# Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Matras dan Cerucuk Bambu pada Projek X

**Musyaffa Esa Cahya[1], Intan Juliana[2], Yelvi[3], Putera Agung Maha Agung[4,*], Aldo Wirastana Adinegara[5], Sony Pramusandi[6],Muhammad Fathur Rouf Hasan[7], Rahmat Faizal[8]**

[1,2,3,4,5,6]Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Depok 16425, Indonesia
[7]Sekolah Pascasarjana, Universitas Brawijaya, Malang, 65145, Indonesia
[8]Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, 77123, Indonesia
e-mail: *putera.agungmagung@sipil.pnj.ac.id

Received 29 Juli 2025; Reviewed 10 Oktober 2025; Accepted 13 Oktober 2025
Journal Homepage: http://jurnal.ubt.ac.id/index.php/bejts
Doi : https://doi.org/10.35334/be.v9i3.336

**Abstract**

*The construction of PT. X's depot in Langsa City, Aceh, is located on soft clay soil which requires slope stability analysis for the embankment. This study aims to analyze slope stability using bamboo mattresses and piles as reinforcement to improve the safety factor. The analysis was conducted through manual calculations (Bishop's method) and GeoStudio software using Bishop's method, under both static conditions and seismic influence (pseudostatic approach with a horizontal seismic coefficient (kh) = 0.18). Manual calculation results showed that the unreinforced slope had a safety factor (SF) of 1.2047 < 1.25 (unstable), which decreased to 0.7615 < 1.1 (unstable) under seismic load. The GeoStudio software analysis results indicated that the unreinforced slope had an SF of 1.328 > 1.25 (stable) but dropped to 0.915 < 1.1 (unstable) under seismic load. The use of 1-4 layers of bamboo piles and mattresses increased the SF to 1.548-1.66 without seismic influence. Under seismic conditions, the SF of the slope reinforced with 1-4 layers of bamboo piles and mattresses improved to 1.246-1.371, making the slope stable during earthquakes (SF ≥ 1.1).*

***Keywords:*** *Bamboo, Bishop, GeoStudio, Safety Factor, Slope Stability*

**Abstrak**

*Pembangunan Depo PT. X di Kota Langsa, Aceh, berada pada tanah lempung lunak yang memerlukan analisis stabilitas lereng timbunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng menggunakan matras dan cerucuk bambu sebagai perkuatan untuk meningkatkan faktor keamanan. Analisis dilakukan dengan perhitungan manual (metode Bishop) dan perangkat lunak GeoStudio menggunakan metode Bishop, baik dalam kondisi statis maupun pengaruh gempa (pendekatan pseudostatik dengan koefisien gempa horizontal (kh) = 0,18). Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa lereng tanpa perkuatan memiliki faktor keamanan (FK) 1,2047 < 1,25 (tidak stabil) dan turun menjadi 0,7615 < 1,1 (tidak stabil) saat terkena beban gempa. Hasil analisis perangkat lunak GeoStudio menunjukkan bahwa lereng tanpa perkuatan memiliki FK 1,328 > 1,25 (stabil) tetapi turun menjadi 0,915 < 1,1 (tidak stabil) saat terkena beban gempa. Penggunaan cerucuk dan matras bambu 1-4 lapis meningkatkan FK hingga 1,548-1,66 tanpa pengaruh gempa.*

*FK lereng dengan penggunaan cerucuk dan matras bambu 1-4 lapis dengan pengaruh gempa meningkat hingga 1,246-1,371 sehingga lereng tergolong stabil saat gempa (FK ≥ 1,1).*

**Kata kunci**: *Bambu, Bishop, Faktor Keamanan, GeoStudio, Stabilitas Lereng*

# 1. Pendahuluan

Tanah lunak merupakan salah satu tantangan besar dalam dunia konstruksi karena memiliki sifat-sifat yang tidak menguntungkan, seperti daya dukung rendah, kuat tekan rendah, dan kuat geser rendah (Firdiansyah, 2019). Hal ini menyebabkan daerah dengan tanah lunak sering dihindari untuk pembangunan infrastruktur. Seiring perkembangan teknologi, berbagai metode perbaikan tanah telah dikembangkan untuk mengatasi masalah ini, termasuk penggantian tanah lunak dengan material yang lebih baik, penggunaan pondasi dalam, atau penambahan material penguat. Meskipun demikian, pemilihan teknik yang tepat tetap menjadi kunci keberhasilan konstruksi di atas tanah lunak.

Masalah dalam penelitian ini difokuskan pada kestabilan lereng tanah timbunan di area depo projek PT. X Kota Langsa, Provinsi Aceh, yang dibangun di atas tanah lempung lunak. Stabilitas lereng berkaitan dengan pergerakan tanah, yaitu perpindahan massa tanah secara alami dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah (Prasetyo et al., 2017). Fokus utama yang diteliti adalah penggunaan matras dan cerucuk bambu sebagai metode perkuatan tanah, serta pengaruh jumlah lapisan matras bambu terhadap nilai faktor keamanan (*safety factor*). Matras dan cerucuk bambu digunakan sebagai metode perkuatan tanah lunak. Cerucuk bambu terdiri dari tiga batang bambu berdiameter 10 cm yang dipancangkan vertikal ke dalam tanah, sementara matras bambu diletakkan di atasnya dengan jumlah lapisan yang divariasikan. Penelitian ini menggunakan pemodelan melalui perangkat lunak Geostudio untuk menganalisis kestabilan lereng dan faktor keamanan.

