STUDI PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH DENGAN SOIL NAILING PADA PEMBANGUNAN PERUMAHAN THE TAMAN DAYU CIPUTRA KECAMATAN PANDAAN KABUPATEN PASURUAN

Ummu Salamah¹, Eding Iskak Imananto², Andrianus Agus Santosa³
¹²³) Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : ummusalamah1407@gmail.com

ABSTRAK

Bangunan perumahan The Taman Dayu Ciputra Kecamatan Pandaan Kabupaten Pasuruan yang dibangun di atas lereng membutuhkan perkuatan agar tidak terjadi kelongsoran. Hal ini tidak lepas dari penyaluran beban bangunan dan sudut kemiringan tanah yang curam. Dari hasil analisis lereng sebelum adanya perkuatan *soil nailing* yang menggunakan perhitungan manual metode irisan biasa (*Fellenius*) pada kemiringan lereng 63° ketinggian 14,5 meter menghasilkan SF 0,341 < 1,5.

Salah satu bentuk perkuatan dinding penahan tanah pada lereng adalah *soil nailing* yang menggunakan pengaruh pemasangan sudut *nail* terhadap perkuatan lereng. Analisis pada perhitungan ini menggunakan metode Baji (*wedge*).

Setelah dilakukan pemasangan *soil nailing* panjang 10 meter, jarak vertikal horizontal *nail* 1 meter, dan kemiringan *nail* 20° analisis lereng perhitungan manual menghasilkan SF 1,617 > 1,5 untuk keruntuhan global, 2,916 > 1,5 untuk gaya geser dan $\sigma_{ijin} (max)$ 17686,979 kN/m² < (Q_{aijin}) 129712,94 kN/m² untuk daya dukung dengan tambahan pelat bawah lebar 1 meter. Semakin kecil sudut pemasangan *nail* maka semakin besar SF stabilitas internal global, SF terhadap gaya geser, SF terhadap putus dan cabut tulangan. Dari variasi analisa yang digunakan ditemukan perbedaan SF antara manual metode Baji (*wedge*) dengan analisis program *geoslope*, disebabkan metode Baji (*wedge*) menggunakan bidang gelincir longsor planar dan analisis program *geoslope* menggunakan bidang gelincir longsor lingkaran.

Kata Kunci : Stabilitas Lereng, *Soil Nailing*, Metode *Fellenius*, Metode Baji (*Wedge*), Pelat Bawah.

ABSTRACT

Residential building The Taman Dayu Ciputra, Pandaan District, Pasuruan Regency, which is built on a slope, requires reinforcement so that landslides do not occur. This is inseparable from the distribution of the building load and the steep slope angle of the ground. From the results of the slope analysis before the reinforcement of soil nailing using the manual calculation of the regular slice method (*Fellenius*) on the slope of 63 ° the height of 14.5 meters produces an SF of 0.341 < 1.5.

One form of strengthening the retaining wall on the slope is soil nailing which uses the effect of fixing the nail angle on the reinforcement of the slope. The analysis for this calculation uses the wedge method.

After the installation of soil nailing with a length of 10 meters, vertical horizontal distance of 1 meter, and 20 ° nail slope, manual calculation of slope analysis results in SF 1.617 > 1.5 for global collapse, 2.916 > 1.5 for shear forces and $\sigma_{ijin} (max)$ 17686. , 979 kN / m² < (Q_{aijin}) 129712.94 kN / m² for carrying capacity with an additional 1 meter wide bottom plate. The smaller the nail mounting angle, the greater the global internal stability SF, SF to shear forces, SF to breaking and pulling of reinforcement. From the variation of the analysis used, it was found that the difference between SF was found between manual wedge method and geoslope program analysis, due to the wedge method using a planar landslide slip plane and geoslope program anlysis using a circular lansdlipe slip plane.

Keywords: Slope Stability, Soil Nailing, Fellenius Method, Wedge Method, Bottom Plate.

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d}$$

$$= \frac{c + ((W + Q_T) \cos \psi + T \cos(\psi - i)) \tan \phi}{(W + Q_T) \sin \psi - T \sin(\psi - i)} \quad (2)$$

Keterangan :

α = sudut kemiringan permukaan lereng

β = sudut kemiringan lereng

ϕ = sudut gesek dalam

θ = sudut iklinalasi bidang gelincir lereng

i = sudut kemiringan *nail*

L_F = panjang bidang gelincir lereng

W = berat luar

Q_T = beban luar

T = gaya ekuivalen *nail*

N_F = gaya normal

S_F = gaya geser lereng

Lazarte, menjelaskan bahwa ada beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam mendesain perkuatan *soil nailing* berdasarkan mode keruntuhan yang mungkin terjadi, antara lain :

1. *Pull-out Failure*

Dapat terjadi akibat tidak cukupnya Panjang tusukan *nail* yang melewati batas bidang gelincir lereng dan gaya gesekan tanah yang berkerja pada permukaan *nail*. Biasanya gaya gesekan tanah yang berkerja pada *nail* dipengaruhi oleh kohesi tanah dan kekasaran permukaan *nail*. Untuk meningkatkan kekasaran permukaan *nail* dilakukan *grout* dengan semen disekitar *nail*.

2. *Nail Tendon Failure*

Keruntuhan ini terjadi akibat ketidak mampuan kekuatan tegangan *nail* dalam menahan beban tanah diatas bidang gelincir lereng. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya nilai tegangan leleh baja (f_y) yang digunakan sebagai *nail*. *Nail tendon failure* juga dapat terjadi akibat berkurangnya kekuatan *nail* yang disebabkan oleh oksidasi dalam tanah yang mengakibatkan terjadinya karat pada *nail*.

3. *Face Failure*

Keruntuhan ini biasanya disebabkan lebih kepada kesalahan pekerjaan pada saat proses konstruksi. *Face failure* terjadi akibat ketidak mampuan

ujung permukaan *nail* menahan gaya lateral tanah.

Analisa Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing

Suatu perkuatan dinding penahan tanah harus dirancang agar aman atau stabil terhadap pengaruh gaya dalam dan gaya luar. Analisis ini terbagi menjadi dua yaitu stabilitas ekstern atau stabilitas luar (*external stability*) dan stabilitas intern atau stabilitas dalam (*internal stability*).

1. Analisis Stabilitas *External*

a. Faktor aman terhadap keruntuhan lereng global (*global stability failure*)

Perkuatan lereng harus aman terhadap keruntuhan, pada perhitungan manual, mengadopsi metode baji (*wedge*) dengan bidang longsor planar, yaitu :

$$SF = \frac{c.L_f + (W + Q) \cos \alpha n \cdot \tan \phi + (\sum T_i \sin(\alpha + i) - \sum V_i \cos(\alpha + i)) \tan \phi}{(W + Q) \sin \alpha n - \sum T_i \cos(\alpha + i) - \sum V_i \sin(\alpha + i)} = \quad (3)$$

Gambar 4. Gaya Yang Berkerja Dalam Metode Baji (*Wedge Metode*)

• Gaya Geser dan Gaya Tarik Ijin Global

Untuk menghitung stabilitas lereng dengan perkuatan secara global perlu diperhatikan gaya geser, dan gaya tarik ijin dari

sebuah *nail bar* dapat dihitung dengan persamaan 2.4 dan 2.5.

$$Vn = \frac{Rn}{\sqrt{1+4\tan^2(90^\circ-\alpha)}} \quad (4)$$

$$T = 4Vn\tan(90^\circ - \alpha) \quad (5)$$

- Gaya Tarik ijin dari perkuatan *soil nailing*

Apabila lebih besar dari gaya ijin global dari pada gaya Tarik ijin dari masing – masing *nail* maka gaya ijin yang digunakan adalah gaya ijin global, baik untuk gaya ijin tarik.

$$T_i = \frac{\pi D L_e F_{max}}{FoS} \quad (6)$$

- b. Faktor aman terhadap penggeseran (*sliding stability failure*)

$$SF = \frac{cb B_L + (W + Q + P \sin \delta) \tan \phi}{P \cos \delta} \quad (7)$$

Gambar 5. Stabilitas Terhadap Penggulingan Pada Perkuatan *Soil Nailing* (Sumber: Steven C. Devin, 2012)

- c. Faktor aman terhadap kegagalan daya dukung tanah (*bearing failure*)

$$SF = \frac{C.N_c + 0.5\gamma B_e N_\gamma}{H_{eq.\gamma}} \quad (8)$$

2. Analisis Stabilitas Internal

- a. Faktor aman (SF) terhadap putus tulangan :

$$Fr = \frac{\left(\frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times f_y}{1000}\right)}{\sigma_h S_v S_h} \quad (9)$$

Gambar 6. Keruntuhan Putus Tulangan (Sumber: Steven C. Devin, 2012)

- b. Faktor Aman Terhadap Cabut Tulangan :

$$F_p = \frac{\pi \cdot q_u \cdot D \cdot d_h \cdot L_p}{\sigma_h S_v S_h} \quad (10)$$

Gambar 7. Keruntuhan Cabut Tulangan (Sumber: Steven C. Devin, 2012)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode dilakukan dengan pengumpulan data primer dan skunder. Data skunder yang didapatkan dengan mengukur tinggi lereng dan sudut kajian, pengujian sampel tanah dilaboratorium data yang dibutuhkan adalah data SPT dan data – data tanah seperti berikut :

Tabel 1. Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium

DB	DEPTH (m)	Classif (USCS)	γ_t (t/m ²)	Gs	e
DB-2	4.75	MH	1.5	2.53	1.58
	8.75	MH	1.51	2.53	1.6

Index Properties			Strengt Test			Oedometer Test	
PL (%)	Wc (%)	LL (%)	Test	c (kg/cm ²)	$\phi(^{\circ})$	Cc	Cs
43	53	58	UCT	0.16	-	0.57	0.07
36	49	52	TX-UU	0.2	5	0.43	0.06

(Sumber : Testana Engineeering, INC, 2015)

4. PEMBAHASAN

Data Beban Bangunan

Pada daerah yang ditinjau terdapat bangunan rumah 1 lantai. Luas bangunan 10.9 x 10 m² dengan luas tanah 18 x 12 m², bagian atap teras menggunakan pelat dak beton dengan ketebalan 10 cm, ukuran kolom 15 x 15 cm², ukuran balok 15 x 20 cm², ukuran sloof 15 x 20 cm² dengan dinding yang terpasang sebesar 90% dari sisi luar bangunan dan sisanya 10% sebagai jendela dan pintu.

Tabel 2. Hasil Berat Bangunan Rumah 1 Lantai

no	volume (m ³)		berat jenis (kN/m ³)	berat (kN)
1	pondasi	76.649	22.00	1686.2780
2	sloof	4.171	23.5440	98.2020
3	rabat lantai	6.540	23.5440	153.9778
4	kolom	3.623	23.5440	85.2999
5	dinding	57.448	17.1680	986.2673
6	balok	2.406	23.5440	56.6469
7	dak beton	2.934	23.5440	69.0781
8	atap	1.596	4.9033	7.8257
Σ				3143.576

Luas bangunan dengan panjang (p) 10,9 m dan lebar (l) 10 m memiliki jumlah total berat sendiri adalah 3143,576 kN. Maka berat per m² adalah $= \frac{\text{Berat}}{(B \times L)} = \frac{3143,576}{(10,9 \times 10)} = 28,840 \text{ kN/m}^2$.

Karena bangunan rumah 1 lantai maka beban hidup berdasarkan tabel 5.2 sebesar 200 kg/m² atau 1,9613 kN/m². Agar perkuatan lebih aman, maka digunakan combo beban yaitu 1,15 Qd + 1,5 Ql sehingga total berat bangunan menjadi $= (1,15 \times 28,840) + (1,5 \times 1,9613) = 36,1079 \text{ kN/m}^2$.

Perhitungan Stabilitas Lereng Sebelum Adanya Perkuatan

Metode yang digunakan dalam melakukan analisis tersebut yaitu metode irisan biasa.

Gambar 9. Bidang Longsor Kritis

- Perhitungan pada lereng
Langkah – langkah yang dilakukan sebelum menganalisis stabilitas lereng yaitu :

- Menentukan berat isi tanah (W_i)

$$W_i = \gamma \times A_i$$

Untuk irisan dengan beban rumah tinggal 1 lantai diatasnya, maka berat irisan diperoleh dengan cara

$$W_i = \gamma \times A_i$$

$$A_i = \frac{1}{2} \times a \times t$$

$$A_i = 0,91$$

$$W_i = (15,1 \times 0,91)$$

$$W_i = 13,699 \text{ kN}$$

- Menentukan besarnya sudut dari pusat irisan ke titik berat (θ_i)

Seperti pada irisan 1, diperoleh θ dari hasil pengukuran sebesar 59°.

- Menentukan panjang garis longsor tiap irisan (α_i)

Seperti pada irisan 1, diperoleh α dari hasil pengukuran 1,91 m.

Tabel 3. Analisis Lereng Secara Keseluruhan

NO	γ	A_i	φ (°)	W (kN)	θ (°)	c (kN/m ²)	α (m)	$c \times \alpha$ (kN)	$W \sin \theta$ (kN)	$N = W \cos \theta$ (kN)	$ca + N \tan \varphi$ (kN)
1	15.1	0.91	5	13.699	59	2	1.91	3.82	11.7427	7.0558	4.4373
2	15.1	1.60	5	24.160	53	2	1.74	3.48	19.2950	14.5399	4.7521
3	15.1	3.10	5	46.810	48	2	1.62	3.24	34.7866	31.3220	5.9803
4	15.1	4.30	5	64.930	43	2	1.52	3.04	44.2822	47.4868	7.1946
5	15.1	5.50	5	83.050	39	2	1.45	2.9	52.2651	64.5420	8.5467
6	15.1	6.50	5	98.150	34	2	1.38	2.76	54.8848	81.3700	9.8790
7	15.1	7.50	5	113.250	30	2	1.33	2.66	56.6250	98.0774	11.2407
8	15.1	8.40	5	126.840	26	2	1.28	2.56	55.6030	114.0030	12.5340
9	15.1	9.20	5	138.920	23	2	1.24	2.48	54.2804	127.8765	13.6677
10	15.1	9.90	5	149.400	19	2	1.21	2.42	48.6992	141.3456	14.7861
11	15.1	10.50	5	158.550	16	2	1.18	2.36	43.7023	152.4080	15.6940
12	15.1	5.60	5	84.560	14	2	0.58	1.16	20.4569	82.0482	8.3383
13	15.1	11.50	5	173.650	12	2	1.14	2.28	36.1039	169.8553	17.1404
14	15.1	10.10	5	152.510	9	2	1.12	2.24	23.8578	150.6323	15.4186
15	15.1	8.60	5	129.860	6	2	1.1	2.2	13.5741	129.1486	13.4990
16	15.1	7.10	5	107.210	3	2	1.08	2.16	5.6109	107.0631	11.5268
17	15.1	5.40	5	81.540	1	2	1.08	2.16	1.4231	81.5276	9.2927
18	15.1	4.00	5	60.400	2	2	1.05	2.1	2.1079	60.3632	7.3811
19	15.1	3.20	5	48.320	4	2	1.04	2.08	3.3706	48.2023	6.2972
20	15.1	0.25	5	3.700	6	2	0.4	0.8	0.3867	3.6792	1.1219
Σ									583.028		198.728

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n (ca + N_i \tan \varphi)}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \theta_i)} = 0,341 < 1,5 \text{ (Tidak Aman)}$$

Nilai faktor keamanan (SF) yang didapatkan adalah $0,341 < 1,5$ yang berarti lereng dalam keadaan bahaya terhadap longsor.

Analisa Lereng Tanpa Perkuatan Menggunakan Program Geoslope

Gambar 10. Hasil Geoslope/W Metode Bishop Tanpa Perkuatan

Dari hasil perhitungan dengan program geoslope/w didapatkan bentuk bidang longsor pada lereng dengan kemiringan 63°. Angka keamanan terhadap kelongsoran menggunakan metode Bishop yang disederhanakan pada lereng sebesar $0,505 < 1,5$.

Analisa Stabilitas Lereng Dengan Metode Perkuatan Soil Nailing

Analisa Stabilitas Eksternal

1. Analisa Keruntuhan Bidang Longsor

Kemiringan sudut *nail* dalam kasus ini dihitung dengan *trial and error*, dengan nilai besar (α) = 40° untuk sudut kemiringan lereng (β) = 63° dan kemiringan *nail* (i) = 20°. Dengan menghitung Panjang L_e (panjang *nail* yang berada di belakang garis bidang longsor).

Gambar 11. Panjang L_e Pada Lereng
Tabel 4. Parameter Nail

No nail	L_{nail} (m)	H_i (m)	L_e (m)
1	10	14	2.85
2	10	13	3.36
3	10	12	3.87
4	10	11	4.38
5	10	10	4.89
6	10	9	5.4
7	10	8	5.91
8	10	7	6.42
9	10	6	6.93
10	10	5	7.45
11	10	4	7.96
12	10	3	8.47
13	10	2	8.98
14	10	1	9.49

Pada perhitungan ini, nilai factor keamanan didapatkan dengan cara coba – coba. Perhitungan coba – coba nilai SF dengan Ms Excel. Nilai coba – coba harus sama dengan nilai hasil perhitungan akhir. Analisis pada perhitungan ini digunakan asumsi SF sebesar 1,5.

$$f_{max} = 130 \text{ kN/m}^2$$

$$T1 = \frac{\pi \times D \times L_e \times f_{max}}{1,5} = 33,350 \text{ kN} < T_{max} \text{ (Aman)}$$

Tabel 5. Perhitungan Manual Le, T dan V

No nail	L nail (m)	Hi (m)	Le (m)	T (kN)	V (kN)
1	10	14	2.85	33.3499	1.6816
2	10	13	3.36	39.3178	1.6816
3	10	12	3.87	45.2857	1.6816
4	10	11	4.38	51.2536	1.6816
5	10	10	4.89	57.2215	1.6816
6	10	9	5.4	63.1894	1.6816
7	10	8	5.91	69.1572	1.6816
8	10	7	6.42	75.1251	1.6816
9	10	6	6.93	81.0930	1.6816
10	10	5	7.45	87.1779	1.6816
11	10	4	7.96	93.1458	1.6816
12	10	3	8.47	99.1137	1.6816
13	10	2	8.98	105.0816	1.6816
14	10	1	9.49	111.0494	1.6816
Σ				1010.562	23.542

- 1) Gaya tarik ijin total dari *nail bar* (per unit Panjang tegak lurus bidang)

$$\Sigma T_i = \frac{\Sigma T}{Sh} = 1010,562 \text{ kN}$$

Dimana Sh = 1 m spasi horizontal

- 2) Gaya geser ijin total dari *nail bar* (per unit panjang tegak lurus)

$$\Sigma V_i = \frac{\Sigma V}{Sh} = 23,542 \text{ kN}$$

Nilai faktor keamanan dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$SF = \frac{(c \times Lf) + (W \cos \alpha \tan \alpha) + (\Sigma T_i \sin (\alpha + i)) - (\Sigma V_i \cos (\alpha + i)) \tan \varphi}{(W \sin \alpha) - (\Sigma T_i \cos (\alpha + i)) - (\Sigma V_i \cos (\alpha + i))}$$

$$= 1,617 > 1,5 \quad (\text{Aman})$$

Hasil dari perhitungan ini memberikan nilai keamanan (SF) sebesar 1,617 > 1,5 yang berarti analisis stabilitas lereng aman terhadap keruntuhan global lereng.

2. Analisa Stabilitas Lereng Terhadap Gaya Geser

$$SF = \frac{c \times BL \times (W + Q + Pa \sin \varphi) \tan \varphi}{Pa \cos \varphi}$$

$$= 2,901 > 1,5 \quad (\text{Aman})$$

Hasil dari perhitungan ini memberikan nilai keamanan (SF) sebesar 2,901 > 1,5 yang berarti analisis stabilitas lereng aman terhadap gaya geser.

3. Analisa Stabilitas Terhadap Kegagalan Daya Dukung Tanah

- a. Menentukan nilai – nilai faktor kapasitas dukung tanah

$$Be = 10 \text{ m}$$

$\varphi = 5^\circ$, maka menurut Terzaghi 1943 (Tabel 2.3)

Diperoleh :

$$Nc = 7,34$$

$$Ny = 0,5$$

Faktor aman terhadap kegagalan daya dukung tanah :

$$SF = \frac{(c \times Nc) + (0,5 \times \gamma \times Be \times Ny)}{(Heq \times \gamma)}$$

$$= 0,24 < 1,5 \quad (\text{Tidak Aman})$$

Dikarenakan hasil dari daya dukung 0,24 < 1,5 yang berarti lereng tidak aman terhadap daya dukung, maka diberi tambahan dinding penahan pelat bawah lebar 1 meter.

- b. Menentukan nilai – nilai faktor kapasitas daya dukung tanah bawah

$$N = 50$$

C = karena tanah lanau dan pasir, maka di ambil C = 0

$\varphi = 45^\circ$, maka menurut Terzaghi 1943 diperoleh :

$$Nc = 172,3$$

$$Nq = 173,3$$

$$Ny = 297,5$$

Pondasi yang dipakai adalah pondasi menerus ; $\alpha = 1$, $\beta = 0,5$

$$Qult = \alpha \times c \times Nc + q \times Nq + \beta \times \gamma^2 \times B \times Ny$$

$$= 389138,83 \text{ kN/m}^2$$

$$Qa_{(ijin)} = \frac{1}{3} \times qult$$

$$= 129712,94 \text{ kN/m}^2$$

Mencari eksentrisitas dan tegangan ijin yang timbul

$$(0,5 \times B - e) \times \Sigma G = \Sigma MA$$

$$(0,5 \times B - e) = \frac{\Sigma MA}{\Sigma G}$$

$$(0,5 \times 1 - e) = \frac{298}{1 \times 0,8 \times 2 \times 2,4}$$

$$(0,5 \times 1 - e) = \frac{298}{3,84}$$

$$(1 - e) = 77,6$$

$$e = 76,6 \text{ m}$$

Perhitungan tegangan

$$\sigma_{ijin} (max) = \frac{\Sigma G}{B} \times \left(1 + \frac{6 \times e}{b} \right)$$

$$= \frac{3,84}{B} \times \left(1 + \frac{6 \times 76,6}{1} \right)$$

$$= 17686,979 \text{ kN/m}^2 <$$

$$Qa_{(ijin)} 129712,94 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{ijin} (min) = \frac{\Sigma G}{B} \times \left(1 - \frac{6 \times e}{b} \right)$$

$$= \frac{3,84}{1} \times \left(1 - \frac{6 \times 76,6}{1} \right)$$

$$= 17610,179 \text{ kN/m}^2$$

Hasil dari perhitungan ini memberikan nilai keamanan $\sigma_{ijin} 17686,979 \text{ kN/m}^2 < Qa_{(ijin)} = 129712,94 \text{ kN/m}^2$ yang berarti analisis stabilitas lereng aman terhadap

kegagalan daya dukung setelah diberi tambahan pelat bawah lebar 1 meter.

Analisa Stabilitas *Internal*

1. Analisa Terhadap Putus dan Cabut Tulangan

Analisis stabilitas internal terhadap putus dan cabut tulangan dilakukan dengan bantuan aplikasi autocad 2016 untuk mengetahui nilai L_e (Panjang *nail* dibelakang bidang longsor) dan L_i (kedalaman ujung *nail* dari permukaan tanah), dapat dilihat pada Gambar dan Tabel berikut.

Gambar 12. Panjang L_i

Tabel 6. Data Panjang L_e dan L_i

No nail	H_i (m)	L_e (m)	L_i (m)
1	14	2.85	3.92
2	13	3.36	4.92
3	12	3.87	5.92
4	11	4.38	6.92
5	10	4.89	7.92
6	9	5.4	8.92
7	8	5.91	9.92
8	7	6.42	10.92
9	6	6.93	11.92
10	5	7.45	12.92
11	4	7.96	13.92
12	3	8.47	14.92
13	2	8.98	15.92
14	1	9.49	16.92

Menghitung tegangan horizontal

$$\sigma_{h1} = ((q \times K_a) - 2 \times c \times \sqrt{K_a}) + (\gamma \times z_1 \times K_a)$$

$$= 70,252 \text{ kN/m}^2$$

Menghitung angka keamanan terhadap putus tulangan tiap *nail*

$$Fr1 = \frac{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times f_y \right)}{\sigma_{h1} \times S_v \times S_h}$$

$$= 8,678 > 1,5 \quad (\text{Aman})$$

Menghitung angka keamanan terhadap cabut tulangan

$$Fp1 = \frac{\pi \times q_u \times D_{dh} \times L_{e1}}{\sigma_{h1} \times S_v \times S_h}$$

$$= 1,656 > 1,5 \quad (\text{Aman})$$

Dari perhitungan sebelumnya maka didapatkan hasil perhitungan analisa stabilitas internal terhadap putus dan cabut tulangan dengan sudut kemiringan *nail* 20° seperti pada Tabel dibawah.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Stabilitas *Internal*

<i>nail</i>	σ_h (kN/m ²)	Fr	Fp	Keterangan
1	70.252	8.678	1.656	Aman
2	82.931	7.351	1.654	Aman
3	95.610	6.376	1.652	Aman
4	108.289	5.630	1.651	Aman
5	120.968	5.039	1.650	Aman
6	133.646	4.561	1.649	Aman
7	146.325	4.166	1.649	Aman
8	159.004	3.834	1.648	Aman
9	171.683	3.551	1.648	Aman
10	184.362	3.307	1.650	Aman
11	197.041	3.094	1.649	Aman
12	209.720	2.907	1.649	Aman
13	222.399	2.741	1.648	Aman
14	235.078	2.593	1.648	Aman

Berdasarkan hasil analisis stabilitas *internal soil nailing* pada putus tulangan didapat nilai SF terkecil 2,593 > 1,5 dan pada cabut tulangan didapat nilai SF terkecil 1,648 > 1,5, berarti stabilitas *internal* aman dari putus cabut tulangan.

Analisis Lereng Menggunakan Program Geoslope Dengan *Soil Nailing*

Analisis menggunakan program *geoslope* untuk membandingkan antara perhitungan hasil analisis *geoslope* metode *Bishop* dengan hasil perhitungan manual menggunakan metode Baji (*wedge*).

Gambar 13. Pemodelan Perkuatan Lereng Menggunakan Geoslope

Hasil analisis menggunakan program *geoslope* pada lereng yang diperkuat *nails* dan pelat bawah dengan memperhitungkan beban berat sendiri (tanah) dan berat bangunan didapatkan hasil SF dari kelongsoran keseluruhan (global) sebesar $4,233 > 1,5$.

a. Data Teknis Dinding Penahan *Nail* (*non-structural*)

Dinding penahan *nail* dengan ketebalan 30 cm digunakan untuk menahan gaya dari *nail* yang terpasang pada lereng agar tidak dapat terlepas. Berikut spesifikasi dan data perencanaan dinding penahan *nail* sebagai berikut :

- Dinding penahan *nail* terbuat dari pasangan beton.
- Tinggi yang terpasang 14,5 m dengan ketebalan 30 cm.
- Mutu beton f'_c 30 Mpa dengan $E = 4700 \times \sqrt{f'_c}$
- Berat volume beton γ_c 24 kN/m³

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Dari hasil analisis stabilitas lereng alami ketinggian 14,5 meter kemiringan 63° menggunakan perhitungan manual, metode *fellenius* didapatkan nilai SF $0,341 < 1,5$ yang berarti lereng dalam keadaan rawan longsor jika tidak ada perkuatan.

2. Dimensi yang dibutuhkan untuk *soil nailing* adalah $\phi 43$, jarak horizontal antar *nail* 1 meter, jarak vertikal antar *nail* 1 meter dan kedalaman yang dibutuhkan untuk *nail* 10 meter, dengan kemiringan *nail* $i = 20^\circ$, ketinggian lereng 14,5 meter, kemiringan lereng 63° dan ketebalan dinding penahan *nail* 30 cm.

Saran

1. Dalam memperbesar nilai faktor keamanan terhadap putus cabut tulangan dapat dilakukan dengan cara memperkecil jarak vertikal antar *nail* dan merubah sudut pemasangan *nail*.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang variasi sudut lereng, kemiringan *nail* dan jarak antar *nail* agar perencanaan *soil nailing* lebih efektif.
3. Diperlukan lagi analisis menggunakan aplikasi Plaxis versi 2D atau Plaxis versi 3D untuk mengetahui lebih jelas kestabilan lereng dengan dan tanpa perkuatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aza Nur Fauzi, 2012, "*Analisis Tegangan – Perpindahan Dan Faktor Keamanan (SF) Pada Lereng Miring Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Plaxis 8.2*" Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Anderson, M.G., Richard K.S., 1987, "*Slope Stability, Geotechnical Engineering And Geomorphology*", John Wiley and Sons.
- Bryne et al, 1998, "*Manual for Design and Contruction Monitoring of Soil Nail Wall*", FHWA-SA-96-69R, Federal Highway Administration, Washington, DC
- Bowles E.J., 1986, "*Sifat – Sifat Fisis And Geoteknis Tanah Edisi Kedua (Mekanika Tanah) Edisi Kedua*", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Darwis, 2018, "*Dasar – Dasar Mekanika Tanah*", Penerbit Pena Indis, Yogyakarta.
- Das, M. Braja, 1988, "*Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geteknis) Jilid 1*", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, M. Braja, 1993, "*Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*", Penerbit Erlangga, Jakarta.

- Devin, Steven C, 2017, "*Soil Nailing Wall Design*", Los Angeles County, California.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002, "*Mekanika Tanah II Edisi Kedua*", Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2018, "*Mekanika Tanah II Edisi Keenam*", Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kumalasari, Vitria, 2012, "*Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Geoslope (Studi Kasus Pada Lereng Beda Bantas, Kecamatan Selemadeg Timur, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali)*", Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Lazarte, C.A, 2011, "*Proposed Specifications For LRFD Soil Nailing Design And Contruction*" NCHRP Report 701, Transportation Research Board, Wangshington, DC.
- Lazarte, C.A., Elias, V., Espinoza, R.D., And Sabatini, P.J., 2013 "*Soil Nailing Walls*" Geotechnical Engineering Circular, Federal Highway Administration, Wangshington, DC.
- Pangestu, Eris Cahyo, 2018, "*Perencanaan Perkuatan Lereng Dengan Metode Soil Nailing Di Daerah Bantul Yogyakarta*", Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Rahmanta, Loga Mauludvi 2018, "*Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Metode Perhitungan Fellenius Dan Taylor Serta Program Geoslope (Studi Kasus Desa Srimartani, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul)*", Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Rama Indera K, Enden Mina, Sevenuary B, 2015, "*Analisis Stabilitas Lereng Dan Perencanaan Soil Nailing Dengan Software Geostudio 2007 (Studi Kasus Kampus Untirta Sindangsari)*", Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.
- Yesi Natalia, Sjachrul Balamba, Alva N. Sarajar, 2016, "*Analisis Transferan Beban pada Soil Nailing (Studi Kasus : Kawasan Citra Land)*". Universitas Sam Ratulangi Manado, Manado.