

Perkuatan Lereng Jalan Menggunakan *Shotcrete* Pembangunan Ruas Jalan Segmen 01 Tawang-Ngalang (Studi Kasus Proyek Jalan PT. Arena Reka Buana)

Yudi Dwi Kurniawan¹, Novandri Kusuma Wardana², Anggi Hermawan¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : 110018080@students.itny.ac.id

ABSTRAK

Salah satu permasalahan geografis Indonesia adalah terdapat banyaknya perbedaan elevasi permukaan tanah yang berpotensi timbulnya bencana alam khususnya bencana tanah longsor. Salah satu contohnya ada pada rencana pembangunan ruas jalan segmen 01 Tawang-Ngalang yang terkendala dengan galian dalam sehingga terdapat beda elevasi yang membentuk sebuah lereng.

Tujuan dari penelitian ini untuk mencari Faktor Keamanan (FK) lereng pada kondisi asli dan kondisi setelah dilakukan perkuatan dengan *soil nailing* dan *shotcrete* serta mencari pengaruh geometri *soil nailing* terhadap nilai faktor keamanan dengan metode kesetimbangan batas dan menggunakan *software Slide V7.0 by rocscience*.

Material properties didapat dari hasil uji sifat fisik dan uji sifat mekanik di laboratorium. Sementara geometri lereng dan spesifikasi *shotcrete* dan *soil nailing* tidak dirubah. Berdasarkan hasil analisis didapat nilai FK lereng tanpa perkuatan berkisar 0,736-0,987 dengan metode Bishop, Janbu, Morgenster – Price. Setelah dilakukan perkuatan dengan variasi panjang 0,5H, 0,75H dan 1H dengan sudut 20°, 25°, 30°, 35° didapat nilai FK terendah 1,033 dan FK tertinggi 1,772. Pengaruh sudut pada pemasangan *soil nailing* hanya menaikkan FK 0,5%-3% dan pengaruh panjang *soil nailing* terhadap nilai FK adalah 8%-15%. Pada Sta 1+800 didapat geometri efektif adalah 0,75H dengan sudut 27,5°, Sta 1+825 0,75H dengan sudut 29° dan Sta 1+850 1H dengan sudut 31°

Kata kunci: Geoteknik, *soil nailing*, lereng, perkuatan, *Morgenstern-Price*

ABSTRACT

One of Indonesia's geographical problems is that there are many differences in the elevation of the ground surface that have the potential to cause natural disasters, especially landslides. One example is in the plan for the construction of the 01 Tawang-Ngalang segment of the road which is constrained by deep excavation so that there are elevation differences that form a slope.

The purpose of this study was to find the factor of safety (FK) of the slopes in the original condition and the condition after reinforcement with *soil nailing* and *shotcrete* and to find the effect of *soil nailing* geometry on the value of the safety factor using the limit equilibrium method and using *Slide V7.0 software by rocscience*.

Material properties are obtained from the results of physical properties tests and mechanical properties tests in the laboratory. Meanwhile the slope geometry and specifications for *shotcrete* and *soil nailing* are not changed. Based on the results of the analysis, the FK values of the unreinforced slopes ranged from 0.736 to 0.987 using the Bishop, Janbu, Morgenster and Price method. After strengthening with variations in length 0.5H, 0.75H and 1H with angles of 20°, 25°, 30° and 35°, the lowest FK value was 1.033 and the highest FK was 1.772. The effect of angle on *soil nailing* only increases FK 0.5%-3% and the effect of *soil nailing* length on FK value is 8%-15%. At Sta 1+800 the effective geometry is 0.75H with angle 27.5°, Sta 1+825 0.75H with angle 29° and Sta 1+850 1H with angle 31°.

Keyword : Geotechnical, *soil nailing*, slope, reinforcement, *Morgenstern-Price*

1. PENDAHULUAN

Perbedaan elevasi permukaan bumi seringkali menjadi hambatan untuk melakukan pengembangan infrastruktur di Indonesia, sehingga pekerjaan galian timbunan akan dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut dan sering kali dari solusi tersebut akan membentuk perbedaan elevasi sehingga membentuk lereng. Maka dapat diartikan lereng adalah permukaan tanah yang memiliki perbedaan elevasi yang terbentuk secara alami ataupun buatan manusia[7]. Lereng yang memiliki kondisi sudut kemiringan tertentu dengan horizontal menyebabkan kestabilan lereng menjadi permasalahan yang harus dihadapi. Lereng yang tidak stabil akan menyebabkan terjadinya longsor yang dapat membahayakan bangunan yang berada di atasnya maupun



Gambar 3. Kegiatan Pengeboran Geoteknik

3.3 Kegiatan Laboratorium

kegiatan laboratorium diperlukan untuk mengetahui karakteristik material dan sebagai parameter masukan untuk proses analisis. Pengujian yang dilakukan adalah uji sifat fisik material dan uji sifat mekanik (uji kuat tekan uniaksial dan uji geser langsung).