Bangunan revetment dengan struktur cerucuk matras bambu memberikan kestabilan dari kelongsoran dan kegagalan daya dukung (Abdurrahman et al., 2024) pada penelitian yang dilakukan oleh Umar. Cerucuk bambu berfungsi sebagai tiang gesek dan matras bambu berfungsi untuk mendistribusikan beban timbunan secara merata, mengubah permukaan keruntuhan kritis, serta memberikan tekanan apung ke atas (Irsyam et al., 2008). Penggunaan matras bambu memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan daya dukung tanah (Ready et al., 2020) pada penelitian yang dilakukan oleh Krisnamurti. Pada penelitian yang disebut sebelumnya parameter dari bambu tidak ditentukan secara pengujian langsung. Dalam penelitian yang akan dilakukan, bambu akan dilakukan pengujian tarik sejajar serat untuk mendapatkan nilai modulus elastisitasnya. Dengan dilakukan pengujian bambu, hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan matras dan cerucuk bambu akan menghasilkan hasil yang lebih asli.

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan, penelitian ini akan menganalisis perbandingan kestabilan lereng tanah timbunan di area depo projek PT. X tanpa perkuatan dan dengan perkuatan matras dan cerucuk bambu, serta mengkaji pengaruh jumlah lapisan matras bambu terhadap nilai faktor keamanan. Selain itu, analisis stabilitas lereng juga termasuk sebagai persyaratan wajib yang harus dicantumkan dalam laporan investigasi geoteknik terkait risiko gempa (SNI 1726: 2012).

# 2. Metode Penelitian

## 2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian berlokasi di Proyek Pembangunan Depo PT. X yang berlokasi di Jalan Medan Banda Aceh, Sungai Lueng, Kecamatan Langsa Timur, Kota Langsa, Aceh dengan total luas lahan sekitar 23.000 m². Lokasi lereng timbunan yang ditinjau berada pada sisi barat timbunan tanah yang diatasnya akan dibangun gudang. Penelitian ini menggunakan data tanah yang dilakukan dengan dua metode pengujian, yaitu Cone Penetration Test (CPT) dan Standard Penetration Test

(SPT). Pada sisi utara dan selatan area penelitian berbatasan dengan permukiman penduduk dan kebun warga. Oleh karena itu, analisis stabilitas lereng perlu dilakukan untuk memprediksi apakah lereng tersebut dianggap aman dari risiko longsor atau berpotensi rawan longsor sehingga memerlukan perkuatan. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

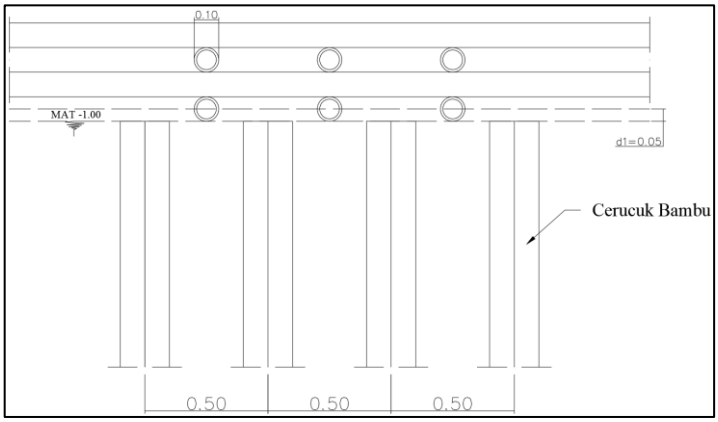



**Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Titik Pengujian Tanah**
Sumber: Data Olahan Peneliti

## 2.2 Cerucuk dan Matras Bambu

Cerucuk bambu terdiri dari tiga batang bambu berdiameter 8 - 15 cm yang dipancangkan vertikal ke dalam tanah, sementara matras bambu diletakkan di atasnya dengan jumlah lapisan yang divariasikan. Cerucuk dan matras bambu pada software GeoStudio dimodelkan sebagai Structural Beam dan Structural (Pile). Konfigurasi cerucuk dan matras bambu dapat dilihat pada Gambar 2.

Parameter bambu yang akan diinput pada software GeoStudio bersumber dari pengujian langsung dan analisis numerik. Pengujian pada bambu yang dilakukan yaitu pengujian tarik bambu sesuai dengan SNI 03-3399-1994 tentang Metode Pengujian Tarik Sejajar Serat pada Kayu. Jumlah benda uji yang disyaratkan tidak boleh kurang dari 5 buah untuk satu jenis kayu (SNI 03-3399-1994). Hasil yang akan digunakan pada pengujian tarik bambu yaitu nilai modulus elastisitas bambu. Selain modulus elastisitas, parameter lainnya yang akan dimasukkan pada software GeoStudio yaitu luas penampang, momen inersia, gaya gesek, dan jarak antar bambu.




