

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG DENGAN BORE PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN PRIVATE VILLA MRS. TIYA & MR. TOM KEMENUH, GIANYAR, BALI.

I Gede Mahima Paramahamsa¹, I Made Wahyu Pramana², I Wayan Wiraga³

¹ Mahasiswa Program Studi Diploma 3 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali,
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali–80364

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan,
Badung, Bali–80364

Email korespondensi: mahima22880@gmail.com

ABSTRACT

In the private villa construction project of Mrs. Tiya & Mr. Tom Kemenuh, Gianyar, Bali, it was found that the position of the building was facing directly towards the waterfall and the building was made on the edge of the river with a slope that was 11 meters high and a slope that reached 75°. This study aims to determine the safety factor value of the slope stability of the existing conditions and slopes with bore pile reinforcement. The method used is Bishop's method with GeoStudio software (Slope/W) and Excel manual method. The results show that the existing condition slope has a factor of safety of 1.517 and with a loading of 10 kN/m³ and 20 kN/m³, the SF value decreases to 1.438 and 1.375. For slopes reinforced with bore piles, the safety factor value increased significantly to 1.653. With additional loading of 10 kN/m³ and 20 kN/m³, the safety factor value remained constant at 1.653, indicating that the bore pile reinforcement was able to maintain the slope stability despite the increased load.

Keywords: *Slope stability, Bore Pile Reinforcement, Bishop Method, GeoStudio Software (Slope/W), safety factor*

ABSTRAK

Pada proyek pembangunan private villa Mrs. Tiya & Mr. Tom Kemenuh, Gianyar, Bali ditemukan bahwa posisi bangunan menghadap langsung ke arah air terjun dan bangunan dibuat di pinggir sungai dengan lereng yang berjarak tinggi 11 meter serta kemiringan yang mencapai 75°. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *safety factor* stabilitas lereng kondisi ekisting dan lereng dengan perkuatan *bore pile*. Metode yang digunakan adalah metode Bishop dengan numerasi software GeoStudio (Slope/W) dan metode manual Excel. Hasil menunjukkan lereng kondisi ekisting memiliki faktor keamanan sebesar 1,517 dan dengan pembebanan sebesar 10 kN/m³ dan 20 kN/m³, nilai *SF* menurun menjadi 1,438 dan 1,375. Lereng yang diperkuatan dengan *bore pile*, nilai *safety factor* meningkat secara signifikan menjadi 1,653. Pembebanan tambahan sebesar 10 kN/m³ dan 20

kN/m^3 , nilai *safety factor* tetap konstan di angka 1,653, yang menunjukkan bahwa perkuatan *bore pile* mampu mempertahankan kestabilan lereng meskipun mengalami peningkatan beban.

Kata kunci: Stabilitas lereng, Perkuatan *Bore Pile*, Metode Bishop, Sofeware GeoStudio (Slope/W), *safety factor*

PENDAHULUAN

Konstruksi merupakan proses pembangunan sarana dan prasarana, baik dalam bidang arsitektur maupun teknik sipil. Sebelum tahap pembangunan dimulai, diperlukan suatu perencanaan yang matang. Perencanaan ini merupakan langkah awal yang sangat penting dalam setiap pekerjaan konstruksi, karena tanpa perencanaan yang struktur dan sesuai tujuan, pelaksanaan proyek dapat berjalan tidak efektif dan hasil tidak optimal. Apabila perencanaan telah memenuhi ketentuan dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan dalam proyek, maka proses pembangunan dapat dilanjutkan. Tahapan konstruksi biasanya dimulai dari pekerjaan pondasi sebagai struktur dasar, kemudian dilanjutkan ke bagian struktur utama bangunan, dan diakhiri dengan tahap penyelesaian atau *finishing*[1].

Dalam dunia konstruksi, baik konstruksi bangunan gedung, air, atau jalan selalu berkaitan dengan tanah. Identifikasi struktur, karakteristik, serta daya dukung tanah perlu dilakukan serangkaian metode pengujian tanah. Berikutnya, data yang dihasilkan dapat digunakan dalam perhitungan struktur suatu bangunan. Permukaan tanah pada suatu konstruksi bangunan tidak selalu memiliki bidang datar, namun membentuk elevasi antara tempat satu dengan yang lainnya. Lereng merupakan salah satu contoh kondisi topografi tersebut, dengan demikian diperlukannya perencanaan khusus. Lereng yang curam seringkali disiasati dengan cara pemotongan bukit, namun yang menjadi permasalahan mendasar adalah tentang kesetabilannya. Hal ini bisa menyebabkan gangguan terhadap kesetabilan lereng yang akan mengganggu keselamatan pekerja, kerusakan alat, kerusakan lingkungan dan mengganggu kelancaran pelaksanaan. Dikarenakan hal tersebut pengujian langsung nilai geser tanah dalam menghitung kesetabilan lereng sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya gangguan akibat bahayanya longsor.

Pada proyek pembangunan villa yang berlokasi di Jl. Sutami, Desa Kemenuh, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar ini ditemukan bahwa posisi bangunan menghadap langsung ke arah air terjun dan bangunan dibuat di pinggir sungai dengan lereng yang berjarak tinggi 11 m serta kemiringan yang mencapai 75° . Pembangunan proyek ini sangat riskan terjadinya longsor dikarenakan memiliki volume bangunan yang besar yang dimana bisa mengakibatkan tekanan geser tanah tinggi.

Oleh karena itu diperlukanya analisis stabilitas lereng dengan tanpa adanya perkuatan supaya mengetahui bagaimana lereng tersebut, agar bisa meminimalisis terjadinya risiko dikemudian hari. Ada beberapa cara untuk merencanakan perkuatan lereng, salah satunya seperti tiang bor (*bore pile*) yang merupakan solusi alternative untuk pencegahan dan mengurangi bahaya longsor serta meminimalisir kerugian ekonomi dan korban jiwa, karena perkuatan lereng dapat menstabilkan kondisi lereng yang rawan longsor dan tidak memiliki risiko yang besar apabila terjadi deformasi.

METODE PENELITIAN

Pada Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif analitis. Data dikumpulkan melalui survei lapangan langsung, kemudian dianalisis menggunakan metode Bishop secara manual dan sofeware GeoStudio (Slope/W). Lokasi penetian lereng berada di Jl. Sutami, Desa Kemenuh, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar pada proyek pembangunan Private Villa Mrs. Tiya & Mr. Tom Kemenuh.

Data yang digunakan terdiri dari data primer berupa spesifikasi bore pile dan hasil pengamatan di lapangan, serta data skunder berupa hasil uji tanah (sondir dan boring) dari CV. Srikaya. Analisis dilakukan terhadap lereng kondisi eksisting dan lereng dengan perkuatan *bore pile*. Evaluasi dilakukan dengan memperhitungkan faktor keamanan (*safety faktor*) dalam kondisi pembebanan sebesar 10 kN/m^3 dan 20 kN/m^3 lalu dilakukan perbandingan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Lapisan Tanah Lereng dan Rangkuman Data Parameter Tanah.

Pada saat melakukan pengujian boring (pengeboran tanah) pada lokasi proyek pembangunan private villa Mrs. Tiya & Mr. Tom kemenuh, diperoleh data stratigrafi tanah.

Tabel 1. Tebal lapisan dan jenis tanah pada Test SPT 1

No.	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Karakteristik Utama
1	0 – 3	Lempung lunak–sedang	Plastis, kohesif, SPT rendah
2	3 – 5.5 (BH-1)	Lempung berpasir	Lunak, sedikit pasir
3	5.5 – 9	Cadas berkerikil	Keras, transisi ke batuan
4	9 – 30	Cadas abu-abu kehitaman	Sangat keras, batuan dasar (bedrock)

Sumber: CV. Srikaya, 2024.

