertentu yang telah diasumsikan sebelumnya, sedangkan Metode Spencer mengasumsikan kemiringan terhadap resultan gaya geser serta gaya normal antar irisan lereng merupakan sama untuk semua irisan yang diperhitungkan.

Geotekstil

Menurut ASTM D4439 (2020) geotekstil adalah geosintetik permeabel yang hanya terdiri dari tekstil. Geotekstil biasa digunakan pada fondasi, tanah, batuan, lereng, atau material lain terkait pekerjaan geoteknik lainnya sebagai satu kesatuan dari produk, struktur, atau sistem buatan manusia.

Seiring perkembangan teknologi terdapat geotekstil yang dikombinasikan dengan bahan penguat lain. Perkuatan tersebut dirancang agar memberikan fungsi ganda sebagai pemisah dan penguat.

Composite geotextile adalah lembaran jenis bahan geoteknik yang terdiri dari geotekstil *non-woven* dengan lapisan serat penguat. Dalam aplikasi pekerjaan geoteknik, geotekstil komposit biasa digunakan untuk meningkatkan daya dukung dan stabilitas tanah di bawah beban struktural. Geotekstil komposit menekankan pada kombinasi fungsi pemisah dan penguat yang efektif dalam memperkuat dan melindungi struktur tanah



Gambar 2. *Composite geotextile* (www.geosinindo.co.id)

Program GeoStudio

Program GeoStudio Office adalah kumpulan dari beberapa aplikasi yang digunakan untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan dengan menggunakan metode numeris. Program GeoStudio ini diproduksi dari Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada. GeoStudio mempunyai beberapa fitur analisis seperti SLOPE/W yang secara khusus menganalisis stabilitas lereng, SEEP/W yang digunakan dalam analisis rembesan dalam tanah, SIGMA/W yang dapat menganalisis deformasi, QUAKE/W yang dapat menganalisis secara khusus akibat beban gempa, TEMP/W, dan CTRAN/W. GeoStudio dalam melakukan prediksi perilaku tanah dan struktur di atasnya, menggunakan model matematika yang kompleks.