**Gambar 2. Sketsa Konfigurasi Cerucuk dan Matras Bambu 4 Lapis**
Sumber: Data Olahan Peneliti

### 2.3 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng dilakukan berdasarkan keseimbangan batas terhadap gaya-gaya yang dapat menyebabkan keruntuhan lereng dengan nilai faktor keamanan kritis (Mulyanto, 2022) yang diperoleh dengan membandingkan tegangan geser tanah dan tegangan normal pada kondisi kritis, bukan hanya pada kondisi maksimum sesuai dengan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (Hamdhan & Pratiwi, 2017).

$$\tau = c + \sigma \, tan\phi \tag{1}$$

Dimana $\tau$ merupakan tegangan geser tanah, $c$ merupakan kohesi tanah, $\sigma$ merupakan tegangan normal tanah, $\phi$ merupakan sudut gesek dalam tanah.

Analisis stabilitas lereng timbunan menggunakan perhitungan manual metode Bishop diawali dengan penentuan titik pusat longsor. Metode Bishop digunakan dalam analisis stabilitas lereng karena memperhitungkan pengaruh tekanan air pori dalam perhitungan faktor keamanan. Dengan memperhitungkan tekanan air pori, metode ini dapat lebih akurat memprediksi stabilitas lereng pada kondisi tanah jenuh air atau di area dengan muka air tanah tinggi. Berdasarkan data perencanaan dengan rasio lereng 1V:1H, diperoleh pusat rotasi longsoran (O) yang memiliki jari-jari sebesar 5,6 meter, dilanjutkan dilakukan pembagian bidang longsor menjadi beberapa irisan sesuai Gambar 4, dengan total 21 irisan. Dalam perhitungan menggunakan metode Bishop, nilai faktor keamanan dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{FS} = \frac{\sum_{n=1}^{n=p}(c.b_n + (W_n - u_n.b_n)tan\phi)\frac{1}{m_{a_n}}}{\sum_{n=1}^{n=p} w_n.sin\theta_n} \tag{2}$$

saat dengan pengaruh gempa, yaitu:

$$\text{FS} = \frac{cl_{ab} + [(W - F_v)cos\beta - F_h sin\beta]tan\phi}{(W - F_v)sin\beta + F_h cos\beta} \tag{3}$$

Dimana FS merupakan faktor keamanan lereng, $c$ merupakan kohesi tanah (kN/m$^2$), $b_n/l_{ab}$ merupakan Lebar irisan (m), $\phi$ merupakan sudut gesek dalam tanah (°), $W/Wn$ merupakan berat irisan tanah (kN/m), $\theta/\beta$ merupakan sudut yang didefinisan (°), $u_n$ merupakan tekanan air pori (kN/m$^2$), $F_h$ merupakan Gaya horizontal (kN/m).

Koefisien gempa horizontal dapat ditentukan dengan persamaan berikut(Fakhrudin Shobari et al., 2019):

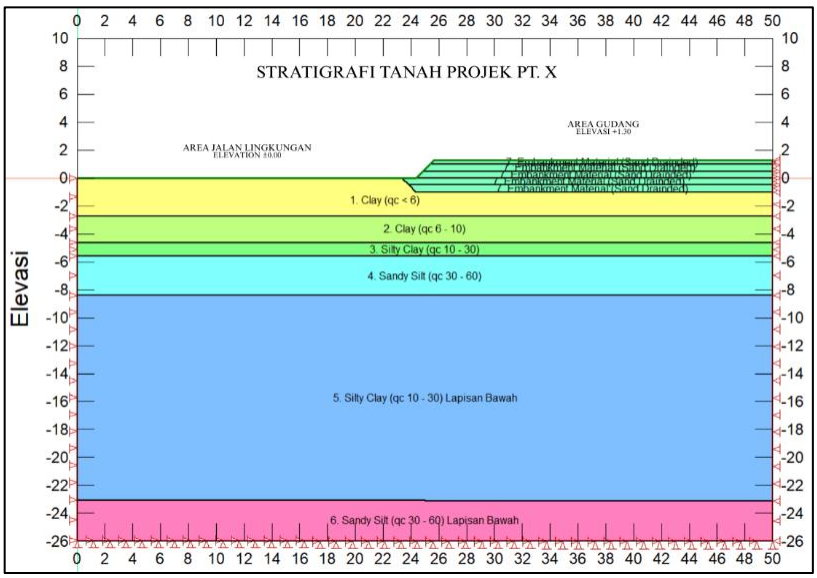
$$k_h = 0{,}5 \times PGA_m \tag{4}$$

$$PGA_m = F_{PGA} \times PGA \tag{5}$$

Dimana $k_h$ merupakan koefisien gempa horizontal, $PGA_m$ merupakan percepatan puncak di permukaan tanah, $F_{PGA}$ merupakan koefisien situs, $PGA$ merupakan percepatan gempa puncak.

Analisis stabilitas lereng timbunan menggunakan GeoStudio 2023 dimulai dengan membuat permodelan yang merepresentasikan kondisi lapangan. Data pemetaan dan hasil penyelidikan tanah digunakan untuk menginput parameter material yang sesuai ke dalam aplikasi, sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 3. Setelah dilakukan permodelan, dilakukan analisis terhadap pengaruh beban rencana pada lereng dengan analisis *SLOPE/W*. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk menentukan nilai prediksi faktor keamanan lereng yang ditinjau. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap dampak penggunaan cerucuk dan matras bambu pada *Key/In SIGMA/W* dan kemudian dilanjutkan dengan *Key/In SLOPE/W*. Penelitian ini, dilakukan dengan analisis secara

manual metode Bishop dan menggunakan aplikasi GeoStudio 2023. Analisis stabilitas lereng tanah timbunan dengan perkuatan cerucuk dan matras bambu hanya dilakukan dengan menggunakan software GeoStudio.