Gambar 4. Pengujian laboratorium

Dari hasil pengujian laboratorium, kemudian data tersebut dirangkum dan dikonversi satuannya sesuai dengan ketentuan software slide V7.0 by roscience. data hasil laboratorium tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Pengujian Laboratorium

Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah/Batuan	Uji Laboratorium			
		$(\gamma_d) \text{ Kn/m}^3$	$(\gamma_w) \text{ Kn/cm}^3$	$(c) \text{ Kpa}$	$(\phi)^\circ$ $(\sigma_c) \text{ Kpa}$
0 - 2	Lempung berwarna Merah dengan konsistensi sangat lunak	10.777	13.641	4.903	40.596
2 - 5	Silty Clay, yellowish brown, medium to high plasticity, medium consistency	10.777	13.641	10.101	29.726 2548.650
5 - 6	Clayey silt, yellowish brown with medium plasticity	10.375	13.131	69.529	40.794
6 - 13	Breccia Fragmen dengan ukuran butiran kerikil	24.615	24.811	69.529	40.794 7533.174
13 - 14	Batupasir kasar berwarna hitam dan sangat padat (loose material)	24.713	24.811	85.710	32.538 17813.68
14 - 16	Breccia Vulcanic dan batupasir berwarna kehitaman dengan fragmen kerikil	25.203	25.497	260.857	21.156 17813.68
16 - 18	Andesit Freshrock and massive strength rock	23.732	24.517	260.857	21.156 5197.524

3.4 Metode Kestimbangan Batas (*Limit Equilibrium Method*)

Metode kestimbangan batas merupakan metode yang sangat populer untuk digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng[1]. Metode ini adalah metode yang sederhana, mudah digunakan serta telah terbukti keandalannya dalam praktik rekayasa lereng selama bertahun-tahun. Metode kestimbangan batas hanya menggunakan kondisi kestimbangan statik dan mengabaikan adanya tegangan regangan pada lereng. Faktor keamanan dihitung menggunakan kestimbangan gaya, kestimbangan momen, atau menggunakan kedua kondisi kestimbangan tersebut[2]. Pada penelitian ini digunakan metode dari Metode Bishop, Metode Janbu dan Morgenstern-Price. Kestimbangan gaya yang dipenuhi oleh metode tersebut dapat dilihat pada tabel

Tabel 2. Kestimbangan gaya yang dipenuhi [1]

Metode	Keseimbangan Gaya		Keseimbangan Momen
	Vertikal	Horizontal	
Bishop's Simplified	Yes	No	Yes
Janbu's Simplified	Yes	Yes	No
Morgenstern-Price	Yes	Yes	Yes

3.5 Metode Bishop

Metode Bishop merupakan metode yang paling populer dalam analisis kestabilan lereng. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu besarnya gaya geser antar irisan sama dengan nol ($X=0$) dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan 1.[3]

$$FK = \frac{\left(\frac{\sum X}{1 + \frac{Y}{FS}} \right)}{(\sum Z + Q)} \quad (1)$$

3.6 Metode Janbu

Metode ini mengasumsikan bidang keruntuhan berbentuk busur dan tidak menggunakan penyelesaian persamaan dengan kesetimbangan momen, tetapi menggunakan gaya-gaya yang bekerja secara vertikal dan horizontal. Metode Janbu mengasumsikan gaya geser antar irisan sama dengan nol dan metode ini memenuhi kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan gaya dalam arah horizontal untuk semua irisan, namun kesetimbangan momen tidak dapat dipenuhi. Untuk mencari faktor keamanan dengan metode janbu dapat menggunakan persamaan 2.[6]

$$FK = \frac{f_0 \sum X}{\left(1 + \frac{Y}{FS} \right) (\sum Z + Q)} \quad (2)$$

3.7 Metode Morgenstern and Price

Metode ini adalah salah satu metode yang berdasarkan prinsip kesetimbangan batas yang dikembangkan oleh Morgenstern And Price pada tahun 1965, dimana proses analisisnya merupakan hasil dari kesetimbangan setiap gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut[3]. Dalam metode Morgenster And Price dilakukan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antar gaya geser disekitar irisan (X) dan gaya norma disekitar irisan (E). untuk menghitung asumsi tersebut digunakan persamaan 3 dibawah ini,

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \quad (3)$$

Untuk menghitung nilai faktor keamaan dengan menggunakan Metode Morgenster And Price dapat menggunakan persamaan 4 dibawah ini.

$$P = \frac{[Wn - (X_R - X_L) - \frac{1}{F}(c'(\sin a - ul \tan \phi' \sin a))]}{\cos a (l + \tan a \frac{\tan \phi'}{F})} \quad (4)$$

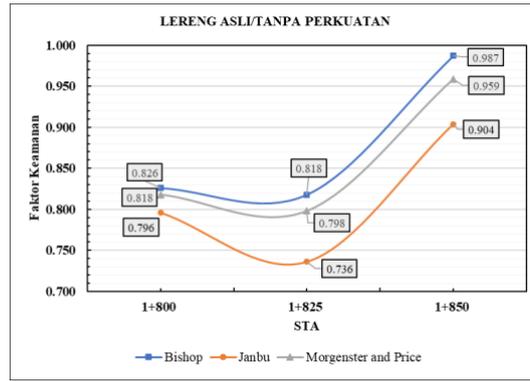
3.8 Slide V7.0 by roscience

Slide V7.0 merupakan produk *software* geoteknik yang menggunakan teori kesetimbangan batas untuk menghitung faktor keamanan dari suatu lereng tanah atau batuan. Formulasi yang komprehensif dari slide V7.0 membuatnya mampu menganalisis dengan mudah kasus stabilitas lereng baik yang sederhana maupun yang kompleks dengan menggunakan metode variasi dalam perhitungan faktor keamanan. Slide V7.0 dapat diterapkan pada analisis dan pekerjaan rancangan dalam bidang geoteknik, sipil dan pertambangan.[8]

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Lereng Tanpa Perkuatan

Hasil dari interpretasi *didalam software slide V7.0* kemudian dituangkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.

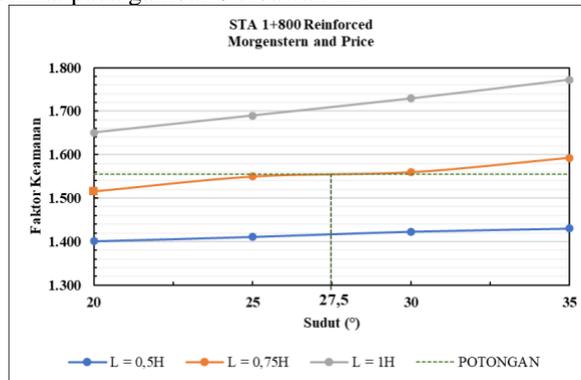


Gambar 5. Grafik Analisis Lereng Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5. dapat dilihat bahwa nilai FK lereng pada Sta 1+800 memiliki nilai FK dengan rentang 0.796 sampai dengan 0,826. Sta 1+825 memiliki nilai FK 0,736-0,818 dan Sta 1+850 memiliki nilai FK 0,904-0,987. Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai FK berada pada nilai <1 atau lereng dalam kondisi tidak aman dan perlu dilakukan perkuatan.

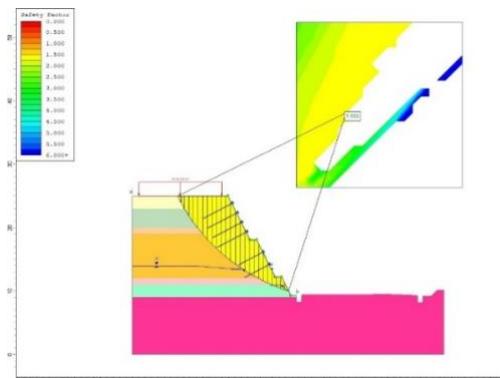
3.2 Lereng Sta 1+800 Reinforcement

Hasil interpretasi lereng sta 1+800 dengan perkuatan soil nailing dan shotcrete dan juga variasi geometri soil nailing dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Grafik Variasi Geometri Soil Nailing Pada Sta 1+800

Hasil interpretasi nilai FK lereng pada sta 1+800 dengan variasi geometri soil nailing menunjukkan bahwa panjang soil nailing 1H mempunyai nilai FK tertinggi dan panjang 0,5H memiliki nilai FK terendah. Dari gambar X didapatkan geometri efektif soil nailing pada sta 1+800 dengan panjang soil nailing 0,75H dan sudut 27,5°. Geometri efektif kemudian dianalisis kembali menggunakan slide V7.0, hasil dari analisi dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.

