

Studi pengaruh variasi jumlah dan tinggi *benching* terhadap stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan *geostudio*

Imam Zufar Bagaskara^{1*}, Galuh Chrismaningwang², Raden Harya Dananjaya³
^{1, 2, 3}Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Geotextiles
Safety factor
Slope constructions
Slope stability
Terracing

Corresponding Author:

Imam Zufar Bagaskara
izubagaskara@student.uns.ac.id

Abstract

Failure of slope constructions might cause substantial consequences for the environment and the surrounding communities. Therefore, accurate analysis is required to identify factors that affect slope stability. Terracing is suitable for hilly areas with limited access, while geotextiles function to reinforce soil and reduce the risk of slope failure. Geotextiles have advantages in terms of workability and economic aspects. The aim of this study is to analyze the influence of terracing variations and the use of geotextiles on slope stability, as well as to compare the results of slope geometry design analysis using numerical calculations with the GeoStudio program. The research result shows that the increase in the safety factor (SF) due to the addition in the number of terraces from 2 terraces to 3 is 13.95%; from 3 terraces to 4 is 11.26%; from 4 terraces to 5 is 10.12%. The increase in SF value due to the use of geotextiles on a slope with 2, 3, 4, and 5 terraces are 77.29%, 56.12%, 41.37%, and 32.17%, respectively. The increase in SF value due to the addition in the number of terraces and the use of geotextiles from 2 terraces to 3 is 0.34%; from 3 terraces to 4 is 0.74%; and from 4 terraces to 5 is 2.95%.

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

Wilayah Balikpapan memiliki karakteristik geografis yang terdiri dari bukit dan lereng. Sebagaimana dilansir oleh situs Pemerintah Balikpapan, kontur wilayah ini mayoritas berbukit-bukit (85%) dengan ketinggian antara 0 hingga lebih dari 100 meter di atas permukaan laut. Arief (2007) menjelaskan bahwa lereng pada bukit termasuk lereng yang terbentuk secara alamiah.

Lereng merupakan permukaan yang menurun dari tempat tinggi ke tempat rendah dan dapat terbentuk secara alami

melalui erosi, longsor, gempa bumi, atau dibuat manusia seperti terasering dan konstruksi bangunan. Untuk mencegah kelongsoran, diperlukan penguatan dengan dinding penahan tanah atau metode lainnya. Perkuatan dapat menggunakan bahan konstruksi, tanaman, atau material lainnya sesuai dengan bentuk dan jenis lereng. Stabilitas menjadi isu utama dalam pembangunan di daerah lereng. Faktor seperti kondisi tanah mempengaruhi stabilitas tersebut. Kegagalan dapat berdampak serius terhadap konstruksi, lingkungan, dan masyarakat sekitarnya. Oleh karena itu, analisis akurat perlu dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-

faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng.

Metode perbaikan lereng yang mungkin digunakan adalah pemasangan *gabion*/bronjong, *grouting*, pembuatan *trap*/terasering, atau penggunaan geotekstil, dan penelitian ini akan menggunakan metode terasering dan geotekstil. Terasering cocok digunakan untuk daerah berbukit dengan akses yang terbatas dan bisa mempengaruhi stabilitas lereng. Geotekstil juga memiliki fungsi serupa dalam kaitannya dengan perkuatan tanah, tapi yang membedakan adalah geotekstil memiliki keunggulan secara *workability* maupun secara ekonomis.

Mawardi (2022) dalam penelitiannya mengenai pengaruh terasering buatan berhasil menyimpulkan bahwa dalam analisis tiga lereng yang memiliki variasi jumlah *trap*, ditemukan nilai angka keamanan pada masing-masing lerengnya meningkat.

Annisa (2018) dalam penelitiannya mengenai pengaruh penggunaan geotekstil pada bantaran sungai berhasil menyimpulkan bahwa kedua variasi berbeda dalam penelitiannya telah memenuhi standar kestabilan yang aman dikarenakan geotekstil berfungsi sebagai perkuatan dapat menahan gaya tarik, sehingga membuat lereng menjadi lebih stabil dan aman dari risiko longsor secara keseluruhan.

Penggunaan program *GeoStudio* juga dapat membantu analisis dengan fitur-fitur yang tersedia. Chasanah (2012) dalam penelitiannya yang membandingkan hasil analisis secara manual dan menggunakan *Slope/W GeoStudio* menyimpulkan bahwa hasil dari kedua analisis menunjukkan kesamaan yang hampir sempurna, dengan selisih rata-rata perhitungan sebesar 3,714% saja.

Studi ini penting dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi *benching* dan penggunaan geotekstil menggunakan *GeoStudio*, sehingga memberikan

alternatif desain *trap*/terasering yang aman serta memahami pengaruh geotekstil terhadap stabilitas.

Tinjauan Pustaka

Arief (2007) menjelaskan bahwa lereng merupakan permukaan bumi dengan sudut kemiringan terhadap bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah atau buatan manusia.

Suwarsa (2012) menjelaskan bahwa longsor terjadi ketika gaya potensial gravitasi mendorong tanah yang lebih tinggi ke arah bawah.

Christoper (2001), mengklasifikasikan bahwa lereng tanah bertulang (RSS) adalah struktur dengan kemiringan $< 70^\circ$ yang diperkuat, sedangkan struktur dinding tanah yang distabilisasi secara mekanis (*MSE-wall*) memiliki kemiringan $> 70^\circ$.

Suryolelono (2000) menjelaskan bahwa geotekstil adalah bahan geosintetik yang *permeable* dan terbuat dari serat sintesis.

Hernowo (2016) menjelaskan bahwa nilai faktor keamanan (SF) tergantung pada tinggi *trap* pertama, dengan SF meningkat saat ketinggian *trap* diturunkan dan jumlah *trap* ditingkatkan. Perkuatan geotekstil meningkatkan keamanan stabilitas lereng dibandingkan tanpa perkuatan.

Anugerah Arsy (2018) melakukan penelitian menggunakan perkuatan geotekstil pada sudut kemiringan 19° , 25° , dan 29° , dan hasilnya menunjukkan angka keamanan berturut-turut 2,440, 2,347, dan 2,355.

Dasar Teori

Stabilitas Lereng

Lereng dapat terbentuk secara alami atau melalui intervensi manusia. Menurut SNI 8460 (2017), lereng bisa diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu lereng alam, lereng galian, dan lereng timbunan.

Pangemanan (2014) menjelaskan bahwa faktor-faktor yang memengaruhi stabilitas lereng meliputi jenis tanah, geometri lereng, infiltrasi hujan, beban, dan gempa.

Hardiyatmo (2008) menjelaskan bahwa gerakan tanah ke bawah terjadi saat gaya gravitasi melebihi gaya geser bidang longsor. Stabilitas lereng dapat diukur menggunakan angka aman yang merupakan rasio antara gaya penahan dan gaya penggerak. Klasifikasi angka aman untuk longsor dapat ditemukan dalam Tabel (1).

Tabel 1. Hubungan Angka Keamanan Terhadap Intensitas Longsor, Bowles (1989)

Nilai Angka Aman (SF)	Intensitas Longsor
$SF < 1,07$	Lereng Labil
$1,07 < SF < 1,25$	Lereng Kritis
$SF > 1,25$	Lereng Stabil

Analisis Stabilitas Lereng

Panglar (1985) menjelaskan bahwa terdapat tiga metode analisis stabilitas lereng yang dapat digunakan. Pertama, metode pengamatan visual yang melibatkan pengamatan langsung di lapangan untuk membandingkan kondisi lereng yang bergerak dengan yang tidak. Metode ini bergantung pada pengalaman individu dan kurang akurat karena tidak melibatkan analisis mendalam. Kedua, metode komputasi yang menggunakan rumus matematika untuk menghitung faktor keamanan lereng dan menganalisis kekuatannya. Namun, hanya longsor dengan bidang gelincir yang dapat dihitung menggunakan metode ini. Ketiga, metode grafik menggunakan grafik standarisasi untuk material homogen dengan struktur sederhana, sementara rumus komputasi dapat digunakan untuk pendekatan material *heterogen*.

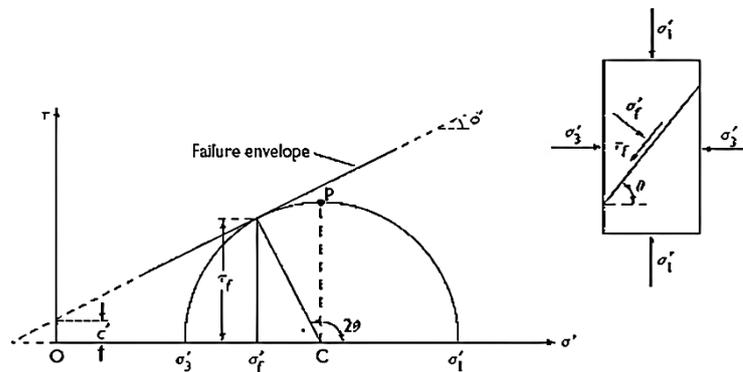
Metode Keseimbangan Batas

Metode Keseimbangan Batas (*Limit Equilibrium Method*) menganalisis stabilitas lereng dengan prinsip keseimbangan gaya. Bidang longsor dibagi menjadi segmen-segmen kecil. Gaya gesek pada setiap segmen mewakili kemampuan gesek pada batuan atau tanah. Gaya normal dipengaruhi oleh berat tanah di atasnya. Metode irisan membagi massa tanah menjadi irisan tegak lurus yang dianalisis keseimbangannya. Metode irisan meliputi Bishop yang Disederhanakan, Fellenius/Ordinary, Janbu yang Disederhanakan, dan Morgenstern-Price.

Metode Elemen Hingga

Dengan semakin terjangkaunya komputer pribadi, Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) digunakan dalam analisis stabilitas lereng. Metode ini mengidentifikasi bidang lemah tanpa asumsi bidang longsor. Faktor keamanan dengan metode FEM melibatkan pengurangan nilai kohesi dan sudut geser tanah, menciptakan kegagalan terkontrol.