**Gambar 3. Permodelan Stratigrafi Tanah pada Area Penelitian**
Sumber: GeoStudio 2023

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Parameter Tanah

Parameter tanah pada penelitian ini ditentukan melalui korelasi data hasil penyelidikan lapangan, meliputi uji CPT, SPT, dan analisis laboratorium. CPT merupakan metode pengujian lapangan yang menyediakan data *sounding* bawah permukaan yang andal, kontinu dan dalam kondisi *in-situ(Agung, et al., 2023)*. SPT umumnya digunakan untuk memperkirakan sifat-sifat tanah seperti kekuatan geser, daya dukung, dan penurunan. Data diperoleh hingga kedalaman 26 meter dengan karakteristik tujuh lapisan tanah yang diklasifikasikan berdasarkan nilai qc tanah. Penampang tanah yang dianalisis dimulai dari sisi terluar barat, kemudian melewati titik-titik pengujian CPT S7, S6, S4, dan BOR. Korelasi parameter tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

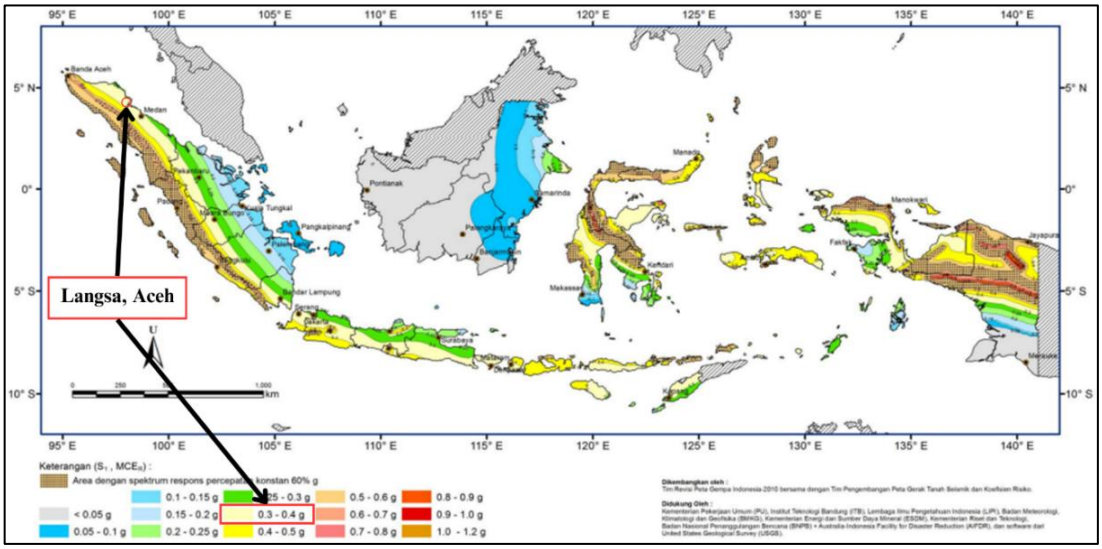
**Tabel 1. Parameter Tanah**

| Parameter | Clay | Clay | Silty Clay | Sandy Silt | Silty Clay (lapisan bawah) | Sandy Silt (lapisan bawah) | Pasir Timbunan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| qc | 0 – 6 | 6 – 10 | 10 – 30 | 30 – 60 | 10 – 30 | 30 - 60 | |
| Model | Mohr-coulomb | Mohr-coulomb | Mohr-coulomb | Mohr-coulomb | Mohr-coulomb | Mohr-coulomb | Mohr-coulomb |
| γ | 17,12 | 17,36 | 17,85 | 18,74 | 17,90 | 18,74 | 17,50 |
| k | 1,00E-09 | 1,00E-09 | 1,00E-08 | 1,00E-06 | 1,00E-08 | 1,00E-06 | 1,00E-02 |
| E | 5.000 | 15.000 | 24.000 | 10.000 | 24.000 | 10.000 | 100.000 |
| υ | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| c | 3 | 4 | 5 | 10 | 5 | 10 | 3 |
| ϕ | 17,00 | 18,00 | 20,00 | 26,00 | 17,00 | 26,00 | 36,00 |

### 3.2 Pembebanan

Perhitungan pembebanan untuk analisis stabilitas lereng mempertimbangkan dua jenis beban: beban saat konstruksi dan beban seismik. Pada masa konstruksi projek PT. X, permukaan

tanah baik pada timbunan tanah untuk depo maupun pada tanah eksiting akan dilalui oleh alat berat yang digunakan untuk bekerja. Alat berat yang direncanakan yaitu alat berat dengan jenis eskavator PC-200 yang memiliki ground pressure 40,4 kPa atau setara dengan 40,207 kN/m$^2$.




