

Studi Literatur Tentang Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program GEO5

Yosri Ega Barrang^{#1}, Agnes T. Mandagi^{#2}, Hendra Riogilang^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹yosriega091299@gmail.com, ²atmandagi@gmail.com, ³riogilanghendra@gmail.com

Abstrak

Ruas jalan Trans Manado – Tomohon terdapat lereng yang cukup tinggi dan kemiringan curam sehingga sering terjadi longsor. Pada tanggal 16 Mei 2021 terjadi longsor di dua titik jalur utama Manado – Tomohon desa Tinoor Kota Provinsi Sulawesi Utara akibat curah hujan cukup tinggi menyebabkan jalan tertutup oleh tanah sehingga arus lalu lintas tersendat untuk beberapa saat. Hasil penelitian dengan kondisi eksisting dan percobaan Muka Air Tanah 1m, 2m, dan 3m diperoleh bahwa lereng berada dalam kondisi yang kritis akibat pengaruh muka air tanah 1m sehingga diberikan perkuatan soil nailing. Variasi nail paling efisien didapatkan pada panjang nail 25 m, jumlah nail 16 buah, diameter nail 16 mm, kemiringan nail 10°, dan jarak vertikal dan jarak horizontal 1 m. Hasil analisis stabilitas lereng setelah diberi perkuatan soil nailing dengan bantuan program GEO5 diperoleh Faktor Keamanan menggunakan Metode Bishop Simplified sebesar SF 1.310 dan Metode Fellenius sebesar SF 1.260. Angka tersebut menunjukkan bahwa perkuatan soil nailing mampu menahan kelongsoran.

Kata kunci - sstabilitas lereng, muka air tanah, soil nailing, GEO5

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dilewati oleh garis ekuator dan termasuk negara tropis sehingga curah hujan di Indonesia terbilang cukup tinggi. Meski demikian, ada beberapa daerah yang cenderung kering dan memiliki curah hujan yang sedikit. Selain itu, Indonesia memiliki kondisi geologi dan geografis yang beragam sehingga banyak dijumpai daerah yang berbukit dan lereng di beberapa tempat. Salah satunya adalah Provinsi Sulawesi Utara.

Sulawesi utara merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki kondisi topografi yang berbukit – bukit dimana banyak lereng dan jurang yang cukup terjal. Hal ini mengakibatkan Sulawesi Utara berpotensi besar mengalami bahaya longsor. Peristiwa tanah longsor yang terjadi di Sulawesi Utara pada umumnya terdapat pada daerah dengan kondisi yang

tidak stabil dan seringkali dipicu oleh terjadinya hujan deras yang melebihi titik tertinggi, terutama bulan–bulan penghujung tahun hingga awal tahun (Desember –Maret).

Sepanjang ruas jalan Trans Manado–Tomohon terdapat lereng yang cukup tinggi dan kemiringan curam sehingga sering terjadi longsor. Pada tanggal 16 Mei 2021 terjadi longsor di dua titik jalur utama Manado–Tomohon desa Tinoor Kota Provinsi Sulawesi Utara akibat curah hujan cukup tinggi menyebabkan jalan tertutup oleh tanah sehingga arus lalu lintas tersendat untuk beberapa saat. Kondisi ini terjadi ketika gaya penahan lebih kecil dibandingkan gaya pendorong/penggerak.

Lereng yang tidak stabil sangat berbahaya untuk lingkungan sekitarnya oleh sebab itu perlu dilakukan penanganan. Salah satu alternatif penanganan untuk mencegah longsor adalah dengan menambah perkuatan soil nailing agar lereng tetap stabil dan tidak terjadi longsor.

Dalam penelitian digunakan Metode Bishop yang disederhanakan dan metode fellenius untuk menganalisis kestabilan lereng di area jalan Trans Manado – Tomohon desa Tinoor, Sulawesi Utara.

B. Perumusan Masalah

Dalam studi literatur ini diberikan beberapa batasan agar studi ini tidak luas dan lebih terarah. Adapun beberapa batasan masalah tersebut antara lain.

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dari penelitian skripsi sebelumnya
2. Analisis stabilitas lereng dilakukan secara manual dan dengan bantuan program Geo5.
3. Menggunakan metode Bishop dan metode Fellenius
4. Pengaruh gempa diabaikan

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai faktor keamanan pada lereng dengan kondisi eksisting dan kondisi MAT serta pengaruh muka air tanah terhadap faktor keamanan
2. Mengetahui nilai faktor keamanan lereng sesudah perkuatan soil nailing dengan menggunakan program Geo5.
3. Hubungan variasi nail (panjang nail dan sudut pemasangan nail) terhadap nilai faktor keamanan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan dengan mekanisme penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir dilakukan pada lereng Ruas jalan Manado – Tomohon KM 15 di Desa Tinoo Kota Tomohon Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi penelitian berada pada koordinat 1°23'42.46"LU 124°49'42.89"BT.

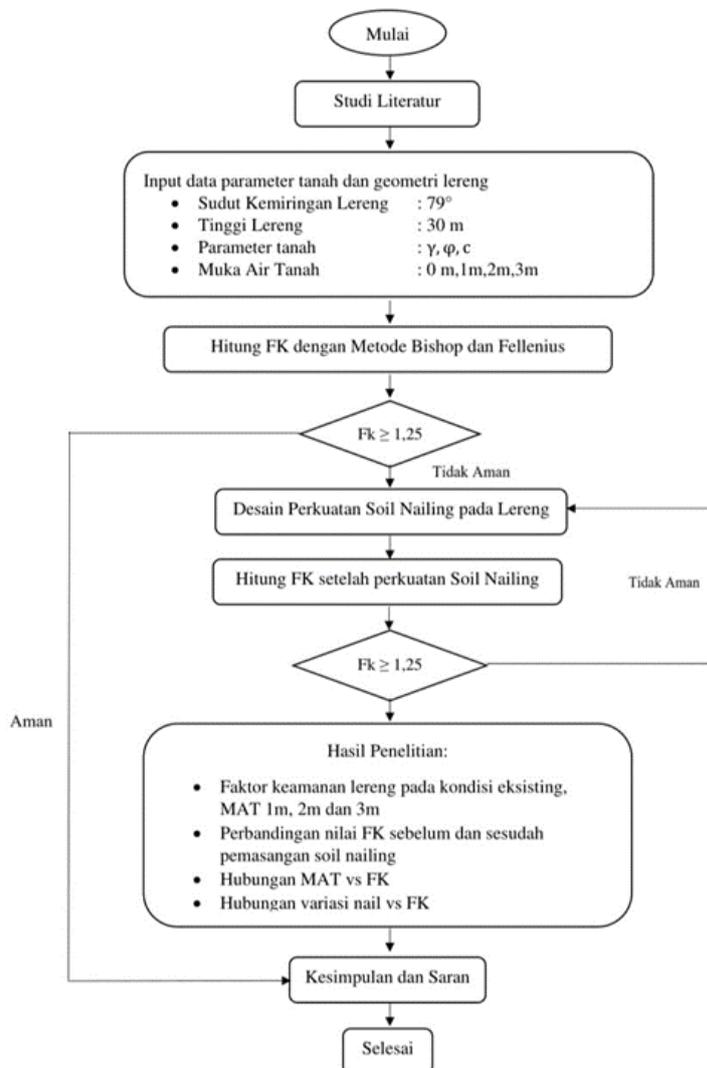
C. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam Tugas Akhir adalah data sekunder dimana data ini diambil dari hasil

