

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG DENGAN METODE SOIL NAILING DI DAERAH BANTUL YOGYAKARTA

(DESIGN REVETMENT WITH SOIL NAILING METHOD IN BANTUL YOGYAKARTA)

Eris Cahyo Pangestu¹, Akhmad Marzuko²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 13511288@students.uui.ac.id

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 885110107@staf.uui.ac.id

Abstract: Slope is a natural condition that occurs because of a quite big elevation difference. Slopes that have a quite big vertical elevation difference cause a potential landslide if they do not have an appropriate stability value. Natural disaster, Dahlia Cyclone that hit Yogyakarta caused many landslides in Piyungan area, Bantul, Yogyakarta. Slopes that have been landslid have the potential to get landslid again so that they can endanger the building and the people who live in it. Analysis was carried out to determine the value of the stability of the slope and to plan for reinforcement that could strengthen the value of soil stability.

Slope reinforcement is one of the ways to restore the stability value on the slope. Slope reinforcement has various types, one of them is alternative slope strengthening soil nailing. Slope reinforcement applied to this slope was soil nailing. Analysis of stability and slope reinforcement was done by 2 methods, manual method and method of using the application. The slopes analysis was done with 2 slope modelings, the existing slope with a height of 10 meter and new slopes (2 layers) with a height of 6 and 4 meters. Strengthening with soil nailing was done by using a variety of nail angles 10° , 20° dan 30° . Slope analysis without reinforcement with manual method obtained values for existing slope with SF 0,377 and new slope (2 layers) with SF 0,19, while analysis with geoslope obtained the value of existing slopes 0,340 and new slopes (2 layers) 0,519. SF value without reinforcement slope was smaller than 1,25 so that the slope is considered unsafe because the driving force that worked is greater than the retaining force. On the slope that has been given reinforcement, the SF value for the existing slope with nail 10° is 1,569, 20° is 1,5770, and 30° is 1,5420, and the new slope (2 layers) with 10° is 2,134, 20° is 2,5090, and 30° is 2,0180. SF values from the results of the analysis using the geoslope application for existing slope obtained 1,661 for 10° , 1,797 for 20° , 1,6190 for 30° , and for the new slope (2 layers) obtained 2,529 for 10° , 2,193 for 20° , and 2,174 to 30° . The most optimal nail installation is 20° and 10° because they have the highest SF values when compared to nail fitting with another nail angle.

Keywords: Analysis of slope stability, Slope reinforcement, Soil nailing, Bishop, Wedge method (wedge, geoslope.)

1. PENDAHULUAN

Lereng adalah suatu permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal. Lereng pada umumnya dapat terbentuk secara alami maupun buatan. Lereng alami adalah lereng yang terbentuk dikarenakan kondisi alam, seperti lereng bukit dan sungai, sedangkan lereng buatan adalah

lereng yang terbentuk dikarenakan adanya campur tangan oleh pihak manusia misalnya galian dan timbunan. Lereng yang memiliki kondisi sudut kemiringan tertentu dengan horisontal menyebabkan kestabilan lereng menjadi permasalahan yang sering dihadapi pada proses pekerjaan konstruksi. Lereng yang tidak stabil akan menyebabkan terjadinya

longsor yang dapat membahayakan bangunan yang berada di atasnya maupun bangunan yang ada dibawahnya, serta dapat menyebabkan adanya korban jiwa dari pengguna jalan dan tertutupnya arus lalu lintas. Longsor yang dapat berdampak buruk dapat dicegah dengan melakukan perkuatan lereng. Fungsi Perkuatan lereng adalah untuk memberikan stabilitas terhadap lereng agar tidak terjadi longsor. Salah satu perkuatan lereng yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah *soil nailing*. *Soil nailing* adalah metode perbaikan tanah asli yang pertamakali di aplikasikan pada tahun 1961. *Soil nailing* merupakan jenis perkuatan pasif pada tanah dengan menancapkan potongan-potongan baja (*nails*) kemudian dilakukan *grout*. Pada beberapa kondisi, *soil nailing* memberikan alternatif yang bisa dilakukan dilihat dari sisi kemungkinan pelaksanaan, biaya pembuatan, dan lamanya waktu pengerjaan jika dibandingkan dengan sistem perkuatan lereng yang lain. Berdasarkan dari efektifitas dan nilai ekonomis metode *soil nailing* mendorong penulis untuk melakukan penelitian perencanaan perkuatan lereng dengan metode *soil nailing*. Penelitian ini dilakukan di desa Payok Cilik Piyungan, Bantul, Yogyakarta.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang analisis stabilitas lereng telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan Riogilang (2014) dan Kumalasari (2012) Penelitian oleh Riogilang (2014) yang berjudul “*Soil nailing* dan Anchor Sebagai Solusi Aplikatif Penahan Tanah Untuk Potensi Longsor Di Sta 7+250 Ruas Jalan Manado-Tomohon” Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan desain konstruksi yang penggunaan lahannya kecil dan mampu menahan tanah serta aman untuk menanggulangi potensi longsor di STA 7+250 Jalan Raya Manado Tomohon. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah Kesimpulan pada penelitian ini lereng secara keseluruhan mengalami penurunan sehingga diperlukan