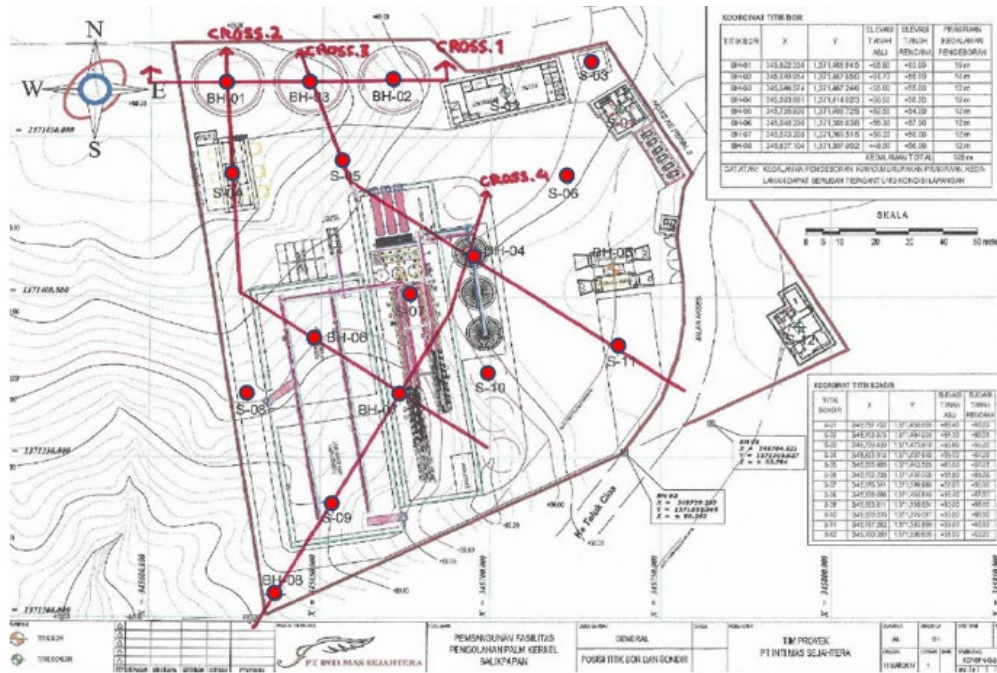
METODE PENELITIAN

Variasi sudut kemiringan lereng yang digunakan pada penelitian ini adalah 60°, 65° dan 75°. Alasan penentuan sudut kemiringan lereng yang ditinjau penelitian ini adalah berdasarkan klasifikasi lereng yang dilakukan dalam penelitian Kusuma

& Tika (2019) yang terdapat pada Tabel (2).

Pengumpulan Data

Parameter tanah pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Pabrik Kariangau, Balikpapan – Kalimantan Timur.



Gambar 3. Posisi titik bor penyelidikan tanah pada proyek

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Lapisan Tanah

Lapisan tanah yang digunakan dalam analisis merupakan lapisan tanah sedalam 15 meter dengan nilai N-SPT < 60. Interpretasi lapisan dapat dilihat pada Tabel 4.

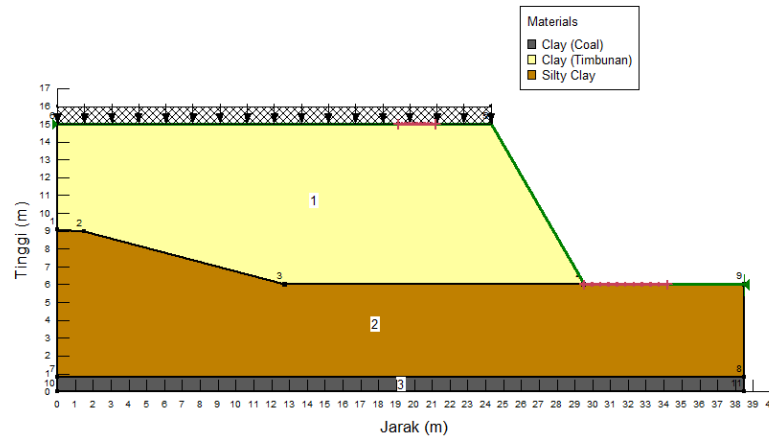
Tabel 4. Interpretasi lapisan tanah

Kedalaman (m)	N-SPT	Lapis Tanah
0,00 – 5,91	10	Lempung
5,91 – 14,20	19	Lempung lanauan
14,20 – 15,00	60	Lempung

Selain itu perkuatan geotekstil yang digunakan merupakan Geotekstil Komposit Hibritex LP75/75 dengan parameter pada Tabel 5.

Tabel 5. Property Hibritex LP75/75 (PT. Tetrasa Geosinindo, 2019)

Parameter	Satuan	Nilai
T_{ult}	kN/m	75
ϵ	%	10
RF_{CR}	-	1,55
RF_{ID}	-	1,00
RF_D	-	1,10



Gambar 4. Hasil interpretasi lapisan tanah

Beban yang terdapat di atas lereng merupakan beban merata pabrik yang secara umum telah ditentukan dalam SNI 1727:2020 yaitu 12 kN/m^2 .

Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Software GeoStudio

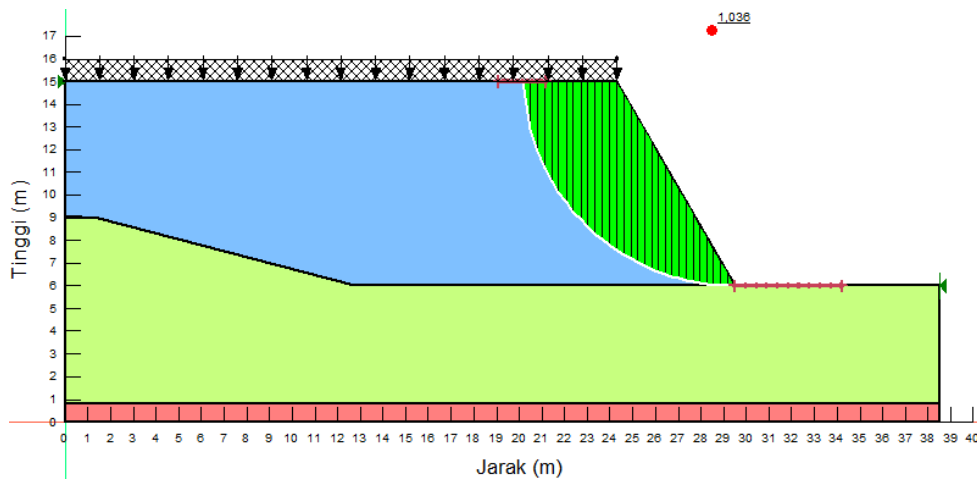
Analisis menggunakan Program GeoStudio dilakukan dengan *Ordinary Method*, *Bishop Method*, *Janbu Method*, *Morgenstern-Price Method*, dan *Spencer Method*.

Rekapitulasi hasil yang diperoleh berdasarkan analisis stabilitas lereng tanpa

perkuatan dengan tiga variasi kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil analisis stabilitas lereng

Metode	Tanpa Perkuatan		
	Safety Factor (SF)		
	60°	65°	75°
Ordinary	0,974	0,777	0,670
Bishop	1,036	0,791	0,663
Janbu	0,974	0,777	0,673
Morgenstern-Price	1,032	0,789	0,684
Spencer	1,035	0,783	0,671



Gambar 5. Analisis stabilitas lereng 60° Metode Bishop

Perencanaan Perbaikan Lereng Menggunakan Perkuatan Geotekstil

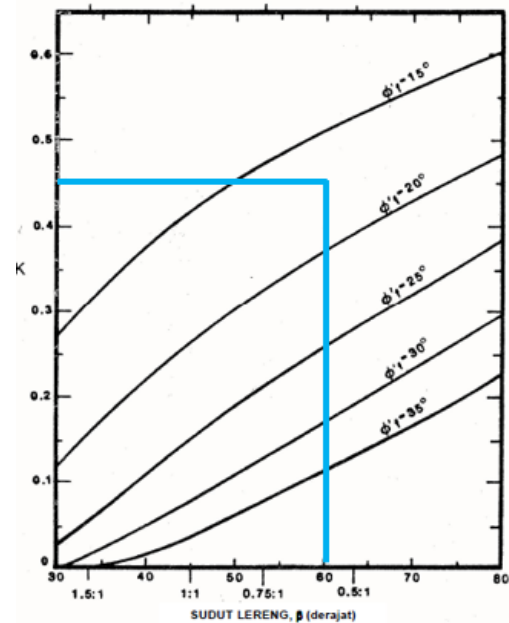
Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng tanpa menggunakan perkuatan diperoleh lereng dengan keadaan tidak stabil atau rawan longsor. Maka diperlukan perkuatan lereng dengan geotekstil. Perencanaan perkuatan geotekstil mengacu pada Pedoman Perencanaan Perkuatan Tanah menggunakan Geosintetik No. 003/BM/2009 (Departemen Pekerjaan Umum, 2009) dan pada penelitian yang dilakukan Novianti & Kurniawan (2020) Perencanaan Berikut merupakan contoh langkah-langkah perencanaan perkuatan geotekstil pada lereng 60°.

Perhitungan kuat tarik ijin rencana geotekstil (T_a) merupakan kuat tarik *ultimate* yang telah dibagi dengan faktor reduksi dari geotekstil. Dapat dihitung dengan Pers. (1).