penelitian sebelumnya yaitu data skripsi oleh Pragustus, dkk, 2019 yakni Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Software Slide 6.0 (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado – Tomohon). Data-data tersebut meliputi :

- Tinggi lereng = 30 m
- Sudut kemiringan lereng = 79°
- Kohesi tanah (c) = 1.050 t/m²
= 10.3 kN/m²
- Sudut geser dalam (φ) = 25.8°
- Berat isi tanah (γ) = 1.903 t/m³
= 18.66 kN/m³

Koordinat lereng yang akan digunakan dalam analisis adalah : (0,0),(0,5),(4,5),(10,35),(35,35),(35,0).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Lokasi Penelitian

D. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Studi literatur

Studi literatur yaitu mencari bahan literatur yang berkaitan dengan judul atau permasalahan yang relevan untuk menunjang penelitian. Literatur dapat dicari dengan menelusuri dan membaca buku, jurnal, skripsi, artikel, laporan tugas besar dan google scholar yang berkaitan dengan lereng, longsor, teori maupun metode dari stabilitas lereng.

b. Pengumpulan Data

Data yang digunakan berasal dari data sekunder yang diperoleh dari Pragustus, dkk, 2019 “Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Software Slide 6.0 (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado – Tomohon)”. Data yang diambil yaitu data geometri lereng dan parameter tanah (c, γ, ϕ).

c. Analisis data

Data sekunder yang diperoleh dari penelitian sebelumnya di analisis dengan kondisi eksisting dan percobaan muka air tanah sedalam 1m, 2m, dan 3m untuk memperoleh kondisi lereng yang paling kritis dengan bantuan program GEO5. Analisis dilakukan dengan metode bishop yang disederhanakan (Simplified Bishop Method) dan metode fellenius. Kondisi lereng yang paling kritis dengan bantuan program GEO5 akan dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan metode bishop yang disederhanakan dan metode fellenius. Solusi untuk kondisi lereng yang kritis dengan pengaruh muka air tanah pada penelitian ini yaitu menggunakan perkuatan soil nailing. Adapun parameter soil nailing yang

diinput kedalam program GEO5 yaitu panjang nail diameter nail, jarak nail (vertikal dan horizontal), dan sudut pemasangan nail.

d. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan pernyataan yang diambil secara ringkas dari keseluruhan hasil pembahasan atau analisis. Saran merupakan bagian penutup dalam penelitian atau karya ilmiah. Saran berupa sanggahan yang bersifat solusi atau anjuran dalam menyelesaikan penelitian penulis maupun penelitian selanjutnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Parameter Tanah dan Geometri Lereng Penelitian

Berikut ini merupakan data parameter tanah dan geometri lereng yang didapatkan dari penelitian Tugas Akhir oleh Pragustus, dkk, 2019 “Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Software Slide 6.0 (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado–Tomohon)”.

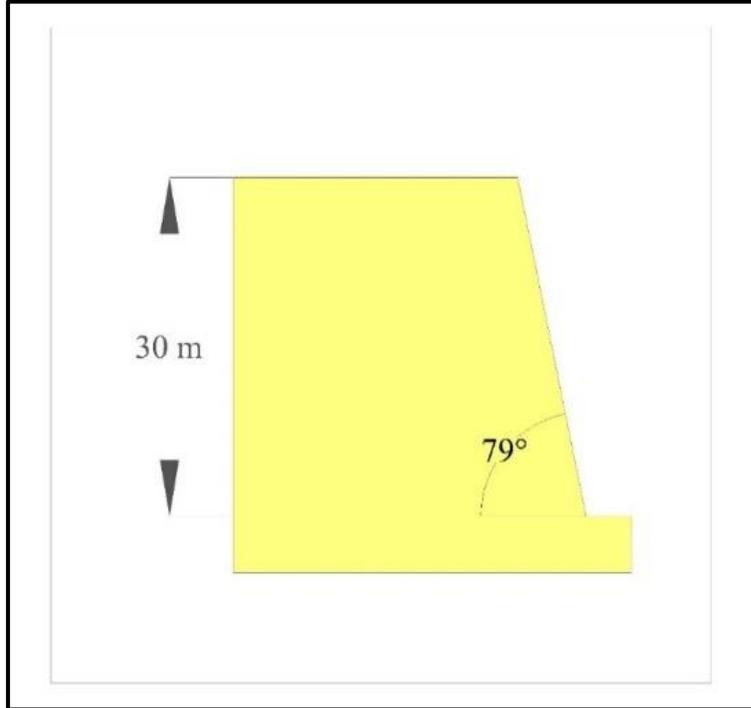
- Tinggi Lereng = 30 m
- Sudut kemiringan lereng = 79°
- Kohesi tanah (c) = 1.050 t/m²
= 10.3 kN/m²
- Sudut geser dalam (ϕ) = 25.8°
- Berat isi tanah (γ) = 1.903 t/m³
= 18.66 kN/m³