adanya perkuatan lereng. Pada lereng yang telah digunakan perkuatan lereng metode *soil nailing* mengalami pengurangan penurunan tanah dan arah penurunannya berubah sehingga longsor terjadi dengan arah kesamping (bergeser). Setelah dilakukan perkuatan pada lereng bawah didapatkan tidak terjadinya penurunan akan tetapi apabila terjadi kondisi jenuh air dilokasi maka penurunan tanah tidak akan dapat dihindari. Kumalasari (2012) melakukan penelitian tentang “Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan *Soil nailing* Menggunakan Program Geoslope” Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar perbandingan hasil perhitungan antara metode manual dan penggunaan aplikasi, serta mengetahui pengaruh jarak *nail* dengan *safety factor*. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah penurunan rata-rata angka *safety factor* setiap bertambahnya jarak antara *nail* sebesar 0,5 m. Selisih perhitungan antara analisis manual dengan menggunakan aplikasi geoslope 50%.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Lereng stabil apabila lereng tidak memiliki potensi pergerakan, sehingga besarnya gaya penahan harus lebih besar daripada gaya penggerak lereng. Lereng telah diklasifikasikan berdasarkan oleh kecuraman atau sudut kemiringan lereng antara lain oleh SNI-03-1997-1995 yang dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Klasifikasi kemiringan lereng menurut sni-03-1997-1995

Sudut Kemiringan Lereng (°)	Kondisi menurut SNI 03-1997-1995
45	Sedang
60	Curam
90	Curam

3.1.1 Metode Bishop

Dalam analisis mencari nilai SF dengan menggunakan metode *bishop* (1955) seperti berikut:

$$Sf = \frac{\left(\frac{c \times \Delta x + w \tan \Phi}{m}\right)}{w \sin \Phi} \quad (1)$$

Dengan c' = kohesi tanah, Φ = sudut gesek dalam, α = sudut irisan dengan bidang longsor, W = berat irisan tanah (KN/m), Q = beban merata, dan Δx = panjang irisan (m)

3.1.2 Pembebanan Pada Lereng

Pembebanan lereng dipengaruhi oleh gaya (tekanan) yang ada di atasnya. Gaya vertikal yang disebabkan oleh bangunan yang berada di atasnya harus dapat ditahan oleh perkuatan lereng. Gaya vertikal oleh bangunan di atasnya dapat ditentukan menggunakan rumus seperti berikut.

$$V = p \times l \times t \quad (2)$$

$$Q = V \times B_j \quad (3)$$

$$Q_{tot} = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \quad (4)$$

Dengan v = volume, p = panjang balok, l = lebar balok, t = tinggi balok, b_j = berat jenis material, q_{tot} = berat total bangunan, q_d = berat sendiri bangunan, dan q_l = beban hidup. Pada pembebanan pada beban hidup (Q_l) telah diatur pada SNI 03-2847-2013 dan dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel.2 Beban hidup pada lantai gedung

A	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m ²
B	Lantai dan tangga rumah tinggal dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik, dan bengkel	125 kg/m ²
C	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m ²
D	Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
E	Lantai ruang dansa	500 kg/m ²

(sumber : SNI 03-2847-2013 pasal 9.2)

3.2 Soil Nailing

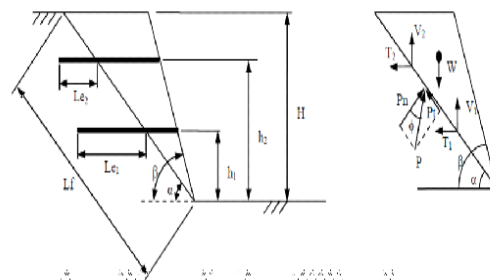
Soil nailing adalah suatu metode perbaikan tanah asli yang pertamakali di aplikasikan pada tahun 1961. *soil nailing* adalah metode yang mengkombinasikan perkuatan pasif dari batangan baja dan adukan beton (*schorete*).

3.2.1 Kelebihan Soil Nailing

1. Penggunaan metode *soil nailing* lebih hemat, ini dikarenakan penggunaan material dan volume baja yang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan metode lain seperti *grand anchors*. Pengerjaan *soil nailing* yang lebih cepat menjadi faktor yang dapat lebih menghemat biaya dalam pekerjaan perkuatan lereng.
2. Dinding *soil nailing* lebih fleksibel terhadap penurunan karena memiliki bentuk konstruksi yang lebih tipis apabila dibandingkan dengan dinding gravitasi
3. Tahan gempa
4. Penggunaan peralatan yang relatif kecil
5. Pekerjaan konstruksi *soil nailing* tidak mengganggu lingkungan dikarenakan bebas dari getaran dan memiliki tingkat suara pekerjaan yang kecil
6. Luas area yang diperlukan dalam pekerjaan tidak terlalu besar, sehingga dapat digunakan pada pekerjaan yang memiliki area pekerjaan yang kecil.
7. Dapat digunakan sebagai konstruksi sementara maupun permanen

3.2.2 Analisis stabilitas lereng eksternal

1. Faktor aman terhadap keruntuhan global (*global stability failure*)

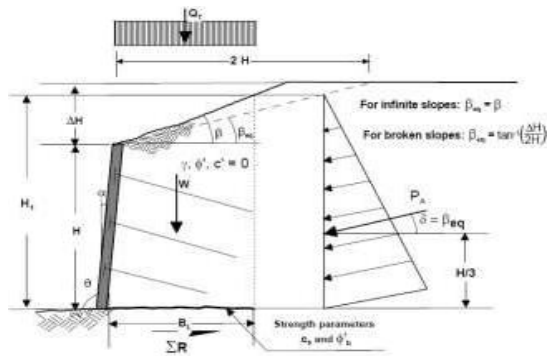


Gambar 1 Stabilitas terhadap Penggulingan pada Perkuatan *Soil Nailing*
(Sumber : Kumalasari, 2012)

$$SF = \frac{c.Lf+W \cos \alpha \tan \alpha + (\Sigma Ti \sin(\alpha+i) - \Sigma V \cos(\alpha+i)) \tan \phi}{W \sin \alpha - \Sigma Ti \cos(\alpha+i) - \Sigma Vi \cos(\alpha+i)} \quad (5)$$

dengan FS = faktor aman, c = kohesi tanah (kN/m²), φ = sudut gesek dalam tanah (°), α = sudut kemiringan bidang longsor garis horizontal, W = berat irisan tanah ke-n (kN/m), Q = beban mati diatas lereng (kN/m), Lf = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-n (m), Le = panjang *nail bar* di belakang bidang longsor (m), β = kemiringan lereng (°), i = kemiringan pemasangan sudut *nail* (°), ΣTi = jumlah daya dukung terhadap gaya tarik (kN/m), dan ΣVi = jumlah daya dukung gaya geser (kN/m).

2. Faktor aman terhadap gaya geser
Gaya geser dan gaya tarik dari sebuah *nail bar* untuk menghitung stabilitas lereng terhadap perkuatan secara global, yang dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan berikut ini :



Gambar 2 Stabilitas terhadap Penggulingan pada Perkuatan *Soil Nailing* (Sumber Kumalasari, 2012)

Faktor aman terhadap penggulingan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$FS = \frac{c_b.BL + (W + Q + Pa \sin \phi) \tan \phi}{Pa \cos \phi} \quad (6)$$

dengan FS = faktor aman, Cb= kohesi tanah (kN/m²), BL= lebar struktur, W= berat irisan tanah (kN/m), Q = beban mati diatas lereng (kN/m), φ = sudut gesek dalam tanah, H = tinggi dinding tanah (m), γ = berat isi tanah

(kN/m), dan δ = sudut gesek antara tanah fondasi dan dasar struktur (fondasi dianggap sangat kasar terbuat dari beton tgδ = tg δ.

3.2.4 Analisis Stabilitas Lereng Internal

1. Faktor aman terhadap putus tulangan
Faktor aman (SF) terhadap putus tulangan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Fr = \frac{\left(\frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times fy}{1000} \right)}{\sigma_h \times Sv \times Sh} \quad (7)$$

dengan Sv= jarak tulangan arah vertical (m), Sh = jarak tulangan arah horizontal (m), Fy = daya dukung tulangan (MPa), d= diameter tulangan (mm), σh = tekanan horizontal tanah pada kedalaman yang ditinjau (kN/m²), γ= berat isi tanah (kN/m³), z = kedalaman yang ditinjau (m), dan Ka = koefisien tekanan aktif lateral.

2. Faktor aman terhadap cabut tulangan
Faktor aman (SF) terhadap cabut tulangan menggunakan persamaan berikut ini.

$$Fp = \frac{\pi \times qu \times Ddh \times Lp}{\sigma_h \times Sv \times Sh} \quad (8)$$

dengan Sv = jarak tulangan vertical (m), qu = *ultimate bond strength* (kN/m²), σh = tekanan horizontal tanah pada kedalaman yang ditinjau (kN/m²), Lp = panjang tulangan yang berada di zona pasif (m), Φ= sudut gesek internal tanah (°), dan Ddh = diameter lubang bor (m).

