

## PERENCANAAN PERKUATAN TERHADAP LERENG DENGAN MENGUNAKAN SOIL NAILING

**Karmelia Cahyani<sup>1</sup>**

Universitas Bung Hatta

[imkc31522@gmail.com](mailto:imkc31522@gmail.com)

**Rita Anggraini<sup>2</sup>**

Universitas Bung Hatta

[rita.anggraini@bunghatta.ac.id](mailto:rita.anggraini@bunghatta.ac.id)

### ABSTRAK

Sumatera Barat memiliki topografi berbukit-bukit dan berlembah karena diapit oleh dua lempengan besar: Lempengan Eurasia dan Lempengan Indo-Australia. Kota Bukittinggi ialah salah satu daerah di Sumatera Barat dengan topografi berbukit-bukit dan berlembah yang mengalami kelongsoran pada lerengnya, ini terjadi terjadi di bawah Jembatan Limpapeh Kota Bukittinggi. Untuk mengetahui Kestabilan lereng tanpa perkuatan menggunakan metode *Bishop* dan metode *Fellenius*, dan Mengetahui Kestabilan lereng setelah diberikan perkuatan *soil nailing*. *Soil nailing* merupakan perkuatan terhadap lereng yang tidak stabil atau berpotensi runtuh dengan menancapkan potongan-potongan baja (*nails*) hingga mencapai daerah pasif tanah kemudian dilakukan *grout*. Perencanaan *soil nailing* menyesuaikan SNI 8460:2017 Persyaratan Perencanaan Geoteknik. *Soil Nailing* sebagai perkuatan di rencanakan dengan variasi sudut pemasangan 10°, 15°, 20° dengan metode Baji untuk analisis stabilitas lereng terhadap keruntuhan global, dengan nilai faktor keamanan yang diperoleh 3,25 dengan sudut 10°. Faktor keamanan lereng tanpa perkuatan didapati  $\leq 1,5$  yaitu 0,96 untuk metode *Bishop* dan 0,39 untuk metode *Fellenius*. Setelah perencanaan dan analisis lereng yang dilakukan dengan perkuatan *Soil Nailing*, semua hasil analisis stabilitas lereng memenuhi nilai faktor keamanan SNI 8460:2017, yaitu lereng dianggap aman dengan nilai minimal 1,5.

**Kata Kunci:** Kestabilan Lereng, Faktor Keamanan, *Soil Nailing*.

### ABSTRACT

*West Sumatra is a landslide-prone area that is flanked by two large plates, namely the Eurasian Plate and the Indo-Australian Plate, which causes the area to have a hilly and valley topography. One of the areas in West Sumatra with hilly topography and valleys that experience landslides is the City of Bukittinggi, an area that experiences landslides on its slopes is under the Limpapeh Bridge in Bukittinggi City. To determine the stability of the slope without reinforcement using the Bishop method and the Fellenius method, and knowing the stability of the slope after being given soil nailing reinforcement. Soil nailing is the reinforcement of unstable or potentially collapsed slopes by embedding steel pieces (nails) until they reach the passive area of the soil and then grout. Soil nailing planning adapts SNI 8460:2017 Geotechnical Planning Requirements. Soil Nailing as reinforcement is planned with a variation of installation angles of 10°, 15°, 20° with the Wedge method for slope stability analysis against global collapse, with a safety factor value obtained of 3.25 with an angle of 10°. The safety factor of the slope without reinforcement was found to be  $\leq 1.5$ , namely 0.96 for the Bishop*

*method and 0.39 for the Fellenius method. After planning and analyzing the slope with Soil Nailing reinforcement, all slope stability analysis results meet the required safety factor value according to SNI 8460:2017 which is  $\geq 1.5$  the slope is considered safe.*

**Keywords :** Slope Stability, Safety Factor, *Soil Nailing*.

## **PENDAHULUAN**

Tanah merupakan pelapukan dari batuan dan bahan organik yang dapat menyebabkan adanya perbedaan jenis dan elevasi tanah. Sebuah lereng ialah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Elevasi tanah secara alami dapat menyebabkan perbedaan tinggi, yang dapat membentuk kondisi alam berupa lereng. Kestabilan lereng adalah masalah yang sering terjadi selama proses pekerjaan konstruksi karena lereng memiliki kondisi sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal (Surendro, 2015). Gaya gravitasi pada lereng dapat menyebabkan ketidakstabilan pada lereng yang dapat menyebabkan terjadinya longsor, bukan hanya gaya gravitasi saja yang mempengaruhi ketidakstabilan pada lereng akan tetapi faktor lain seperti penambahan beban pada lereng, sudut kemiringan lereng yang curam akibat dari penggalian, dan naiknya tekanan lateral yang disebabkan oleh air dan gempa bumi juga mempengaruhi ketidakstabilan pada lereng. Ketidakstabilan pada lereng dapat berakibat longsor yang parah bisa dicegah dengan memberikan perkuatan terhadap lereng.

Pemilihan studi kasus di lokasi longsor di bawah jembatan limpapeh karena di lokasi tersebut terdapat pemukiman warga dan kebun binatang Kota Bukittinggi, yang memerlukan penanganan yang tepat. Mengingat Kota Bukittinggi merupakan salah satu kota pada Provinsi Sumatera Barat yang memiliki topografi berbukit-bukit dan berlembah, *Soil Nailing* dapat dijadikan alternatif untuk perkuatan terhadap lerengnya. Sistem perkuatan lereng *Soil Nailing* tidak memiliki gaya prategang, sehingga bersifat pasif. Sistem perkuatan terhadap lereng dengan *soil nailing* ini utamanya terdiri dari sejumlah *nail bar* yang dimasukkan/ditancapkan dalam tanah dengan cara dibor pada dinding mukanya yang nantinya akan disemprot untuk perkuatan permukaan (*reinforced shotcrete*) sebagai komponen dasar. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kestabilan lereng baik tanpa perkuatan menggunakan metode *Bishop* dan *Fellenius* maupun setelah perkuatan tanah *Soil Nailing* diberikan. Jika dibandingkan dengan sistem perkuatan lereng yang lain, *Soil Nailing* memberikan alternatif yang mungkin pada beberapa kondisi dari segi kemungkinan pelaksanaan, biaya pembuatan, dan waktu pengerjaan. (Lazarte, 2003). Penulis ingin melakukan penelitian tentang perencanaan perkuatan lereng dengan metode *soil nailing* pada lokasi di bawah jembatan Limpapeh Kota Bukittinggi, penelitian ini akan menggunakan data yang diperoleh dari pengujian *hand bor* oleh CV. GEO ENGINEER CONSULTAND, yang mencakup jenis tanah dan parameternya.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah yang harus dilewati untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, yaitu sebagai berikut :

1. Studi literatur, adalah tahap mempelajari dan mencari referensi atau literatur yang relevan dengan subjek penelitian.
2. Pengumpulan data, Data pada penelitian ini di dapatkan dari CV. GEO ENGINEERING CONSULTANT berupa data dari pengujian hand bor yang telah dibawa ke laboratorium untuk pengecekan kondisi tanah dengan hasil labor yang diperoleh berupa data yang

meliputi atterbarg limit, persentase butiran, kadar air, berat jenis, berat isi basah, kohesi, sudut geser, dan jenis tanah.

3. Melakukan pemodelan pada lereng, dimana pemodelan dilakukan yaitu dengan mengubah geometri lereng. Lereng eksisting memiliki kemiringan yang sangat curam sehingga dilakukan perubahan geometrinya berupa kemiringan lereng eksisting 85° menjadi lereng baru yang direncanakan sudut kemiringannya yaitu 72° dengan tinggi lereng yang sama yaitu 8,5 m.
4. Analisis stabilitas lereng eksisting, Menghitung stabilitas lereng eksisting dari data yang diperoleh dengan metode Bishop dan fellenius.
- Metode Bishop biasanya untuk memeriksa permukaan gelincir (slip surface) berbentuk lingkaran. Untuk menganalisis kestabilan lereng, metode bishop dipilih karena metodenya sederhana dan memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Analisis dilakukan dengan membagi lereng perpias. Metode ini menganggap gaya normal total berada atau bekerja di pusat alas potongan dan dapat diidentifikasi dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan vertikal atau normal. Pada potongan yang membentuk lereng, persyaratan keseimbangan digunakan. Metode Bishop berpendapat bahwa gaya yang bekerja pada irisan memiliki resultan nol dalam arah vertikal. (Bishop,1955). Rumus faktor keamanan (Fk) Metode Bishop diperoleh dengan mempertimbangkan seluruh keseimbangan gaya, yaitu sebagai berikut :

$$SF = \frac{c \times \Delta x + W \tan \varphi}{W \sin \varphi}$$

$$m = \cos \alpha \left( 1 + \frac{\tan \alpha \times \tan \varphi}{F} \right)$$

- Fellenius, Gaya yang terletak di sisi kanan atau kiri setiap irisan memiliki nilai resultan nol pada arah yang tegak lurus bidang longsor menurut Fellenius. Dengan anggapan ini keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori sebagai berikut (Hardiyatmo, 2018).

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca + (W \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W \sin \theta}$$

5. Merencanakan dan menganalisis Perkuatan Lereng dengan Soil Nailing

Sebelum menganalisis perlu dilakukan perencanaan pada lereng seperti material yang digunakan dan kemiringan longsor, karena pada saat menganalisa diperlukan data-data seperti:

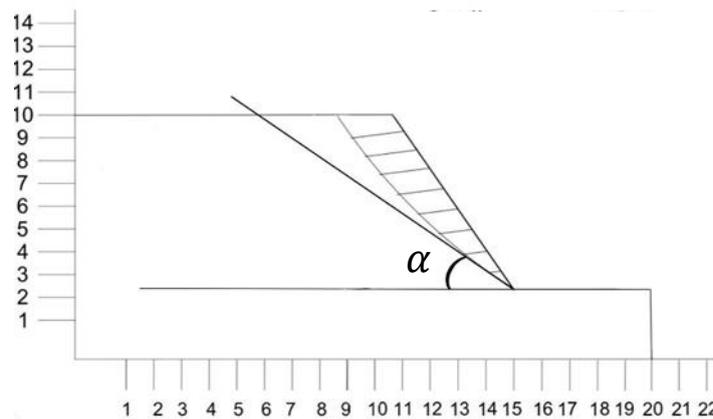
- Perencanaan kemiringan sudut yang aman terhadap longsor  
Lereng ialah bagian permukaan bumi yang dapat menghubungkan tanah dengan elevasi yang lebih tinggi ke yang lebih rendah. Secara alami, kekuatan geser tanah dan akar tumbuhan digunakan sebagai penahan untuk lereng. Apabila gaya penggerak/pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan, maka akan terjadi keruntuhan di lereng. Di tanah yang tidak datar, komponen gravitasi berat cenderung menggerakkan massa tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah. Apabila lereng tidak dapat bergerak, lereng stabil. Ini berarti bahwa gaya penahan harus lebih besar daripada gaya penggerak

lereng. SNI-03-3977-1995 menetapkan klasifikasi lereng berdasarkan kecuraman atau sudut kemiringan lereng.

**Tabel 1. Klasifikasi Kemiringan Lereng Menurut SNI 03-1997-1995**

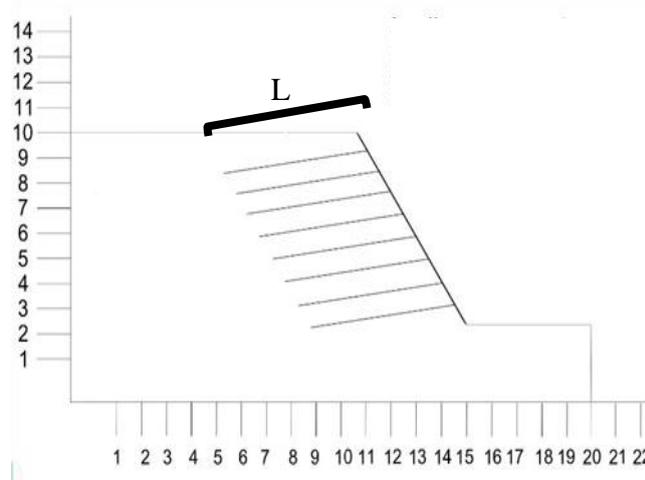
Sudut Kemiringan Lereng (°)	Kondisi menurut SNI 03-1997-1995
45	Sedang
60	Curam
90	Sangat Curam

- Penentuan sudut kemiringan longsor terhadap garis horizontal  
Sudut kemiringan longsor ini didapatkan setelah dilakukan analisa lereng eksisting dengan penggambaran longsor dibantuan autocad.



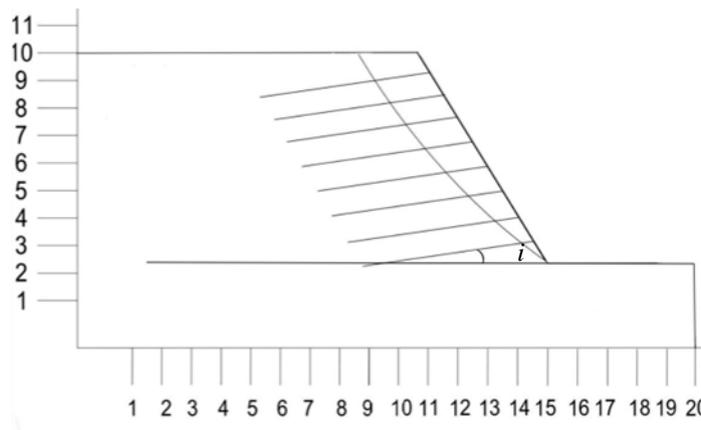
**Gambar 1. Sudut kemiringan longsor terhadap garis horizontal**

- Perencanaan penggunaan diameter dan panjang nail  
Diameter tulangan batang baja yang digunakan adalah sesuai dengan standar ASTM A615 jenis baja ulir dengan daya dukung 420 MPA atau 520 Mpa. Panjang tipikal nail berkisar antara 0,6H – 1,2H dimana H adalah tinggi lereng (SNI 8460:2017). Pada penelitian ini Panjang nail yang digunakan yaitu 0,6H dengan H 8,5 m mendapatkan hasil Panjang nail 5,1 m. dikarenakan variasi Panjang nail yang ada yaitu 4m, 6m, 8m, 10m, 12m dst, maka Panjang nail yang digunakan yaitu 6 m.



**Gambar 2. Panjang Nail**

- Perencanaan sudut pemasangan nail  
Kemiringan tipikal nail berkisar antara 10 – 20 dibawah bidang horizontal (SNI 8460:2017).



**Gambar 3. Kemiringan Nail**

Analisis yang dilakukan pada lereng yang diberikan perkuatan dengan soil nailing menggunakan metode Baji, yang dianalisis dengan metode baji yaitu sebagai berikut :

- Menganalisis Stabilitas lereng terhadap keruntuhan global.  
Untuk analisis ini, metode baji (*wedge*) dengan bidang longsor planar akan digunakan. Faktor keamanannya dapat dihitung dengan rumus sederhana berikut:

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

- Analisis stabilitas terhadap gaya geser.  
Analisis stabilitas terhadap gaya geser ini menggunakan persamaan berikut ini :

$$FS = \frac{c \times Bl + (W - Q - Pa \sin \varphi) \times \tan \varphi}{Pa \cos \varphi}$$

$$Pa = \frac{c \times H^2}{2} \times Ka$$

$$Ka = tg^2 \times (45 - \frac{\phi}{2})$$

- Analisis stabilitas untuk putus dan cabut tulangan.  
Persamaan berikut menghitung faktor keamanan putus tulangan:

$$Fr = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times fy \times 1000}{\sigma h \times sv \times sh}$$

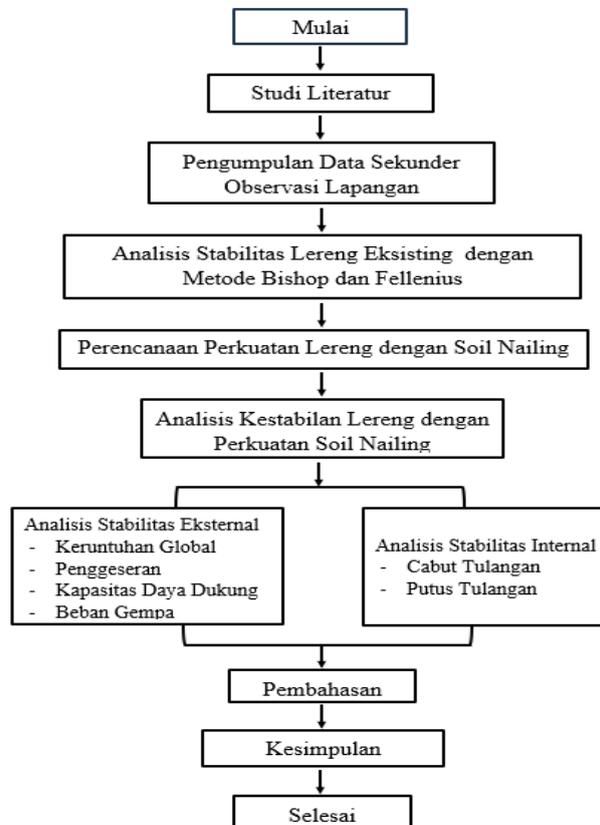
$$\sigma h = Ka \times \gamma \times z$$

Analisis stabilitas untuk cabut tulangan bertujuan untuk mengetahui kekuatan tulangan struktur dan kekuatan lereng gaya cabut. Analisis ini dilakukan untuk mencegah kegagalan struktur yang disebabkan oleh kesalahan desain, seperti tulangan yang terlalu pendek. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung analisis ini:

$$Fp = \frac{\pi \times qu \times Ddh \times Lp}{\sigma h \times sv \times sh}$$

## 6. Kesimpulan.

Untuk memudahkan penelitian memerlukan bagan alir yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

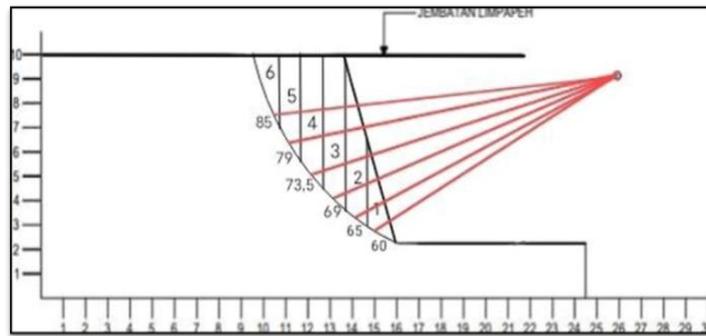
### Keterangan Rumus

FS	= keamanan factor
C	= Kohesi tanah (kN/m <sup>2</sup> )
$\varphi$	= Sudut gesek tanah (derajat)
$\alpha$	= Sudut kemiringan longsor
W	= Berat irisan tanah (KN/m)
Q	= Beban Pada Lereng
$\Delta x$	= Panjang irisan (m)
F	= Faktor Aman Rencana
$a_i$	= Panjang lengkung tiap irisan (m)
$U_i$	= Tekanan air pori
$i_i$	= Sudut that was defined (derajat)
$L_f$	= Panjang lengkung pada irisan (m)
$i$	= Kemiringan nail
$\sum T_i$	= Jumlah daya dukung terhadap gaya tarik (kN/m)
$\sum V_i$	= Jumlah daya dukung terhadap gaya geser (kN/m)
B <sub>l</sub>	= Lebar struktur (m)
Q	= Baban pada lereng (Kn/m)
H	= Tinggi Lereng (m)
$\gamma$	= Berat isi tanah (kN/m <sup>3</sup> )
$S_v$	= Jarak antar tulangan arah vertikal (m)
$S_h$	= Jarak antar tulangan arah horizontal (m)
$f_y$	= Daya dukung tarik baja (MPa)
D	= Diameter tulangan (mm)
$\gamma$	= Berat isi tanah (kN/m <sup>3</sup> )
Z	= Kedalaman yang ditinjau (m)
$K_a$	= Koefisien tekanan aktif lateral
$Q_u$	= Ultimate bond strength (kN/m <sup>2</sup> )
$\sigma_h$	= Tekanan horizontal (kN/m <sup>2</sup> )
$L_p$	= Panjang tulangan daerah pasif (m)
DDH	= Diameter lubang bor (m)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Analisis Manual Lereng Eksisting

Metode Bishop dan Fellenius digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng eksisting menggunakan perhitungan lereng manual tanpa perkuatan.



Gambar 5. Luasan Bidang Longsor dengan metode Irisan

Tabel 2. Data Tanah Pada Lereng

No.	Jenis Tanah	Berat Volume Tanah Kn/m <sup>3</sup>	φ °	c Kn/m <sup>2</sup>
1	Pasir Berlanau	21,4765	45,7	2,02

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan dengan metode Bishop

No. Irisan	a	b	φi (°)	W (Kn)	Sin φi	WxSin φi (Kn)	φ (°)	tan φ	W - bu (kN)	W-buxtanφ (kN)	cxb (Kn)	σ1 (Kn)	tan φi	cos φi	MI	F1	SF
1	0,9	0,5	60	19,33	0,86	16,623	45,7	1,025	19,3289	19,8070	1,01	20,817	1,73	0,46	1,1947	17,4249	0,96
2	1,75	0,5	65	37,58	0,91	34,201	45,7	1,025	37,5839	38,5137	1,01	39,524	2,15	0,41	1,2238	32,2961	
3	2,65	0,5	69	56,91	0,93	52,929	45,7	1,025	56,9127	58,3207	1,01	59,33	2,61	0,36	1,2274	48,3374	
4	2,8	0,5	73,5	60,13	0,96	57,729	45,7	1,025	60,1342	61,6219	1,01	62,632	3,38	0,28	1,1537	54,2876	
5	2,4	0,5	79	51,54	0,98	50,513	45,7	1,025	51,5436	52,8188	1,01	53,829	5,14	0,19	1,0916	49,3124	
6	1,8	0,5	83	38,66	0,99	38,271	45,7	1,025	38,6577	39,6141	1,01	40,62	8,14	0,12	1,0218	39,759	
																250,266	241,417

$$SF = \frac{\sum F}{\sum W_{tot} \times \sin \phi}$$

$$= \frac{241,417}{250,266}$$

= 0,96 < 1,25 Tidak Aman

Pada analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode Bishop diperoleh faktor keamanan 0,96.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan dengan Metode Fellenius

No. Irisan	W (Kn)	A	B	φi (°)	Sin φi	cos φi	tan φ	α	c.α	T=WxSin φi (Kn)	N=W-cos (kN)	Ui=ui.i	W.cos-uai	(W.cos-uai)Tan	SF
1	19,33	0,9	0,5	60	0,89	0,5	1,025	1,31	2,646	17,203	9,6644	0	9,664	9,904	0,39
2	37,58	1,75	0,5	65	0,91	0,42	1,025	1,38	2,788	34,201	15,7852	0	15,785	16,176	
3	56,91	2,65	0,5	69	0,93	0,36	1,025	1,45	2,929	52,929	20,4886	0	20,489	20,995	
4	60,13	2,8	0,5	73,5	0,96	0,28	1,025	1,54	3,111	57,729	16,8376	0	16,838	17,254	
5	51,54	2,4	0,5	79	0,98	0,19	1,025	1,65	3,333	50,513	9,7933	0	9,793	10,036	
6	38,66	1,8	0,5	83	0,99	0,12	1,025	1,74	3,515	38,271	4,6389	0	4,639	4,754	
										18,32	250,846			79,118	

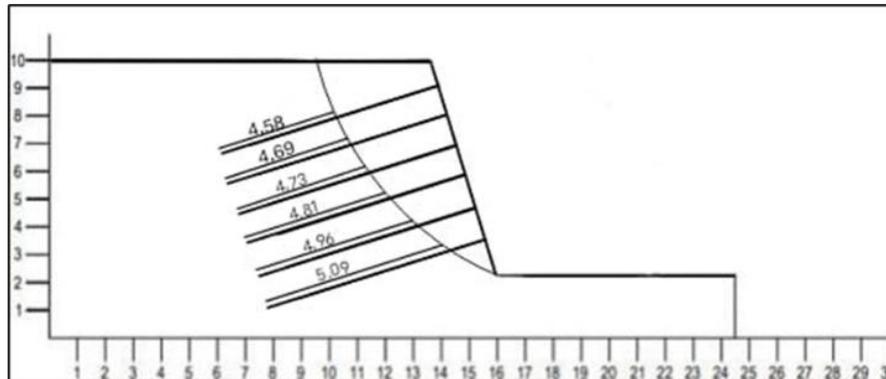
$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n ca + (W \cos \theta_i - u_{ai}) \tan \phi}{\sum_{i=1}^n W \sin \theta}$$

$$= \frac{3,11 + 77,941}{250,85}$$

= 0,39 < 1,25 Tidak Aman

Pada analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode Bishop diperoleh faktor keamanan 0,39.

2. Analisis Perkuatan Soil Nailing Manual dengan Metode Baji pada Sudut 10, 15, 20
  - Stabilitas terhadap keruntuhan global



Gambar 6 : Pemasangan Nail dengan Sudut 10°

Perhitungan nilai T untuk Nail ke 1

$$T_i = \frac{\pi \times 0,022 \times 4,58 \times 100}{3,2}$$

$$T_i = 9,887 \text{ kN}$$

Perhitungan nilai Vs pada Nail ke 1

$$V_s = P_p \times \frac{D}{2} \times L_o$$

$$= 153,56 \times \frac{0,022}{2} \times 0,115$$

$$= 0,194 \text{ kN}$$

Tabel 5 : Rekapitulasi Perhitungan untuk Le, T dan V setiap Nail dengan Sudut 10°

No. Nail	L Nail (m)	Hi (m)	Le (m)	Li (m)
1	6	6,5	4,58	2,68
2	6	5,5	4,69	3,68
3	6	4,5	4,73	4,68
4	6	3,5	4,81	5,68
5	6	2,5	4,96	6,68
6	6	1,5	5,09	7,68

$$SF = \frac{c \times L_f + W \cos a \times \tan \varphi + (\sum T_i \sin(a+i) - \sum V_i \cos(a+i)) \times \tan \varphi}{(W) \sin a - \sum T_i \cos(a+i) - \sum V_i \cos(a+i)}$$

$$= \frac{2,02 \times 15,59 + 264,2 \cos 32 \times \tan 45,7 + (62,302 \sin(32 + 10) - 1,164 \cos(32 + 10)) \times \tan 45,7}{264,2 \sin 32 - 62,302 \cos(32 + 10) - 1,164 \cos(32 + 10)}$$

$$= 3,25 > 1,5 \text{ Aman}$$

Nilai faktor keamanan yang diperoleh untuk stabilitas terhadap keruntuhan global  $\geq 1,5$  menurut Hardiyatmo, 2020 lereng dianggap aman untuk perkuatan permanen.

- Stabilitas untuk Gaya Geser

$$\begin{aligned} SF &= \frac{c \times BL + (W + Q + Pa \sin \varphi) \tan \varphi}{Pa \times \cos \varphi} \\ &= \frac{2,02 \times 8,36 + (264,2 + 21,57 + 128,79 \sin 45,7^\circ) \times \tan 45,7^\circ}{128,79 \times \cos 45,7^\circ} \\ &= 4,49 \geq 1,5 \end{aligned}$$

Lereng dianggap aman jika nilai faktor keamanan untuk stabilitas terhadap gaya geser  $\geq 1,5$  untuk perkuatan permanen (Hardiyatmo, 2020).

- Stabilitas Internal untuk putus dan cabut tulangan

Perhitungan nilai  $L_e$  (panjang nail di belakang bidang longsor) dan  $L_i$  (kedalaman ujung nail dari permukaan tanah) dilakukan dengan menggunakan program Autocad.

Analisis Perhitungan Koefisien Tekanan Lateral Aktif

$$\begin{aligned} K_a &= \text{tg}^2(45 - \varphi/2) \\ &= \text{tg}^2 \times (45 - 45,7/2) \\ &= 0,166 \end{aligned}$$

Perhitungan Tegangan Horisontal

$$\begin{aligned} \sigma_{h1} &= (\gamma \times L_i \times K_a) \\ &= (21,4765 \times 2,68 \times 0,166) \\ &= 9,55 \end{aligned}$$

Perhitungan keamanan untuk putus tulangan

$$\begin{aligned} Fr1 &= \frac{0,25 \times \pi \times d^2 \times f_y / 1000}{\sigma_h \times S_v \times S_h} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 0,22^2 \times 420}{9,55 \times 1 \times 1} \\ &= 15,959 \end{aligned}$$

Perhitungan keamanan untuk cabut tulangan

$$\begin{aligned} Fp1 &= \frac{\pi \times q_u \times D_{dh} \times L_i}{\sigma_h \times S_h \times S_v} \\ &= \frac{\pi \times 130 \times 0,1 \times 2,68}{9,55 \times 1 \times 1} \\ &= 18,697 \end{aligned}$$

**Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Putus dan Cabut tulangan pada sudut 10°**

No. Perkuatan	Kedalaman (m)	Panjang Nail (m)	Ka	Le (m)	Li (m)	$\sigma_h$	Fr	qu (Kpa)	Fp
1	6,5	6	0,166	4,58	2,68	9,9993	15,959	130	18,697
2	5,5	6	0,166	4,69	3,68	13,7304	11,622	130	13,943
3	4,5	6	0,166	4,73	4,68	17,4615	9,139	130	11,057
4	3,5	6	0,166	4,81	5,68	21,1926	7,530	130	9,265
5	2,5	6	0,166	4,96	6,68	24,9237	6,403	130	8,123
6	1,5	6	0,166	5,09	7,68	28,6548	5,569	130	7,251

Nilai faktor keamanan yang diperoleh untuk stabilitas terhadap Putus dan Cabut tulangan  $\geq 1,5$  menurut Hardiyatmo, 2020 lereng dianggap aman untuk perkuatan permanen.

**Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Analisis Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing**

Metode Perkuatan Lereng	Metode Analisa	Analisa Stabilitas Lereng	SF HB. 01	SF	
Lereng Tanpa perkuatan (Eksisting)	Fellenius	Faktor Aman Eksisting	0,39	<1,25	TIIDAK AMAN
	Bishop	Faktor Aman Eksisting	0,96	<1,25	TIIDAK AMAN
		SF Keruntuhan Global	3,25	>1,5	AMAN
Perkuatan Lereng dengan Soil Nailing	Baji	SF Penggeseran	4,49	>1,5	AMAN
		SF Cabut dan Putus Tulangan	>1,8	>1,8	AMAN

Berdasarkan analisis nilai faktor keamanan di atas, nilai faktor keamanan dengan sudut pemasangan nail 10° untuk stabilitas global, stabilitas gaya geser, dan stabilitas untuk putus tulangan dan cabut tulangan nilai faktor yang diperoleh aman yaitu  $\geq 1,5$  dengan perkuatan permanen soil nailing. Nail dengan pemasangan sudut 10°, panjang 6 meter, diameter 22 mm, dan diameter lubang bor 0,10 meter adalah yang sesuai untuk perencanaan tanah.

## KESIMPULAN

Hasil analisis lereng tanpa diberikan perkuatan dengan metode Bishop dan perhitungan manual menunjukkan faktor keamanan 0,96 dan 0,39 untuk metode Fellenius; faktor keamanan lereng eksisting yang kurang dari 1,25 menunjukkan bahwa lereng tersebut tidak aman dan perlu penanganan tambahan. lereng yang tidak stabil umumnya disebabkan oleh kondisi geologi yang buruk, sudut kemiringan lereng yang terlalu curam, kurangnya perkuatan terhadap lereng, aktivitas seismik, dan erosi. Faktor Keamanan Suatu lereng dapat di tingkatkan dengan merencanakan perkuatan terhadap lereng yang tidak stabil dengan tepat, yaitu dengan merencanakan desain perkuatan lereng yang akan digunakan dengan faktor yang mempengaruhi suatu keamanan lereng yaitu sudut kemiringan lereng dan pemilihan material untuk perkuatan disertai dengan sudut pemasangan nail yang tepat. Perkuatan lereng yang dilakukan menggunakan soil nailing, dimanakan perhitungan analisa stabilitas lerengnya menggunakan metode baji dengan perhitungan manual.

Dengan menggunakan metode Baji untuk perhitungan manual, nilai faktor keamanan terhadap keruntuhan global dinyatakan aman dengan sudut pemasangan nail berturut-turut 10°, 15°, dan 20°. Nilai faktor keamanan adalah 1,49, 1,57, dan 1,67, masing-masing lebih besar dari 1,25, untuk nilai analisis keamanan penggeseran terhadap lereng yang telah diberikan perkuatan dengan sudut pemasangan nail berturut-turut 10, 15, 20 dinyatakan aman dengan nilai faktor keamanan 4,49, 4,49, dan 4,48 lebih besar dari 1,25, serta nilai faktor keamanan *nail* terhadap cabut tulangan dan putus tulangan lebih besar dari 1,8 maka semua *nail* aman terhadap cabut dan putus tulangan. Perencanaan Perkuatan lereng pada lokasi di Bawah Jembatan Limpapeh Kota Bukittinggi menggunakan Soil Nailing dengan dimensi Panjang nail 6 m, dengan variasi sudut pemasangan nail 10°, 15°, 20°, Diameter nail 22 mm, dan Diameter lubang bor 0,1 m.

## DAFTAR PUSTAKA

### **Pustaka yang berupa majalah/jurnal ilmiah:**

Rizki Hidayatulloh. (2023). Perencanaan Perkuatan Soil Nailing Sebagai Alternatif Stabilitas Lereng Pada Jalan Lintas Selatan Lot 6 Tulungagung Menggunakan Metode Manual Bishop dan Baji. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

### **Pustaka yang berupa judul buku:**

Badan Standardisasi Nasional. SNI-03-3977-1995. Tata Cara Pembuatan Peta Kemiringan Lereng.

Badan Standardisasi Nasional. SNI 8460:2017. Persyaratan Perencanaan Geoteknik.

Carlos A. Lazarte, Ph.D., P.E. et al. 2003. GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR No. 7 (Soil Nail Wall). FHWA0-IF-03-017. Maryland: GeoSyntec Consultants.

Hardiyatmo, H. C. 2018. Mekanika Tanah II. Edisi ke enam. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Hardiyatmo, H. C. 2019. Mekanika Tanah I. Edisi ke tujuh. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Surendro, B (2015). Mekanika Tanah- Teori, Soal dan Penyelesaian. *Andi, Yogyakarta.*

### **Pustaka yang berupa disertasi/thesis/skripsi:**

Stevanny Yulia Putri. (2023). Analisa Perkuatan Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Turap. Universitas Bung Hatta.