Hasil pengujian Standard Penetration Test (SPT) memberikan informasi yang cukup penting mengenai karakteristik tanah di lokasi pengujian. Data tersebut menunjukkan variasi nilai N-SPT pada kedalaman tertentu yang merepresentasikan kekuatan relatif dan kepadatan tanah[2].

1. Kedalaman 0 - 3 meter

- Jenis tanah: lempung kecoklatan, plastis, lunak sedang
- Nilai SPT: 3
- Berat jenis (G_s): 2,62
- Kadar air: 33,40%
- Berat volume basah (γ): $\pm 17,10 \text{ kN/m}^3$
- Uji q_u (kuat tekan bebas tanah): $0,56 \text{ kg/cm}^2 = 56 \text{ kN/m}^2 \rightarrow c_u = 28 \text{ kN/m}^2$
- Kohesi (c): 28 kPa
- Sudut geser dalam (ϕ): Tidak dicantumkan dihasil uji, tapi karena tanah ini lempung lunak dengan $SPT=3 \rightarrow \phi$ estimasi $\pm 12^\circ$

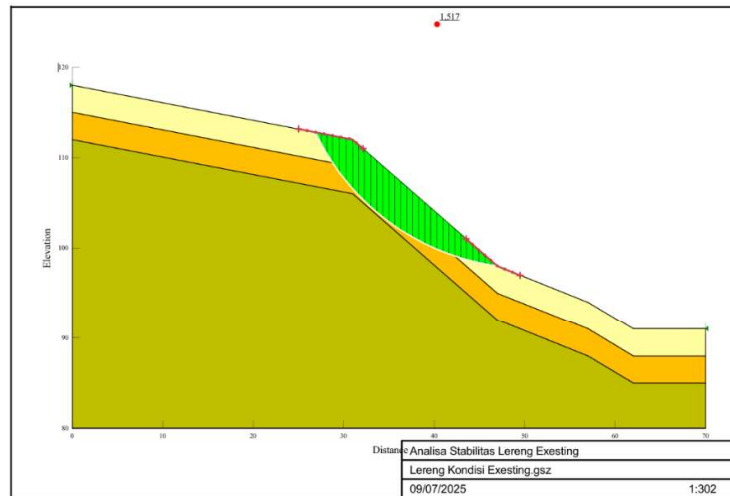
2. Kedalaman 3 – 5,5 meter

- Jenis tanah: Lempung berpasir, kecoklatan, lunak sedang
- Nilai SPT: 9 $\rightarrow$ mulai mengeras
- Berat jenis (G_s): 2,63
- Berat volume (γ): $\pm 17,40 \text{ kN/m}^3$
- Uji q_u (kuat tekan bebas tanah): $0,64 \text{ kg/cm}^2 = 64 \text{ kN/m}^2 \rightarrow c_u = 32 \text{ kN/m}^2$
- Kohesi (c): 32 kPa
- Sudut geser dalam (ϕ): Estimasi naik $\rightarrow \pm 15^\circ - 18^\circ$ (karena berpasir dan SPT lebih tinggi)

3. Kedalaman 5,5 – 9 meter

- Jenis tanah: Candas bercampur kerikil kecoklatan
- Nilai SPT: $>50 \rightarrow$ keras
- Berat volume (γ): $\pm 20,30 \text{ kN/m}^3$
- Kohesi (c): 32 kPa (hasil direct shear)
- Sudut geser dalam (ϕ): Estimasi naik $\rightarrow \pm 45^\circ$ (hasil direct shear test)

Hasil analisis lereng kondisi eksisting dengan Program GeoStudio (Slope/W)



Gambar 1. Hasil analisis lereng kondisi eksisting dengan Program GeoStudio (Slope/W).

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan program GeoStudio (Slope/W) pada lereng kondisi eksisting tanpa pembebanan tambahan, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,517. Nilai ini menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan relatif stabil dan tidak menunjukkan indikasi kegagalan langsung. Namun, nilai *safety factor* tersebut masih berada di bawah nilai rekomendasi ideal sebesar 1,5 - 2,0 yang sering digunakan sebagai standar untuk memastikan keamanan jangka panjang, terutama bila terdapat potensi perubahan kondisi seperti penambahan beban, hujan ekstrem, atau aktivitas konstruksi di sekitar lereng.

Tabel 2. Perhitungan stabilitas lereng dengan metode Bishop perhitungan manual excel.

METODE BISHOP														
FS	Irisan	c	Φ	Wn	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	b_n	$\tan \Phi$	Wn.sin	Wn.tan	c.bn	FS	$m \alpha_n$
Ruas Kiri	No.	(kPa)		(kN/m)	(°)					α_n	Φ		Ruas Kanan	
	1	12	28	152,19	69	0,934	0,358	1,75	0,532	142,08	80,92	20,94	1,42	0,707
	2	32	18	285,36	55	0,819	0,574	2	0,325	233,75	92,72	64	1,42	0,761
	3	32	45	325,21	44	0,695	0,719	2	1	225,91	325,21	64	1,42	1,209
	4	32	45	231,42	34	0,559	0,829	2	1	129,41	231,42	64	1,42	1,223
	5	32	45	125,86	26	0,438	0,899	2	1	55,17	125,86	64	1,42	1,208
	6	32	45	26,39	13	0,225	0,974	0,96	1	5,94	26,39	30,72	1,42	1,133
	Jumlah									792,26				1121,10

Sumber: Hasil Analisis.

Berdasarkan hasil perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel dengan menerapkan Metode Bishop yang disederhanakan (Simplified Bishop Method)[3], diperoleh nilai *Safety Factor* sebesar 1,42. Sedangkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak GeoStudi (Slope/W) dengan perhitungan yang sama yaitu Simplified Bishop, menghasilkan nilai *safety factor* keamanan sebesar

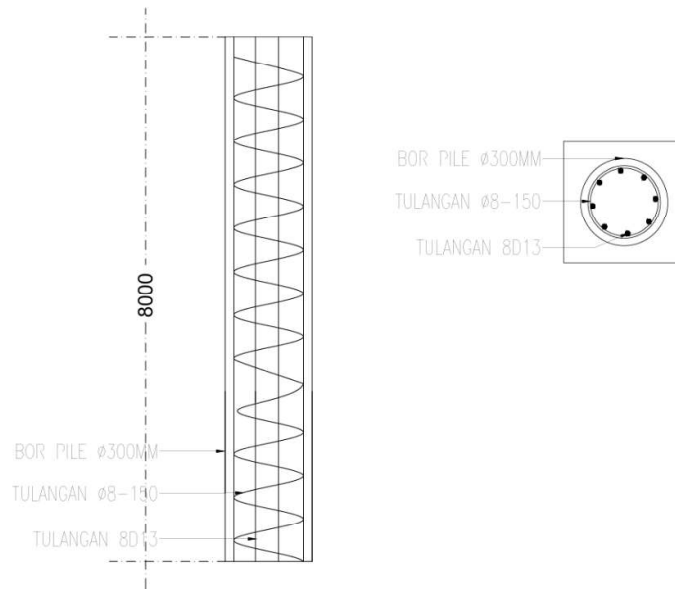
1,517. Selisih antara kedua hasil tersebut sebesar 0,097, yang tergolong kecil dan masih dalam batas toleransi. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan manual cukup akurat dan representatif dalam menggambarkan kondisi stabilitas lereng eksisting, serta mengonfirmasi keandalan metode bishop dalam analisis kesetabilan lereng baik secara manual maupun numerik.

Analisis Lereng Dengan Perkuatan Bore Pile

Analisis lereng dengan perkuatan *bore pile* dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas sistem perkuatan dalam meningkatkan stabilitas lereng yang mengalami potensi longsor atau memiliki faktor keamanan yang rendah.

Bore pile digunakan sebagai elemen perkuatan lereng untuk meningkatkan stabilitas lereng terhadap potensi kelongsoran. Perencanaan *bore pile* disesuaikan dengan kondisi tanah di lokasi dan hasil analisis kebutuhan struktur. Spesifikasi teknis *bore pile* adalah sebagai berikut:

- Diameter *bore pile*: 0,3 meter
- Kedalaman penetrasi: 8 meter menembus hingga lapisan tanah keras
- Mutu beton: K-300 ($f'_c = 24,9$ Mpa), digunakan untuk menjamin kekuatan struktural terhadap beban geser.
- Tulangan utama: 8 batang tulangan polos/ ulir berdiameter D13 mm (BJTP 40 $\rightarrow f_y = 400$ MPa) disusun melingkar secara merata.
- Sengkang (spiral/hoop): D8 mm dengan jarak pemasangan 15 cm (BJTP 24 $\rightarrow f_y = 240$ MPa), berpungsi sebagai penahan geser dan penjaga posisi tulangan utama.
- Jarak antar *bore pile*: disusun sejajar dengan jarak 1,5 meter center-to-center.
- Metode pelaksanaan: menggunakan metode pengeboran basah dan pengecoran beton langsung di lokasi.
- Fungsi struktur: memberikan tahanan lateral terhadap gaya longsor dan meningkatkan faktor keamanan lereng, terutama pada tanah lempung lunak hingga sedang.



Gambar 2. Desain spesifikasi *bore pile*.

Kapasitas geser (V_u) diperoleh dari perhitungan tahanan Pasif atau geser dengan rumus:

1. Kapasitas Geser Beton (V_c)

$$V_c = \frac{0,17 \cdot \sqrt{f'_{tc}} \cdot bw \cdot d}{1000}$$

Keterangan :

f'_c = kuat tekan beton = 24,9 Mpa

bw = lebar elemen beton = 300 mm (diameter bore pile)

d = tinggi efektif = 270 mm (biasanya sekitar $0,9 \times$ diameter)

Perhitungan:

$$V_c = \frac{0,17 \cdot \sqrt{24,9} \cdot 300 \cdot 270}{1000} = 68,712$$

2. Kapasitas Geser dari Tulangan Sengkang (V_s)

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s \cdot 1000}$$

Keterangan:

$$A_v = \text{luas 1 batang sengkang D8} = A = \frac{\pi}{4} \cdot 8^2 = 50,27 \text{ mm}^2$$

$$f_{yt} = \text{tegangan leleh tulangan sengkang} = 240 \text{ MPa}$$

$$d = 270 \text{ mm}$$

$$s = \text{jarak sengkang} = 150 \text{ mm}$$

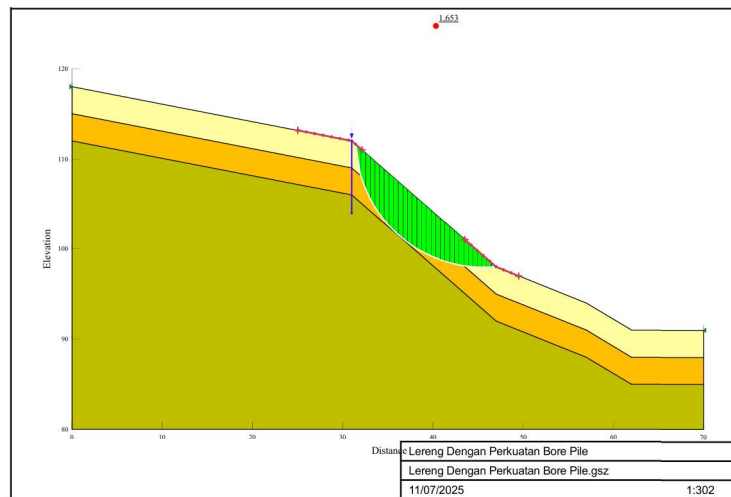
Perhitungan:

$$V_s = \frac{50,27 \cdot 240 \cdot 270}{150 \cdot 1000} = 21,716$$

3. Kapasitas Geser Total (V_u)

$$V_u = V_c + V_s = 68,712 + 21,716 = 21,716$$

Jadi, kapasitas geser total bore pile (diameter 30 cm, dengan sengkang D8-150 mm, $f'_c = 24,9$ Mpa) adalah 21,716 kN.

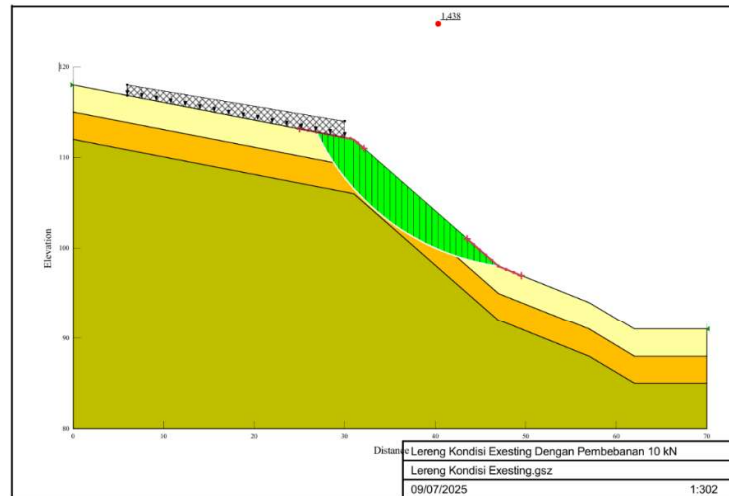


Gambar 3. Nilai *safety factor* analisis lereng dengan perkuatan *bore pile* dengan Program GeoStudi (Slope/W).

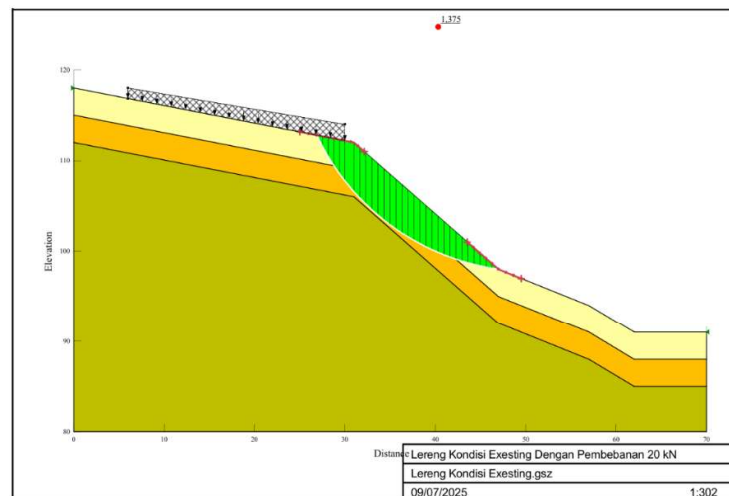
Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan perangkat lunak GeoStudio (Slope/W) pada lereng dengan perkuatan *bore pile*, diperoleh nilai *safety factor* sebesar 1,653 yang dimana penempatan titik tiang *bore pile* berada di bagian atas lereng seperti pada gambar 4.17.

Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Eksisting Dengan Pembebanan

Menganalisis stabilitas lereng kondisi eksisting dengan pembebanan bertujuan untuk mengetahui sejauh mana tingkat keamanan lereng terhadap potensi kelongsoran akibat adanya beban tambahan di permukaan lereng, seperti beban bangunan, kendaraan, atau timbunan tanah.



Gambar 4. Nilai *safety factor* analisis stabilitas lereng kondisi eksisting dengan pembebanan asumsi sebesar 10 kN/m³ pada Program GeoStudio (Slope/W).



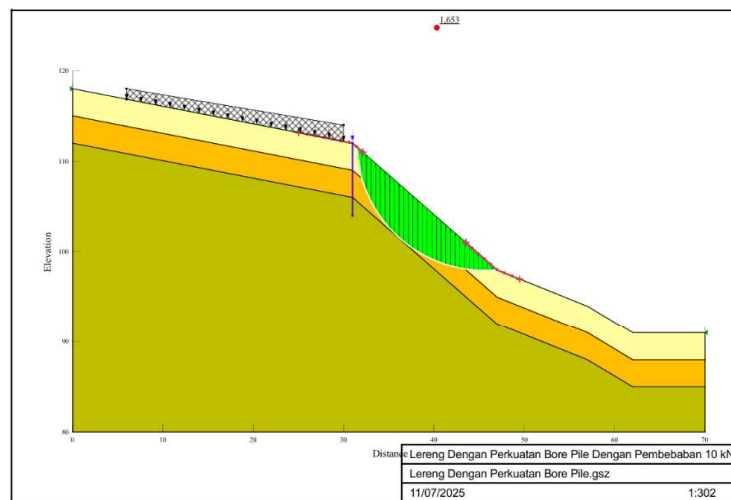
Gambar 5. Nilai *safety factor* analisis stabilitas lereng kondisi eksisting dengan pembebanan asumsi sebesar 20 kN/m³ pada Program GeoStudi (Slope/W).

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan perangkat lunak GeoStudio (Slope/W) pada lereng kondisi eksisting dengan pembebanan tambahan sebesar 10 Kiloneuton diperoleh nilai *safety factor* sebesar 1,438 dan 20 Kiloneuton diperoleh *safety factor* sebesar 1,375. Nilai ini menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan relatif stabil dan tidak menunjukkan indikasi kegagalan langsung,

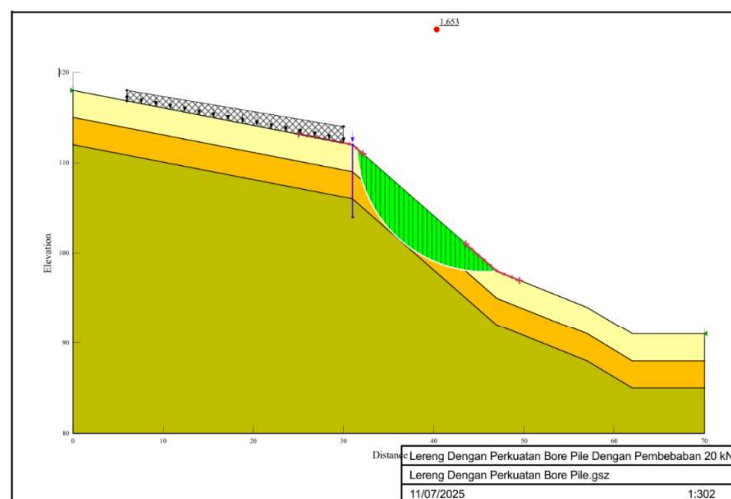
namun dari nilai SF tersebut bisa disimpulkan bahwa masih dikatakan kurang produktif sebagai suatu lereng untuk perencanaan bangunan.

Analisis Lereng Dengan Perkuatan *Bore pile* Dengan pembebanan.

Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *bore pile* dan pembebanan bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan lereng terhadap potensi kelongsoran akibat adanya beban tambahan di permukaan lereng, seperti beban dari bangunan, kendaraan, atau timbunan tanah.



Gambar 6. Nilai *safety factor* analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *bore pile* dengan pembebanan asumsi sebesar 10 kN/m^3 pada Program GeoStudi (Slope/W).



Gambar 7. Nilai *safety factor* analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *bore pile* dengan pembebanan asumsi sebesar 20 kN/m^3 pada Program GeoStudi (Slope/W).

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan program GeoStudio (Slope/W), pada kondisi lereng yang diperkuat dengan *bore pile* dan diberi pembebanan tambahan sebesar 10 20 kN/m^3 , diperoleh nilai *safety factor* sebesar $1,653$. Pada pembebanan sebesar 20 kN/m^3 , nilai *safety*

factor yang diperoleh tetap sama, yaitu sebesar 1,653. Hasil ini menunjukkan bahwa perkuatan *bore pile* mampu mempertahankan kestabilan lereng meskipun mengalami peningkatan beban.

Tabel 3. Ringkasa hasil analisis *safety factor* lereng.

Kondisi Lereng	Pembebanan (kN/m ³)	Safety Factor (SF)	Metode
Eksisting tanpa pembebanan	0	1,517	GeoStudio (Slope/W)
Eksisting tanpa pembebanan	0	1,42	Manual Excel
Eksisting dengan pembebanan	10	1,438	GeoStudio (Slope/W)
Eksisting dengan pembebanan	20	1,375	GeoStudio (Slope/W)
Diperkuat <i>bore pile</i> tanpa pembebanan	0	1,653	GeoStudio (Slope/W)
Diperkuat <i>bore pile</i> dengan pembebanan	10	1,653	GeoStudio (Slope/W)
Diperkuat <i>bore pile</i> dengan pembebanan	20	1,653	GeoStudio (Slope/W)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng pada proyek pembangunan Private Villa Mrs. Tiya & Mr. Tom Kemenuh, Gianyar, Bali, dengan menggunakan program GeoStudio (Slope/W) dan metode Bishop secara manual, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Nilai faktor keamanan (*safety factor*) pada lereng kondisi eksisting tanpa perkuatan dan tanpa pembebanan sebesar 1,517 (GeoStudio) dan 1,42 (manual Excel). Hal ini menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi relatif stabil, tetapi belum mencapai nilai ideal $\geq 1,5 - 2,00$ sebagai batas aman untuk konstruksi jangka panjang.
2. Pada lereng kondisi eksisting dengan pembebanan tambahan sebesar 10 kN/m³ dan 20 kN/m³, nilai *safety factor* menurun menjadi 1,438 dan 1,375, yang menunjukkan lereng semakin tidak stabil seiring bertambahnya beban.
3. Setelah dilakukan perkuatan *bore pile*, nilai safety factor meningkat menjadi 1,653, menunjukkan bahwa sistem perkuatan efektif meningkatkan kestabilan lereng.
4. Pada lereng yang diperkuat dengan perkuatan *bore pile* dan diberi pembebanan tambahan sebesar 10 kN/m³ dan 20 kN/m³, nilai *safety factor* tetap konstan diangka 1,653, yang menunjukkan bahwa perkuatan *bore pile* mampu mempertahankan kestabilan lereng meskipun mengalami peningkatan beban.
5. Sistem perkuatan *bore pile* terbukti efektif dan dapat diandalkan untuk menambah faktor keamanan lereng, terutama pada lokasi yang memiliki risiko longsor dan rencana beban tambahan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANANDA MUHAMAD TRI UTAMA, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” vol. 9, pp. 356–363, 2022.
- [2] R. Lingga and C. A. Siregar, “Analisis Penentuan Kemiringan Lereng Berdasarkan Nilai N-Spt Untuk Pelebaran Jalan Pada Ruas Jalan Soreang–Rancabali–Cidaun Km. 220+625,” *Sist. Infrastruktur Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 240, 2022, doi: 10.32897/simteks.v2i2.1248.
- [3] A. Eko and T. Kurniawan, “STUDI TENTANG STABILITAS LERENG BERDASARKAN METODE FELLINIUS DAN METODE BISHOP DENGAN VARIASI TEBAL PIAS DAN SUDUT KEMIRINGAN (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Kampus D3 Ekonomi Ull),” 2023.