3.3 Program *Geoslope*

Geoslope office adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geolingkungan. software ini melingkupi slope w, seep w, sigma w, quake w, temp w, dan ctran w. Aplikasi ini bersifat terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain. pada penelitian ini digunakan *software* dengan kategori slope w karena sesuai dengan kebutuhan penelitian. Slope w merupakan produk perangkat lunak untuk membuat pemodelan lereng, menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. Aplikasi slope w yang digunakan dapat

menganalisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekanan pori-air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Pada penggunaan aplikasi *geoslope* dibagi beberapa bagian yaitu pengaturan awal, pembuatan sketsa gambar, pengaturan analisis, menentukan parameter tiap lapisan tanah, menggambar, menentukan bidang longsor, penggambaran beban merata, penggambaran *soil nailing*, dan *solving the problem*.

4. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang terlebih dahulu harus dilewati untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, adapun langkah-langkah dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut ini:

1. studi literatur, yaitu tahapan mempelajari dan mencari literatur atau referensi yang berkaitan dengan penelitian ini,
2. pengumpulan data, yaitu tahapan yang dilakukan untuk mendukung analisis pada penelitian ini berupa data primer ataupun data sekunder.
3. pengujian tanah di Laboratorium, bertujuan untuk mendapatkan data-data tanah lereng.
4. memodelkan lereng dengan program *geoslope* dan *autocad*

6. Analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode manual (bishop dan baji).
7. melakukan analisis kestabilan lereng dengan program *geoslope*
8. hasil analisis metode manual dan program *geoslope*
9. simpulan dan saran.

5. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

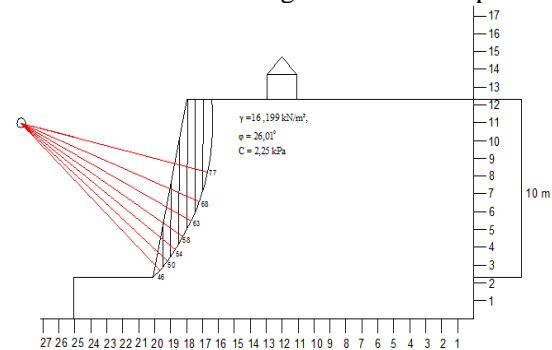
5.1 Data Parameter Analisis Perhitungan

Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah data indeks properties. Data tersebut diperoleh dari uji langsung yang dilakukan di laboratorium. Data hasil pengujian yang didisipkan adalah sebagai berikut:

$\gamma = 16,199 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 26,01$, dan $C = 2,25 \text{ kPa}$

5.2 Analisis Manual Lereng Eksisting

5.2.1 Analisis Lereng Metode Bishop



Gambar 3 Pembagian Pias pada Lereng (Metode Bishop)

Tabel 3 Perhitungan stabilitas lereng metode bishop

No irisan	A	b	φi (o)	W (kN)	Sin φ1	W x sin φi (kN)	φ	(W-bu) Kn	(W-bu) x tan φ (kN)	c' x b (kN)	σ (kN) = 14+15	M1	F1	SF1
1	2,190	0,5	46	35,476	0,719	25,519	26,01	35,476	17,310	1,125	18,435	1,626	11,340	0,376
2	2,830	0,5	50	45,843	0,766	35,118	26,01	45,843	22,369	1,125	23,494	1,634	14,376	
3	3,460	0,5	54	56,049	0,809	45,344	26,01	56,049	27,349	1,125	28,474	1,635	17,416	
4	3,250	0,5	58	52,647	0,848	44,647	26,01	52,647	25,689	1,125	26,814	1,628	16,475	
5	2,530	0,5	63	40,983	0,891	36,517	26,01	40,983	19,998	1,125	21,123	1,607	13,143	
6	5,295	0,5	68	85,774	0,927	79,528	26,01	85,774	41,853	1,125	42,978	1,575	27,294	
7	0,740	0,5	77	11,987	0,974	11,680	26,01	11,987	5,849	1,125	6,974	1,486	4,693	
				328,7594		278,3535							104,737	

Nilai Faktor Keamanan :

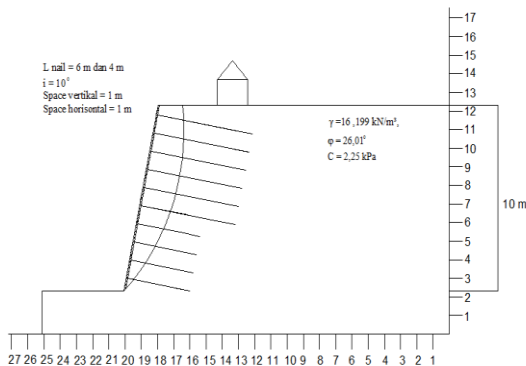
$$SF_1 = \frac{\sum F_1}{\sum W_{tot} \times \sin \phi}$$

$$= \frac{104,737}{278,353}$$

$$= 0,376 < 1,25 \text{ Tidak Aman}$$

Lereng asli menggunakan metode *bishop* didapatkan nilai *Safety Factor* sebesar 0,376 < 1,25 (tidak aman).

5.2.2 Analisis Manual (Baji) Lereng dengan Perkuatan Soila *Nailing* Sudut *Nail* 10⁰



Gambar 4 Pemasangan *Nail* 10⁰

FS = faktor keamanan, untuk perhitungan pertama diasumsikan faktor keamanan =

1,4633, kemudian dicoba dengan *trial and error* sampai nilai *safety factor* yang di asumsikan dengan hasil hitungan sama.

$$F_{max} = 130$$

$$T_1 = \frac{\pi D L e f_{max}}{SF}$$

$$= \frac{\pi \times 0,025 \times 2,71 \times 130}{1,399}$$

$$= 18,912 \text{ kN}$$

Tabel 4 Rekapitulasi perhitungan *nail*

No. <i>Nail</i>	Hi (m)	Le (m)	T (kN)	V (kN)	>Tmax
1	9,5	4,28	28,013	0,1974	AMAN
2	8,5	4,07	26,638	0,1974	AMAN
3	7,5	3,94	25,787	0,1974	AMAN
4	6,5	3,00	19,635	0,1974	AMAN
5	5,5	3,94	25,787	0,1974	AMAN
6	4,5	4,06	26,573	0,1974	AMAN
7	3,5	2,25	14,726	0,1974	AMAN
8	2,5	2,57	16,821	0,1974	AMAN
9	1,5	2,99	19,570	0,1974	AMAN
10	0,5	3,52	23,038	0,1974	AMAN
Total			226,587	11,974	AMAN

5.2.3 Analisis Stabilitas Terhadap Keruntuhan Global

FS = faktor keamanan, untuk perhitungan pertama diasumsikan faktor keamanan = 1,569, kemudian dicoba dengan *trial and error* sampai nilai *safety factor* yang di asumsikan harus sama.

$$T1 = \frac{\pi D L e f_{max}}{SF} = \frac{\pi \times 0,025 \times 4,28 \times 130}{1,539} = 18,913 \text{ kN}$$

Untuk *nail bar* ke-2 sampai 7 dapat dilihat dalam Tabel dibawah ini

Tabel 4 Perhitungan Manual Le, T dan V

$$SF = \frac{c \times Lf + W \cos \alpha \times \tan \alpha + (\sum Ti \sin(\alpha+1) - \sum Vi \cos(\alpha+i)) \times \tan \phi}{W \sin \alpha - \sum Ti \cos(\alpha+i) - \sum Vi \cos(\alpha+i)}$$

$$= \frac{-2,25 \times 18,87 + 1576,864 \cos 31 \times \tan 31 + (226,587 \sin(31+1) - 1,973 \cos(31+10)) \times \tan 26,01}{1576,864 \sin 31 - 226,587 \cos(31+10) - 1,973 \cos(31+10)}$$

$$= 1,569 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

Didapatkan nilai SF = 1,569. Hasil perhitungan analisis lereng perkuatan menggunakan metode Baji menghasilkan *Safety Factor* sebesar 1,569 > 1,25 (Aman)

5.2.4 Analisis Stabilitas Terhadap Gaya Geser

$$SF = \frac{Cb \times Bl + (W + Q + Pa \sin \phi) \tan \phi}{Pa \times \cos \phi}$$

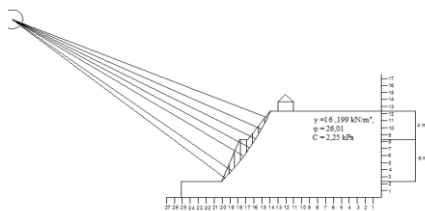
$$= \frac{2,25 \times 7,733 + (629,493 + 27,282 + 316,131 \sin 26,01 \times \tan 26,01)}{316,131 \times \cos 26,01}$$

$$= 2,139 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

Analisis lereng perkuatan menggunakan metode Baji menghasilkan nilai SF terhadap gaya geser sebesar 2,139 > 1,25 (Aman)

5.3. Analisis Manual (Baji) dengan Pemodelan Lereng Baru (2 Lapis)

5.3.1 Analisis Lereng Metode Bishop



Gambar 5 Pembagian Pias pada Lereng (Metode Bishop)

$$W1 = \gamma \times A1 = 16,199 \times 0,580 = 9,935 \text{ kN}$$

$$\sigma 1 = (W_{tot} - b \cdot u) \operatorname{tg} \phi' + c' \cdot b = (9,395 - 0) \times \operatorname{tg}(26,01) + 2,25 = 6,722 \text{ kN}$$

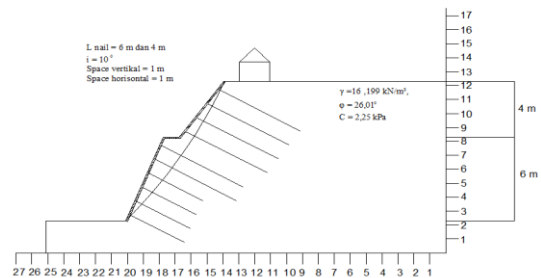
$$Mi_1 = (1 + \tan \phi \times \tan \phi / F) \times \cos \phi = (1 + \tan(50) \times \tan(26,01) / 0,59) \times \cos(50) = 1,363 \text{ kN}$$

$$Fi = \frac{\sigma 1}{Ma_1} = \frac{6,722}{1,363} = 4,932$$

$$SF_1 = \frac{\sum Fi}{\sum W_{tot} \times \sin \phi} = \frac{61,100}{117,647} = 0,519 < 1,25 \text{ Tidak Aman}$$

Dari hasil analisis menggunakan metode *bishop* didapatkan nilai *Safety Factor* sebesar 0,376 < 1,25 (tidak aman).

5.3.2 Analisis Manual (Baji) Lereng dengan Perkuatan Soila *Nailing* Sudut *Nail* 10°



Gambar 6 Pemasangan *Nail* 10°

FS = faktor keamanan, untuk perhitungan pertama diasumsikan faktor keamanan = 2,130, kemudian dicoba dengan *trial and error* sampai nilai *safety factor* yang di asumsikan dengan hasil hitungan sama.

$$F_{max} = 130$$

$$T1 = \frac{\pi D L e f_{max}}{SF} = \frac{\pi \times 0,025 \times 5,82 \times 130}{2,130} = 27,989 \text{ kN}$$

Tabel 5 Rekapitulasi perhitungan *nail*

No. Nail	Hi (m)	Le (m)	T (kN)	V (kN)	>Tmax
1	9,5	5,82	27,898	0,1974	AMAN
2	8,5	5,58	26,748	0,1974	AMAN
3	7,5	5,38	25,789	0,1974	AMAN
4	6,5	5,22	25,022	0,1974	AMAN
5	5,5	4,33	20,756	0,1974	AMAN
6	4,5	4,54	21,763	0,1974	AMAN
7	3,5	2,79	13,374	0,1974	AMAN
8	2,5	3,08	14,764	0,1974	AMAN
9	1,5	3,41	16,346	0,1974	AMAN
10	0,5	3,79	18,167	0,1974	AMAN
Total			210,627	11,974	AMAN

5.3.3 Analisis Stabilitas Terhadap Keruntuhan Global

$$SF = \frac{c \times Lf + W \cos \alpha \times \tan \alpha + (\sum Ti \sin(\alpha+i) - \sum Vi \cos(\alpha+i)) \times \tan \phi}{W \sin \alpha - \sum Ti \cos(\alpha+i) - \sum Vi \cos(\alpha+i)}$$

$$= \frac{2,25 \times 29,288 + 1451,125 \cos 22 \times \tan 22 + (210,626 \sin (22+1) - 1,974 \cos (22+10)) \times \tan 26,01}{1451,125 \sin 22 - 210,626 \cos (22+10) - 1,974 \cos (22+10)}$$

$$= 2,13 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

Berdasarkan rumus (10) diatas didapatkan nilai SF = 2,130. Hasil perhitungan analisis lereng perkuatan menggunakan metode Baji (*wedge*) menghasilkan *Safety Factor* sebesar 2,130 > 1,25 (Aman)

5.3.4 Analisis Stabilitas Terhadap Gaya Geser

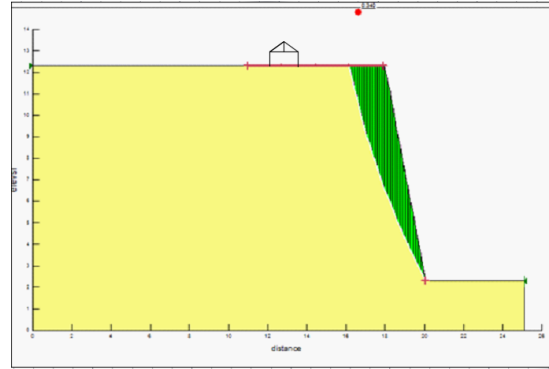
$$SF = \frac{Cb \times Bl + (W + Q + Pa \sin \phi) \tan \phi}{Pa \times \cos \phi}$$

$$= \frac{2,25 \times 9,822 + (665,698 + 27,282 + 316,131 \sin 26,01 \times \tan 26,01)}{316,131 \times \cos 26,01}$$

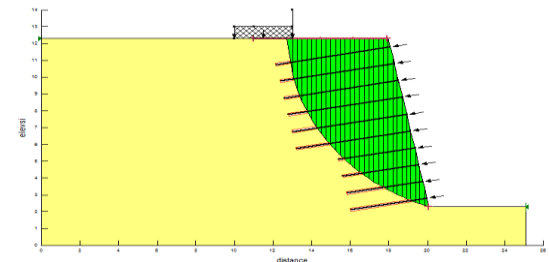
$$= 2,254 > 1,25 \text{ (Aman)}$$

Analisis lereng perkuatan menggunakan metode Baji menghasilkan nilai SF terhadap gaya geser sebesar 2,254 > 1,25 (Aman)

5.5 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program Geoslope



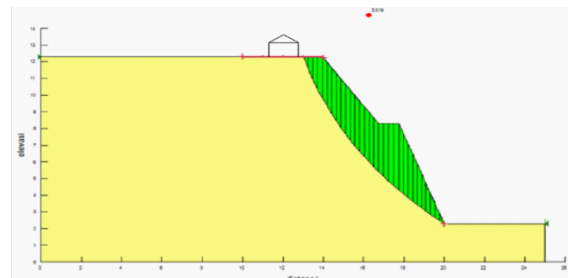
Gambar 7 Output SLOPE/W 2012 Bishop



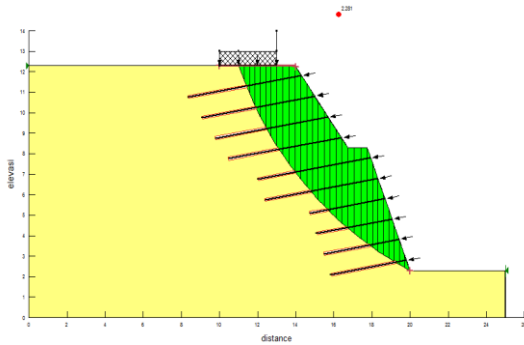
Gambar 8 Output SLOPE/W 2012 dengan perkuatan *nail* 10⁰

Dari hasil analisis menggunakan program geoslope didapatkan nilai SF untuk *nail* 10⁰ 2,138, *nail* 20⁰ 2,036, dan 30⁰ 1,613.

5.5 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program Geoslope Lereng Baru (2 Lapis)



Gambar 9 Output SLOPE/W 2012 Bishop



Gambar 10 Output SLOPE/W 2012 dengan perkuatan *nail* 10⁰

5.5 Hasil dan pembahasan

Analisis dilakukan di daerah Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Lereng dianalisis dengan 2 metode analisis yaitu manual dan aplikasi geoslope serta 2 model lereng yaitu lereng eksisting dan lereng baru (2 lapis). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui nilai SF dari lereng dengan perhitungan manual dan aplikasi. Analisis diawali dengan menggunakan metode manual untuk menghitung nilai stabilitas lereng asli. Analisis manual lereng asli dilakukan dengan metode *bishop*. Analisis yang dilakukan dengan metode manual mendapatkan nilai SF sebesar 0,377 untuk lereng eksisting dan 0,519 untuk lereng baru (2 lapis), sehingga lebih kecil daripada nilai ketentuan yang ada yaitu 1,25 (Tidak Aman). Analisis ke-2 dilakukan dengan menggunakan aplikasi *geoslope*. Analisis lereng asli yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi *geoslope* mendapat nilai yang hampir sama dengan metode manual yaitu 0,340 untuk lereng eksisting dan 0,519 untuk lereng baru (2 lapis) sehingga lereng dianggap tidak aman, dan membutuhkan perkuatan lereng (metode *soil nailing*).

Perkuatan lereng dengan *soil nailing* dilakukan dengan 2 variasi panjang *nail* yang berbeda yaitu 6 m untuk *nail* 1 sampai 6 dan 4 m untuk *nail* 7 sampai 10, ini dilakukan untuk menghemat penggunaan *nail* yang digunakan dan arena adanya pengecilan bagian longsor

kritis pada lereng. *Nail* yang digunakan pada perkuatan lereng diberikan spasi 1 m untuk vertikal dan 1 m untuk horisontal. Lereng yang dilakukan perkuatan memiliki variasi pemasangan *nail* yaitu 10⁰, 20⁰, dan 30⁰. Analisis ini dilakukan dengan dua metode yaitu manual dan aplikasi *geoslope*. Metode yang dilakukan dengan aplikasi dianalisis dengan ketentuan yang sama dengan metode manual. Analisis manual dilakukan dengan metode baji (*wedge*) dengan sudut kelongsoran sebesar 78⁰. SF yang didapatkan untuk keruntuhan global dari metode baji (*wedge*) yaitu untuk lereng eksisting 10⁰ sebesar 1,569, 20⁰ 1,577, dan untuk 30⁰ adalah 1,542, sedangkan untuk lereng 2 lapis didapatkan nilai untuk 10⁰ sebesar 2,134, 20⁰ 2,05, dan untuk 30⁰ adalah 2,018. Analisis dengan aplikasi hanya dapat menghitung SF dari kelongsoran global sehingga mendapatkan nilai SF untuk lereng eksisting sebesar 1,661 untuk 10⁰, 1,797 untuk 20⁰, dan 1,619 untuk 30⁰, sedangkan untuk lereng 2 lapis didapatkan nilai 2,529 untuk 10⁰, 2,435 untuk 20⁰, dan 2,358 untuk 30⁰. Pemasangan *nail* dengan sudut 20⁰ pada lereng eksisting dan 10⁰ pada lereng baru (2 lapis) memiliki nilai SF yang paling besar, dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sudut tersebut merupakan sudut pemasangan paling efektif dikarenakan memiliki nilai SF yang paling besar.

Tabel 6 Rekapitulasi perhitungan SF lereng eksisting

Sudut Pemasangan <i>Nail</i>	Lereng Eksisting		
	SF Baji	SF Geoslope	SF (Beban Gempa)
10	1,569	1.661	1,507
20	1,577	1.797	1,564
30	1,542	1.619	1,329

Tabel Rekapitulasi perhitungan SF lereng baru (2 lapis)

Sudut Pemasangan Nail	Lereng Eksisting		
	SF Baji	SF Geoslope	SF (Beban Gempa)
10	2,134	2,529	2,281
20	2,059	2,435	2,193
30	2,018	2,358	2,174

6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dari studi kasus yang telah ada dan telah diuraikan di bab sebelumnya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis lereng tanpa perkuatan dengan menggunakan metode manual (*bishop*) didapatkan nilai SF lereng eksisting 0,377 dan lereng baru (2 lapis) 0,519, sedangkan untuk nilai SF dengan menggunakan aplikasi geoslope didapatkan hasil yang hampir sama yaitu untuk lereng eksisting 0,340 dan lereng baru (2 lapis) 0,519. Nilai SF lereng asli yang lebih kecil dari 1,25 memiliki arti bahwa lereng tidak aman sehingga perlu dilakukan perkuatan lereng.
2. Nilai SF lereng dengan perkuatan *soil nailing* dianalisis dengan dua metode dengan hasil untuk metode manual yaitu lereng eksisting 10^0 adalah 1,569, 20^0 adalah 1,577⁰, dan 30 adalah 1,542⁰ sedangkan untuk lereng baru (2 lapis) 10^0 adalah 2,134, 20^0 adalah 2,509⁰, dan 30 adalah 2,018⁰. Nilai Sf dengan menggunakan aplikasi didapatkan 1,661⁰ untuk 10^0 , 1,797 untuk 20^0 , dan 1,619⁰ untuk 30 , sedangkan untuk leren baru (2 Lapis) didapatkan 2,529 untuk 10^0 , 2,193 untuk 20^0 , dan 2,174 untuk 30 . Perkuatan *soil nailing* yang digunakan untuk lereng dilakukan variasi sudut *nail*, sudut *nail* yang digunakan adalah 10, 20, dan 30. Pemasangan *nail* dengan sudut 20 pada lereng eksisting dan sudut 10 pada lereng baru (2 lapis) dianggap sebagai sudut pemasangan paling efektif apabila diban-

dingkan dengan sudut lainnya. Hal ini dikarenakan sudut 20 pada lereng eksisting dan 10 pada lereng baru (2 lapis) memiliki nilai SF yang paling besar apabila dibandingkan dengan yang lainnya.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil studi kasus yang telah dilakukan penulis, maka penulis memberikan beberapa saran yaitu penelitian selanjutnya diperlukan bebrapa variasi yang lebih banyak untuk mendapatkan hasil yang sesuai mulai dari sudut pemasangan *nail*, jarak antar *nail*, panjang *nail* yang terpasang, dan perlu juga perkuatan dinding penahan tanah terhadap kondisi muka air.

DAFTAR PUSTAKA

- Bishop, A.W.. 1955. The use of slip circle in the stability of analisis of slopes. Geotecnique, London, vol.5, pp.7
- Hardiyatmo, H.C., 2010. Mekanika Tanah II. Edisi Kelima, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kumalasari.V 2012. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan *Soil nailing* Menggunakan Program Geoslope. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Riogilang, H.. 2014. *Soil nailing* dan Anchor Sebagai Solusi Aplikatif Penahan Tanah Untuk Potensi Longsor Di Sta 7+250 Ruas Jalan Manado-Tomohon. Manado. Tugas Akhir. Universitas Samratulangi. Manado.
- SNI 2847-2013. 2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- SNI-03-1997-1995 Pedoman Kontruksi dan Bangunan Jakarta: Badan Standarisasi Nasional