**Gambar 4 Peta Gempa Maksimum**
Sumber: SNI 1726:2012

Peta percepatan gempa menunjukkan nilai Peak Ground Acceleration (PGA) untuk kelas situs tanah lunak (SE). Di lokasi Langsa, nilai PGA berada pada kisaran 0,3–0,4 g, dengan koefisien PGA yang digunakan sebesar 0,4 g untuk perencanaan. Koefisien situs ($F_{PGA}$) untuk wilayah penelitian termasuk kategori tanah lunak, sehingga nilai FPGA ditetapkan sebesar 0,9. Percepatan puncak di permukaan tanah ($PGA_m$) dapat ditentukan dengan mengalikan PGA dan $F_{PGA}$ menghasilkan PGAm sebesar 0,36 g. Untuk menentukan koefisien gempa horizontal ($k_h$) dapat dilakukan dengan mengalikan $PGA_m$ dengan 0,5, menghasilkan $k_h$ sebesar 0,18.

### 3.2 Pengujian dan Parameter Bambu

Kuat tarik batang bambu sangat bergantung pada bagian yang digunakan, di mana bagian pangkal menunjukkan kemampuan menahan beban tarik yang lebih tinggi 12% dibandingkan bagian ujung(Eratodi, 2017). Kekuatan dan ketahanan/kekakuan suatu material untuk menahan perubahan bentuk atau deformasi saat menerima gaya luar dikenal sebagai sifat mekaniknya(Shmulsky & Jones, 2019). Kekuatan bahan merupakan kemampuan suatu bahan dalam memikul beban atau gaya. Ketahanan bahan merupakan kemampuan suatu material untuk mempertahankan bentuk dan dimensinya ketika menerima gaya eksternal yang dapat menyebabkan deformasi. Pengujian bambu dilakukan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas bambu. Hasil pengujian tarik bambu dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Pengujian Bambu**

| No | Ukuran (mm) | | Beban Maksimum (N) | Kuat Tarik (N/mm$^2$) | Panjang Awal Sampel (mm) | Perubahan Panjang Sampel (mm) | Regangan (%) | Modulus Elastisitas | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | b | h | | | | | | N/mm$^2$ | kN/m$^2$ |
| 1 | 10 | 8 | 5165,476 | 64,568 | 460 | 0,81 | 0,18% | 36668,505 | 36668505,08 |
| 2 | 10 | 8 | 7087,113 | 88,589 | 460 | 2 | 0,43% | 20375,450 | 20375449,79 |
| 3 | 10 | 8 | 11000,041 | 137,501 | 460 | 4 | 0,87% | 15812,559 | 15812558,72 |

| No | Ukuran (mm) | | Beban Maksimum (N) | Kuat Tarik ($N/mm^2$) | Panjang Awal Sampel (mm) | Perubahan Panjang Sampel (mm) | Regangan (%) | Modulus Elastisitas | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | b | h | | | | | | $N/mm^2$ | $kN/m^2$ |
| 4 | 10 | 8 | 13000,048 | 162,501 | 460 | 5 | 1,09% | 14950,056 | 14950055,52 |
| 5 | 10 | 8 | 10000,037 | 125,000 | 460 | 3 | 0,65% | 19166,738 | 19166737,85 |
| 6 | 10 | 8 | 11000,041 | 137,501 | 460 | 4 | 0,87% | 15812,559 | 15812558,72 |

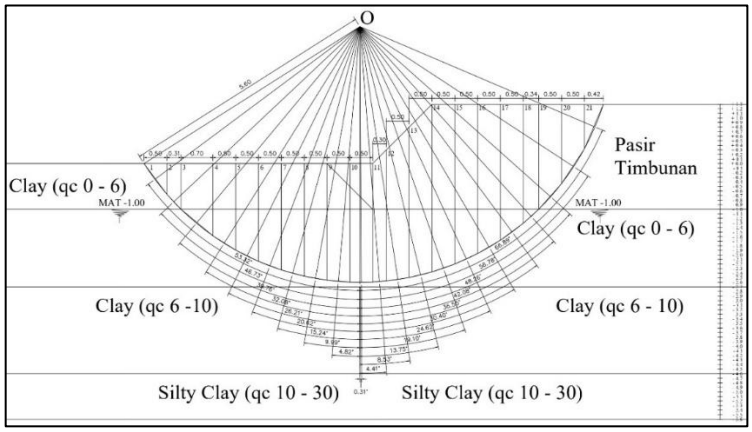
Berdasarkan hasil dari pengujian kuat tarik bambu pada Tabel 2, didapatkan modulus elastsitas sebesar 14.950.055,52 $kN/m^2$ – 36.668.505,08 $kN/m^2$. Penelitian yang dilakukan oleh Hudaya dalam penggunaan bambu untuk meningkatkan daya dukung tanah, menggunakan modulus elastisitas bambu sebesar 8.559.244,12 $kN/m^2$ – 30.774.248,365 $kN/m^2$(Hudaya & Swanandhia, 2022). Irsyam dalam penelitiannya terkait penggunaan matras bambu terhadap daya dukung tanah menggunakan modulus elastisitas bambu sebesar 9.000.000 $kN/m^2$(Irsyam, 2014). Berdasarkan hasil dari pengujian tarik bambu dan penyesuaian dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, modulus elastisitas yang bambu yang digunakan sebesar 15.000.000 $kN/m^2$. Parameter bambu lainnya yang akan dimasukkan pada software GeoStudio dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Parameter Bambu**

| Parameter | Cerucuk | Matras |
|---|---|---|
| SIGMA/W | Structural Beam | |
| SLOPE/W | Reinforcement (Pile) | - |
| Modulus Elastisitas ($kN/m^2$) | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Cross-sectional Area ($m^2$) | 0.023571 | 0.015714 |
| Momen Inersia ($m^4$) | 0.00000506 | 0.0000491 |
| Shear Force (kN) | 58.93 | - |
| Spacing (m) | 0.5 | 0.5 |

### 3.3 Analisis Stabilitas Lereng

Metode Bishop digunakan dalam analisis stabilitas lereng karena memper hitungkan pengaruh tekanan air pori dalam perhitungan faktor keamanan. Lereng yang tidak stabil dapat terjadi akibat peningkatan tekanan air pori selama proses rembesan(Agung, et al., 2023). Dengan memperhitungkan tekanan air pori, metode ini dapat lebih akurat memprediksi stabilitas lereng pada kondisi tanah jenuh air atau di area dengan muka air tanah tinggi. Permodelan lereng untuk analisis stabilitas lereng dapat dilihat pada Gambar 5.




**Gambar 5. Permodelan Irisan Analisis Stabilitas Lereng Timbunan**
Sumber: Data Olahan Peneliti

Perhitungan stabilitas lereng tanpa pengaruh beban gempa sebagai berikut:

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p}(c.b_n+(W_n-b_n)tan\phi)\frac{1}{m_{a_n}}}{\sum_{n=1}^{n=p} w_n.sin\theta_n}$$

FS Kanan : 1,2047

FS Kiri = $\frac{304,7962}{253,0060}$ = 1,2047 < 1,25

Perhitungan stabilitas lereng dengan pengaruh beban gempa adalah sebagai berikut:

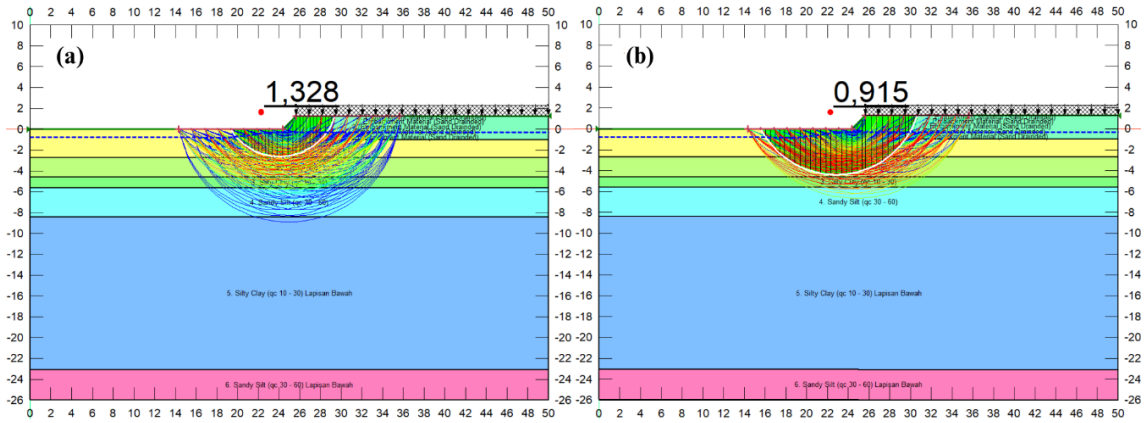
$$FS = \frac{cl_{ab}+[(W-F_v)cos\beta-F_h sin\beta]tan\phi}{(W-F_v)sin\beta+F_h cos\beta}$$

FS = $\frac{273,9491}{359,7435}$ = 0,7615 ≤ 1,1

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan prediksi nilai faktor keamanan untuk stabilitas lereng timbunan tanpa pengaruh gempa sebesar 1,2047. Sementara hasil analisis dengan pengaruh beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,7615. Dari hasil perhitungan dengan dan tanpa pengaruh gempa menunjukkan bahwa nilai faktor keamanannya kurang dari batas aman yaitu 1,25 tanpa pengaruh gempa dan 1,1 dengan pengaruh gempa. Maka dapat disimpulkan bahwa lereng tergolong tidak stabil dan diprediksi akan rawan terjadi longsor.

### 3.4 Analisis Stabilitas Lereng GeoStudio

Analisis pada perangkat lunak Geostudio 2023 diawali dengan permodelan lereng yang akan di analisis dan di input pada *Key/In SIGMA/W* untuk memodelkan pentahapan konstruksi dan *SLOPE/W* untuk menganalisis faktor keamanan lereng. Variasi analisis stabilitas lereng yang dilakukan terdiri dari: 1. Tanpa perkuatan matras dan cerucuk bambu; 2. Perkuatan cerucuk bambu; 3. Perkuatan cerucuk dan matras bambu 1 lapis; 4. Perkuatan cerucuk dan matras bambu 2 lapis; 5. Perkuatan cerucuk dan matras bambu 3 lapis; 6. Perkuatan cerucuk dan matras bambu 4 lapis. Dapat dilihat pada Gambar 6 merupakan hasil dari analisis stabilitas lereng kondisi eksisting/tanpa perkuatan menggunakan perhitungan perangkat lunak Geostudio 2023 tanpa pengaruh gempa dan adanya pengaruh gempa.




**Gambar 6. Hasil Analisis Stabilitas Lereng menggunakan GeoStudio (a) tanpa pengaruh gempa; (b) dengan pengaruh gempa**
Sumber: GeoStudio 2023

Berdasarkan hasil analisis menggunakan program *SLOPE/W* didapatkan hasil analisis stabilitas lereng tanpa adanya pengaruh gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,328 > 1,25

dan dengan adanya pengaruh gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,915 ≤ 1,1. Lereng tersebut tergolong labil dan sering terjadi longsor saat terjadi gempa dan dibutuhkan perkuatan untuk menstabilkan lereng tersebut.

**Tabel 4. Hasil Analisis Stabilitas Lereng menggunakan GeoStudio Tanpa Pengaruh Gempa**

| Tahapan | SAFETY FACTOR | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tanpa Perkuatan Matras dan Cerucuk Bambu | Dengan Perkuatan Cerucuk Bambu | Dengan Perkuatan Cerucuk dan Matras Bambu 1 Lapis | Dengan Perkuatan Cerucuk dan Matras Bambu 2 Lapis | Dengan Perkuatan Cerucuk dan Matras Bambu 3 Lapis | Dengan Perkuatan Cerucuk dan Matras Bambu 4 Lapis |
| Pemangkasan Tanah | 1,003 | 0,984 | 0,984 | 0,984 | 0,984 | 0,984 |
| Setelah Tanah di Cerucuk | - | 1,322 | 1,322 | 1,322 | 1,322 | 1,322 |
| Penimbunan s/d Elevasi -0,50 | 1,44 | 1,831 | 1,804 | 3,634 | 3,634 | 3,634 |
| Penimbunan s/d Elevasi +0,50 | 1,632 | 2,678 | 2,582 | 2,582 | 2,582 | 2,582 |
| Penimbunan s/d Elevasi +1,00 | 1,424 | 1,76 | 1,619 | 1,619 | 2,153 | 2,153 |
| Penimbunan s/d Elevasi +1,30 | 1,328 | 1,66 | 1,548 | 1,548 | 1,595 | 1,595 |

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis menggunakan program *SLOPE/W* tanpa adanya pengaruh gempa pada variasi tanpa menggunakan cerucuk dan matras bambu menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,328 > 1,25 sehingga lereng tersebut tergolong lereng stabil dan tidak diperlukan perkuatan. Hasil dengan adanya pengaruh gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,915 < 1,1 sehingga lereng tersebut tergolong lereng labil dan diprediksi akan sering terjadi longsor saat terjadi gempa, dapat dilihat pada Tabel 5. Setelah diperkuat menggunakan cerucuk bambu faktor keamanannya meningkat menjadi 1,28 > 1,1. Variasi dengan perkuatan cerucuk dan matras bambu 1 sampai 4 lapis menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,246 – 1,371 > 1,1 sehingga lereng tersebut tergolong tergolong lereng stabil dan diprediksi jarang terjadi longsor saat terjadi gempa.

**Tabel 5. Hasil Analisis Stabilitas Lereng menggunakan GeoStudio Dengan Pengaruh Gempa**

| Tahapan | SAFETY FACTOR | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tanpa Perkuatan Matras dan Cerucuk Bambu | Dengan Perkuatan Cerucuk Bambu | Dengan Perkuatan Cerucuk dan Matras Bambu 1 Lapis | Dengan Perkuatan Cerucuk dan Matras Bambu 2 Lapis | Dengan Perkuatan Cerucuk dan Matras Bambu 3 Lapis | Dengan Perkuatan Cerucuk dan Matras Bambu 4 Lapis |
| Pemangkasan Tanah | 1,078 | 0,86 | 0,86 | 0,86 | 0,86 | 0,86 |
| Setelah Tanah di Cerucuk | - | 1,133 | 1,133 | 1,133 | 1,133 | 1,133 |
| Penimbunan s/d Elevasi -0,50 | 1,111 | 1,473 | 1,45 | 2,338 | 2,338 | 2,636 |
| Penimbunan s/d Elevasi +0,50 | 1,082 | 1,514 | 1,569 | 1,575 | 2,223 | 2,223 |
| Penimbunan s/d Elevasi +1,00 | 0,972 | 1,396 | 1,302 | 1,302 | 1,82 | 1,82 |
| Penimbunan s/d Elevasi +1,30 | 0,915 | 1,28 | 1,246 | 1,246 | 1,352 | 1,371 |