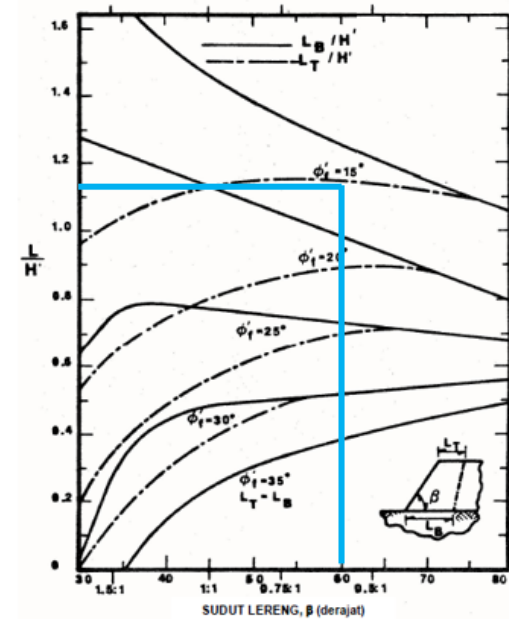
$$T_a = \frac{T_{ult}}{RF} = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} \times RF_{ID} \times RF_D} \quad (1)$$

RF_{CR} merupakan faktor reduksi akibat rangkai, RF_{ID} merupakan faktor reduksi kerusakan selama pemasangan geotekstil, dan RF_D dengan faktor reduksi durabilitas geotekstil.

Berdasarkan plotting hubungan sudut lereng ($\beta = 60^\circ$) dengan nilai $\phi'_f = 17,27^\circ$ diperoleh nilai K adalah 0,45 dan nilai L/H' adalah 1,11. *Plotting* grafik Schmertmann pada lereng dengan kemiringan 60° terlampir pada Gambar (6) dan Gambar (7).



Gambar 6. *Plotting* nilai K Grafik Schmertmann



Gambar 7. *Plotting* nilai L/H' Grafik Schmertmann

Menentukan nilai H' yang merupakan tinggi efektif dari lereng.

$$H' = H + \frac{q}{\gamma_r} \quad (2)$$

Dengan beban q diatas lereng dan γ_r tanah pada lapisan lereng.

Menentukan nilai T_{s-max} , gaya kuat tarik maksimal dari lereng yang terjadi.

$$T_{s-max} = 0,5 \times K \times \gamma_r \times (H')^2 \quad (3)$$

Dengan K merupakan koefisien yang telah didapat dari grafik Schmertmann.

Menentukan distribusi kekuatan tarik pada lereng. Menurut pedoman Departemen Pekerjaan Umum (2009) lereng dengan ketinggian lebih dari 6 meter maka distribusi perkuatan pada lereng dibagi menjadi tiga zona. Dengan zona atas, tengah, dan bawah.

$$T_{bawah} = \frac{1}{2} \times T_{max} \quad (4)$$

$$T_{tengah} = \frac{1}{3} \times T_{max} \quad (5)$$

$$T_{atas} = \frac{1}{6} \times T_{max} \quad (6)$$

Jumlah lapis minimum yang dibutuhkan pada lereng agar stabil.

$$N = \frac{T_{s-max}}{T_a} \quad (7)$$

Pada tiap zona di lereng akan dilakukan distribusi lapisan sesuai dengan kuat tarik yang dibutuhkan.

$$N_B = \frac{T_{bawah}}{T_a} \quad (8)$$

$$N_M = \frac{T_{tengah}}{T_a} \quad (9)$$

$$N_T = \frac{T_{atas}}{T_a} \quad (10)$$

Menentukan tinggi tiap zona (H_{zona}) dibagi pada Pers. (12).

$$H_{zona} = \frac{H}{\text{banyak zona}} \quad (11)$$

Menentukan spasi vertikal (Sv) pada tiap zona, dengan Sv merupakan tebal lapisan yang akan direncanakan.

$$Sv_B = \frac{H_{zona}}{N_B} \quad (12)$$

$$Sv_M = \frac{H_{zona}}{N_M} \quad (13)$$

$$Sv_T = \frac{H_{zona}}{N_T} \quad (14)$$

Menentukan panjang penjangkaran geotekstil yang direncanakan pada lereng. Selain berpedoman pada Departemen Pekerjaan Umum (2009), perencanaan geotekstil juga sesuai menurut SNI 8460:2017 sebagai acuan syarat desain.

Menentukan kuat tarik yang dibutuhkan (T_{req}) pada lereng di tiap zona.

$$T_{req}(B) = \sigma_h \times Sv \times SF \quad (15)$$

$$T_{req}(M) = \sigma_h \times Sv \times SF \quad (16)$$

$$T_{req}(T) = \sigma_h \times Sv \times SF \quad (17)$$

Berdasarkan perhitungan kuat tarik dapat disimpulkan bahwa kuat tarik yang dibutuhkan kurang dari 68,86 kN/m, sehingga geotekstil komposit Hibritex LP 75/75 yang mempunyai kuat tarik 75 kN/m sudah memenuhi dalam perencanaan.

Menentukan panjang penjangkaran geotekstil (L) pada lereng. Dengan menggunakan faktor nilai grafik Schmertmann dan *safety factor* yang direncanakan. Sesuai SNI 8460:2017, panjang penjangkaran minimum adalah $H/7$ lereng.

$$L_{(B)} = \left(\frac{L}{H'}\right) \times \left(H + \frac{q}{\gamma}\right) \times SF \quad (18)$$

$$L_{(M)} = \left(\frac{L}{H'}\right) \times \left(\frac{2}{3}H + \frac{q}{\gamma}\right) \times SF \quad (19)$$

$$L_{(T)} = \left(\frac{L}{H'}\right) \times \left(\frac{1}{3}H + \frac{q}{\gamma}\right) \times SF \quad (20)$$

Pengecekan Stabilitas Eksternal Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Stabilitas terhadap guling dapat dilihat melalui Pers. (25).

$$SF = \frac{\sum M_R}{\sum M_D} \geq 1,5 \quad (21)$$

M_R merupakan momen *resistance* atau momen penahan yang terjadi pada lereng

yang dihasilkan oleh geotekstil yang menahan gaya lateral tanah dan M_D merupakan momen yang mendorong lereng ke arah luar sehingga dapat menyebabkan penggulingan pada lereng.

Setelah dilakukan perhitungan pengecekan, hasil dari stabilitas terhadap guling diperoleh $SF = 3,53 \geq 1,5$ (OK).

Stabilitas terhadap geser dapat dihitung melalui Pers. (28).

$$SF = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Geser}} \quad (22)$$

Gaya penahan pada lereng merupakan momen yang dihasilkan oleh gaya tarik akibat lapisan geotekstil, sedangkan gaya geser pada lereng merupakan gaya yang dihasilkan oleh gaya geser pada tanah di atas lapisan geotekstil. Perhitungan stabilitas terhadap geser diperoleh $SF = 4,16 \geq 1,5$ (OK).

Tinjauan terhadap kapasitas dukung fondasi dapat dihitung dengan Pers. (30)

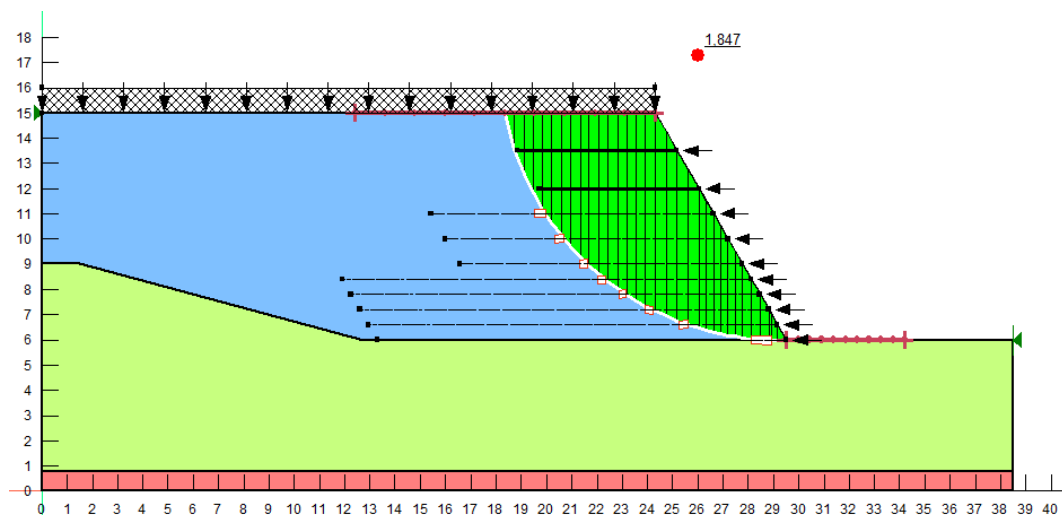
$$SF = \frac{q_{ult}}{q_u} \geq 1,5 \quad (23)$$

q_{ult} merupakan kuat dukung ijin akibat tekanan tanah, beban, serta lapisan geotekstil yang terjadi pada lereng. Sedangkan q_u merupakan kuat dukung tanah dan beban di lapisan tanah pada lereng.

Perhitungan menggunakan metode Terzaghi. Perhitungan terhadap kapasitas dukung fondasi diperoleh $SF = 9,27 \geq 1,5$ (OK).

Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Perkuatan Geotekstil

Berikut merupakan hasil dari analisis stabilitas lereng menggunakan perkuatan *Composite Geotextile Hibritex LP75/75*.



Gambar 8. Analisis stabilitas lereng 60° dengan perkuatan geotekstil

Tabel 7. Contoh kebutuhan geotekstil pada lereng 60°

z (m)	Sv (m)	Lapis ke- (dari atas)	Kuat Tarik Perlu (kN/m)	Kuat Tarik Desain (kN/m)	L Perlu (m)	L Desain (m)
1,5	1,5	1	51,64	75	6,2	6,3
3	1,5	2	51,64	75	6,2	6,3

4	1	3	68,85	75	11,2	11,2
5	1	4	68,85	75	11,2	11,2
6	1	5	68,85	75	11,2	11,2
6,6	0,6	6	61,97	75	16,2	16,2
7,2	0,6	7	61,97	75	16,2	16,2
7,8	0,6	8	61,97	75	16,2	16,2
8,4	0,6	9	61,97	75	16,2	16,2
9	0,6	10	61,97	75	16,2	16,2

Tabel 8. Rekapitulasi hasil analisis

Metode	Tanpa Perkuatan			Dengan Perkuatan		
	Safety Factor (SF)			Safety Factor (SF)		
	60°	65°	75°	60°	65°	75°
Ordinary	0,974	0,777	0,670	1,847	1,681	1,630
Bishop	1,036	0,791	0,663	1,831	1,672	1,627
Janbu	0,974	0,777	0,673	1,690	1,593	1,573
Morgenstern-Price	1,032	0,789	0,684	1,722	1,617	1,581
Spencer	1,035	0,783	0,671	1,829	1,673	1,627

Pembahasan

Setelah analisis stabilitas lereng menggunakan GeoStudio, diperoleh nilai *safety factor*. Analisis stabilitas lereng yang tanpa menggunakan perkuatan geotekstil terhadap variasi kemiringan lereng yang ditinjau pada 5 metode menggunakan Program GeoStudio diperoleh nilai $SF < 1,25$, sehingga lereng tidak stabil dan rawan terjadi kelongsoran. Maka dari itu, lereng perlu menggunakan perkuatan agar lereng menjadi lebih stabil dan terhindar dari kelongsoran.

Perencanaan geotekstil yang telah dilakukan pada lereng dengan menggunakan Grafik Schmertmann memperoleh hasil kebutuhan kuat tarik dari geotekstil yang dilampirkan pada Tabel (8). Perencanaan geotekstil tersebut mengacu pada persyaratan yang telah diatur sesuai dengan SNI 8460:2017.

Hasil analisis yang diperoleh setelah lereng dilakukan perbaikan dengan menggunakan perkuatan geotekstil, stabilitas lereng

terklasifikasikan aman dan stabil terhadap kelongsoran dengan $SF > 1,25$.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng yang telah diuraikan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pada penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan adanya pengaruh variasi kemiringan lereng dengan stabilitas lereng yang ditinjau. Semakin besar kemiringan lereng maka akan semakin kecil nilai *safety factor* yang dihasilkan.
2. *Safety factor* yang diperoleh dari hasil analisis stabilitas lereng yang tanpa menggunakan aplikasi perkuatan geotekstil dari tiga variasi sudut kemiringan lereng (60°, 65°, dan 75°) yang direncanakan pada Program GeoStudio dengan metode yang ditinjau yaitu, *Ordinary Method*, *Bishop Method*, *Janbu Method*, *Morgenstern-Price Method*, dan *Spencer Method* adalah $< 1,25$. Maka

- lereng dinyatakan tidak stabil dan rawan longsor, sehingga lereng perlu menggunakan perkuatan.
- Perencanaan geotekstil menggunakan Geotekstil Komposit Hibritex LP75/75 yang dilakukan dengan tiga variasi kemiringan lereng diperoleh panjang penjangkaran yang berbeda di tiap zonanya. Serta pengecekan stabilitas eksternal lereng telah memenuhi seluruh SF minimum perencanaan.
 - Hasil akhir analisis stabilitas lereng menggunakan geotekstil dengan GeoStudio yang dilakukan dapat diambil kesimpulan, seluruh *safety factor* yang dihasilkan dengan lima metode $> 1,25$. Maka lereng dapat disimpulkan aman terhadap kelongsoran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Tetrasa Geosinindo sebagai penyedia referensi bahan geosintetik yang digunakan pada penelitian ini.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang besar kepada Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan segala fasilitas dan dukungan pada penulis dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyati, Meilani, R. Harya Dananjaya, dan Niken Silmi Surjandari. 2017. "Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Software Geo Studio 2007 dengan Variasi Kemiringan (Studi Kasus: Bukit Ganoman Kab. Karanganyar)." *Jurnal Matriks Teknik Sipil* 97-102.
- Annual Book of ASTM Standards. 2020. "ASTM D 4439 Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting." *ASTM International*.
- Arief, Saifuddin. 2008. "Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Irisan." *Inco.com*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. "SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik pada Konstruksi Bangunan Gedung."

- Badan Standardisasi Nasional. 2020. "SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain."
- Bowles, J. E. 1989. *Sifat - Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: PT. Erlangga.
- Chasanah, Uswatun. 2012. "Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope." *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 1(2):58-63.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2009. "Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009."
- Hardiyatmo, H. C. 2007. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. 2013. *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Koerner, Robert M. 2005. *Designing With Geosynthetics*. 5 ed. Prentice Hall.
- Kusuma, G. H., dan P. Tika. 2019. "Analisis Stabilitas Lereng dan Penilaian Risiko Kegagalan Lereng di Lokasi Konstruksi di Indonesia." *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil* 12:10-17.
- Noviati, Tati, dan Muhammad Arif Kurniawan. 2020. "Perencanaan Perkuatan Geotekstil pada Oprit Fly Over Pasir Gombang Menggunakan Software GeoStudio." *Jurnal Perpustakaan Universitas Gunadarma*.
- Pangemanan, Violetta Gabriella Margaretha, A. E. Turangan, dan O. B. A. Sompie. 2014. "Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)." *Jurnal Sipil Statik* 2(1):37-46.
- Pangular, D. 1985. *Petunjuk Penyelidikan dan Penanggulangan Gerakan Tanah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Departemen Pekerjaan Umum.
- PT. Tetrasa Geosinindo. 2019. "Hibritex Composite Geotextile."
- PT. Tetrasa Geosinindo. 2020. "Products." www.geosinindo.co.id. Diambil (<https://www.geosinindo.co.id/products>).
- Terzaghi, Karl, dan Ralph Brazelton Peck. 1967. *Soil Mechanics In Engineering Practice*. 2 ed. Wiley, New York.
- Yodha, Edo Caraka, Arief Alihudien, dan Pujo Priyono. 2019. "Studi Perkuatan Geotextile pada Lereng dengan Variasi Kemiringan dan Jarak Pondasi Dangkal Melalui Pemodelan di Laboratorium." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* 2(1):31-40.