

Studi Numeris Perbaikan Stabilitas Lereng Menggunakan Geotekstil pada Lumbung Air di Kabupaten Gresik

Dary Malik¹⁾, Galuh Chrismaningwang¹⁾, Bambang Setiawan¹⁾, Fathoro Trimariat²⁾

¹⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jl. Ir. Sutami, No.36, Jebres, Surakarta; Telp. 0271-64665

²⁾ Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, Banaran, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo; Telp. 0271-716071

Email: darymalik464@gmail.com, galuh@staff.uns.ac.id, bambangsetiawan@staff.uns.ac.id, fathorotrimariat@pu.go.id

Abstrak

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang memiliki kemiringan terhadap bidang horizontal dari titik tinggi ke titik rendah. Pembentukan lereng dapat terjadi secara alami karena tanah longsor maupun campur tangan manusia. Stabilitas lereng merupakan kemampuan lereng dalam mempertahankan bentuknya untuk setimbang dan tidak mengalami pergerakan. Stabilitas pada lumbung air dipengaruhi oleh perubahan elevasi muka air lumbung yang berakibat pada perubahan kadar air tanah dan tekanan pada tanah. Salah satu metode perkuatan lereng adalah dengan geotekstil yang memiliki sifat ketahanan dalam tarik dan kemampuan untuk meningkatkan stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng dapat dilakukan dengan studi numeris menggunakan Program GeoStudio terhadap 5 metode berbeda. Berdasarkan hasil yang diperoleh stabilitas lereng kondisi eksisting tanpa perkuatan dengan pengaruh elevasi air dan beban gempa didapatkan nilai $SF < 1,25$ dan diklasifikasikan sebagai lereng tidak aman. Setelah merencanakan perkuatan geotekstil Hibritex LP 75/75 pada lereng dengan pengaruh yang sama diperoleh nilai faktor keamanan lebih dari 1,25 dan diklasifikasikan sebagai lereng aman.

Kata kunci: Stabilitas Lereng, Perkuatan Lereng, Geotekstil, Studi Numeris.

Abstract

A slope is a land surface that has a slope towards the horizontal from a high point to a low point. Slope construction can occur naturally due to landslides or human intervention. Slope stability is the ability of a slope to maintain its shape to balance and not movement. Stability in water reservoirs is influenced by changes in the water table elevation of the reservoir which results in changes in soil moisture content and soil pressure. One of the methods of slope reinforcement is with geotextiles which have tensile strength properties and the ability to improve slope stability. Slope stability analysis can be conducted by numerical study using GeoStudio Program with 5 different methods. The results showed that the slope stability of the existing condition without reinforcement under the influence of water elevation and seismic load was obtained $SF < 1,25$ and classified as an unsafe slope. After planning the reinforcement of Hibritex LP75/75 geotextile on the slope with the same influence, the safety factor value is more than 1,25 and is classified as a safe slope.

Keywords: Slope Stability, Slope Reinforcement, Geotextile, Numerical Study



Copyright © 2024 The Author(s)

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

1. PENDAHULUAN

Longsor dapat didefinisikan sebagai suatu pergerakan tanah secara horizontal maupun vertikal pada bidang miring lereng akibat perubahan tegangan geser massa tanah atau kuat geser tanah (Ganda & Roesyanto, 2012). Lereng juga dapat diartikan sebagai suatu permukaan tanah yang memiliki kemiringan yang memiliki kemiringan terhadap bidang

horizontal dan membentuk suatu sudut terhadap bidang horizontal (Das, 2014). Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena adanya longsor, erosi, dan peristiwa alam lainnya maupun terjadi karena adanya partisipasi manusia.

Di dalam dunia sipil terdapat banyak bangunan yang memiliki lereng, salah satunya adalah lumbung. Lumbung merupakan area yang

dirancang dengan fungsi sebagai penyimpanan air dalam skala besar. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh perkuatan geotekstil terhadap nilai stabilitas lereng pada salah satu lumbung di Kabupaten

Gresik. Lokasi lumbung dipilih dilatar belakangi oleh tidak maksimalnya fungsi lumbung akibat terjadinya kelongsoran pada beberapa titik terutama pada kolam penenang.



Gambar 1. Pembagian kolam pada lumbung

Lumbung yang ditinjau dalam penelitian ini dibagi kedalam 4 bagian, kolam penenang, lumbung 1, lumbung 2, dan lumbung 3. Pembangunan lumbung dimulai pada tahun 2013 dengan dibangunnya kolam penenang dan dilanjutkan dengan pembangunan lumbung 1, lumbung 2, dan lumbung 3 pada 2017 hingga 2019. Kerusakan pada lumbung diawali pada tahun Desember 2020, kemudian diperbaiki menggunakan trucuk kelapa dan terpal.

Kerusakan kembali terjadi pada Januari 2021 dan dilakukan perbaikan dengan cara yang sama. Pada Agustus 2021 kerusakan terjadi kembali, namun perbaikan dilakukan dengan trucuk bambu. September 2021 kerusakan kembali terjadi yaitu keretakan pada lining beton sebagai perkuatan dengan panjang 100 meter dan diperbaiki menggunakan *riprap* namun perbaikan tersebut tidak efektif dan terjadi kelongsoran kembali.



Gambar 2. Kelongsoran kolam penenang menggunakan *riprap*

Metode stabilisasi lereng yang dapat digunakan salah satunya adalah menggunakan geosintetik. Geosintetik merupakan produk planar yang terbuat dari polimer dan diaplikasikan pada

tanah, batuan, atau bahan terkait rekayasa geoteknik sebagai bagian tak terpisahkan dari proyek, struktur, atau bangunan konstruksi (Koerner, 2005). Geosintetik memiliki

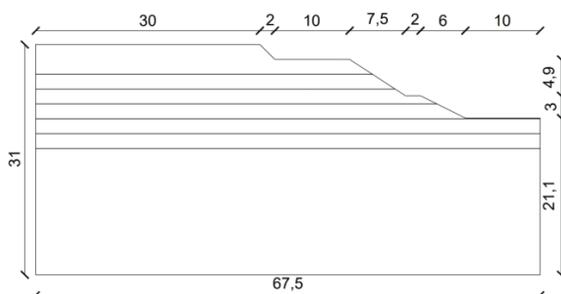
beberapa jenis yang digunakan sesuai dengan fungsinya, antara lain geotekstil, geogrid, geomembran dan lain sebagainya. Geosintetik memiliki sifat fisik, mekanik, hidrolik, ketahanan, dan degradasi yang dapat digunakan sebagai perkuatan tanah. Geosintetik memiliki kuat tarik yang dapat difungsikan sebagai penahan terjadinya kelongsoran. Menurut Suryolelono (2000), Geotekstil merupakan salah satu jenis material geosintetik yang mudah untuk dilewati air dan dapat didefinisikan sebagai material komposit yang terbuat dari serat alam seperti rami, kertas saring, papan kayu, serta bambu maupun serat sintetis.

2. METODE

Bahan dan Alat

Penelitian ini dalam melakukan analisis stabilitas lereng menggunakan *software* GeoStudio SEEP/W untuk memodelkan perubahan elevasi muka air pada lumbung dan melakukan analisis mengenai rembesan air pada lereng serta SLOPE/W untuk menghitung analisis stabilitas lereng pada lumbung. Perhitungan kebutuhan geotekstil pada penelitian ini menggunakan *software* Microsoft Excel.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang akan digunakan dalam analisis stabilitas lereng menggunakan studi numeris GeoStudio. Data sekunder berupa data tanah dan data pendukung lainnya yang digunakan didapatkan dari salah satu lumbung air di Kabupaten Gresik.



Gambar 3. Profil dan data tanah lereng

Perkuatan geosintetik yang digunakan dalam penelitian ini adalah geotekstil komposit (*composite geotextile*) Hibritex LP 75/75 yang didapatkan dari PT Tetrasa Geosinindo. Spesifikasi dan *reduction factor* perkuatan geotekstil ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Geotekstil Komposit Hibritex LP75/75 (PT Tetrasa Geosinindo, 2019)

Properties	Simbol	Unit	Nilai
Kuat Tarik	T_{ult}	kN/m	75
<i>Creep Reduction Factor</i>	RF_{CR}	-	2,0
<i>Installation Damage Reduction Factor</i>	RF_{ID}	-	1,1
<i>Durability Reduction Factor</i>	RF_D	-	1,0

Metode Penelitian

Penelitian ini membahas mengenai pengaruh perkuatan geotekstil sebagai perbaikan lereng pada kasus lumbung di Kabupaten Gresik dengan menggunakan studi numeris Program GeoStudio.

Pengolahan data dan analisis yang akan dilakukan menggunakan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Analisis stabilitas lereng pada lumbung dimodelkan dengan mempertimbangkan perubahan elevasi muka air (*rapid drawdown*) untuk menggambarkan fungsi lumbung air dan beban gempa yang terjadi untuk hasil penyelidikan pendekatan yang paling efisien dan memperoleh hasil yang tepat (Tran & Trinh, 2019). Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Penelitian diawali dengan studi literatur dan pengumpulan data sekunder berupa data tanah dan data profil lereng yang didapatkan dari salah satu lumbung air di Kabupaten Gresik serta perkuatan geotekstil.

Untuk melakukan pemodelan lereng, digunakan *coupled analysis* fungsi SEEP/W *steady state*, SEEP/W *transient*, dan SLOPE/W dari Program GeoStudio. SEEP/W *steady state* digunakan untuk menghitung rembesan air yang terjadi pada tanah lereng saat kondisi penuh (*initial conditions*) dan SEEP/W *transient* digunakan saat perubahan elevasi muka air lumbung (kondisi *rapid drawdown*).

SLOPE/W digunakan untuk menghitung nilai faktor keamanan dan *slip surface* dengan beberapa pendekatan *limit equilibrium method* atau metode kesetimbangan batas dan kondisi tekanan air tanah. Analisis stabilitas lereng pada penelitian ini dengan menggunakan fitur SLOPE/W pada program GeoStudio dengan beberapa metode yaitu, Metode Morgenstern-Price, Metode Spencer, Metode Janbu, Metode Bishop, dan Metode Ordinary untuk

membandingkan nilai faktor keamanan. Pemodelan SLOPE/W dilakukan dengan mempertimbangkan perubahan tekanan akibat perubahan elevasi muka air dengan *coupled analysis* SEEP/W, beban gempa, dan beban disposal tanah.

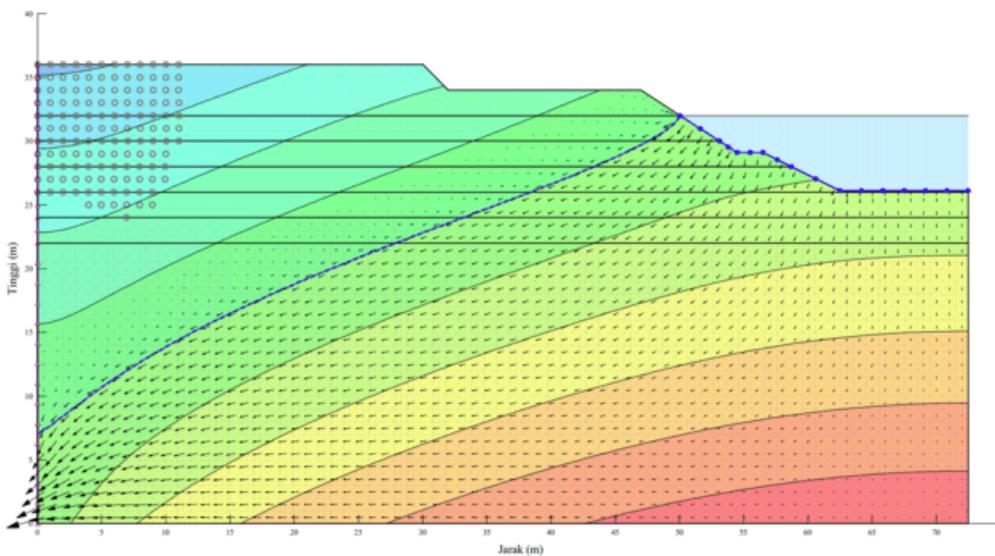
Pada penelitian ini dilakukan pemodelan dengan 2 kondisi, yaitu kondisi eksisting dimana lereng dimodelkan pada kondisi sebenarnya tanpa menggunakan perkuatan apapun dan kondisi kedua dengan diberi perkuatan geotekstil. Kebutuhan perkuatan geotekstil pada penelitian ini didasarkan pada Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan

Perkuatan Tanah dengan Geosintetik (Departemen Pekerjaan Umum, 2009).

Beban gempa yang ditinjau pada penelitian ini mengacu pada nilai koefisien horizontal (k_h) yang tercantum pada SNI 8460:2017 dengan nilai sebesar 0,5 dari nilai *Peak Ground Acceleration (PGA)* yang didapatkan dengan menggunakan Program RSA Ciptakarya 2019 dengan menentukan titik lokasi longsor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

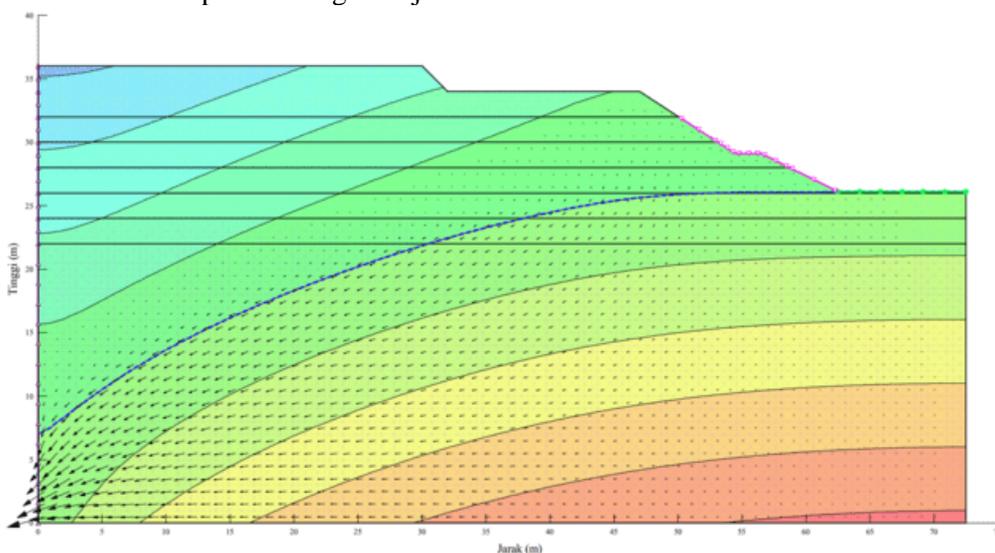
Penelitian ini diawali dengan memodelkan aliran rembesan air ketika elevasi muka air pada lumbung mendekati penuh (*initial conditions*).



Gambar 4. Rembesan air *initial conditions*

Gambar 5. menunjukkan aliran rembesan air *initial conditions*. Dari hasil analisis terlihat air bergerak ke arah tanah dibelakang lereng sehingga seluruh tanah pada lereng menjadi

jenuh. Pemodelan selanjutnya adalah kondisi perubahan elevasi muka air kondisi *rapid drawdown* dengan SEEP/W *transient*.

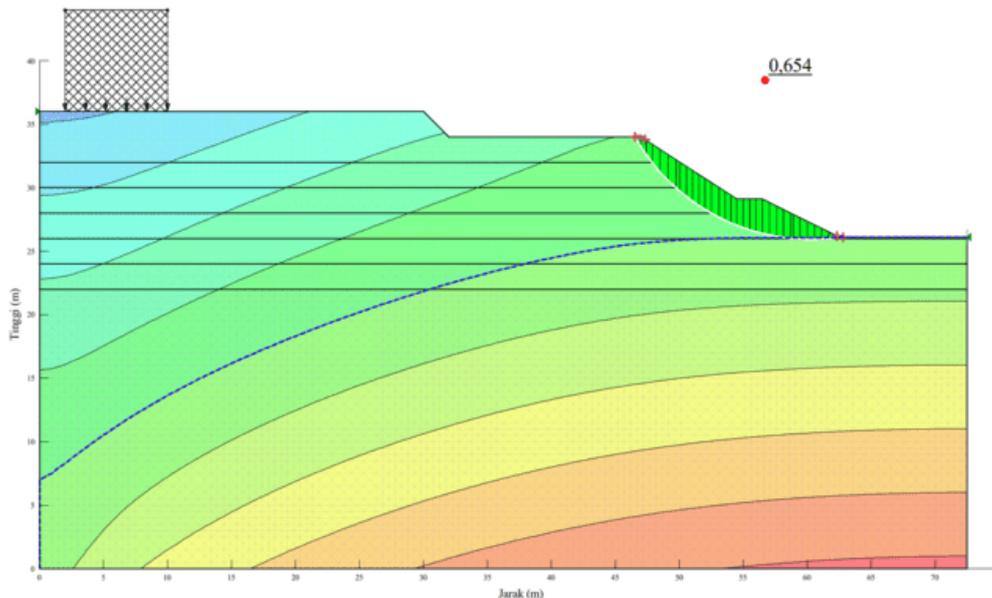


Gambar 5. Rembesan air *rapid drawdown*

Dari Gambar 6. terlihat bahwa ketika kondisi *rapid drawdown* rembesan air yang terjadi pada tanah lereng mengalami penurunan. Penurunan yang terjadi menyebabkan berkurangnya kadar air pada tanah dan perubahan tekanan air pada tanah lereng.

Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan Program GeoStudio *limit equilibrium method 5*

metode yaitu Ordinary, Janbu, Spencer, Morgenstern-Price, dan Bishop. Hasil analisis 5 metode kemudian dibandingkan dan dijadikan sebagai acuan dalam menentukan tingkat keamanan pada lereng. Pada penelitian ini analisis stabilitas lereng meninjau terjadinya perubahan kadar air, beban disposal tanah yang dimodelkan sebagai beban merata, dan beban gempa yang terjadi.



Gambar 6. Stabilitas lereng *limit equilibrium method*

Hasil analisis pada Gambar 7. menunjukkan bahwa bidang gelincir terjadi pada stabilitas internal dengan nilai *safety factor* kurang dari 1,25 atau dapat dikatakan lereng tidak stabil (Bowles, 1979). Besarnya nilai faktor keamanan lereng tanpa perkuatan dengan menggunakan 5 metode disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan

Metode	Nilai Faktor Keamanan
Bishop	0,654
Morgenstern-Price	0,648
Janbu	0,564
Ordinary	0,581
Spencer	0,652

Dari hasil analisis perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan stabilitas lereng. Pada penelitian ini digunakan geotekstil komposit Hibritex LP75/75 sebagai perkuatan.

Perencanaan kebutuhan perkuatan geotekstil pada penelitian ini didasarkan pada Pedoman yang telah dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum yaitu Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah menggunakan Geosintetik No. 003/BM/2009 (Departemen Pekerjaan Umum, 2009) serta penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu oleh Irfan dkk, (2023) dan (Bagaskara dkk, (2023). Pada penelitian ini perencanaan perkuatan dilakukan secara terpisah bagian atas dan bawah lereng karena lereng berbentuk terasering dengan ketinggian dan kemiringan lereng berbeda, sehingga perencanaan akan lebih akurat dan sesuai dengan pedoman yang ada. Perancangan kebutuhan geotekstil secara terpisah pada bagian atas dan bagian bawah mempertimbangkan beban yang mempengaruhi stabilitas pada lereng. Pada penelitian ini tanah bagian atas dianggap sebagai beban yang mempengaruhi stabilitas lereng pada bagian bawah. Beban disposal yang dianggap sebagai beban merata dan beban tanah di atas lereng

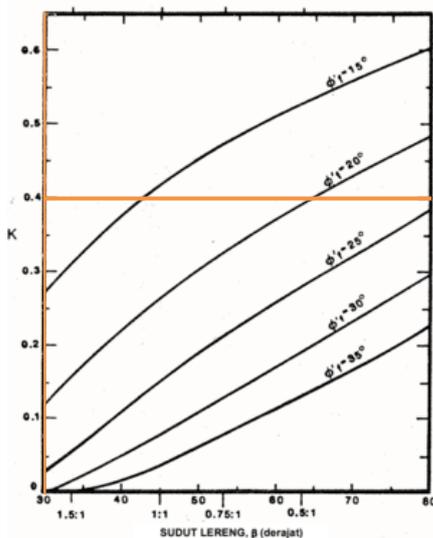
bagian atas dianggap sebagai beban yang mempengaruhi stabilitas lereng bagian atas.

Salah satu parameter geosintetik adalah Kuat tarik ijin rencana geotekstil (T_a) yang dapat didefinisikan sebagai kuat tarik maksimum dibagi dengan faktor reduksi yang mungkin terjadi di lapangan. Kuat tarik ijin rencana dihitung dengan Pers. (1).

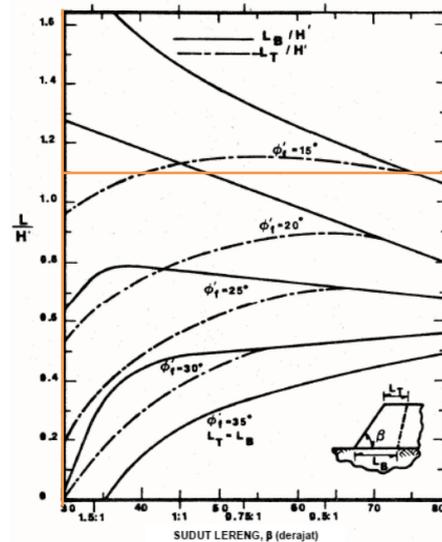
$$T_u = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} \times RF_{ID} \times RF_D} \quad (1)$$

Hasil perhitungan kuat tarik ijin rencana dengan *properties* geotekstil pada Tabel 1. didapatkan nilai 34,0909 kN/m.

Plotting yang dilakukan antara sudut kemiringan lereng dengan nilai sudut geser efektif (ϕ') berdasarkan Grafik Schmertmann yang ditunjukkan pada Gambar 7. dan Gambar 8. menyatakan hasil nilai K sebesar 0,4 serta nilai L/H' sebesar 1,1.



Gambar 7. Grafik Schmertmann Nilai K (Departemen Pekerjaan Umum, 2009)



Gambar 8. Grafik Schmertmann nilai L/H' (Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

Penentuan tinggi efektif lereng yang ditinjau (H') dapat dihitung dengan Pers. (2).

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

Beban q merupakan beban diatas lereng yang mempengaruhi stabilitas lereng. Pada penelitian ini tanah diatas lereng dianggap sebagai beban yang mempengaruhi stabilitas lereng. Dari hasil perhitungan didapat nilai tinggi efektif lereng (H') atas adalah 6,4657 meter dan lereng bawah adalah 7,1671 meter.

Nilai gaya kuat tarik maksimal yang terjadi pada lereng (T_{s-max}) diperlukan untuk menghitung kebutuhan lapisan geotekstil.

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

Nilai K pada persamaan didefinisikan sebagai koefisien yang diperoleh dari hasil plotting sudut kemiringan lereng dan sudut geser efektif tanah pada grafik Schmertmann. Nilai kuat tarik maksimum lereng yang terjadi pada bagian atas sebesar 155,6790 kN/m dan pada bagian bawah sebesar 193,9867 kN/m.

Untuk menentukan distribusi kekuatan tarik pada lereng apabila ketinggian lereng kurang dari 6 meter, maka asumsi perkuatan akan terdistribusi merata.

Jumlah lapisan minimum yang dibutuhkan lereng agar stabil didapatkan dari Pers. (4) berikut.

$$N = \frac{T_{s-max}}{T_a} \quad (4)$$

Dari hasil perhitungan didapatkan jumlah minimum kekuatan pada lereng atas adalah 5 dan pada lereng bawah adalah 6.

Pada penelitian ini hanya terdapat satu zona pada lereng atas dan bawah karena ketinggian lereng kurang dari 6 meter dan dilakukan analisis kebutuhan secara terpisah. Spasi vertikal kekuatan didapatkan dari Pers. (5).

$$Sv = \frac{H'}{N} \quad (5)$$

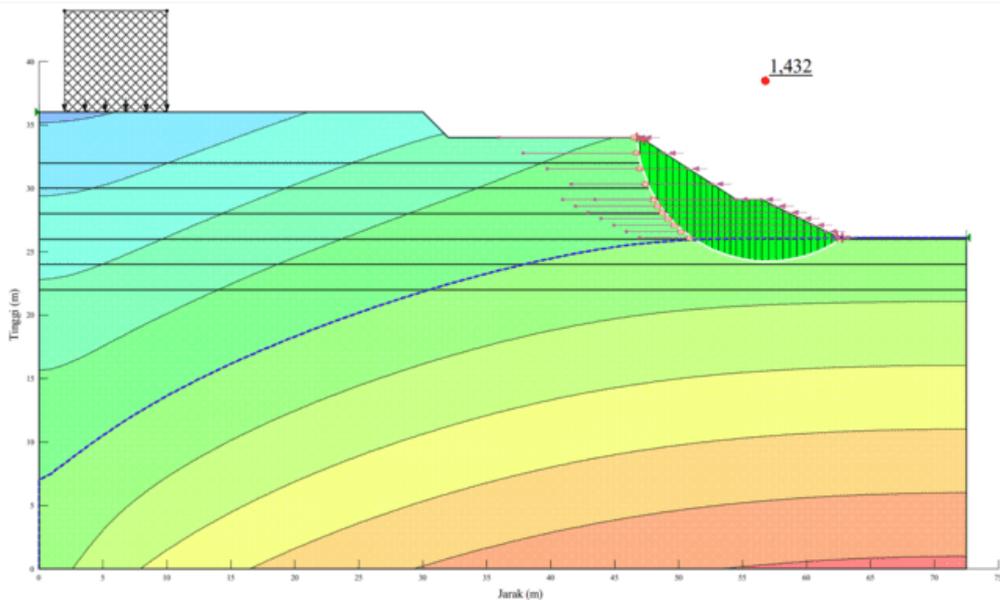
Dengan memperhitungkan jumlah minimum kekuatan dan ketinggian efektif lereng didapatkan spasi vertikal antar kekuatan pada lereng atas sebesar 0,98 meter dan pada lereng bawah sebesar 0,5 meter.

Perhitungan panjang penjangkaran kekuatan geotekstil yang digunakan diperoleh dengan menggunakan Pers. (6).

$$L = \frac{L}{H'} \times \left(H + \frac{q}{\gamma'} \right) \times SF \quad (5)$$

Dengan SF merupakan nilai *safety factor* rencana yang akan diperoleh setelah menggunakan kekuatan. Panjangnya geotekstil yang digunakan adalah 12,9199 pada bagian lereng atas dan 15,5844 meter pada bagian lereng bawah.

Spesifikasi kekuatan geotekstil, spasi vertikal, jumlah minimum, dan panjang penjangkaran kemudian dimodelkan pada lereng. Hasil analisis stabilitas lereng yang telah diperkuat menggunakan geotekstil komposit (*composite geotextile*) Hibritex LP 75/75 ditunjukkan pada Gambar 9. berikut.



Gambar 9. Hasil analisis stabilitas lereng kekuatan geotekstil

Gambar 9. menunjukkan hasil analisis stabilitas lereng yang telah diberi kekuatan geotekstil. Geotekstil yang diaplikasikan sebagai kekuatan memotong bidang gelincir untuk

menahan kelongsoran tanah. Rekapitulasi hasil analisis lereng dengan kekuatan geotekstil terlampir pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis stabilitas lereng dengan kekuatan geotekstil

Metode	Nilai Faktor Keamanan	Peningkatan
Bishop	1,432	118,9602%
Morgenstern-Price	1,433	121,1420%
Janbu	1,497	165,4225%
Ordinary	1,295	122, 8916%
Spencer	1,513	132,0552%

Tabel 3. menunjukkan terjadinya peningkatan nilai *safety factor* yang signifikan dengan diberinya perkuatan geotekstil pada lereng. Kuat tarik yang dimiliki oleh geotekstil yang diaplikasikan pada lereng memberikan tambahan momen penahan yang mencegah terjadinya longsor pada lereng. Dari hasil penelitian menggunakan 5 metode didapatkan kenaikan rata-rata sebesar 132,0949% dan seluruh nilai $SF > 1,25$, maka dapat diketahui bahwa geotekstil dengan acuan pedoman (Departemen Pekerjaan Umum, 2009) dapat digunakan dan efektif sebagai perkuatan stabilitas lereng.

4. SIMPULAN

Pemodelan lereng *coupled analysis* dengan mempertimbangkan kondisi perubahan elevasi muka air lumpung (*rapid drawdown*) mempengaruhi terhadap stabilitas lereng.

Hasil analisis dengan pertimbangan *rapid drawdown* dan beban gempa terhadap 5 metode didapatkan nilai *safety factor* rata-rata 0,6198 dan perlu dilakukan perbaikan.

Hasil analisis stabilitas lereng menggunakan Geotekstil Komposit Hibritex LP 75/75 berdasarkan pedoman (Departemen Pekerjaan Umum, 2009) dengan 5 metode didapatkan rata-rata nilai *safety factor* 1,434 atau mengalami peningkatan sebesar 132,0949% dan seluruh metode memenuhi batas aman dengan $SF > 1,25$.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada civitas akademik Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret dan seluruh pihak yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. www.bsn.go.id
- Bagaskara, I. Z., Chrismaningwang, G., & Dananjaya, R. H. (2023). *Studi Pengaruh Variasi Jumlah dan Tinggi Benching Terhadap Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan GeoStudio*.
- Bowles, J. E. (1979). *Physical and Geotechnical Properties of Soils*.
- Das, B. M. (2014). *Principles of geotechnical engineering* (Vol. 8).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2009). *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*.
- Ganda, I., & Roesyanto. (2012). *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Perkuatan Geogrid*.
- Irfan, M., Chrismaningwang, G., & Ardhana, P. (2023). *Studi pengaruh kemiringan sudut terhadap angka keamanan lereng dengan perkuatan geotekstil*. 3(1), 323.
- Koerner, R. M. (2005). *Designing with geosynthetics* (Vol. 5). Pearson Prentice Hall.
- PT Tetrasa Geosinindo. (2019). *Product Guide and Application*.
- Tran, T. V., & Trinh, M. T. (2019). Coupled and uncoupled approaches for the estimation of 1-D heave in expansive soils due to transient rainfall infiltration: A case study in central Vietnam. *International Journal of GEOMATE*, 17(64), 152–157. <https://doi.org/10.21660/2019.64.11778>