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, stabilitas lereng timbunan tanah projek PT. X, Langsa, Aceh masih dapat stabil menahan longsor terhadap beban konstruksi yang direncanakan sesuai dengan peraturan Persyaratan Perancangan Geoteknik menurut SNI-8460-2017. Namun, disaat pengaruh beban gempa diperhitungkan lereng timbunan tanah menjadi tidak stabil menahan longsor. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan perhitungan manual dengan metode Bishop didapatkan hasil faktor keamanan 1,2047 < 1.25 tanpa pengaruh gempa dan 0,7615 < 1,1 dengan pengaruh gempa, sehingga lereng dinyatakan labil. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan GeoStudio dengan metode Bishop pada variasi tanpa menggunakan cerucuk dan matras bambu didapatkan hasil faktor keamanan 1,328 > 1.25 tanpa pengaruh gempa sehingga lereng dinyatakan stabil. Setelah ditambahkan cerucuk dan matras bambu 1-4 lapis faktor keamanan meningkat menjadi 1,548-1,66 > 1,25 sehingga lereng dinyatakan stabil. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan GeoStudio dengan metode Bishop pada variasi tanpa menggunakan cerucuk dan matras bambu didapatkan hasil faktor keamanan 0,915 < 1.1 dengan pengaruh gempa sebesar kh = 0,18 sehingga lereng dinyatakan labil. Setelah ditambahkan cerucuk dan matras bambu 1-4 lapis faktor keamanan meningkat menjadi 1,246-1,371 > 1,1, lereng sudah tergolong stabil dan diprediksi akan jarang terjadi longsor saat terjadi gempa. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan cerucuk dan matras bambu sebagai perkuatan tanah di lokasi penelitian dapat meningkatkan faktor keamanan lereng terhadap longsor sehingga lereng menjadi lebih aman dari resiko kelongsoran.

## Daftar Pustaka

Abdurrahman, U. A., Rahayu, W., Sagitaningrum, F. H., & Agung, P. A. M. (2024). Analisis Penurunan Bangunan Revetment dengan Perkuatan Struktur Cerucuk Matras Bambu pada Tanah Lunak dengan Metode Elemen Hingga dan Instrumentasi Lapangan. Rab Construction Research, 9(2), 466–477. https://doi.org/10.36341/racic.v9i2.4813

Agung, P. A. M., Rouf Hasan, M. F., Susilo, A., Ahmad, M. A., Bin Ahmad, M. J., Abdurrahman, U. A., Sudjianto, A. T., & Suryo, E. A. (2023). Compilation of Parameter Control for Mapping the Potential Landslide Areas. Civil Engineering Journal (Iran), 9(4), 974–989. https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-04-016

Agung, P. A. M., Sultan, R., Idris, M., Sudjianto, A. T., Ahmad, M. A., & Hasan, M. F. R. (2023). Probabilistic of in Situ Seismic Soil Liquefaction Potential Based on CPT-Data in Central Jakarta, Indonesia. International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, 14(1), 241–248. https://doi.org/10.30880/ijscet.2023.14.01.021

Eratodi, I. G. L. B. (2017). Struktur dan Rekayasa Bambu. Denpasar: Universitas Pendidikan Nasional.

Fakhrudin Shobari, A., Mufti, I. J., Khoirullah, N., Zakaria, Z., Sophian, R. I., & Mulyo, A. (2019). Hubungan Nilai Koefisien Gempa Horizontal (Kh) dengan Nilai Safety Factor (Fs) Daerah Cilengkrang, Jawa Barat. Padjadjaran Geoscience Journal, 3(4), 243–253.

Firdiansyah, A. (2019). Studi Stabilisasi Tanah Lempung Berpasir menggunakan Campuran Kapur Alam dan Semen. Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan, 8(1), 81–91.

Hamdhan, I. N., & Pratiwi, D. S. (2017). Analisis Stabilitas Lereng dalam Penanganan Longsoran di Jalan Tol Cipularang Km. 91+200 dan Km. 92+600 Menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM). Jurnal Rekayasa Hijau, I(2), 100–111. https://doi.org/10.26760/jrh.v1i2.1631

Hudaya, R. A., & Swanandhia, R. (2022). Analisis Daya Dukung Tanah Menggunakan Matras Bambu Terhadap Beban Struktur Atas Pada Proyek Jalan Tol Semarang-Demak Seksi I. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.

Irsyam, M. (2014). Utilization of Bamboo Pile-Mattress System As Soil Improvement For Embankment on Very Soft Soil Condition. Jakarta: Indonesian Plaxis User Meeting.

Irsyam, M., Krisnanto, S., & Wardhani, S. P. R. (2008). Instrumented Full Scale Test And Numerical Analysis To Investigate Performance Of Bamboo Pile-Mattress System As Soil Reinforcement For Coastal Embankment On Soft Clay. Geotechnical Engineering for Disaster Mitigation and Rehabilitation, 501–504, 165–170.

Mulyanto, H. (2022). Analisis Kestabilan Lereng pada Batuan Lapuk menggunakan Kriteria Keruntuhan Generalized Hoek-Brown dan Mohr-Coulomb Ekuivalen (Slope Stability Analysis of Weathered Rock applying Generalized Hoek-Brown and Equivalent Mohr-Coulomb Failure Criterion). Jurnal Jalan-Jembatan, 39(1), 30–43.

Prasetyo, I., Setiawan, B., & Dananjaya, R. H. (2017). Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat dengan Perkuatan Geotekstil menggunakan Metode Elemen Hingga. E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL, 922–926.

Ready, B., Krisnamurti, & Nurtjahjaningtyas, I. (2020). Stability In Soft Soil Using Hardening Soil Modeling And Strengthening Of Bamboo Mattress. International Journal of GEOMATE, 19(73), 226–234. https://doi.org/10.21660/2020.73.58422

Shmulsky, R., & Jones, P. D.. (2019). Forest Products and Wood Science : An Introduction (7th ed.). Amerika Serikat: John Wiley & Sons Ltd. https://doi.org/10.1002/9781119426400

SNI 03-3399-1994, (1994). Metode Pengujian Kuat Tarik Kayu Di Laboratorium. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional

SNI 1726:2012, (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional