

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN SOIL NAILING MENGGUNAKAN SOFTWARE SLIDE 6.0 (STUDI KASUS: RUAS JALAN MANADO-TOMOHON)

Depniel Pragustus

Agnes T. Mandagi, Turangan A. E

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: *depnielpragustus@gmail.com*

ABSTRAK

Analisis kestabilan lereng dilakukan pada ruas jalan Manado-Tomohon Km 15. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kestabilan lereng dan mengetahui nilai faktor keamanan lereng dengan perkuatan soil nail. Dalam penelitian ini analisis kestabilan lereng dihitung dengan menggunakan Software Rocscience Slide 6.0 metode Bishop Simplified. Hasil analisis kestabilan lereng dengan menggunakan Software Rocscience Slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng yaitu $SF = 0.403$ yang menunjukkan bahwa lereng tidak stabil. Kemudian setelah diadakan Slope Protection menggunakan soil nail dengan dimensi nail yakni panjang nail = 18 m, diameter nail = 32 mm, jarak antar nail = 1.8 m dan posisi nail = 90° (tegak lurus bidang miring) diperoleh nilai faktor keamanan $SF = 1.823$ yang menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil.

Kata Kunci: *Faktor Keamanan, metode Bishop Simplified, Nail, Software Slide 6.0*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada umumnya permukaan tanah tidak selalu membentuk bidang datar namun terdapat permukaan tanah yang memiliki perbedaan ketinggian antara tempat yang satu dengan tempat yang lain sehingga membentuk lereng. Lereng dapat terjadi secara alami atau dengan sengaja dibuat oleh manusia.

Dengan adanya perbedaan ketinggian muka tanah akan memungkinkan terjadinya longsor. Longsor terjadi karena ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng yaitu gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan yang ada di lereng tersebut. Kerusakan yang ditimbulkan akibat longsor ini bukan hanya kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasilitas umum, hilangnya lahan-lahan pertanian, korban jiwa, akan tetapi kerusakan secara tidak langsung melumpuhkan kegiatan ekonomi dan pembangunan daerah yang terkena bencana.

Pada ruas jalan Manado-Tomohon km 15 terdapat lereng yang cukup curam sehingga memungkinkan terjadinya longsor. Ruas jalan Manado-Tomohon merupakan

jalan dengan lalu lintas kendaraan yang sedang-tinggi, oleh karena itu perlu dilakukan penanganan untuk masalah longsor. Untuk mencegah terjadinya longsor diperlukan adanya perkuatan tambahan sehingga lereng tetap stabil. Salah satu alternatif perkuatan lereng adalah *Soil Nailing*.

Soil Nailing merupakan perkuatan lereng dengan memasang batangan-batangan baja kedalam tanah (Lazarete, 2003). Perkuatan yang diberikan diperoleh dari kekuatan tegangan baja dan gesekan antara permukaan batangan baja dengan tanah disekelilingnya yang akan memberikan gaya perlawanan tambahan bagi lereng. Perhitungan mengenai gaya penggerak tanah dan perlawanannya disebut analisis stabilitas lereng.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis kestabilan lereng dengan perkuatan *Soil Nailing*. Dalam hal ini lokasi penelitian terdapat pada ruas jalan Manado-Tomohon km 15.

Batasan Masalah

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

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dari data yang telah disurvei sebelumnya
2. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan perhitungan manual dan *software slide 6.0* metode *Bishop Simplified*
3. Tidak memperhitungkan pengaruh gempa

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui kestabilan lereng berdasarkan faktor keamanan menggunakan *software slide 6.0* metode *Bishop Simplified*
2. Mengetahui kestabilan lereng dengan perkuatan *Soil Nailing*

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini dapat diperoleh manfaat antara lain :

- Memberikan masukan bagi perkembangan ilmu pengetahuan, terlebih khusus yang berhubungan dengan masalah tanah atau kestabilan lereng.
- Masyarakat sekitar dapat mengetahui kondisi lereng yang ada di ruas jalan Manado-Tomohon agar lebih waspada terhadap bahaya longsor.

LANDASAN TEORI

Pengertian Lereng

Lereng adalah bidang miring yang menghubungkan bidang-bidang lain yang mempunyai elevasi yang berbeda. Lereng terbentuk secara alamiah maupun dengan bantuan manusia. Berdasarkan proses terbentuknya lereng dapat dibagi menjadi dua macam yaitu:

- a. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk karena proses alam misalnya lereng di daerah perbukitan.

- b. Lereng buatan yaitu lereng yang terbentuk karena proses kegiatan manusia yang sengaja dilakukan untuk keperluan tertentu misalnya lereng akibat galian, lereng tanggul untuk jalan, lereng bendungan dan sebagainya.

Stabilitas Lereng

Kelongsoran pada lereng bisa terjadi karena adanya faktor-faktor luar yang berubah dan mempengaruhi kestabilan lereng yaitu kondisi topografi, iklim perubahan cuaca, aliran air tanah dan perubahan tegangan.

Cara Untuk Menstabilkan Lereng

Pada prinsipnya, cara yang dipakai untuk menjadikan lereng supaya stabil dapat dibagi dalam 2 golongan yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Momen penggerak dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng yang bersangkutan, yaitu dengan cara:
 - a. Merubah lereng lebih datar atau mengurangi sudut kemiringan. Cara ini kurang cocok untuk lereng yang tinggi.
 - b. Memperkecil ketinggian lereng.
 - c. Merubah lereng menjadi multiple slope (lereng bertingkat). Dapat dipakai untuk lereng yang tinggi.
2. Memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor, yaitu :
 - a. Memakai "counterweight", yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.
 - b. Dengan mengurangi air pori di dalam lereng.
 - c. Dengan cara mekanis, yaitu dengan memasang soil nail, end anchored, tiang pancang, atau tembok penahan tanah.

Analisis Kestabilan Lereng

Faktor keamanan adalah rasio antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, yang ditunjukkan pada persamaan berikut ini (Hardiyatmo, 2003)

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d} \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

FS = nilai faktor keamanan

τ_f = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah

τ_d = tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor

Menurut teori Mohr-Coulomb tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah disepanjang bidang longsor dapat dihitung dengan persamaan:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \dots (2)$$

dengan:

c = kohesi

σ = tegangan normal pada bidang kelongsoran

ϕ = sudut geser dalam tanah

Persamaan tegangan geser yang terjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsohnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \phi_d (3)$$

dengan:

c_d = kohesi yang bekerja sepanjang bidang longsor

ϕ_d = sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor

SF = 1 maka lereng adalah dalam keadaan akan longsor. Pada umumnya, nilai FK 1,5 untuk keamanan terhadap kekuatan geser dapat diterima untuk merencanakan stabilitas lereng.

Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop Disederhanakan (Simplified Bishop)

Metode Bishop disederhanakan (Bishop, 1955) mengasumsikan bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal.

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n [c b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \left(\frac{1}{\cos \theta_i + (\sin \theta_i \tan \phi / F)} \right)$$

dengan :

SF = faktor aman

C = kohesi tanah efektif

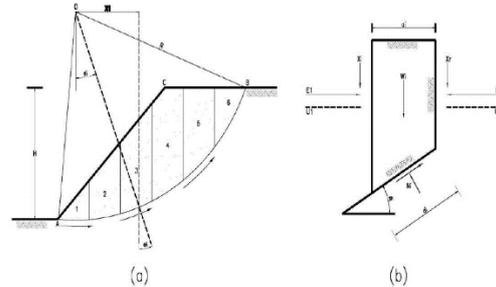
ϕ = sudut geser dalam tanah efektif

b_i = lebar irisan ke-i

W_i = berat irisan tanah ke-i

θ_i = sudut yang didefinisikan dalam gambar 2.1

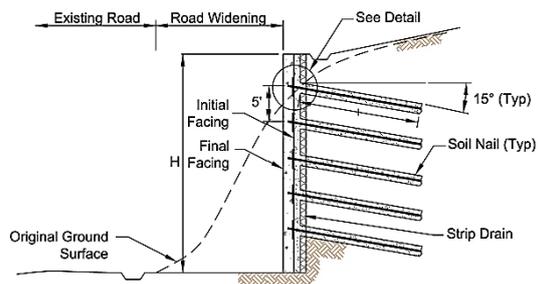
u_i = tekanan air pori pada irisan ke-i



Gambar 1. Permukaan bidang yang dicoba dan gaya-gaya yang bekerja pada irisan

Soil Nailing

Soil nailing adalah suatu metode dalam perkuatan tanah *in-situ*/asli dengan memasang sejumlah paku (*nails*) berupa besi tulangan yang *digrout* berjarak interval 1.5 sampai dengan 20 meter. Besi tersebut biasanya tidak diberi *pretressed*. Agar semua paku bisa bekerja sebagai satu unit kesatuan, maka segera setelah paku terpasang, permukaan tanahnya di shotcrete setebal ±10 cm dan paku besi tersebut dipaku ke dinding *shotcrete*



Gambar 2. Komponen Soil Nailing

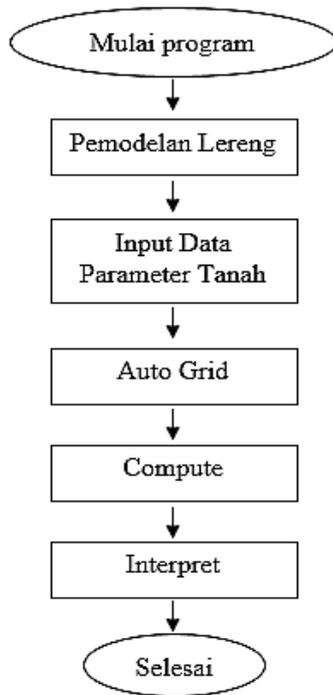
Program Rocscience Slide 6.0

Rocscience Slide 6.0 merupakan salah satu program yang dapat menganalisa kestabilan lereng. Rocscience Slide 6.0 juga dapat menganalisa tekanan air tanah serta

rembesan air tanah dengan menggunakan metode limit equilibrium.

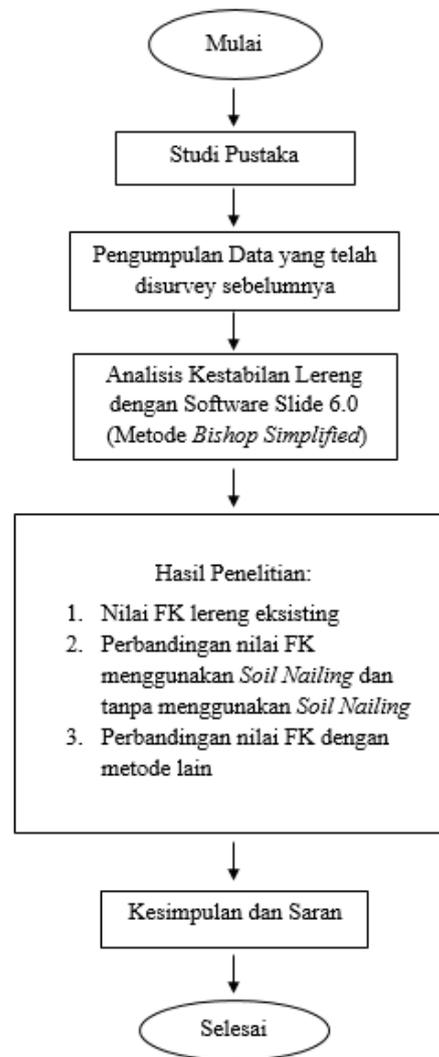
Dalam penelitian ini metode analisis yang digunakan untuk mendapatkan faktor keamanan adalah metode *Bishop Simplified*.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pemodelan dalam program *Rocscience Slide 6.0* seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Langkah-langkah pemodelan Rocscience Slide 6.0

Bagan Alir



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pada lereng Ruas Jalan Manado – Tomohon km 15



Gambar 4. Lokasi Penelitian

Prosedur Penelitian

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

- a. Studi Pustaka
- b. Survey lokasi
- c. Pengumpulan data
- d. Pengolahan data yang dilakukan dengan software Slide 6.0
- e. Kesimpulan dan Saran

HASIL DAN PEMBAHASAN

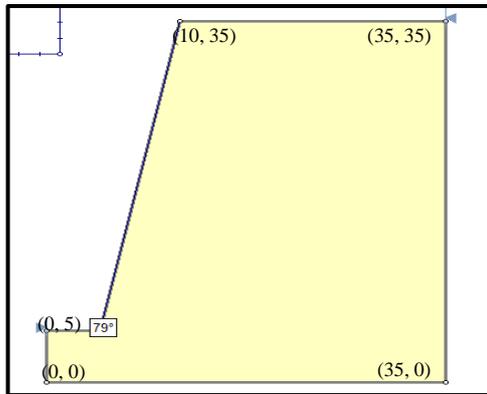
Data-data Lereng

- Tinggi lereng : 30 m
- Sudut kemiringan lereng : 79 °

- kohesi tanah (c) $1.050t/m^2 : 10.3 \text{ kN/m}^2$
- Sudut geser dalam (ϕ) : 25.8°
- Berat isi tanah (γ) $1.903t/m^3 : 18.66 \text{ kN/m}^3$

didapat dari hasil analisis menandakan bahwa lereng dalam kondisi tidak stabil.

Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Soil Nail



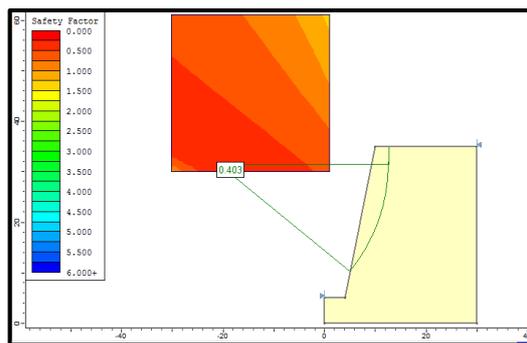
Gambar 6. Pemodelan Lereng pada Program SLIDE

Koordinat lereng dalam program SLIDE adalah sebagai berikut:

- A = (0, 0) D = (10, 35)
- B = (0, 5) E = (35, 35)
- C = (4, 5) F = (35, 0)

Analisis Stabilitas Lereng Eksisting Menggunakan Program SLIDE

Metode yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng eksisting adalah *Bishop Simplified* pada program SLIDE.



Gambar 7. Hasil analisis kestabilan lereng eksisting dengan metode bishop simplified

Hasil analisis kestabilan lereng dengan metode Bishop Simplified menggunakan Software SLIDE diperoleh faktor keamanan $FS = 0.403$. Dari nilai faktor keamanan yang

Tabel 1 Analisis Kestabilan Lereng
L = 18 m, Sv = 1.4 m

Panjang (L = 18)	Jarak antar nail (m)	Diameter	FK	Anggaran Biaya
18	1.4 m	19	1.003	Rp 8,036,028.00
		22	1.243	Rp 10,738,728.00
		25	1.587	Rp 13,873,860.00
		32	2.398	Rp 22,738,716.00
		36	3.488	Rp 28,792,764.00

Tabel 2 Analisis Kestabilan Lereng
L = 18 m, Sv = 1.5 m

Panjang (L = 18)	Jarak antar nail (m)	Diameter	FK	Anggaran Biaya
18	1.5 m	19	0.987	Rp 7,670,754.00
		22	1.196	Rp 10,250,604.00
		25	1.468	Rp 13,243,230.00
		32	2.303	Rp 21,705,138.00
		36	2.889	Rp 27,484,002.00

Tabel 3 Analisis Kestabilan Lereng
L = 18 m, Sv = 1.6 m

Panjang (L = 18)	Jarak antar nail (m)	Diameter	FK	Anggaran Biaya
18	1.6 m	19	0.925	Rp 7,305,480.00
		22	1.143	Rp 9,762,480.00
		25	1.412	Rp 12,612,600.00
		32	2.093	Rp 20,671,560.00
		36	2.707	Rp 26,175,240.00

Tabel 4 Analisis Kestabilan Lereng
L = 18 m, Sv = 1.7 m

Panjang (L = 18)	Jarak antar nail (m)	Diameter	FK	Anggaran Biaya
18	1.7 m	19	0.899	Rp 6,574,932.00
		22	1.081	Rp 8,786,232.00
		25	1.341	Rp 11,351,340.00
		32	1.890	Rp 18,604,404.00
		36	2.504	Rp 23,557,716.00

Tabel 5 Analisis Kestabilan Lereng
L = 18 m, Sv = 1.7 m

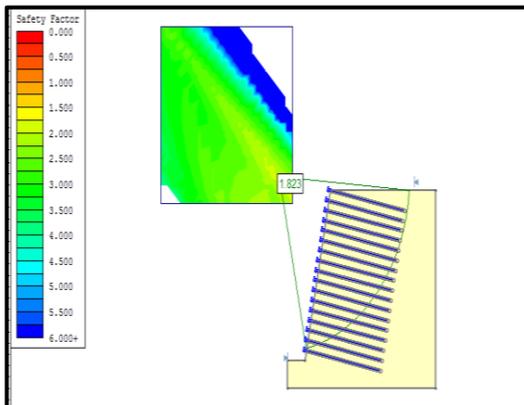
Panjang (L = 18)	Jarak antar nail (m)	Diameter	FK	Anggaran Biaya
18	1.8 m	19	0.868	Rp 6,209,658.00
		22	1.053	Rp 8,298,108.00
		25	1.269	Rp 10,720,710.00
		32	1.823	Rp 17,570,826.00
		36	2.278	Rp 22,248,954.00

Dari hasil perhitungan yang dilakukan dengan program SLIDE pada setiap dimensi nail yang divariasikan maka diperoleh data soil nail yang bisa diaplikasikan untuk perkuatan lereng dengan melihat penggunaan nail yang ekonomis yaitu:

Data Soil Nail:

- Diameter : 32 mm
- Panjang : 18 m
- Jarak antar Nail : 1.8 m
- Posisi Nail : 90° (tegak lurus bidang miring)

Hasil analisis kestabilan lereng dengan perkuatan menggunakan Software SLIDE 6.0 pada gambar berikut:



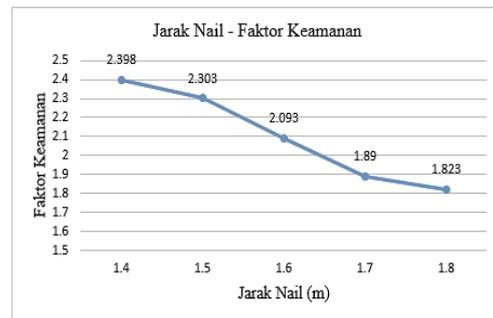
Gambar 8. Analisis kestabilan lereng dengan Perkuatan Soil Nail

Hasil analisis kestabilan lereng dengan Perkuatan Soil Nail menggunakan Software SLIDE diperoleh faktor keamanan adalah SF = 1.823. Dari nilai faktor keamanan yang didapat dari hasil analisis menandakan bahwa lereng dalam keadaan stabil.

1. Hubungan Faktor Keamanan dengan Jarak antar Nail

Tabel 6 Jarak antar Nail – FK

Panjang Nail	Diameter Nail	Jarak antar Nail	Faktor Keamanan
18 m	32 mm	1.4 m	2.398
		1.5 m	2.303
		1.6 m	2.093
		1.7 m	1.890
		1.8 m	1.823



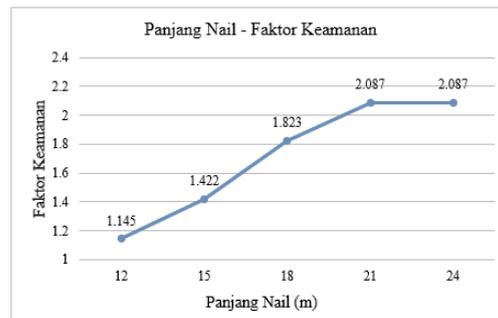
Grafik 1 Jarak Nail – FK

Dari grafik hubungan jarak nail dan faktor keamanan menunjukkan bahwa semakin besar jarak antar nail maka semakin kecil nilai faktor keamanan.

2. Hubungan Faktor Keamanan dengan Panjang Nail

Tabel 7 Panjang Nail – FK

Jarak antar Nail	Diameter Nail	Panjang Nail	Faktor Keamanan
1.8 m	32 mm	12 m	1.145
		15 m	1.422
		18 m	1.823
		21 m	2.087
		24 m	2.087



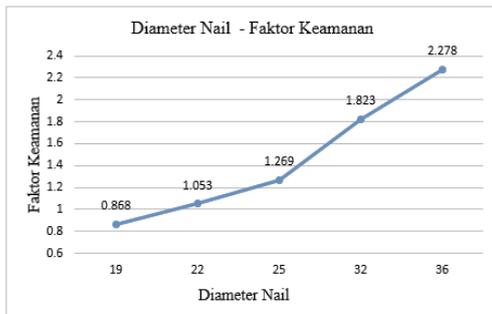
Grafik 2 Panjang Nail – FK

Dari grafik hubungan panjang nail dan faktor keamanan menunjukkan bahwa semakin besar panjang nail maka semakin besar nilai faktor keamanan.

3. Hubungan Faktor Keamanan dengan Diameter Nail

Tabel 8 Diameter Nail – FK

Panjang Nail	Jarak antar Nail	Diameter Nail	Faktor Keamanan
18 m	1.8 m	19	0.868
		22	1.053
		25	1.269
		32	1.823
		36	2.278



Grafik 3 Diameter Nail – FK

Dari grafik hubungan diameter nail dan faktor keamanan menunjukkan bahwa semakin besar diameter nail maka semakin besar nilai faktor keamanan

4. Hubungan Faktor Keamanan dengan Kemiringan Nail

Tabel 9 Kemiringan Nail – FK

Panjang Nail	Jarak antar Nail	Diameter Nail	Kemiringan Nail	Faktor Keamanan
18 m	1.8 m	32 mm	79°	1.547
			80°	1.579
			85°	1.722
			90°	1.823
			95°	1.876
			100°	1.689



Grafik 4 Kemiringan Nail – FK

Dari grafik hubungan kemiringan nail dan faktor keamanan menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan nail maka semakin besar nilai faktor keamanan. Namun kemiringan optimum terdapat pada 95° karena pada kemiringan 100° nilai faktor keamanan turun.

Perbandingan Faktor Keamanan dengan Metode Lain

Nilai Faktor Keamanan untuk masing-masing Metode dirangkumkan dalam tabel berikut:

Tabel 5 Nilai Faktor Keamanan untuk masing-masing Metode

Metode	Tanpa Perkuatan	Dengan Perkuatan
Bishop Simplified	0.403	1.823
Fellenius	0.393	1.695
Janbu Simplified	0.393	1.493
Lowe-Karafiath	0.407	2.146
GLE / Morgen-Price	0.400	1.775

PENUTUP

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

- Hasil analisis nilai Faktor Keamanan lereng tanpa perkuatan dengan metode Bishop *Simplified* menggunakan program SLIDE adalah SF = 0.403. Berdasarkan hasil tersebut,

menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan tidak stabil.

- Hasil analisis nilai Faktor Keamanan Lereng menggunakan perkuatan Soil Nailing dengan dimensi nail yakni panjang nail = 18 m, diameter nail = 32 mm, jarak antar nail = 1.8 m dan posisi nail = 90° (tegak lurus bidang miring) diperoleh nilai faktor keamanan SF = 1.823. Berdasarkan hasil tersebut, menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil sehingga lereng dengan perkuatan Soil Nail yang direncanakan dapat digunakan.

Saran

- Didapati bahwa kondisi lereng tidak stabil sehingga harus diupayakan perbaikan pada lereng. Perbaikan pada lereng bisa dilakukan dengan cara memasang *Soil Nail, End Anchored* atau *Retaining Wall*.
- Perlu diadakan penelitian dengan menggunakan metode-metode lain sebagai bahan pertimbangan mengenai faktor keamanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya: Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. 2003 *Mekanika Tanah II*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Korah Thyac, Turangan A.E, Alfa N Sarajar. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Janbu (Studi Kasus: Kawasan Citraland)*. Jurnal Sipil Statik Vol 2 No 1. Unsrat Manado
- Kumalasari, V. 2012. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Geoslope (Studi Kasus: Pada Lereng Desa Bantas, Kecamatan Selemandeg Timur, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Lazarte C.A, Berg R. 2015. *Soil Nail Walls – Reference Manual*. Washington, D.C. FHWA-NHI-14-007
- Nggebu Y.Y.E, Jack H. Tico, Roski I.R. Legrans. 2019. *Analisis Kestabilan Lereng Di Ruas Jalan Raya Manado – Tomohon Km 15*. Jurnal Tekno Vol 17 No 71. Unsrat Manado
- Palebangan R, Arens E. Turangan, Lanny D. K. Manaroinson. 2017. *Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop/Triangel (Studi Kasus: Kawasan Manado By Pass)*. Jurnal Tekno Vol 15 No 68. Unsrat Manado
- Ratag C. M.C.F, Agnes T. Mandagi, Roski I.R. Legrans. 2018. *Analisis Dinding Mechanically Stabilized Earth (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Manado Bitung Sta 6+475)*. Jurnal Sipil Statik Vol 6 No 8. Unsrat. Manado
- Surendro, B. 2015. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Penerbit ANDI

