



## Peningkatan Stabilitas Lereng pada Ruas Jalan Tawaeli – Toboli dengan Vegetasi/*Bioengineering*

S.A. Wandira<sup>a</sup>, A. Rahayu<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

\* Corresponding author's e-mail: [astri\\_rahayum@yahoo.com](mailto:astri_rahayum@yahoo.com)

Received: 22 December 2020; revised: 14 February 2021; accepted: 16 February 2021

**Abstract:** Tawaeli - Toboli is one of the road that often undergo landslide. Most of these roads are in a mountainous area with high steep slopes and poor soil conditions. The road conditions worsened, especially in rainy season resulting the citizen do not know anywhere that is prone to landslides such as in Km 16 to 17. The purpose of this study was to analyze slope stability using bioengineering methods, determine the shear strength of soil without plant roots and soil with plant roots and to determine the potential for landslides that will occur. Bioengineering is used to increase the strength of the soil, and stabilize slopes and reduce erosion on slopes. The slope stability calculation using the Bishop slice method. The calculating of safety factor analyzed using the Slope / W application and manually. Soil samples were taken from 3 (three) points and the soil strength parameters, soil cohesion and friction angle, were obtained through laboratory testing. Tests were carried out using rootless and rooted soil samples. In addition, direct field observations were made to obtain slope angles and slope heights. The results showed that the parameters of soil shear strength, cohesion and friction angle increased with the presence of plant roots. The results of the slope stability analysis show that the conditions of the slope are stable at slope 1 (Km 16) and slope 3 (Km 17) with a safety factor greater than 1.5. While slope 2 (Km 16 +300) has the potential for landslides as a safety factor of less than 1.5. The use of bioengineering increases the safety factor to be greater than 1.5. The calculation of the value of the safety factor using the Slope / W program and the Bishop manual is not much different, but the calculation time with the Slope / W program is faster.

**Keywords:** *shear strength, bioengineering, slope stability, Bishop method, application Slope/W.*

**Abstrak :** Ruas Tawaeli - Toboli merupakan salah satu jalan yang sering mengalami longsor. Sebagian besar jalan tersebut berada di daerah pegunungan dengan lereng terjal yang tinggi dan kondisi tanah yang buruk. Kondisi jalan yang semakin parah terutama pada musim hujan mengakibatkan warga tidak mengetahui tempat yang rawan longsor seperti di Km 16 sampai 17. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kestabilan lereng dengan metode *bioengineering*, mengetahui kuat geser tanah tanpa akar tanaman dan tanah dengan akar tanaman serta untuk mengetahui potensi longsor yang akan terjadi. *Bioengineering* digunakan untuk meningkatkan kekuatan tanah, dan menstabilkan lereng serta mengurangi erosi di lereng. Perhitungan kestabilan lereng menggunakan metode irisan Bishop. Perhitungan faktor keamanan dianalisis menggunakan aplikasi Slope / W dan secara manual. Sampel tanah diambil dari 3 (tiga) titik dan parameter kekuatan tanah, kohesi tanah dan sudut gesek diperoleh melalui pengujian laboratorium. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel tanah tanpa akar dan dengan akar. Selain itu, pengamatan lapangan langsung dilakukan untuk mendapatkan sudut kemiringan dan ketinggian lereng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter kuat geser tanah, kohesi dan sudut gesek semakin meningkat dengan adanya akar tanaman. Hasil analisis stabilitas lereng menunjukkan bahwa kondisi lereng stabil pada lereng 1 (Km 16) dan lereng 3 (Km 17) dengan faktor keamanan lebih besar dari 1,5. Sedangkan lereng 2 (Km 16 +300) memiliki potensi longsor karena faktor keamanan kurang dari 1,5. Penggunaan *bioengineering* meningkatkan faktor keamanan menjadi lebih besar dari 1,5. Perhitungan nilai faktor keamanan menggunakan program Slope/ W dan manual Bishop hasilnya tidak jauh berbeda, akan tetapi waktu perhitungan dengan program Slope/W lebih cepat.

**Kata kunci:** *kekuatan geser, bioengineering, stabilitas lereng, Metode Bishop, aplikasi Slope/W.*

### 1. Pendahuluan

Lereng adalah suatu permukaan yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor [1-3].

Tanah longsor adalah salah satu bencana alam yang sering mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya yang membawa dampak buruk terhadap sosial dan ekonomi masyarakat [4-5].

Kondisi lereng pada ruas jalan Tawaeli - Toboli merupakan daerah yang rawan terjadinya longsor, khususnya pada kilometer 16 sampai kilometer 17 yang juga merupakan daerah penelitian yang diambil. Pada lereng ini mempunyai ketinggian lereng yang sangat curam dan memiliki kondisi tanah yang buruk, sehingga jika terjadi hujan maka lereng tersebut akan berpotensi terjadinya longsor [6-8]. Oleh karena itu alternatif penanggulangan bencana baik dari aspek pencegahan (*preventif*), pengurangan (*mitigasi*) maupun penanggulangan (*rehabilitasi*) perlu dikaji secara mendalam untuk mengurangi faktor-faktor kerugian yang ditimbulkan oleh longsor. Salah satu upaya untuk penanggulangan longsor adalah dengan menggunakan

metode *Soil Bioengineering* merupakan salah satu cara alternatif untuk penanganan kelongsoran lanjutan serta kelongsoran jangka panjang yang perlu dipertimbangkan. Metode *Soil Bioengineering* adalah penggunaan bahan tanaman hidup untuk mengurangi masalah lingkungan serta bertahap dalam meningkatkan kestabilan lereng, dan memberikan perlindungan jangka panjang, berfungsi untuk menghindari dan mengontrol erosi permukaan [9-10].

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk menghitung kekuatan geser tanah dengan akar dibandingkan dengan tanah tanpa akar, menganalisis kestabilan lereng pada Km 16 sampai Km 17, serta menghitung faktor keamanan menggunakan metode Bishop dan program Slope/W. Parameter kuat geser yaitu, nilai  $c$ ,  $\phi$  dan  $\gamma$ , diperoleh dari pengujian laboratorium [11].

Pada umumnya metode-metode stabilisasi lereng untuk menjadikan suatu lereng menjadi stabil atau untuk menanggulangi longsor dibagi dalam dua kelompok yaitu :

- 1) Memperkecil gaya pendorong atau momen pendorong.
  - a. Membuat lereng menjadi lebih landai atau datar, yaitu dengan mengurangi kemiringan lereng.
  - b. Mengurangi ketinggian lereng.

Cara-cara ini hanya dapat dipakai pada lereng dengan ketinggian terbatas, dan kurang cocok untuk lereng-lereng yang tinggi.

- 2) Memperbesar gaya perlawanan atau momen perlawanan.
  - a. Dengan memakai beban lawan (*counterweight*), yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Dengan demikian, momen perlawanan akan bertambah besar. Cara ini dilakukan dengan mengganti massa tanah labil dengan massa tanah stabil yang dipadatkan dan diatur bertingkat [12-13].
  - b. Dengan mengurangi tekanan air pori di dalam lereng. Hal ini dilakukan dengan cara membuat drainase permukaan berupa selokan secara teratur pembuatan drainase horizontal dan vertikal berdiameter kecil ataupun pembuatan sumur-sumur yang diisi pasir dan kerikil. [14].
  - c. Dengan cara mekanis, yaitu dengan membuat dinding penahan. Cara ini dapat dipakai pada lereng yang tidak terlalu tinggi, karena pada lereng-lereng yang tinggi, tekanan tanah yang longsor sangat besar jika dibandingkan dengan gaya yang dapat ditahan oleh dinding tersebut tidak akan berpengaruh [14].

1.1. Metode Irisan Bishop yang Disederhanakan

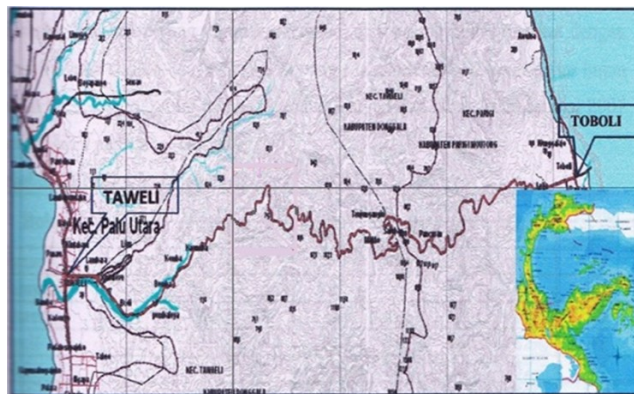
Pada tahun 1955, Bishop memperkenalkan suatu penyelesaian yang lebih teliti daripada metode irisan yang sederhana. Metode ini menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi irisan mempunyai resultan sama dengan nol pada arah vertikal. Metode ini juga dapat digunakan untuk menganalisis lereng dengan kondisi tanah yang berlapis, rumusnya sebagai berikut [15-21]:

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} \{cb_n + W_n \tan \phi\} \frac{1}{m_{an}}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n} \quad (1)$$

dimana :  $m_{an} = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi \cdot \sin \alpha_n}{F_s}$

Keterangan :

- $F_s$  = faktor keamanan
- $c$  = kohesi tanah (kg/cm<sup>2</sup>)
- $b_n$  = lebar irisan (m)
- $W_n$  = berat total irisan (kg/cm)
- $\phi$  = sudut gesek tanah (°)
- $\alpha_n$  = sudut yang dibentuk oleh perpotongan sumbu vertikal dan garis normal pada dasar irisan



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

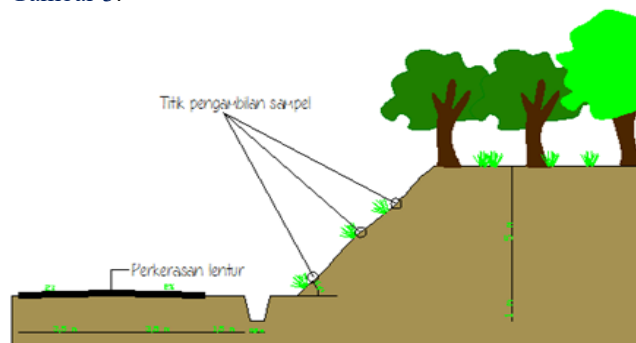
Lokasi Penelitian adalah pada Ruas Jalan Tawaeli – Toboli Km 16 - 17 (Gambar 1).

2.2. Data Tanah

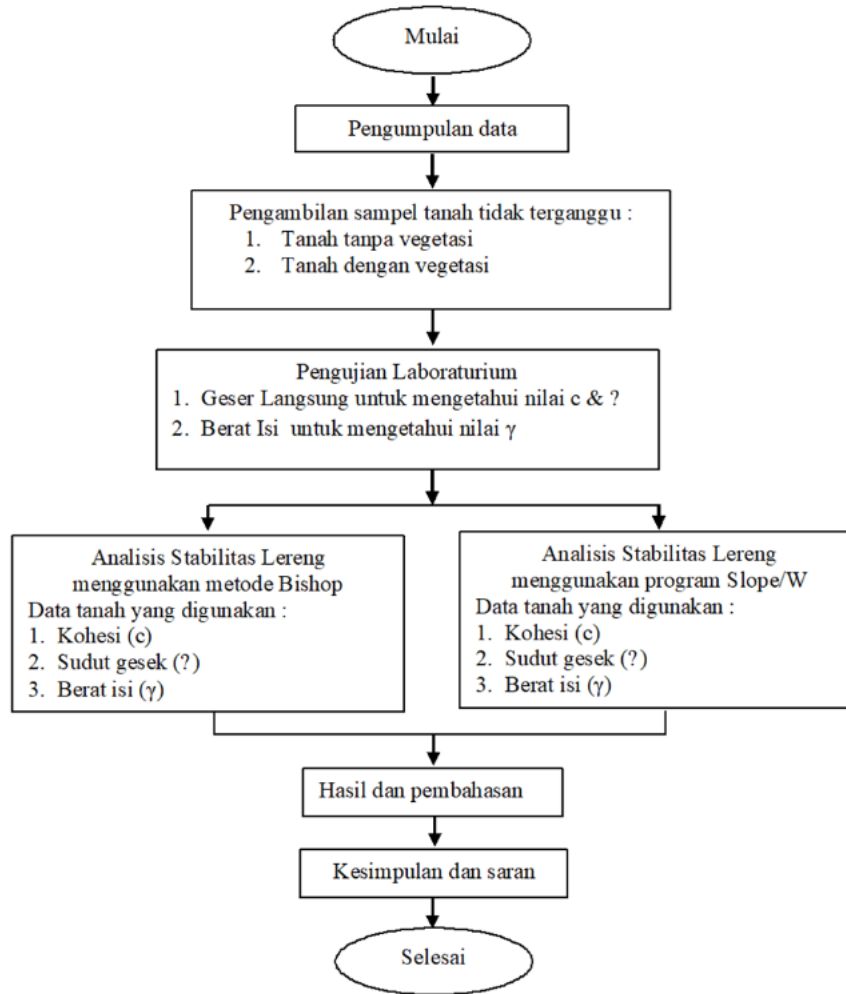
Data lapangan merupakan data yang diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan terhadap lereng-lereng dan vegetasi pada Km 16 – Km 17. Pengambilan sampel tanah (Gambar 2) terdiri dari sampel tanpa vegetasi dan sampel dengan vegetasi, kemudian diuji di Laboratorium.

2.3. Metode dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data dilapangan (Gambar 2) kemudian diuji di laboratorium Mekanika Tanah. Hasil parameter kuat geser tanah dari uji geser langsung dan berat isi tanah digunakan untuk menghitung stabilitas lereng. Stabilitas Lereng dihitung dengan Metode Bishop secara manual dan dengan bantuan aplikasi Slope/ W. Bagan alir penelitian seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Titik pengambilan sampel.



Gambar 3. Bagan alir penelitian.

**3. Hasil dan Pembahasan**

*3.1. Hasil Pengamatan di lapangan dan uji laboratorium*

Lereng pada ruas jalan Tawaeli-Toboli pada kilometer 16 sampai kilometer 17 merupakan lereng alami, dengan data kondisi geometrik lereng dicantumkan dalam Tabel 1.

Adapun data tanah yang diperoleh dari pengujian laboratorium dan digunakan untuk analisis stabilitas lereng dicantumkan dalam Tabel 2.

**Tabel 1.** Kondisi geometrik lereng.

Lokasi	Kemiringan Lereng (°)	Tinggi Lereng (m)	Tipe/Potensi Longsoran
Lereng 1 Km 16	46	9	Tidak terjadi longsor
Lereng 2 Km 16+300	65	10	Terjadi longsor rotasi
Lereng 3 Km 17	31	4	Tidak terjadi longsor

**Tabel 2.** Hasil uji laboratorium

Uraian	Lokasi (km)					
	16		16+300		17	
	Tanpa Akar	Dengan Akar	Tanpa Akar	Dengan Akar	Tanpa Akar	Dengan Akar
Berat isi tanah (gr/cm <sup>2</sup> )	1.812	2.103	2.054	2.073	1.852	1.991
Kohesi, c (gr/cm <sup>2</sup> )	0.205	0.488	0.278	0.352	0.144	0.242
Sudut gesek, φ	33.345	34.441	28.236	30.879	30.589	32.293
Kadar air (%)	15.72	19.76	17.34	19.67	25.53	28.15
Berat jenis, G <sub>s</sub>	2.62		2.69		2.64	
% lolos saringan No.200	10.12		22.27		7.45	

**Tabel 3.** Peningkatan kuat geser tanah

Lereng 1 (Km 16)							
Tanpa Akar			Dengan Akar			% Peningkatan	
Teg. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2		0.3
Kohesi, c (kg/cm <sup>2</sup> )	0.205			0.488			138
Sudut gesek, $\phi$ (°)	33.345			34.411			3.14
Kuat geser, $\tau$	0.275	0.345	0.415	0.561	0.633	0.706	70.12
Lereng 2 (Km 16 + 300)							
Tanpa Akar			Dengan Akar			% Peningkatan	
Teg. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2		0.3
Kohesi, c (kg/cm <sup>2</sup> )	0.278			0.352			26.62
Sudut gesek, $\phi$ (°)	28.236			30.879			9.36
Kuat geser, $\tau$	0.335	0.392	0.449	0.415	0.479	0.542	20.7
Lereng 3 (Km 17)							
Tanpa Akar			Dengan Akar			% Peningkatan	
Teg. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2		0.3
Kohesi, c (kg/cm <sup>2</sup> )	0.144			0.242			68.06
Sudut gesek, $\phi$ (°)	30.583			32.293			5.59
Kuat geser, $\tau$	0.207	0.269	0.332	0.309	0.376	0.443	33.4

Perhitungan kuat geser :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

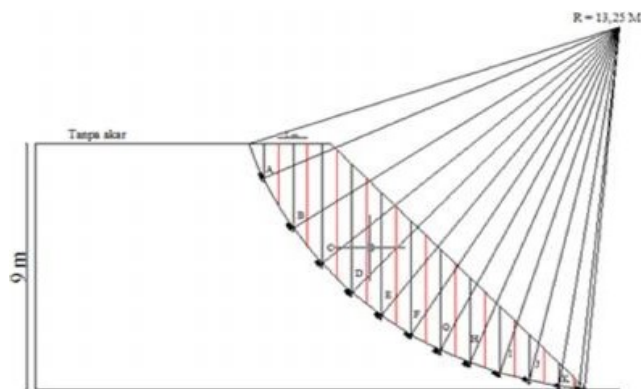
$$\tau = 0,205 + 0,1 \tan 33,345$$

$$\tau = 0,275$$

Hasil perhitungan kuat geser setiap lereng dicantumkan dalam Tabel 3.

3.2. Analisis Kestabilan Lereng dengan menggunakan metode Bishop manual

Untuk perhitungan dengan metode Bishop secara manual digunakan jari-jari bidang longsor yang paling kritis dari tiap-tiap lereng berdasarkan program Slope/W. Berikut adalah contoh perhitungan stabilitas lereng pada kondisi tanpa akar untuk lereng 1 (kilometer 16) dengan kemiringan 46° panjang jari-jari bidang longsor 13,25 m, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Metode Bishop manual

Hasil perhitungan berat setiap irisan dicantumkan dalam Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

**Tabel 4.** Hasil perhitungan berat setiap irisan

No. Irisan	A (m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (Kn/m <sup>3</sup> )	Wn (kN/m)
A	1,26	17,776	22,397
B	3,061	17,776	54,411
C	4,384	17,776	77,929
D	4,679	17,776	83,173
E	4,485	17,776	79,724
F	4,138	17,776	73,556
G	3,666	17,776	65,166
H	3,086	17,776	54,856
I	2,411	17,776	42,857
J	1,648	17,776	29,294
K	0,803	17,776	14,274
L	0,066	17,776	1,173

**Tabel 5.** Gaya-gaya yang menyebabkan longsor.

No. Irisan	Wn (kN/m)	sudut $\alpha_n$ (°)	Wn sin $\alpha_n$ (kN/m)
A	22,397	65	20,299
B	54,411	57	45,633
C	77,929	49	58,814
D	83,173	43	56,724
E	79,724	37	47,979
F	73,556	32	38,979
G	65,166	27	29,585
H	54,856	22	20,549
I	42,857	18	13,244
J	29,294	13	6,590
K	14,274	9	2,233
L	1,173	6	0,123
<b>Jumlah</b>			<b>340,750</b>

**Tabel 6.** Gaya-gaya yang menahan longsor.

No. Irisan	bn (m)	c (KN/m <sup>2</sup> )	c.bn (Kn/m)	Wn (KN/m)	φ °	Wn.tan φ	1/man Fs=1,875	(4+7)x8 (kN/m)
A	1	20.111	20.111	22.391	33.345	14.738	1.350	47.049
B	1	20.111	20.111	54.411	33.345	35.803	1.192	66.646
C	1	20.111	20.111	77.929	33.345	51.277	1.086	77.519
D	1	20.111	20.111	83.173	33.345	54.728	1.030	77.098
E	1	20.111	20.111	79.724	33.345	52.459	0.990	71.862
F	1	20.111	20.111	73.556	33.345	48.400	0.967	66.257
G	1	20.111	20.111	65.166	33.345	42.879	0.952	59.972
H	1	20.111	20.111	54.856	33.345	36.095	0.945	53.092
I	1	20.111	20.111	42.857	33.345	28.200	0.944	45.598
J	1	20.111	20.111	29.294	33.345	19.276	0.949	37.393
K	1	20.111	20.111	14.274	33.345	9.392	0.959	28.298
L	1	20.111	7.541	1.173	33.345	0.772	0.970	8.062
Jumlah								638.845

**Tabel 7.** Nilai Fs menggunakan metode Bishop manual.

Titik Yang Ditinjau	Panjang Jari- Jari Bidang Longsor	Nilai Fs	Keterangan
Lereng 1 (Km 16)	Sampel 1 (tanpa akar)	1,875	Lereng stabil
	Sampel 2 (dengan akar)	2,782	Lereng stabil
Lereng 2 (Km 16+300)	Sampel 1 (tanpa akar)	1,320	Berpotensi longsor
	Sampel 2 (dengan akar)	1,584	Lereng stabil
Lereng 3 (Km 17)	Sampel 1 (tanpa akar)	2,847	Lereng stabil
	Sampel 2 (dengan akar)	3,776	Lereng stabil

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode Bishop manual diperoleh nilai faktor keamanan (Fs) untuk setiap lereng yang ditinjau pada lereng 1 (Km16) kondisi tanpa akar menghasilkan Fs = 1,875, dan kondisi dengan akar (akar diasumsi menembus bidang longsor) menghasilkan nilai Fs = 2,782 hal ini menunjukkan bahwa kondisi lereng stabil.

Pada lereng 2 (Km 16+300), hasil analisis menghasilkan nilai Fs = 1,320, dan kondisi dengan akar (akar diasumsi menembus bidang longsor) menghasilkan nilai Fs = 1,584. Hal ini menunjukkan bahwa lereng ini berpotensi longsor, keruntuhan dapat terjadi (lereng tidak stabil).

Pada lereng 3 (Km 17) menghasilkan nilai Fs = 2,847 untuk kondisi tanpa akar. Pada kondisi dengan akar (akar diasumsi menembus bidang longsor) menghasilkan nilai Fs = 3,776, hal ini menunjukkan bahwa kondisi lereng stabil. Pada kondisi dengan akar lereng, faktor keamanannya lebih besar daripada kondisi tanpa akar. Hal ini disebabkan oleh karena adanya akar, karena akar merupakan bagian terpenting yang berkemampuan mengikat tanah dan cocok untuk sistem konstruksi penahan lereng. Akar juga dapat menyerap air dari dalam tanah. Akar serat memiliki kekutan tarik yang relatif tinggi untuk meningkatkan kekutan geser tanah melalui peningkatan kohesi.

**3.3. Analisis Kestabilan Lereng dengan menggunakan menggunakan program Slope/W.**

- 1) Lereng 1 (KM 16) kondisi tanpa akar  
Diketahui parameter tanah :

$$\gamma = 1,812 \text{ g/cm}^3 = 17,776 \text{ kN/m}^3$$

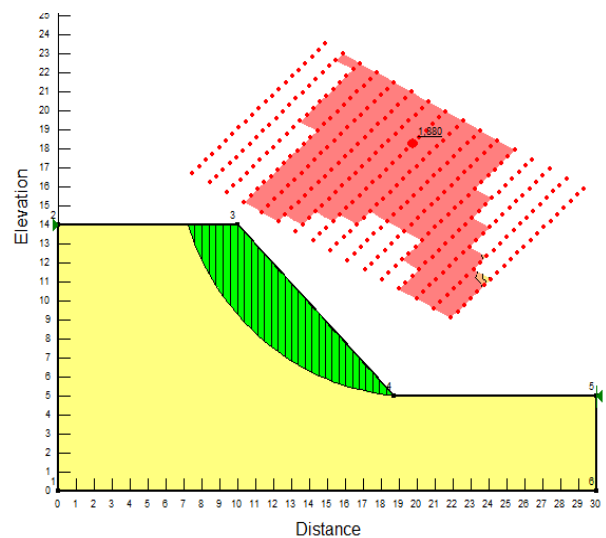
$$c = 0,205 \text{ kg/cm}^2 = 20,111 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 33,345^\circ$$

$$\beta = 46^\circ$$

$$H = 9 \text{ m}$$

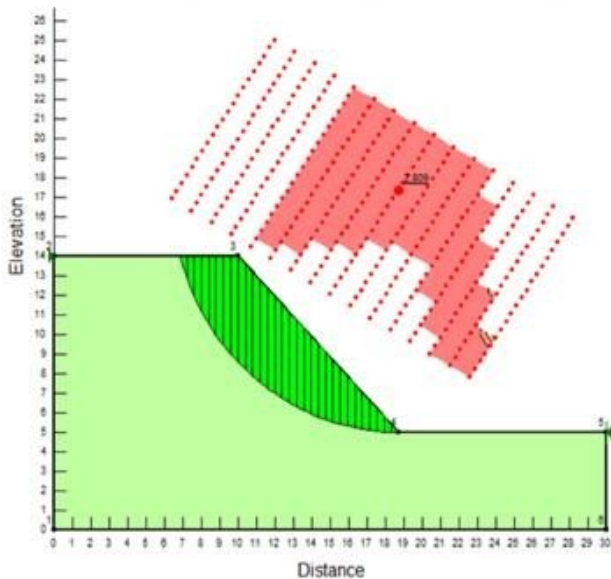
Data di atas diinput dalam program Slope/W dan menghasilkan faktor keamanan minimum dengan metode Bishop adalah sebesar 1,880.  $F_s = 1,880 > 1,5$  keruntuhan jarang terjadi, potensi longsor kecil (lereng stabil)



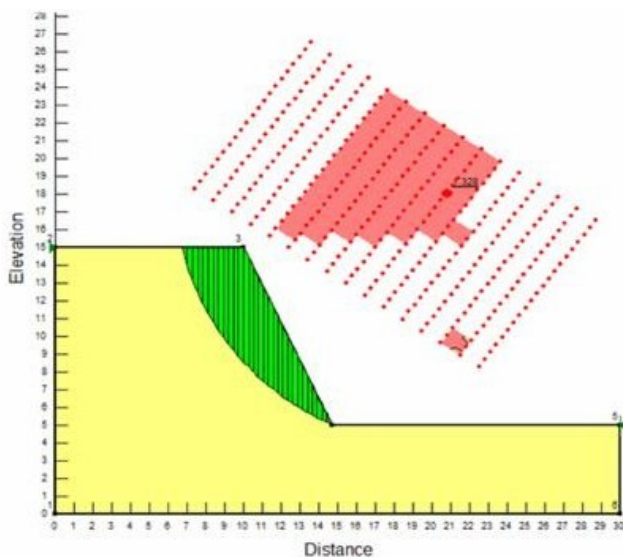
**Gambar 5.** Output analisis dengan Slope/ W lereng 1 (Km 16) tanpa akar

- 2) Lereng 1 (KM 16) kondisi dengan akar  
 Diketahui parameter tanah :
- $\gamma = 2,103 \text{ g/cm}^3 = 20,630 \text{ kN/m}^3$
  - $c = 0,488 \text{ kg/cm}^2 = 47,873 \text{ kN/m}^2$
  - $\phi = 34,411^\circ$
  - $\beta = 46^\circ$
  - $H = 9 \text{ m}$

Data diinput dalam program Slope/W dan menghasilkan faktor keamanan minimum dengan metode Bishop adalah sebesar 2,809.  $F_s = 2,809 > 1,5$  keruntuhan jarang terjadi, potensi longsor kecil (lereng stabil) (Gambar 6).



**Gambar 6.** Output analisis dengan Slope/ W lereng 1 (Km 16) dengan akar



**Gambar 7.** Output analisis dengan Slope/ W lereng 2 (Km 16+300) tanpa akar

- 3) Lereng 2 (KM 16+300) tanpa akar  
 Diketahui parameter tanah:
- $\gamma = 2,054 \text{ g/cm}^3 = 20,150 \text{ kN/m}^3$

- $c = 0,278 \text{ kg/cm}^2 = 27,2718 \text{ kN/m}^2$
- $\phi = 28,236^\circ$
- $\beta = 65^\circ$
- $H = 10 \text{ m}$

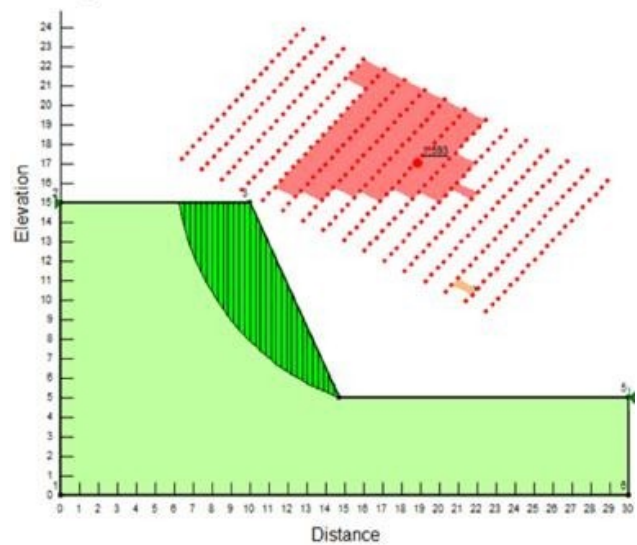
Data tersebut diinput dalam program Slope/W dan menghasilkan faktor keamanan minimum dengan metode Bishop adalah sebesar 1,328.  $F_s = 1,328 < 1,5$  keruntuhan pernah terjadi maka lereng berpotensi longsor sedang (lereng tidak stabil) (Gambar 7).

- 4) Lereng 2 (KM 16+300) dengan akar

Diketahui parameter tanah:

- $\gamma = 2,073 \text{ g/cm}^3 = 20,336 \text{ kN/m}^3$
- $c = 0,357 \text{ kg/cm}^2 = 35,022 \text{ kN/m}^2$
- $\phi = 30,879^\circ$
- $\beta = 65^\circ$
- $H = 10 \text{ m}$

Data di atas diinput dalam program Slope/W dan menghasilkan factor keamanan minimum dengan metode Bishop adalah sebesar 1,593.  $F_s = 1,593 > 1,5$  keruntuhan dapat terjadi maka lereng berpotensi longsor kecil (lereng stabil) (Gambar 8).



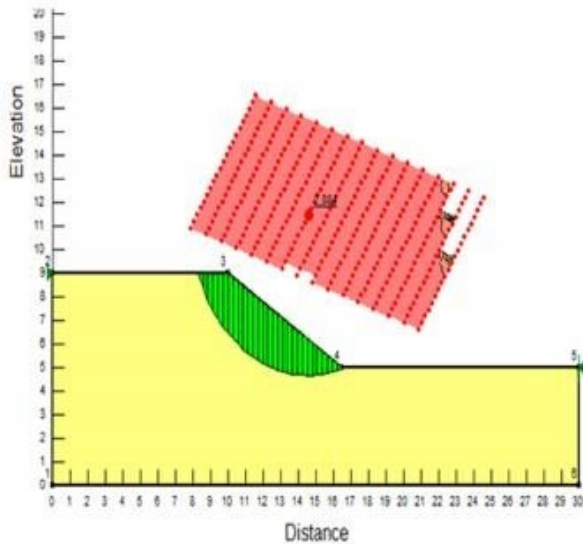
**Gambar 8.** Output analisis dengan Slope/ W lereng 2 (Km 16+300) dengan akar

- 5) Lereng 3 (KM 17) tanpa akar

Diketahui parameter tanah :

- $\gamma = 1,852 \text{ g/cm}^3 = 18,168 \text{ kN/m}^3$
- $c = 0,144 \text{ kg/cm}^2 = 14,126 \text{ kN/m}^2$
- $\phi = 30,583^\circ$
- $\beta = 31^\circ$
- $H = 4 \text{ m}$

Data di atas diinput dalam program Slope/W dan menghasilkan faktor keamanan minimum dengan metode Bishop adalah sebesar 2,884.  $F_s = 2,884 > 1,5$  keruntuhan jarang terjadi maka lereng berpotensi longsor kecil (lereng stabil) (Gambar 9).



**Gambar 9.** Output analisis dengan Slope/ W lereng 3 (Km 17) tanpa akar

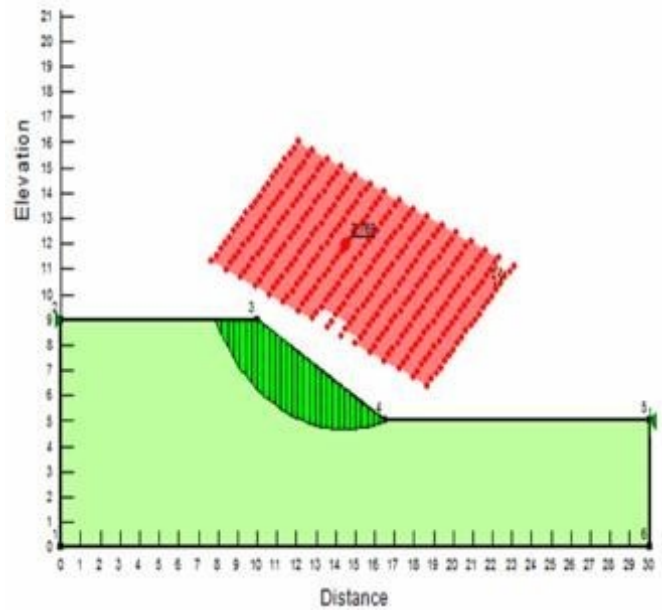
6) Lereng 3 (KM 17) dengan akar Diketahui parameter tanah :

$$\begin{aligned} \gamma &= 1,991 \text{ g/cm}^3 = 19,532 \text{ kN/m}^3 \\ c &= 0,242 \text{ kg/cm}^2 = 23,740 \text{ kN/m}^2 \\ \phi &= 32,293^\circ \\ \beta &= 31^\circ \\ H &= 4 \text{ m} \end{aligned}$$

Data di atas di input dalam program Slope/W dan menghasilkan faktor keamanan minimum dengan metode Bishop adalah sebesar 3,769.  $F_s = 3,769 > 1,5$  keruntuhan jarang terjadi maka lereng berpotensi longsor kecil (lereng stabil) (Gambar 10).

Tabel 8 dan Tabel 9 di memperlihatkan bahwa dengan panjang jari-jari bidang longsor yang sama dan metode

analisis yang sama, jika dihitung dengan program Slope/W nilai faktor keamanan yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan hasil hitungan manual, tetapi umumnya hasil analisis dengan program Slope/W lebih besar daripada hasil hitungan manual. Hal ini dikarenakan pada program Slope/W analisis secara otomatis dengan iterasi pada program sedangkan pada hitungan manual harus menggunakan cara coba-coba (*trial and error*) untuk mendapatkan nilai  $F_s$ . Perbedaan angka cara coba-coba inilah yang menjadi selisih pada analisis ini. Seperti pada penelitian sebelumnya (Liswati, 2009), bahwa dengan menggunakan metode Bishop pada program Slope/W nilai  $F_s$  yang didapatkan lebih besar daripada Bishop secara manual.



**Gambar 10.** Output analisis dengan Slope/ W lereng 3 (Km 7) dengan akar

**Tabel 8.** Nilai  $F_s$  pada program Slope/W

Titik yang ditinjau		Panjang jari- jari bidang longsor	Nilai $F_s$	Keterangan
Lereng 1 (Km 16)	Sampel 1 (tanpa akar)	13,25 m	1,880	Lereng stabil
	Sampel 2 (dengan Akar)	12,31 m	2,809	Lereng stabil
Lereng 2 (Km 16+300)	Sampel 1 (tanpa akar)	14,37 m	1,328	Berpotensi longsor
	Sampel 2 (dengan akar)	12,72 m	1,593	Lereng stabil
Lereng 3 (Km 17)	Sampel 1 (tanpa akar)	6,75 m	2,884	Lereng stabil
	Sampel 2 (dengan akar)	7,26 m	3,769	Lereng stabil

**Tabel 8.** Perbandingan antara Metode Bishop manual dan Bishop pada program Slope/W

Titik yang ditinjau		Tinggi Lereng	Sudut Lereng	Panjang Jari- Jari Bidang Lonsor	Nilai $F_s$		Selisih
					Bishop Manual	Bishop Slope/W	
Lereng 1 (Km 16)	Tanpa Akar	9 m	46°	13,25 m	1.875	1.880	0.005
	Dengan Akar			12,31 m	2.782	2.809	0.027
Lereng 2 (Km 16+300)	Tanpa Akar	10 m	65°	14,37 m	1.320	1.328	0.008
	Dengan Akar			12,72 m	1.584	1.593	0.009
Lereng 3 (Km 17)	Tanpa Akar	4 m	31°	6,75 m	2.847	2.884	0.037
	Dengan Akar			7,26 m	3.776	3.769	0.003

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil analisis menunjukkan bahwa keberadaan akar tanaman dapat meningkatkan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek ( $\phi$ ) yang dapat memberikan kontribusi peningkatan faktor keamanan lereng. Beberapa hasil analisis kestabilan lereng menunjukkan bahwa :

1. Hasil perhitungan kekuatan geser tanah lebih besar dengan menggunakan akar dibandingkan dengan tanpa akar. Sebagai contoh pada daerah kritis di Km 16+300 tanpa akar tanaman ( $\tau_1=0,335$ ,  $\tau_2=0,392$ ,  $\tau_3=0,449$ ) dan menggunakan akar tanaman ( $\tau_1=0,415$ ,  $\tau_2=0,479$ ,  $\tau_3=0,542$ ).
2. Kestabilan lereng pada Km 16 - Km 17 menunjukkan bahwa :
  - a. Pada lereng 1 (Km 16) keruntuhan sangat jarang terjadi (lereng stabil).
  - b. Pada lereng 2 (Km 16+300) keruntuhan dapat terjadi (lereng tidak stabil).
  - c. Pada lereng 3 (Km 17) keruntuhan sangat jarang terjadi (lereng stabil).
3. Hasil analisis stabilitas lereng menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan ( $F_s$ ) yang diperoleh tidak jauh berbeda antara Bishop pada program Slope W dan Bishop manual (Bishop disederhanakan).
4. Nilai-nilai faktor keamanan yang didapatkan adalah :
  - Pada lereng 1 (Km 16) dengan kemiringan  $46^\circ$  dan tinggi lereng 9 m didapatkan nilai faktor keamanan ( $F_s$ ) pada kondisi tanpa akar dan dengan akar masing-masing pada program Slope/W sebesar 1,880 dan 2,809. Untuk Bishop manual didapatkan nilai  $F_s$  sebesar 1,875 dan 2,782.
  - Pada lereng 2 (Km16+300) dengan kemiringan  $65^\circ$  dan tinggi lereng 10 m didapatkan nilai  $F_s$  pada kondisi tanpa akar dan kondisi dengan akar masing-masing pada program Slope/W sebesar 1,328 dan 1,593. Untuk Bishop manual didapatkan nilai  $F_s$  sebesar 1,320 dan 1,584.
  - Pada lereng 3 (Km 17) dengan tinggi lereng 4 m dan kemiringan  $31^\circ$  didapatkan nilai  $F_s$  pada kondisi tanpa akar dan kondisi dengan akar masing-masing pada program Slope W sebesar 2,884 dan 3,769 untuk Bishop manual  $F_s$  sebesar 2,847 dan 3,776.
5. Penjangkaran akar berpengaruh meningkatkan nilai faktor keamanan pada lereng 1, 2, 3 dan menstabilkan lereng 2.

#### Daftar Pustaka

- [1] D.N. Utami and A.P. Raharjo, "Perencanaan Aplikasi Bioengineering Tanah pada Kawasan Bekas Longsor di Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat", *Jurnal Alami*, vol. 3 no. 1, p. 52, 2019.
- [2] E.H. Sittadewi, "Peran Vegetasi dalam Aplikasi Soil Bioengineering", *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, vol. 12, no. 2, p. 29, 2017.
- [3] Nugraha, F. Yudhistira, Hamdhan, and I. Noer, "Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Perkuatan Tanaman Switchgrass", *Reka Racana: Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, vol. 2, no. 2, p. 71, 2016.
- [4] B.W. Hastanti and P.D. Susanti, "Karakteristik dan Persepsi Petani Terhadap Inovasi Teknik *Soil Bioengineering* untuk Mitigasi Longsor di Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah", *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, vol. 3, no. 1, p. 45 2019.
- [5] T.H. Santos, "Model Bioengineering Partisipatif Petani sebagai Upaya Penanggulangan Tanah Longsor". *Agritrop: Jurnal Ilmu-Imu Pertanian*, vol. 8, no. 2, p. 89, 2010.
- [6] A. Liswati, *Analisis Kestabilan Lereng pada Kawasan Industri Kota Palu-Tugas Akhir*, Palu: Universitas Tadulako, 2009.
- [7] D.A. Putri, *Studi Potensi Gerakan Tanah Pada Ruas Jalan Tawaeli-Toboli-Tugas Akhir*, Palu, Universitas Tadulako, 2009.
- [8] S. Irwansyah, *Analisis Penanggulangan Kelongsoran Lereng dengan Menggunakan Perkuatan Geotekstil Pada Ruas Jalan Tawaeli – Toboli-Tugas Akhir*. Palu: Universitas Tadulako, 2005.
- [9] H.D. Grey and B.R. Sortir, *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization*, NewYork: John Wiley & Sons, 1995.
- [10] V.M Radja, F.X. Ndale, and T. Tibo, "Pengaruh Akar Tanaman terhadap Parameter Geser Tanah dan Stabilitas ereng pada Ruas Jalan Ende – Wolowaru", *Teknosiar*, vol.7, no.2, 2013.
- [11] J. Krahn, *Geostudi: Stability Modeling with Slope/W*, Canada: GeoSoftware, 2004.
- [12] D. Hartanto, , "Kontribusi Akar Tanaman Rumput dan Bambu terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah pada Lerengan", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 39. 2007.
- [13] Anonim, *Kajian Kuat Tarik Akar Tanaman Rumput terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah*, Jakarta: Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi Indonesia, 2006.
- [14] H.C. Hardiyatmo, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2006.
- [15] J.E. Bowles, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah)*, Jakarta: Erlangga, 1993.
- [16] R.F. Craif, *Mekanika Tanah I*, Jakarta: Erlangga, 1994.
- [17] B.M. Das, *Mekanika Tanah II (Prinsip- Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jakarta: Erlangga, 2002.
- [18] Tim Penyusun, *Penyelidikan dan Penanggulangan Gerakan Tanah*. Jakarta: Depertemen Pekerjaan Umum RI, 2012.



- [19] D. Karnawati, *Diktat Geologi Teknik Gerakan Massa Tanah/Batuan*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2004.
- [20] V.G.M. Pangemanan, A.E. Turangan, and O.B.A Sompie, "Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellinius, Studi Kasus Kawasan Citraland", *Jurnal Sipil Statik*, vol. 2, no.1, p. 37, 2014
- [21] I.G. Setiawan, I.N. Wardana, and I.W. Redana, "Penggunaan Vegetasi (rumput gajah) dalam Menjaga Kestabilan Tanah Terhadap Kelongsoran", *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol 11, no. 1, 2007.

*This page is intentionally left blank*