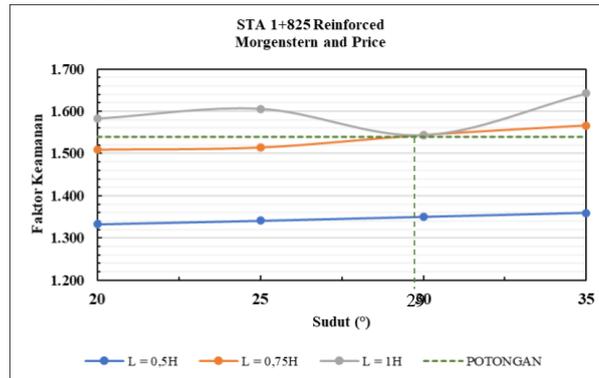


Gambar 7. Analisis Kembali dengan geometri efektif soil nailing pada sta 1+800

Dari gambar 7 didapatkan nilai FK dengan menggunakan geometri efektif adalah 1,555 ini menunjukkan bahwa sudut geometri efektif tersebut sesuai dengan apa yang telah dicari sebelumnya.

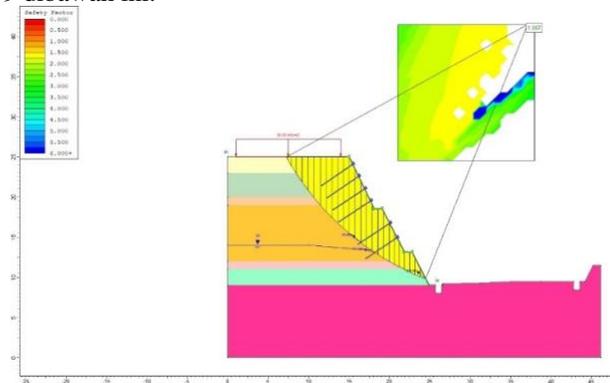
3.3 Lereng Sta 1+825 Reinforcement

Lereng Sta 1+825 ditetapkan nilai FK efektif nya adalah 1,555, untuk mencari geometri efektif soil nailing dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Grafik Variasi Geometri Soil Nailing Pada Sta 1+825

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa FK 1,555 berada pada panjang soil nailing 0,75H dan sudut soil nailing berada pada sudut 29°. Jadi geometri efektif soil nailing pada sta 1+800 adalah L=0.75H dan $\beta=29^\circ$. Selanjutnya geometri efektif soil nailing dianalisis kembali menggunakan software slide V7.0. hasil analisis dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini.

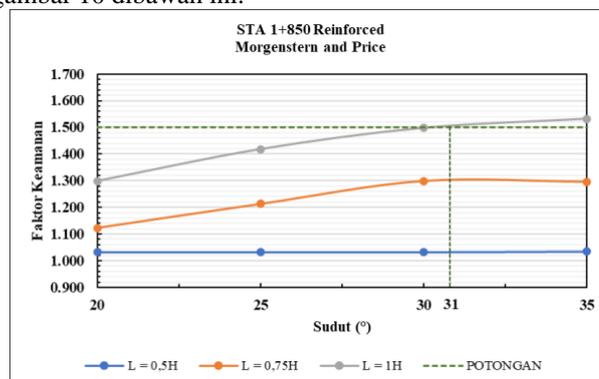


Gambar 9. Analisis Kembali dengan geometri efektif soil nailing pada sta 1+825

Dari gambar 9 didapat nilai FK pada slide V7.0 adalah 1,567. Ini menunjukkan bahwa geometri efektif soil nailing yang telah dicari pada gambar 8 hanya mempunyai selisih 0,012 dan itu sesuai dengan apa yang diharapkan.

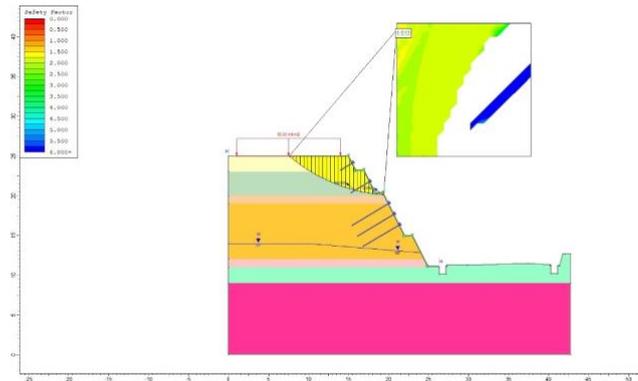
3.4 Lereng Sta 1+850 Reinforcement

Lereng Sta 1+850 ditetapkan nilai FK efektif nya adalah 1,500, untuk mencari geometri efektif soil nailing dapat dilihat pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Grafik Variasi Geometri Soil Nailing Pada Sta 1+850

Dari gambar 10 dapat dilihat bahwa FK 1,500 berada pada panjang soil nailing 1H dan sudut soil nailing berada pada sudut 31°. Jadi geometri efektif soil nailing pada sta 1+850 adalah L=1H dan $\beta=31^\circ$. Selanjutnya geometri efektif soil nailing dianalisis kembali menggunakan software slide V7.0. hasil analisis dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Analisis Kembali dengan geometri efektif soil nailing pada sta 1+850

Dari gambar 11 didapat nilai FK pada slide V7.0 adalah 1,515. Ini menunjukkan bahwa geometri efektif soil nailing yang telah dicari pada gambar 8 hanya mempunyai selisih 0,015 dan itu sesuai dengan apa yang diharapkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan terhadap lereng pada sta 1+800 sampai dengan lereng sta 1+850 diperoleh kesimpulan antara lain :

- Hasil analisis lereng asli tanpa perkuatan dengan metode bishop, metode janbu dan metode morgenster and price didapat nilai FK lereng asli pada setiap sta berada rentang nilai 0,736-0,987. Dari nilai FK tersebut dapat disimpulkan bahwa lereng asli tanpa perkuatan berada dalam kondisi tidak aman atau kelongsoran bisa terjadi.
- Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa pengaruh sudut pemasangan soil nailing terhadap kenaikan nilai FK hanya 0,5%-3% dan pengaruh panjang soil nailing terhadap nilai FK adalah 8%-15%
- Dari hasil analisis didapat geometri efektif soil nailing untuk sta 1+800 adalah $L=0,75H$ dan $\beta=27,5^\circ$. Untuk sta 1+825 didapat geometri efektif soil nailing dengan $L=0,75H$ dan $\beta=29^\circ$ sementara pada sta 1+850, geometri efektif soil nailing didapat adalah $L=1H$ dan $\beta=35^\circ$

UCAPAN TERIMAKASIH

- PT. Geomine Bara Studio yang telah membantu dalam proses pengambilan data, tahapan analisis dan proses pengerjaan penelitian ini.
- Bapak Anggi Hermawan, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 yang membantu mengoreksi penelitian dan memberi masukan pada penulisan.
- Bapak Novandri Kusuma Wardana, S.T., S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang memberikan fasilitas, waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. 2016. *Geoteknik Tambang*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Eveni O. F. 2014. Perbandingan Metode Bishop, Janbu Dan Spencer Dalam Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Batuan Tuff. *Skripsi*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- J. Bojorque, G. De Roeck, J. Mertens. (2007). Two Dimensional Slope Stability Analysis by limit equilibrium and strength reduction methods. *Computers And Geotechnics*. Vol 35. 305-308.
- Kolymbas D. 2008. *Tunneling and Tunnel Mechanics A Rational Approach to Tunneling*. Edisi ke-2. Austria
- L. C. Setiawan, G. S. Sentosa, and A. Iskandar, "Analisis Stabilitas Lereng Batuan Dengan Metode Perkuatan Ground Anchor & Soil Nailing Di Labuan Bajo, Ntt," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, p. 102, 2018, doi: 10.24912/jmts.v1i1.2247.
- Metriyani, R. (2019). Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang disederhanakan Pada *Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat. Jurnal Bina Tambang*, 4 no 4, 49-58.
- Pasole, D. Patanduk, J. Wong, ILK. 2020. Analisis Lereng Disposal Menggunakan Metode Bishop, Janbu, dan Ordinary. *Paulus Civil Engginering Journal*. Vol 2 No 3: 144-153.
- Y. M. Anaperta and S. A. Putra, "Analisis Potensi Longsor Lereng Bukit Tui Kelurahan Tanah Hitam Kota Padang Panjang Sumatera Barat Menggunakan Aplikasi Slide V6.0," *J. Teknol. Inf. dan Pendidik.*, vol. 12, no. 1, pp. 73–91, 2019.