B. Analisis Stabilitas Tanpa Perkuatan

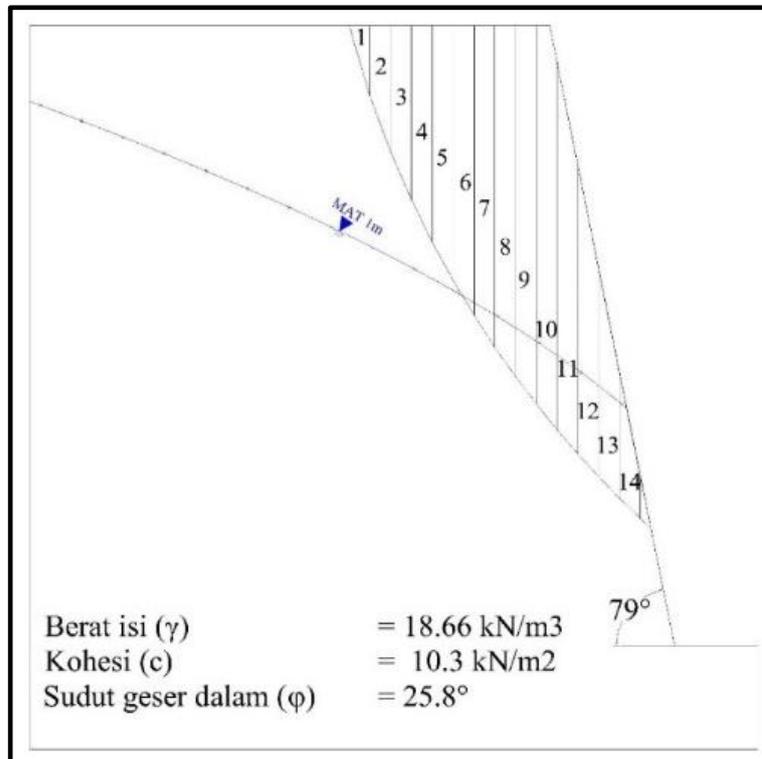
Pada tugas akhir ini, analisis stabilitas lereng akan di coba dengan 2 kondisi lereng yaitu kondisi eksisting

dan kondisi MAT (1 m, 2m, 3m) menggunakan metode Bishop dan metode Fellenius. Analisis ini dilakukan secara manual dan dengan bantuan program GEO5. Analisis stabilitas lereng secara manual dihitung

dengan metode Bishop Simplified dan metode Fellenius dengan lebar tinjauan slide sebesar 1m pada Gambar 4. Hasil perhitungan secara manual dirangkum pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 3. Pemodelan Lereng



Gambar 4. Pemodelan Lereng Dengan Tinjauan 1 m

TABEL 1
Hasil Perhitungan Metode Bishop

Slide	W(kN)		θ	b	b.c	h(m)	γh	hw(m)	u(kN/m ²)	ru
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.76	32.76	73	1	10.3	3.37	62.85	0	0.00	0.00
2	4.80	89.50	70	1	10.3	6.09	113.64	0	0.00	0.00
3	7.27	135.66	67	1	10.3	8.42	157.06	0	0.00	0.00
4	9.46	176.56	64	1	10.3	10.47	195.34	0	0.00	0.00
5	11.45	213.66	62	1	10.3	12.31	229.74	0	0.00	0.00
6	13.16	245.64	59	1	10.3	13.99	261.08	0.61	11.33	0.04
7	14.77	275.68	57	1	10.3	15.54	289.90	1.56	29.09	0.10
8	16.26	303.41	55	1	10.3	16.97	316.59	2.36	43.94	0.14
9	17.64	329.16	53	1	10.3	18.30	341.45	3.05	56.84	0.17
10	18.61	347.23	51	1	10.3	17.76	331.32	3.60	67.14	0.20
11	15.86	296.03	49	1	10.3	13.93	259.85	4.06	75.85	0.29
12	19.98	372.85	48	1	10.3	10.03	187.10	4.39	81.91	0.44
13	8.05	150.23	46	1	10.3	6.07	113.19	4.64	86.60	0.77
14	4.06	75.78	44	1	10.3	2.05	38.21	2.05	38.21	1.00

Lanjutan

W(1-ru)tg ϕ	cos θ	sin θ	tan θ	tan ϕ	c.b+W(1-ru)tan θ	Wsin θ
11	12	13	14	15	16	17
15.84	0.29	0.95630	3.27	0.48	26.14	31.33
43.27	0.34	0.94	2.75	0.48	53.57	84.10
65.58	0.39	0.92	2.36	0.48	75.88	124.88
85.35	0.44	0.90	2.05	0.48	95.65	158.69
103.29	0.47	0.88	1.88	0.48	113.59	188.65
113.59	0.52	0.86	1.66	0.48	123.89	210.56
119.90	0.54	0.84	1.54	0.48	130.20	231.21
126.31	0.57	0.82	1.43	0.48	136.61	248.54
132.63	0.60	0.80	1.33	0.48	132.63	262.88
133.84	0.63	0.78	1.23	0.48	133.84	269.85
101.34	0.66	0.75	1.15	0.48	101.34	223.42
101.33	0.67	0.74	1.11	0.48	101.33	277.08
17.06	0.69	0.72	1.04	0.48	17.06	108.07
0.00	0.72	0.69	0.97	0.34	0.00	52.64

Sumber: Hasil Analisis

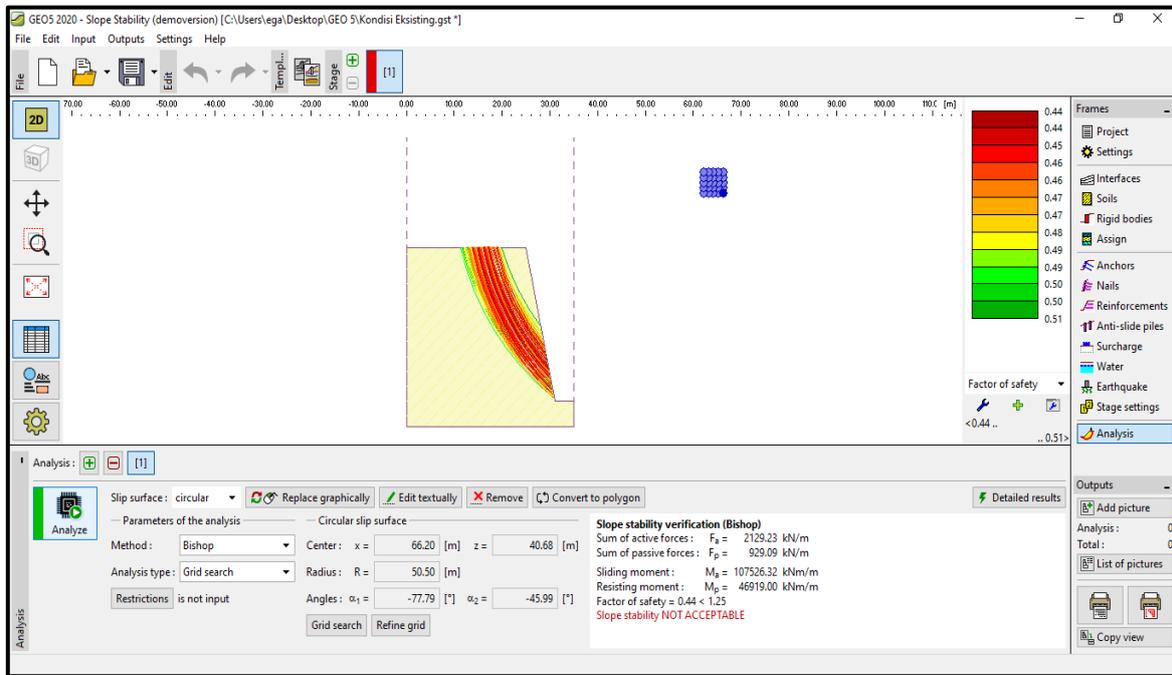
TABEL 2
Hasil Perhitungan Metode Fellenius

Slice	Luas slice (A)	Berat Irisan Tanah (Wi)	Panjang Irisan (ai)	Sudut Irisan (θ)	Tekanan Air Pori (ui)	sin θ	cos θ	Wi cos θ - ui ai	Wi sin θ
	m ²	kN	m	derajat	kN/m ²				
1	1.7557	32.7614	3.5143	73	0.0000	0.9563	0.2924	9.5785	31.3298
2	4.7963	89.4990	2.9000	70	0.0000	0.9397	0.3420	30.6104	84.1015
3	7.2702	135.6619	2.5329	67	0.0000	0.9205	0.3907	53.0073	124.8775
4	9.4621	176.5628	2.2824	64	0.0000	0.8988	0.4384	77.4000	158.6936
5	11.4504	213.6645	2.0977	62	0.0000	0.8829	0.4695	100.3094	188.6545
6	13.1641	245.6421	1.9547	59	11.3304	0.8572	0.5150	104.3676	210.5564
7	14.7739	275.6810	1.8399	57	29.0872	0.8387	0.5446	96.6291	231.2055
8	16.2598	303.4079	1.7454	55	43.9443	0.8192	0.5736	97.3272	248.5372
9	17.6399	329.1605	1.6658	53	56.8421	0.7986	0.6018	103.4062	262.8793
10	18.6082	347.2290	1.5979	51	67.1387	0.7771	0.6293	111.2374	269.8476
11	15.8645	296.0316	1.5391	49	75.8473	0.7547	0.6561	77.4776	223.4179
12	19.9814	372.8529	1.4876	48	81.9137	0.7431	0.6691	127.6325	277.0837
13	8.0511	150.2335	1.4421	46	86.5955	0.7193	0.6947	-20.5183	108.0690
14	4.0613	75.7839	0.0045	44	38.2119	0.6947	0.7193	54.3424	52.6439
Σ			26.6043					1022.8074	2471.8973

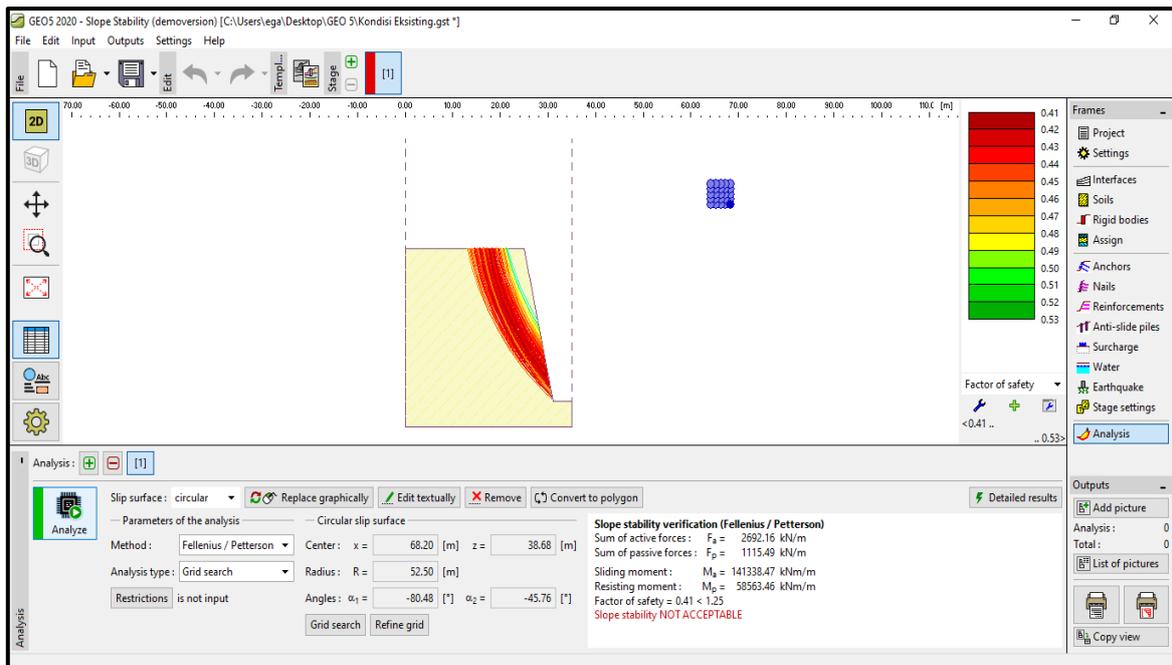
Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4 dan Gambar 5 adalah hasil analisis kestabilan lereng eksisting dengan menggunakan program GEO5 untuk metode Bishop Simplified dan metode Fellenius. Gambar 6 dan Gambar 7 adalah hasil analisis kestabilan lereng terhadap pengaruh

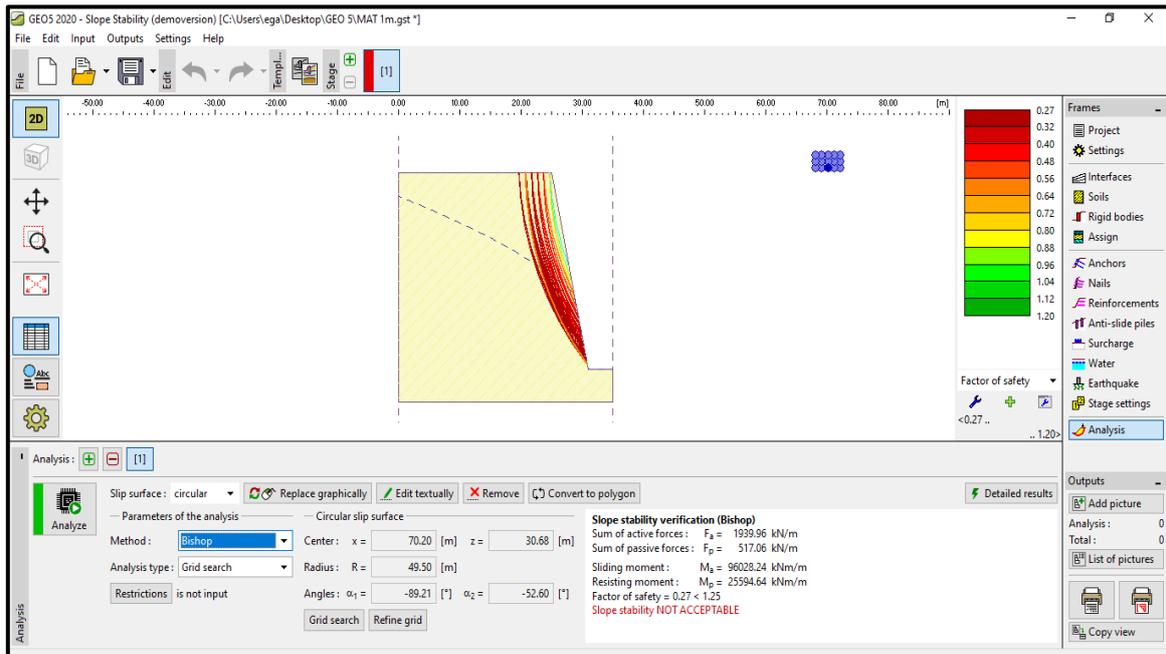
muka air tanah pada kedalaman 1 m. Resume nilai FK terhadap kedalaman muka air tanah dengan menggunakan metode Bishop Simplified dan metode Fellenius ditampilkan pada Tabel 3.



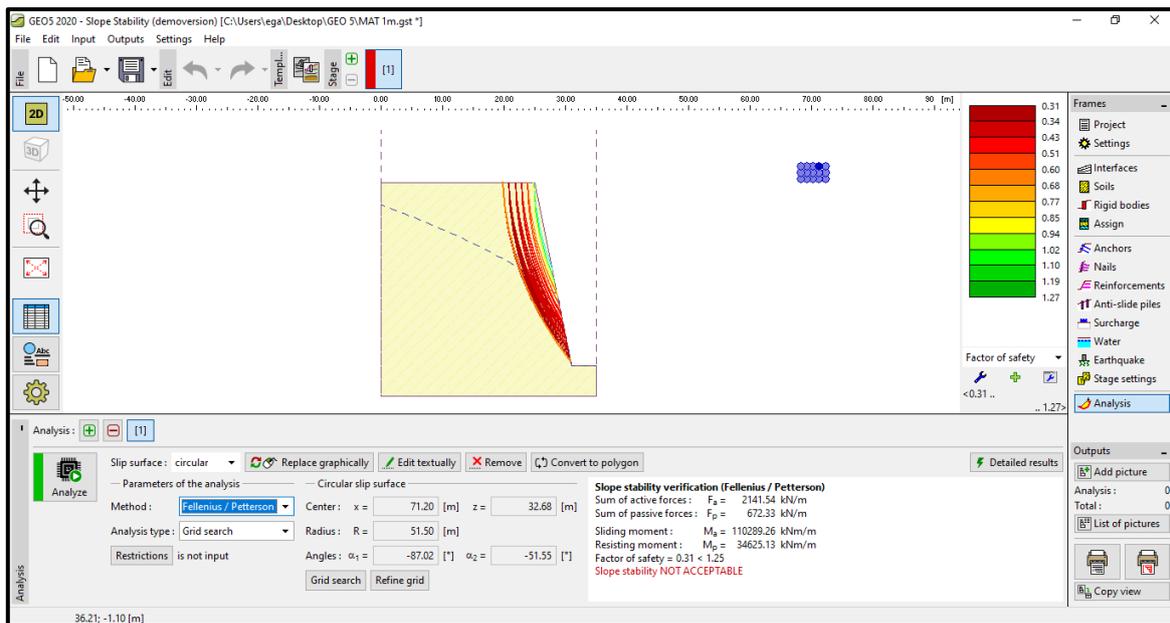
Gambar 4. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Pada Kondisi Eksisting Dengan Metode Bishop



Gambar 5. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Pada Kondisi Eksisting Dengan Metode Fellenius



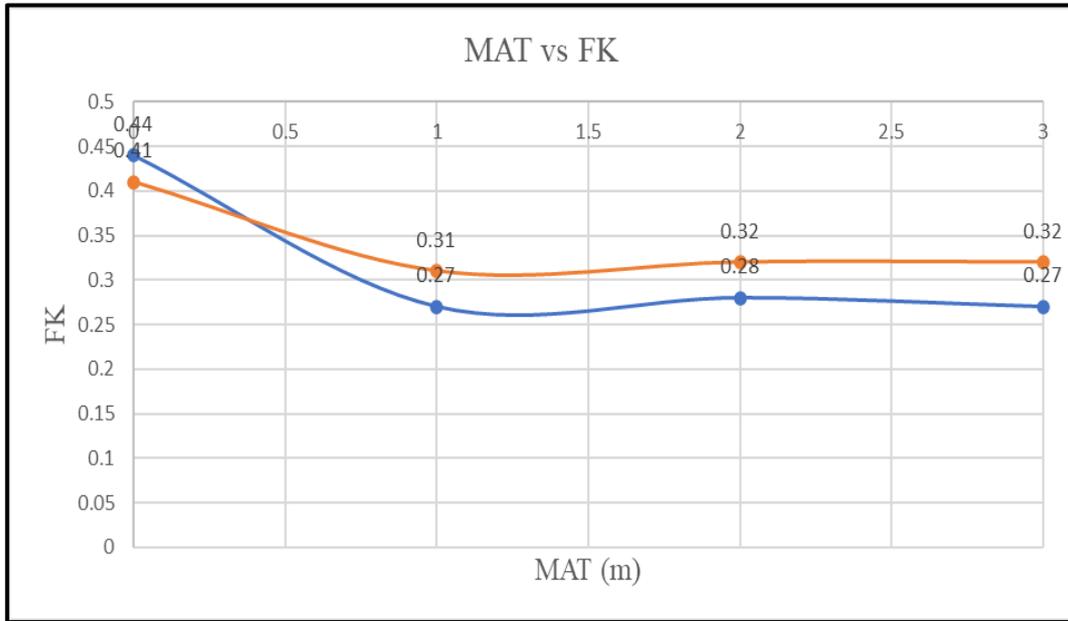
Gambar 6. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Pada Kondisi MAT 1 m Dengan Metode Bishop



Gambar 7. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Pada Kondisi MAT 1 m Dengan Metode Fellenius

TABEL 3
Hubungan MAT vs FK

MAT(m)	Fk Bishop	Fk Fellenius
0	0.44	0.41
1	0.27	0.31
2	0.28	0.32
3	0.28	0.32



Gambar 8. Grafik MAT vs FK

C. Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Perkuatan Soil Nailing

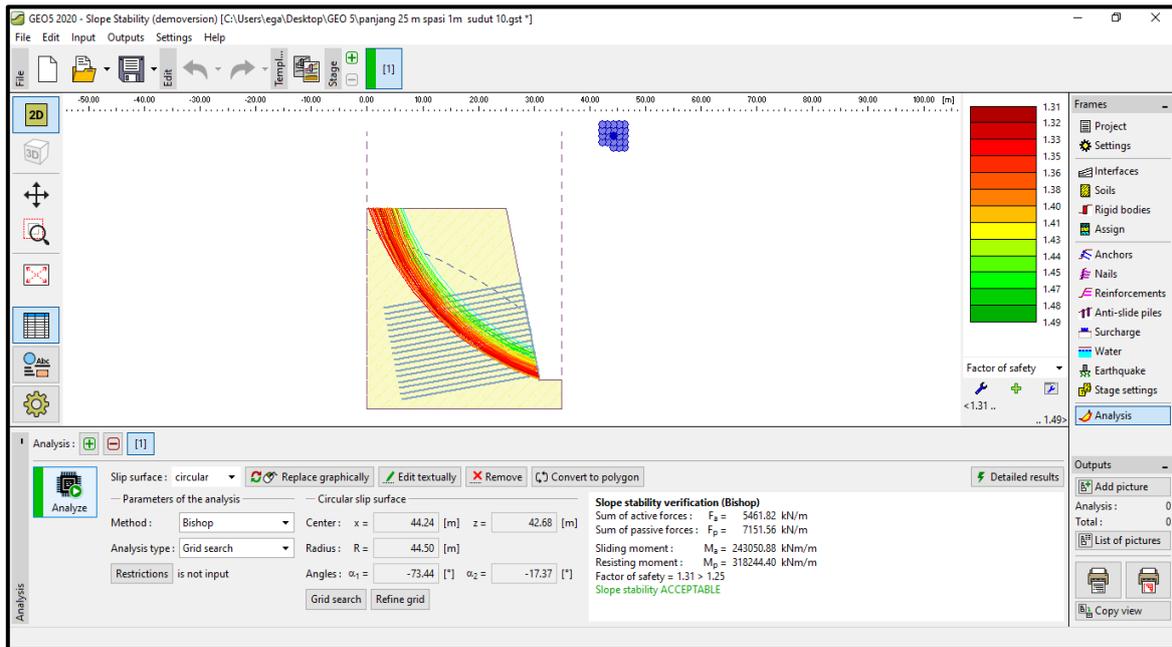
Dari analisis stabilitas lereng secara manual dan dengan bantuan program GEO5 menggunakan metode Bishop dan metode Fellenius, didapat hasil faktor keamanan dengan kondisi yang kritis. Oleh karena itu untuk meminimalisir bencana longsor pada lereng tersebut maka diperlukan perkuatan. Salah satu perkuatan yang digunakan adalah perkuatan soil nailing dengan bantuan program GEO5.

Dari hasil analisis ini dengan panjang nail 25 m, sudut inklinasi 10°, spasi 1m dan jumlah nail 16 buah didapatkan nilai faktor keamanan untuk metode bishop sebesar 1.31 dan metode fellenius sebesar 1.26 yang berarti meningkat dari analisis sebelum adanya perkuatan yang hanya sebesar 0.27 untuk metode bishop dan 0.31 untuk metode fellenius. Kedua angka tersebut menunjukkan bahwa lereng telah stabil (FK Bishop = 1.31 > 1.25, FK Fellenius = 1.26 > 1.25).

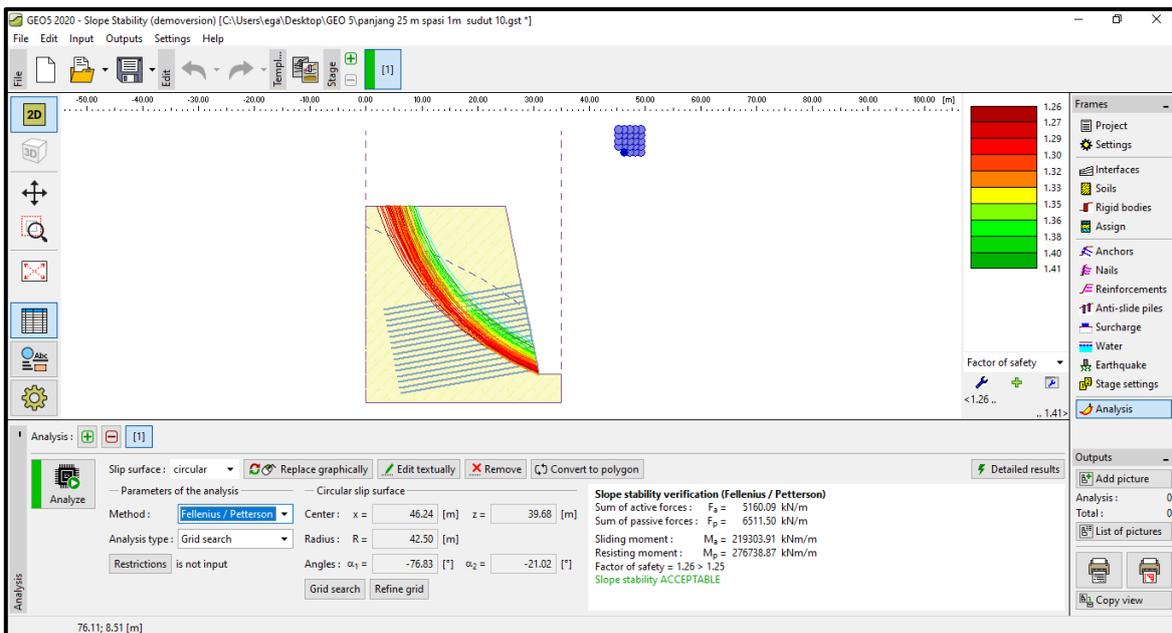
Dari hasil analisis stabilitas lereng menggunakan perkuatan soil nailing dapat dilihat bahwa variasi nail sangat berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan.

Variasi nail yang dimaksud antara lain panjang nail, sudut, banyaknya jumlah nail, jarak antar nail dan diameter nail. Analisis ini menggunakan panjang nail dan sudut nail yang bervariasi, sedangkan jumlah nail, diameter nail dan jarak nail sama. Berikut ini merupakan hasil analisis faktor keamanan menggunakan program GEO5 yang disajikan dalam bentuk Tabel 4 sd. Tabel 9.

Gambar 11 dan Gambar 12 memperlihatkan nilai faktor keamanan dengan metode Bishop meningkat pada sudut antara 10° sampai sudut 14° dan menurun pada sudut 15°, sedangkan nilai faktor keamanan dengan metode Fellenius meningkat pada sudut antara 10° sampai sudut 14° dan menetap pada sudut 15°. Dapat dilihat juga bahwa faktor keamanan untuk metode Bishop dan metode Fellenius paling tinggi didapatkan pada sudut nail 10° panjang 25 m dengan nilai FK Bishop 1.31 dan FK Fellenius 1.26.



Gambar 9. Hasil Analisis Pada Lereng Menggunakan Perkuatan Soil Nailing Dengan Metode Bishop



Gambar 10. Hasil Analisis Pada Lereng Menggunakan Perkuatan Soil Nailing Dengan Metode Fellenius

TABEL 4
Hubungan Panjang vs FK pada sudut 10°

Sudut	Diameter Nail	Spasi	Panjang	FK Bishop	FK Fellenius
10°	43 mm	1 m	20	1.11	1.07
			21	1.15	1.1
			22	1.19	1.14
			23	1.22	1.18
			24	1.26	1.22
			25	1.31	1.26

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 5
Hubungan Panjang vs FK pada sudut 11°

Sudut	Diameter Nail	Spasi	Panjang	FK Bishop	FK Fellenius
11°	43 mm	1 m	20	1.11	1.07
			21	1.16	1.11
			22	1.19	1.15
			23	1.23	1.18
			24	1.26	1.22
			25	1.29	1.26

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 6
Hubungan Panjang vs FK pada sudut 12°

Sudut	Diameter Nail	Spasi	Panjang	FK Bishop	FK Fellenius
12°	43 mm	1 m	20	1.12	1.07
			21	1.16	1.11
			22	1.2	1.15
			23	1.23	1.18
			24	1.26	1.22
			25	1.3	1.25

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 7
Hubungan Panjang vs FK pada sudut 13°

Sudut	Diameter Nail	Spasi	Panjang	FK Bishop	FK Fellenius
13°	43 mm	1 m	20	1.12	1.08
			21	1.16	1.11
			22	1.2	1.15
			23	1.23	1.19
			24	1.27	1.22
			25	1.3	1.25

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 8
Hubungan Panjang vs FK pada sudut 14°

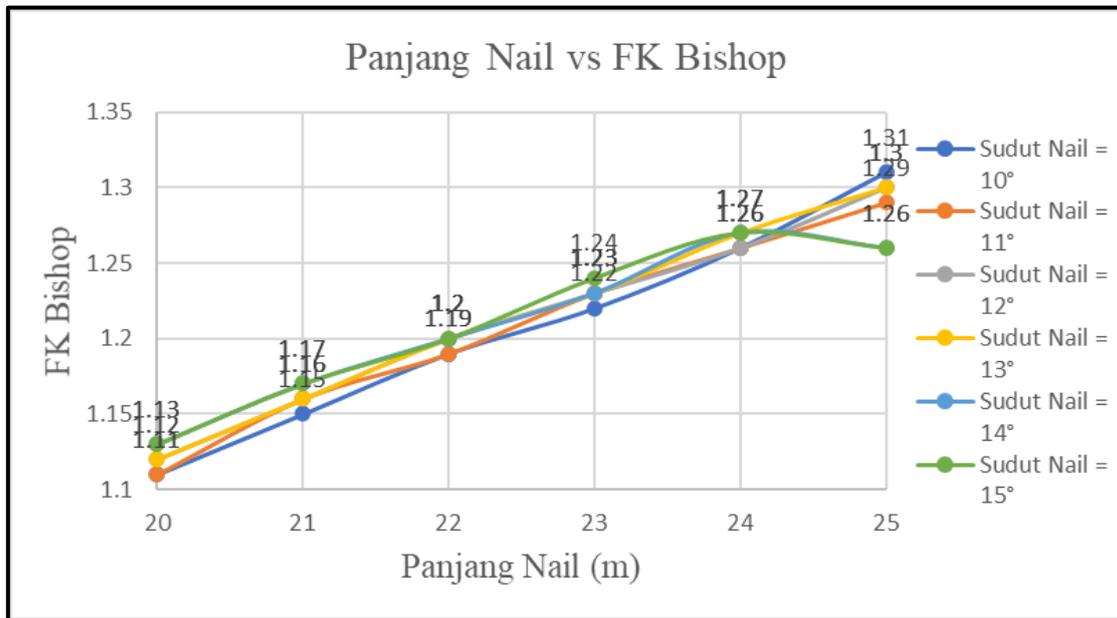
Sudut	Diameter Nail	Spasi	Panjang	FK Bishop	FK Fellenius
14°	43 mm	1 m	20	1.13	1.08
			21	1.17	1.12
			22	1.2	1.15
			23	1.23	1.19
			24	1.27	1.22
			25	1.26	1.22

Sumber: Hasil Analisis

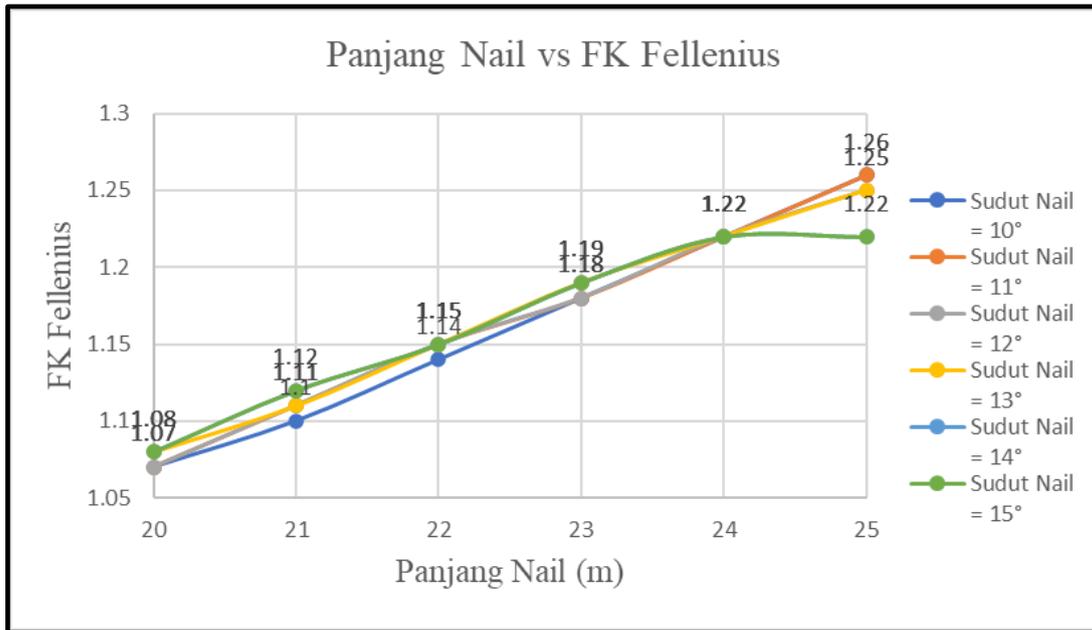
TABEL 9
Hubungan Panjang vs FK pada sudut 15°

Sudut	Diameter Nail	Spasi	Panjang	FK Bishop	FK Fellenius
15°	43 mm	1 m	20	1.13	1.08
			21	1.17	1.12
			22	1.2	1.15
			23	1.24	1.19
			24	1.27	1.22
			25	1.26	1.22

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Panjang Nail vs FK Bishop Pada Sudut Inklinasi Nail = 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Panjang Nail vs FK Fellenius Pada Sudut Inklinasi Nail = 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°

TABEL 10
Faktor Keamanan Sebelum Perkuatan

	Metode	FK	Fk rencana	Keterangan
Manual	Bishop	0.27	1.25	Tidak Aman
	Fellenius	0.31	1.25	Tidak Aman
Program Geo 5	Bishop	0.27	1.25	Tidak Aman
	Fellenius	0.31	1.25	Tidak Aman

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 11
Faktor Keamanan Sesudah Perkuatan

	Metode	FK	Fk rencana	Keterangan
Program	Bishop	1.31	1.25	Aman
Geo 5	Fellenius	1.26	1.25	Aman

Sumber: Hasil Analisis

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang sudah dijelaskan dari bab sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis stabilitas lereng dengan kondisi eksisting dan percobaan MAT 1 m, 2 m 3 m diperoleh lereng berada dalam kondisi paling kritis pada kedalaman MAT 1 m dimana Faktor Keamanan secara manual dengan metode Bishop (FK Bishop) = 0.27 sedangkan faktor keamanan dengan metode Fellenius (FK Fellenius = 0.31),

- pada program GEO5 diperoleh faktor keamanan dengan metode Bishop (FK Bishop = 0.27) dan faktor keamanan dengan metode Fellenius (FK Fellenius = 0.31). Dapat dilihat juga dari tabel hubungan MAT vs FK bahwa kedalaman MAT sangat berpengaruh pada kondisi dari suatu lereng. Semakin besar kedalaman MAT maka semakin besar angka faktor keamanan. Berdasarkan hasil tersebut maka perlunya perkuatan soil nailing.
2. Hasil dari analisis stabilitas lereng yang telah diberikan perkuatan soil nailing dengan diameter nail = 43 mm, panjang nail 25 m, spasi (shv,sv) 1 m dan sudut 10° diperoleh nilai faktor keamanan

spada program GEO5 dengan metode Bishop (FK Bishop = 1.31) dan faktor keamanan dengan metode Fellenius (FK Fellenius = 1.26). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng telah stabil.

3. Dari grafik hubungan antara panjang nail vs FK Bishop pada sudut inklinasi yang berbeda dan grafik hubungan antara panjang nail vs FK Fellenius pada sudut inklinasi yang berbeda, dapat dilihat bahwa semakin panjang nail yang dipasang maka semakin besar faktor keamanan yang diperoleh.

B. Saran

1. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya analisis stabilitas lereng dapat menggunakan jenis perkuatan yang lainnya.
2. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya lebih divariasikan lagi jarak antar nail, jumlah nail dan spesifikasi nail yang lain untuk mendapatkan nilai Fk yang lebih baik.
3. Perlu diadakan perhitungan stabilitas eksternal dan internal pada penelitian selanjutnya.

KUTIPAN

A. Buku

- [1] Badan Standarisasi Nasional (2017). SNI 8462:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik Jakarta : ICS
- [2] Bowles, JE " Foundation *Analysis and Design*", Fifth Edition (1996)

- [3] Das, Braja M., Noor Endah, and Indrasurya B. Mochtar "Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1 dan 2. "Penerbit Erlangga. Jakarta (1993)"
- [4] Han, J. (2015). Principles and Practice of Ground Improvement. New Jersey: John Wiley Sons, Inc.
- [5] Hardiyatmo, H. C. (2020). Perbaikan Tanah. Yogyakarta: Gajah Mada Universitas press.
- [6] Hardiyatmo, H. C. (2012). Tanah Longsor dan Erosi. Yogyakarta: Gajah Mada Universitas Press
- [7] Muntohar, Agus Setyo. Tanah Longsor Analisis - Prediksi - Mitigasi. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

B. Jurnal

- [8] Imbar, E. R., Mandagi, A. T., & Rondonuwu, S. G. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Slope/W Dan Geostructural. TEKNO, 17(72).
- [9] Kumalasari, Vitriana. 2012. "Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Geoslope".
- [10] Panjaitan, Alamando, Oktovian B.A. Sompie, Agnes T. Mandagi. 2020. Analisis Perhitungan Stabilitas Lereng Metode Fellenius Menggunakan Program PHP. Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.3 Unsrat Manado
- [11] Nggebu, Y. Y., Ticoh, J. H., & Legrans, R. R. I. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Di Ruas Jalan Raya Manado–Tomohon Km 15. TEKNO, 17(71).
- [12] Pragustus, D., Mandagi, A. T., & Turangan, A. E. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Software Slide 6.0 (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado-Tomohon). Jurnal Sipil Statik, 7(11).
- [13] Sampouw, B. G., Mandagi, A. T., & R Ticoh, J. H. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Sebagai Perkuatan Desain Dinding MSE Pada Ruas Jalan Tol 2 Manado – Bitung STA 9+745 Menggunakan Software Slide V.6.005. Jurnal Sipil Statik, 7(12).