Gercek (2007) menjelaskan bahwa rasio Poisson adalah perbandingan perubahan lebar dan panjang pada benda elastis yang mengalami tekanan. Rasio Poisson digunakan dalam formulasi matematis dan simulasi numerik dengan elemen hingga. Rentang nilai rasio Poisson berkisar antara -1 hingga 0,5, menunjukkan penyusutan atau perluasan lateral saat ditarik. Pendekatan elemen hingga dalam analisis stabilitas lereng lebih fleksibel dibandingkan metode keseimbangan batas. Metode ini cocok untuk konfigurasi lereng kompleks dan lapisan tanah dalam 2 atau 3 dimensi.



Gambar 1. Kurva kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb

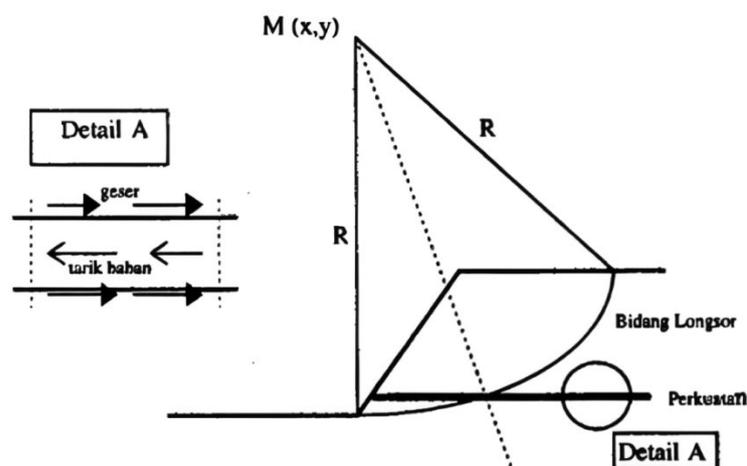
Garis kegagalan Mohr-Coulomb, yang dikenal sebagai Mohr-Coulomb *failure envelope*, menunjukkan sebuah garis lurus yang merupakan batas kondisi kestabilan untuk keruntuhan. Saat regangan berada di bawah garis tersebut, sistem dianggap stabil. Namun, keruntuhan terjadi ketika tegangan mencapai atau melewati garis keruntuhan Mohr-Coulomb.

Model Mohr-Coulomb melibatkan beberapa properti, yaitu sudut gesek (ϕ), kohesi (c), dan berat jenis tanah (γ). Modulus Young dan rasio Poisson juga memiliki dampak signifikan pada deformasi yang dihitung sebelum keruntuhan lereng, tapi pengaruh mereka

terhadap angka keamanan dalam analisis stabilitas lereng properti kecil.

Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan

Suryolelono (1993) menjelaskan bahwa konstruksi lereng yang menggunakan sistem perkuatan lereng memiliki kemampuan untuk menahan gaya yang dapat menyebabkan keruntuhan. Perkuatan tersebut terdiri dari bahan yang mampu menahan gaya geser dan tarik. Dalam Gambar (2), terlihat bahwa penggunaan bahan geotekstil dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam menahan gaya yang dapat memicu longsoran, terutama jika bahan tersebut terpotong oleh bidang longsor.



Gambar 2. Perlawanan perkuatan tanah terhadap gaya-gaya yang meruntuhkan

Hardiyatmo (2007) menjelaskan secara lebih spesifik bahwa faktor keamanan (SF) yang menggambarkan gaya penahan dan

gaya pemicu longsoran dapat dinyatakan dalam Pers. (1).

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d} \dots \dots \dots (1)$$

Di mana:

- τ = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah (kN)
- τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN)

Berdasarkan teori Mohr-Coulomb, nilai kekuatan geser (τ) yang terjadi pada bidang longsor tanah dapat diungkapkan dengan Pers. (2).

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \dots \dots \dots (2)$$

Di mana:

- c = kohesi (kN/m²)
- σ = tegangan normal (kN)
- φ = sudut gesek dalam tanah (°)

Persamaan (3) di bawah ini menggambarkan cara yang serupa dalam merumuskan persamaan tegangan geser (τ_d) pada bidang longsor akibat beban tanah dan beban tambahan lainnya.

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \varphi_d \dots \dots \dots (3)$$

Di mana:

- c_d = kohesi (kN/m²)
- φ_d = sudut gesek dalam yang bekerja sepanjang bidang longsor (°)

Terasing

Sukartaatmadja (2004) menjelaskan bahwa terasing adalah metode konservasi tanah dan air yang melibatkan pembentukan teras dengan menggali dan menimbun tanah pada lereng. Tujuannya adalah untuk mengurangi aliran permukaan dan meningkatkan penyerapan air, mengurangi erosi tanah, dan menjaga kelembaban lahan. Terasing diperlukan di daerah perbukitan untuk mencegah erosi, kehilangan lapisan tanah, dan penurunan ketersediaan air tanah. Berbagai jenis terasing digunakan, seperti teras datar, teras kredit, teras guludan, teras bangku, teras individu, dan teras kebun. Setiap jenis terasing memiliki kemiringan yang

berbeda dan memiliki fungsi yang beragam, termasuk meningkatkan stabilitas lereng, mempermudah perawatan, memperpanjang daerah resapan air, dan mengurangi aliran permukaan. Pembuatan teras harus mempertimbangkan kemiringan lahan dan luas teras yang diperlukan.

Geotekstil

ASTM D4439 (2020) menjelaskan bahwa geotekstil merupakan jenis geosintetik *permeable* yang terbuat dari bahan tekstil. Geotekstil digunakan dalam proyek geoteknik terkait fondasi, tanah, batuan, lereng, atau material lainnya. Ada tiga bentuk geotekstil: nir-anyam (*non-woven*), rajutan/anyaman (*woven*), dan komposit.

Robert (2005) mengategorikan fungsi-fungsi geotekstil sebagai pembatas, perkuatan, filtrasi, drainase, dan penahan. Sebagai perkuatan, geotekstil memperkuat material dengan gaya tarik.

Dalam analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil, penting untuk mempertimbangkan stabilitas lereng secara internal dan eksternal. Untuk mengestimasi koefisien tanah aktif, digunakanlah Pers. (4).

$$Ka = \tan^2 (45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \dots \dots \dots (4)$$

Di mana Ka adalah koefisien tanah aktif dan φ adalah sudut geser dalam derajat.

Tegangan horizontal tanah mengacu pada tegangan yang dihasilkan oleh pergerakan tanah secara horizontal. Untuk menghitung tekanan tanah, digunakanlah Pers. (5).

$$\sigma_{hc} = q \cdot ka - 2 \cdot c \sqrt{Ka} + Ka \cdot H \cdot \gamma \dots (5)$$

Di mana σ_{hc} merupakan tekanan tanah lateral (kN/m²), q merupakan beban merata (kN/m), H merupakan ketinggian lapisan tanah (m), dan γ merupakan berat volume tanah (kN/m³).

Selanjutnya, untuk menghitung jarak antara lapisan geotekstil, digunakan Pers. (6).

$$Sv = \frac{T_{all}}{\sigma_{hc} \cdot SF} \dots\dots\dots(6)$$

Di mana Sv merupakan jarak antar lapisan geotekstil (m), T_{all} merupakan kekuatan tarik izin geotekstil (kN/m), σ_{hc} merupakan tekanan tanah lateral (kN/m²), dan SF merupakan faktor keamanan.

Perhitungan stabilitas eksternal dilakukan dengan menggunakan Pers. (7).

$$\Sigma Pa = \frac{1}{2} H \cdot \gamma \cdot Ka + q \cdot H \cdot Ka \dots\dots\dots(7)$$

Di mana ΣPa merupakan total tekanan tanah aktif (kN/m), q merupakan beban merata (kN/m), H merupakan ketinggian lapisan tanah (m), γ merupakan berat jenis tanah (kN/m³), dan Ka merupakan koefisien tanah aktif.

Selanjutnya, untuk menghitung Stabilitas terhadap penggeseran, digunakan Pers. (8) dengan menggunakan SF sebesar 1,5. Tahanan geser pada dasar perkuatan.

$$Rh = \Sigma W \tan \varphi$$

$$= (LH\gamma + qL) \tan \left(\frac{2}{3}\varphi\right) \dots\dots\dots(8)$$

Lalu substitusikan Pers. (8) ke Pers. (9).

$$SF = \frac{\Sigma W \tan \varphi}{\Sigma Pa} \dots\dots\dots(9)$$

Di mana SF merupakan angka keamanan, L merupakan panjang geotekstil (m), Ka merupakan koefisien tekanan tanah aktif, γ merupakan berat volume tanah (kN/m³), q merupakan beban merata (kN/m³), H merupakan tinggi lereng (m), dan φ merupakan sudut geser.

Selanjutnya, dilakukan analisis kestabilan terhadap penggulingan. Untuk memperoleh momen penahan, kita merujuk pada Pers. (11), sementara momen penggerak dapat ditemukan pada Pers. (12). Selanjutnya, dilakukan substitusi Pers. (11) dan Pers. (12) sehingga terciptalah Pers. (13).

$$SF = \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Md} \dots\dots\dots(10)$$

$$\Sigma MR = 0,5L + (W + q \cdot L) \dots\dots\dots(11)$$

$$\Sigma MD = y \cdot Pa \dots\dots\dots(12)$$

$$y = \frac{\frac{H}{3} \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot Ka + \left(\frac{H}{2}\right) \cdot q \cdot H \cdot Ka}{\Sigma Pa} \dots\dots\dots(13)$$

Di mana Ka merupakan koefisien tanah aktif, W merupakan berat tanah, q merupakan beban merata (kN/m), H merupakan ketinggian lapisan tanah (m), Pa merupakan tekanan tanah aktif (kN/m), dan γ merupakan berat jenis tanah (kN/m³). Selanjutnya, dilakukan perhitungan terhadap jumlah gaya vertikal yang terjadi dengan menggunakan Pers. (13). Setelah diperoleh nilai total tegangan vertikal, dilakukan pengecekan terhadap stabilitas penggulingan menggunakan Pers. (15).

$$\Sigma V = \Sigma W + q \cdot L \dots\dots\dots(14)$$

$$e = \frac{\Sigma MD}{\Sigma V} \dots\dots\dots(15)$$

Di mana ΣV merupakan jumlah gaya vertikal, W merupakan jumlah berat tanah, q merupakan beban merata (kN/m), dan L merupakan panjang geotekstil (m). Setelah itu dilakukan perhitungan sesuai dengan Pers. (15) untuk memeriksa stabilitas terhadap penggulingan dengan menggunakan persyaratan $e < L/6$.

Metode Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Tahapan dimulai dengan data sekunder yang berasal dari parameter tanah di proyek pabrik daerah Kariangau. Data sekunder yang diperoleh mencakup berat isi tanah, kohesi tanah, dan sudut geser tanah.

Untuk melakukan pemodelan, digunakan fungsi *SLOPE/W* dari program *GeoStudio*. Program *GeoStudio* adalah sebuah aplikasi pemodelan geoteknik yang terintegrasi dengan fitur-fitur seperti *SLOPE/W*, *SEEP/W* + *SEEP3D*, *SIGMA/W*, *QUAKE/W*, *TEMP/W* + *TEMP3D*, *CTRAN/W* + *CTRAN3D*, *AIR/W* + *AIR3D*, dan *BUILD3D*. Setiap fitur ini memungkinkan pertukaran hasil antar fitur, memberikan fleksibilitas dalam menghadapi kompleksitas proyek.

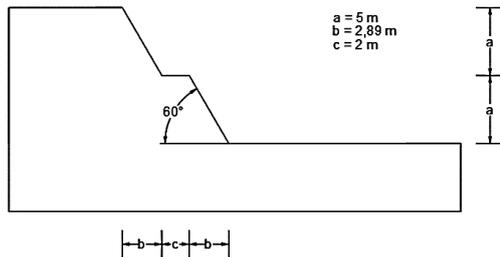
SLOPE/W digunakan untuk menghitung faktor keamanan dan kemiringan batuan,

termasuk analisis stabilitas lereng dengan berbagai metode kesetimbangan batas dan kondisi tekanan pori-air.

SLOPE/W memiliki beberapa metode faktor keamanan seperti Ordinary, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer, dan Vesic. Metode yang akan digunakan dalam penelitian menggunakan *SLOPE/W* ini adalah Metode Bishop.

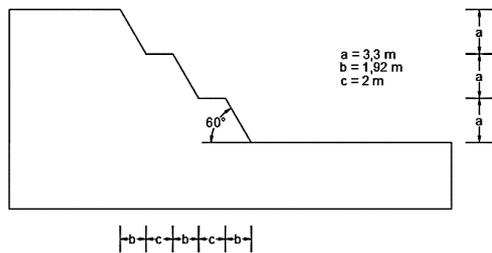
Pemodelan dilakukan dengan mempertimbangkan variasi tinggi dan jumlah *benching*. Variasi pemodelan lereng yang digunakan pada penelitian ini ditinjau dari penggunaan geotekstil dan jumlah *trap* yang memungkinkan dengan jarak antar *trap* adalah 2 m, yaitu 2, 3, 4, dan 5 *trap*, serta dengan sudut kemiringan lereng (α) sebesar 60° .

Gambar (3) merupakan ilustrasi dari lereng 2 *trap*.



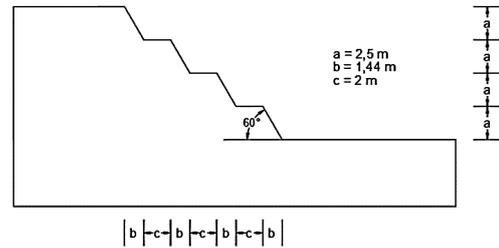
Gambar 3. Ilustrasi Lereng 2 *Trap*

Gambar (4) mengilustrasikan lereng 3 *trap*.



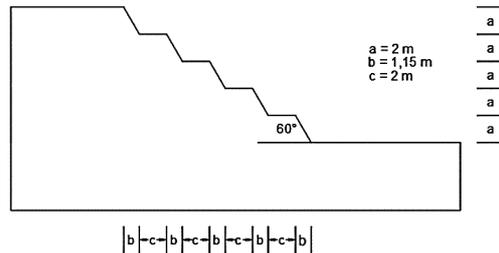
Gambar 4. Ilustrasi Lereng 3 *Trap*

Gambar (5) mengilustrasikan lereng 4 *trap*.



Gambar 5. Ilustrasi Lereng 4 *Trap*

Gambar (6) mengilustrasikan lereng 5 *trap*.



Gambar 6. Ilustrasi Lereng 5 *Trap*

Pada tahap pembahasan, hasil nilai angka keamanan (*safety factor*) terbesar pada setiap variasi lereng yang dianalisis akan dibahas. Selanjutnya, hasil analisis angka keamanan lereng akan disimpulkan berdasarkan klasifikasi Bowles.

Data Parameter Tanah

Data tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari parameter tanah proyek pabrik di Kariangau.

Data tersebut terdiri dari tiga jenis lapisan dengan rincian sebagai berikut: Lapisan 1 memiliki berat isi sebesar 19 kN/m^3 , kohesi sebesar 25 kN/m^2 , dan sudut geser sebesar 10° . Lapisan 2 memiliki berat isi sebesar $18,956 \text{ kN/m}^3$, kohesi sebesar $19,9 \text{ kN/m}^2$, dan sudut geser sebesar $62,4^\circ$. Sementara itu, lapisan 3 memiliki berat isi sebesar 13 kN/m^3 , kohesi sebesar 25 kN/m^2 , dan sudut geser sebesar 100° .

Data Geotekstil

Geotekstil yang digunakan pada penelitian ini adalah geotekstil komposit berjenis *Hibritex LP105*. Spesifikasi dari geotekstil jenis ini adalah:

- a. Kuat tarik (T_a) = 105 kN/m
- b. Perpanjangan (\mathcal{E}) = 10%

Berdasarkan kalkulasi, geotekstil akan dipasang secara *uniform* sepanjang 11 m dengan jarak antara geoteks sebesar 1 m.

Pemodelan

Pemodelan lereng dibantu dengan menggunakan program *GeoStudio* sesuai dengan data sekunder yang diterima.

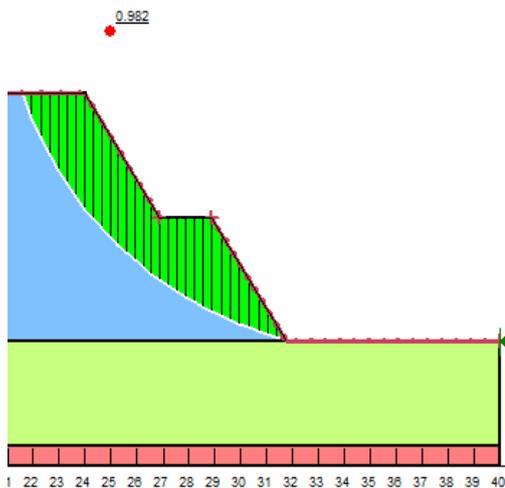
Pada pemodelan ini, perlu diperhatikan hasil angka keamanan yang dihasilkan, khususnya saat dibandingkan dengan variasi yang telah ditentukan seperti jumlah dan tinggi *benching*. Hal ini akan membantu dalam mengevaluasi kestabilan lereng dan mengidentifikasi variasi yang paling aman.

Hasil dari masing-masing variasi kemudian akan ditabulasikan dan dibuat menjadi grafik untuk melihat seberapa signifikan hasil dari variasi-variasi tersebut.

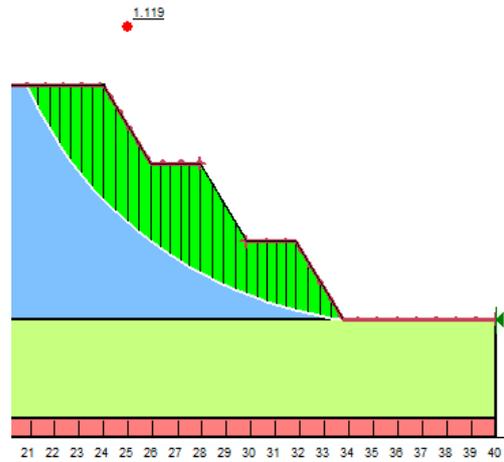
Hasil dan Pembahasan

Hasil Pemodelan Stuktur

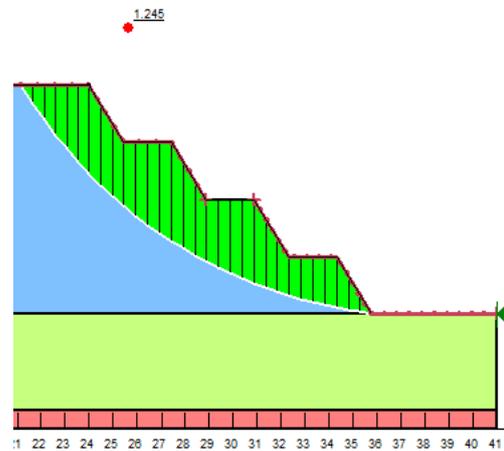
Angka keamanan terhadap kelongsoran yang diperoleh dari program *Slope/W GeoStudio* dapat dilihat pada Gambar (7) hingga Gambar (14).



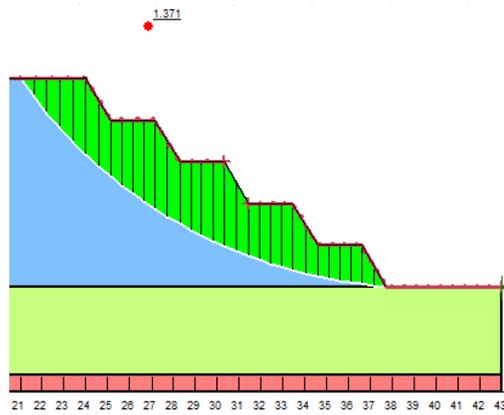
Gambar 7. Lereng 2 trap tanpa perkuatan



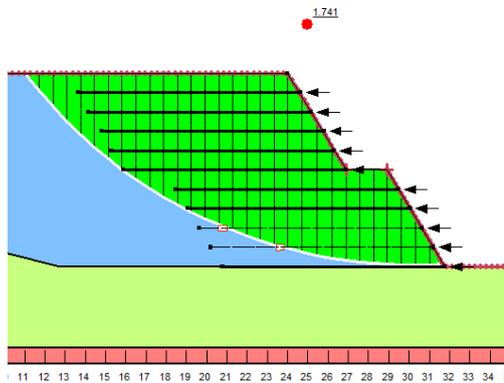
Gambar 8. Lereng 3 trap tanpa perkuatan



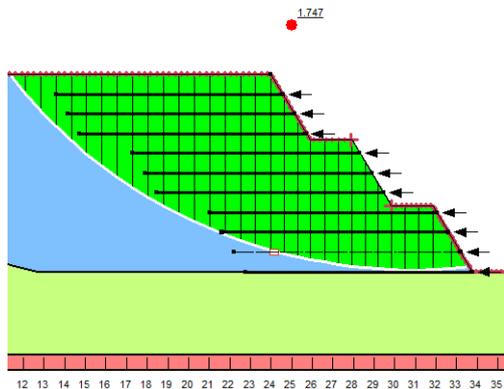
Gambar 9. Lereng 4 trap tanpa perkuatan



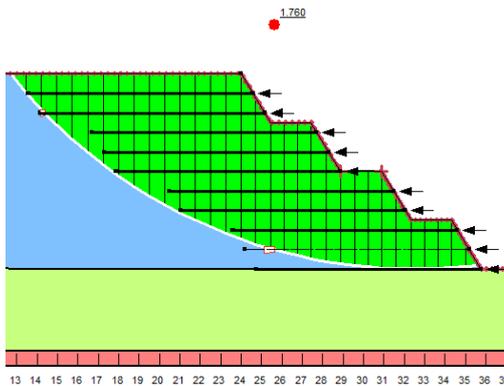
Gambar 10. Lereng 5 trap tanpa perkuatan



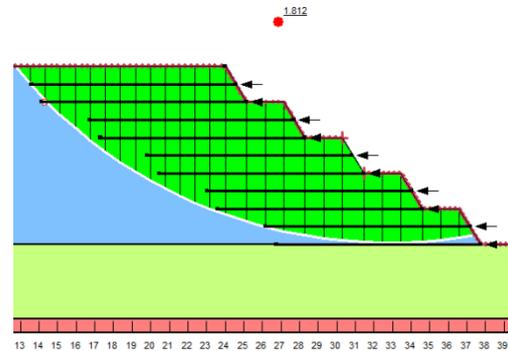
Gambar 11. Lereng 2 trap dengan perkuatan



Gambar 12. Lereng 3 trap dengan perkuatan



Gambar 13. Lereng 4 trap dengan perkuatan



Gambar 14. Lereng 5 trap dengan perkuatan

Hasil analisis stabilitas angka keamanan variasi disajikan pada Tabel (2).

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Lereng

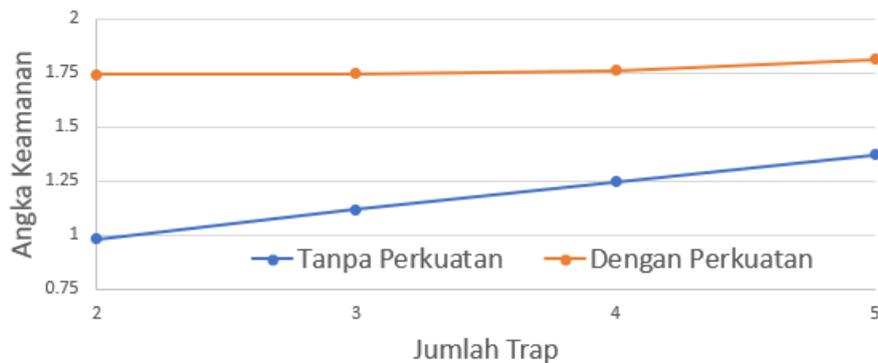
Jumlah Trap	Angka Keamanan	
	Tanpa Perkuatan	Dengan Perkuatan
2	0,982	1,741
3	1,119	1,747
4	1,245	1,76
5	1,371	1,812

Pembahasan

Analisis dilakukan dengan meninjau jumlah trap dan penggunaan geotekstil. Berdasarkan Tabel (2), nilai SF dipengaruhi oleh jumlah trap. Hal ini dikarenakan nilai SF akan meningkat saat ketinggian trap diperkecil.

Semakin banyak jumlah trap, maka akan semakin tinggi nilai SF. (Hernowo, 2016)

Hubungan antara jumlah trap dan penggunaan geotekstil dengan nilai SF dapat dilihat pada Gambar (15).



Gambar 15. Hubungan antara jumlah trap dan penggunaan geotekstil dengan nilai SF

Gambar (15) menunjukkan bahwa nilai SF mengalami peningkatan pada setiap penambahan jumlah trap, dan ini berlaku baik pada tinjauan tanpa perkuatan geotekstil maupun menggunakan perkuatan geotekstil.

Persentase peningkatan nilai SF terhadap variasi jumlah trap dapat dilihat pada Tabel (3).

Tabel 3. Persentase Peningkatan Nilai SF terhadap Variasi Jumlah Trap

Variasi Jumlah Trap	Persentase Peningkatan	
	Tanpa Perkuatan	Dengan Perkuatan
2 ke 3	13,95%	0,34%
3 ke 4	11,26%	0,74%
4 ke 5	10,12%	2,95%

Sementara itu, persentase peningkatan nilai SF setiap trap saat menggunakan geotekstil dibanding saat tidak menggunakannya dapat dilihat pada Tabel (4).

Tabel 4. Persentase Peningkatan Nilai SF Setiap Trap saat Menggunakan Perkuatan dengan yang Tidak

Jumlah Trap	Peningkatan dengan Perkuatan
2	77,29%
3	56,12%
4	41,37%
5	32,17%

Kesimpulan

Besarnya peningkatan nilai SF akibat pertambahan jumlah trap dari 2 trap ke 3

trap adalah 13,95%; 3 trap ke 4 trap adalah 11,26%; 4 trap ke 5 trap adalah 10,12%.

Besarnya peningkatan nilai SF akibat penggunaan geotekstil pada lereng 2 trap adalah 77,29%; lereng 3 trap adalah 56,12%; lereng 4 trap adalah 41,37%; lereng 5 trap adalah 32,17%.

Besarnya peningkatan nilai SF akibat pertambahan jumlah trap dan penggunaan geotekstil dari 2 trap ke 3 adalah 0,34%; 3 trap ke 4 trap adalah 0,74%; 4 trap ke 5 trap adalah 2,95%.

Daftar Pustaka

- Annisa, N. (2018). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Perencanaan Perkuatan Lereng menggunakan Geotekstil pada Bantaran Sungai Gajah Putih*. Yogyakarta, Indonesia: Universitas Islam Indonesia.
- Arief, S. (2007). *Dasar-Dasar Analisis Kestabilan Lereng*. Sorowako, Indonesia: PT INCO.
- Arsy, A. A. (2018). *Analisis Stabilitas Timbunan pada Konstruksi Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Fellenius (Studi Kasus: Proyek Jalan Tol Solo-Kertosono STA 4 +175)*. Yogyakarta, Indonesia: Universitas Islam Indonesia.
- ASTM D4439. (2020). *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*.
- Bowles, J. E. (1989). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. PT. Erlangga.
- Elias, V., Christopher, B. R., Berg, R. R., & Berg, R. R. (2001). *Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes: design and construction guidelines (updated version) (No. FHWA-NHI-00-043)*. Washington D.C., United States: Federal Highway Administration.
- Hardiyatmo, H.C. (2008). *Teknik Fondasi II*. Yogyakarta, Indonesia: Beta Offset.

- Hernowo, L. T., Djarwanti, N., & Surjandari, N. S. (2016). *Analisis Stabilitas Lereng dengan Terasering di Desa Sendangmulyo, Tirtomoyo, Wonogiri*. Surakarta, Indonesia: Universitas Sebelas Maret.
- Koerner, R. M. (2005). *Designing with geosynthetics (Vol. 796)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall.
- Mawardi & Afrizal, D. (2022). *Analisis Stabilitas Lereng Terasering Buatan dengan Metode Fenite Elemen*. Teknosia, 16(1), 39-50. <https://doi.org/10.33369/teknosia.v16i1.20414>.
- Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. (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 Pengairan. Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Pemerintah Kota Balikpapan. (n.d.). Diakses dari <https://web.balikipapan.go.id/detail/read/98>
- Sukartaatmadja, S. (2004). *Perencanaan dan Pelaksanaan Teknis Bangunan Pencegah Erosi*. Bogor, Indonesia: Institut Pertanian Bogor.
- Suryolelono, K. B. (2000). *Geosintetik Geoteknik (1 ed.)*. Yogyakarta, Indonesia: Nafitri.
- Suwarsa Putra, T., Wirya Ardana, M., & Aryati, M. (2012). *Analisis Stabilitas Lereng pada Badan Jalan dan Perencanaan Perkuatan Dinding Penahan Tanah*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil,