

Contents list available at [journal.uib.ac.id](http://journal.uib.ac.id)**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Jurnal Penelitian

**The Effect of Excavation Work to Soil Slope Stability****Pengaruh Galian Terhadap Stabilitas Lereng Tanah****Maulana Arif<sup>1</sup>, Ilpandari<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Bangka BelitungEmail korespondensi: [maulana.arif@unmuhbabel.ac.id](mailto:maulana.arif@unmuhbabel.ac.id)**INFO ARTIKEL****ABSTRAK****Kata kunci :**Stabilitas Lereng  
Slope/W  
Bishop  
Fellenius

Pekerjaan penggalian tanah merupakan suatu pekerjaan yang umum ditemukan dalam banyak proyek pembangunan. Dalam melakukan pekerjaan galian perlu mempertimbangan kondisi lereng yang stabil agar tidak terjadi longsoran saat pekerjaan berlangsung. Pekerjaan galian tanah yang umum ditemukan di Pulau Bangka khususnya kota Pangkalpinang adalah galian kulung ataupun galian laut sebagai upaya untuk menambah elevasi kedalaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perubahan stabilitas lereng tanah akibat pekerjaan galian pada kedalaman dan kemiringan tertentu. Penelitian menggunakan data observasi lapangan berupa CPT (Cone Penetration Test), bor tangan dan data hasil analisis laboratorium. Analisis data kemudian dilakukan menggunakan perangkat lunak Slope/W yang merupakan bagian dari Geostudio 2018 untuk menentukan faktor aman lereng tanah dengan metode Bishop dan Fellenius. Nilai faktor aman yang dihasilkan Slope/W menentukan tingkat kestabilan lereng tanah. Kemiringan lereng tanah divariasikan  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , dan  $45^{\circ}$  serta kedalaman galian ditentukan 4 m dan 8 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai angka aman lereng galian dari 4 m dan 8 m yaitu sekitar 16-45 % .

**ARTICLE INFO****ABSTRACT****Keywords:**Stabilitas Lereng  
Slope/W  
Bishop  
Fellenius

*Excavation work is a type of work that is commonly found in many construction projects. In carrying out excavation work, it is necessary to consider stable slope conditions so that landslides do not occur during work. Common ground excavation work found on Bangka Island, especially in the city of Pangkalpinang, is kulong excavation, or sea excavation, as an effort to increase depth elevation. This study aims to determine changes in soil slope stability due to excavation work at a certain depth and slope. The study used field observation data in the form of CPT (Cone Penetration Test), hand drill, and data from laboratory analysis. Data analysis was then carried out using the Slope/W software, which is part of Geostudio 2018, to determine the safe factor for soil slopes using the Bishop and Fellenius method. The value of the safety factor produced by Slope/W determines the level of stability of the soil slope. The slope of the soil was varied  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , and  $45^{\circ}$  and the excavation depth was determined to be 4 m and 8 m. The results showed that the safety factor of the 4 m and 8 m excavation depth in the same slope angle was decreasing about 23.18 % while the safety factor of the  $15^{\circ}$  and  $30^{\circ}$  excavation slope in the same depth was decreasing about 31.81%*

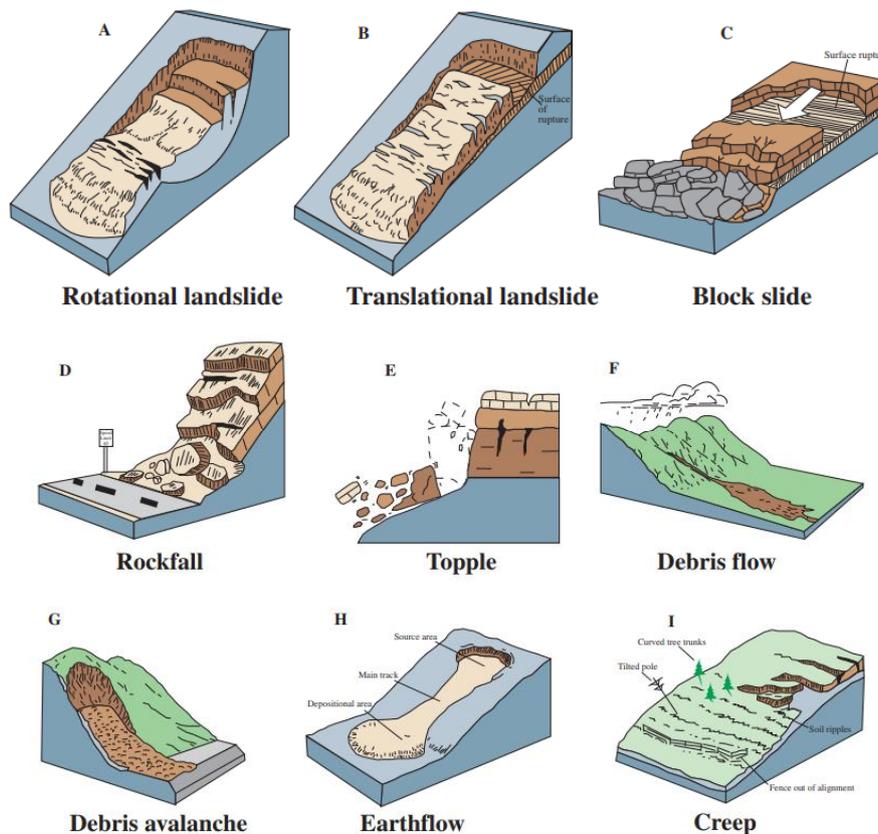
### 1. Pendahuluan

Pekerjaan galian tanah menjadi suatu hal yang sering dilakukan dalam banyak pekerjaan konstruksi seperti pembangunan gedung, jalan, terowongan, pelabuhan, dan lain lain. Galian tanah mengakibatkan adanya perbedaan elevasi antara permukaan tanah awal dengan permukaan tanah hasil galian. Perbedaan elevasi ini membentuk suatu lereng dengan kemiringan tertentu hingga 90 derajat yang mengakibatkan lereng memiliki potensi untuk terjadinya longsor.

Salah satu metode yang digunakan dalam mengetahui kestabilan lereng adalah metode kesetimbangan batas atau *limit equilibrium method*. Metode ini dilakukan berdasarkan penentuan tegangan tanah dan kekuatan geser tanah yang terjadi sepanjang bidang longsor pada lereng tanah. Kemudian nilai faktor aman lereng ditentukan berdasarkan perbandingan antara dua parameter tersebut. Umumnya banyak percobaan dalam penentuan bidang longsor hingga ditemukan nilai faktor aman terendah ataupun nilai kritis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian terkait kestabilan lereng tanah dengan metode kesetimbangan batas menggunakan perangkat lunak Slope/W menjadi menarik untuk dilakukan untuk menentukan tingkat kestabilan lereng tanah dalam derajat keterengn tertentu.

### 2. Tinjauan Pustaka



Gambar 1. Tipe-tipe longsor [1]

Penggalian membentuk perbedaan elevasi pada tanah. Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung menggerakkan tanah ke bawah. Kebanyakan, penyebab terjadinya longsor lereng adalah akibat berkurangnya tegangan efektif yang disebabkan oleh naiknya tekanan

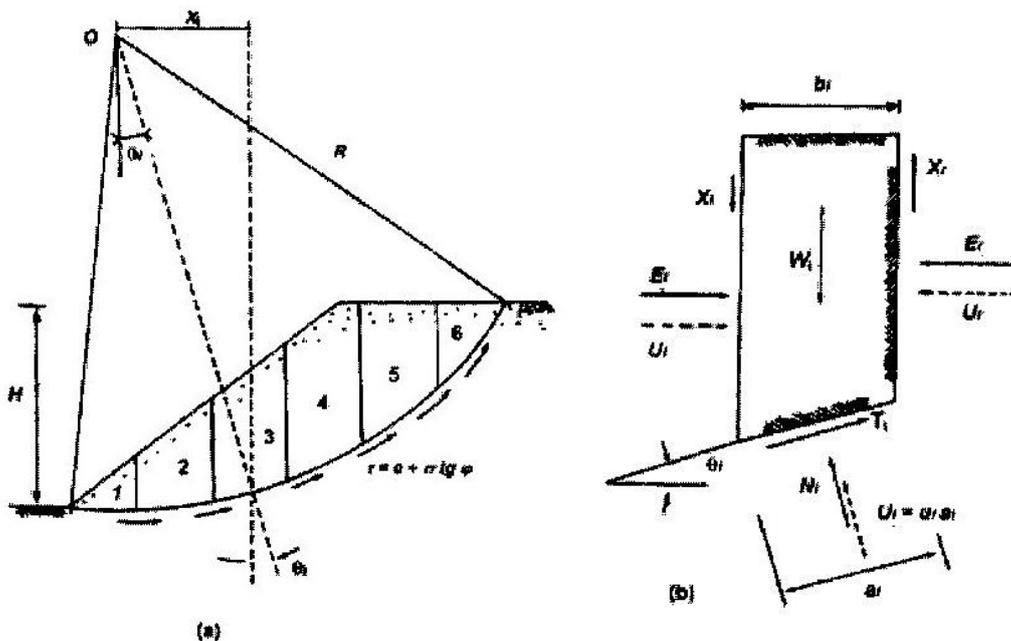
air pori. Beberapa tipe dan mekanisme longsoran yaitu *rotational landslide, translational landslide, block slide, rock fall, topple, debris flow, debris avalanche, earth flow, creep, dan lateral spread* [1]. Seluruh jenis tipe longsoran dapat dilihat pada Gambar 1 .

Salah satu tipe dan mekanisme longsoran yang digunakan dalam analisis yaitu tipe longsoran rotasi dan translasi. Terdapat dua dari beberapa metode irisan analisis stabilitas lereng yang umum digunakan yaitu Metode Fellenius dan Metode Bishop. Analisis stabilitas lereng metode Fellenius menganggap gaya yang bekerja pada sisi kanan dan kiri dari masing-masing irisan memiliki resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Faktor aman metode Fellenius didefinisikan pada Persamaan 1. Adapun metode Bishop Disederhanakan menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi kiri dan kanan irisan memiliki resultan nol pada arah vertikal. Faktor aman metode Bishop dapat diperoleh dari Persamaan 2.

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_1 + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \tag{1}$$

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi'] \left( \frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \frac{\varphi'}{F})} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \tag{2}$$

Dimana SF merupakan faktor keamanan lereng,  $c$  adalah kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>),  $\varphi$  adalah sudut gesek dalam tanah ( $^\circ$ ),  $a_i$  merupakan panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m),  $W_i$  merupakan berat tanah irisan ke-i (kN),  $u_i$  adalah tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m<sup>2</sup>) dan  $\theta_i$  adalah sudut yang didefinisikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan [2]

Peneliti sebelumnya melakukan analisis kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas Fellenius dan Bishop modifikasi menggunakan perangkat lunak Slope/W. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari kedua metode terdapat perbedaan hasil nilai faktor aman sekitar 3-7 % dimana nilai faktor aman metode Fellenius menunjukkan nilai yang lebih kritis [2]. Selain itu, walaupun menggunakan persamaan hasil modifikasi metode Fellenius dan Bishop, nilai faktor aman dari hasil persamaan modifikasi tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan persamaan metode Fellenius dan Bishop. Perhitungan dengan metode Bishop menunjukkan hasil nilai faktor aman yang lebih tinggi daripada metode Fellenius [3].

Berdasarkan penelitian yang lainnya, dengan metode Bishop didapati bahwa nilai faktor aman lereng cenderung lebih kecil daripada metode Janbu. Pada studi lereng oprit Jembatan Labu sawo, analisis stabilitas lereng menggunakan metode Bishop besar angka keamanan (SF) diperoleh 1,262. Sementara analisis stabilitas lereng menggunakan metode Janbu besar angka keamanan (SF) diperoleh 1,455 [4].

Perangkat lunak Slope/W merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng tanah yang dibuat dalam suatu model menggunakan metode kesetimbangan batas (limit equilibrium method) dengan hasil akhir berupa nilai faktor aman (SF). Slope/W mengakomodasi analisis dengan banyak metode diantaranya Metode Fellenius dan Metode Bishop [5]. Studi lain juga menyebutkan informasi lokasi dengan tingkat kategori longsor diberikan dengan mengidentifikasi faktor-faktor longsor terhadap kemantapan lereng (studi kasus: SP. Sugihwaras-Muara Enim dan SP. Sugihwaras-Baturaja). Longsor di Muara Enim disebabkan oleh kombinasi antara tanah/batuan, air, kekuatan geologi, dan aktivitas manusia (studi kasus: SP. Sugihwaras-Muara Enim dan SP. Sugihwaras-Baturaja). Temuan penelitian menunjukkan bahwa jenis tipologi zona C ini ditentukan karena terdiri dari area dengan kemiringan 0%–20%. Penyebab utama longsor di kedua tempat tersebut adalah curah hujan yang tinggi, dengan SP. Sugihwaras-Muara Enim menerima curah hujan bulanan hingga 79 mm dan SP. Sugihwaras-Baturajarata-rata 82 mm per bulan. Karena terjadi di wilayah dengan jenis batuan breksi yang tidak kompak dan aus serta lempung bentonit yang cepat menyerap air, maka Kabupaten Muara Enim termasuk dalam kategori longsor. Faktor keamanan (SF) dalam studi kasus SP. Sugihwaras-MuaraEnim dan SP. Sugihwaras-Baturaja masing-masing adalah 1.104 dan 1.186 menurut hasil analisis Slope/W 2007 [6].

Penelitian yang lainnya yaitu kajian yang dilakukan di Kabupaten OKU, Provinsi Sumatera Selatan, Indonesia, di Jalan Kol. Burlian STA 429+312 (kasus 1) dan jalan penghubung IV STA 194+420 (kasus 2). Program Slope/W digunakan dalam analisis untuk mengekstraksi FOS dan menentukan penyebab tanah longsor. Untuk Studi Kasus 1, keluaran program Slope/W (teknik Fellenius) menunjukkan nilai FOS kondisi awal 1,70 dan nilai FOS setelah gerusan 1,12. Pada studi kasus 2, kondisi nilai FOS dimulai dari 1,68 dan turun menjadi 1,05 [7].

### 3. Metode Penelitian

Secara umum penelitian dilakukan dengan tiga tahapan. Mulai dari tahap pengumpulan data, tahap permodelan dan tahap analisis dan diskusi hasil penelitian. Tahap pengumpulan data dilakukan melalui dua proses yaitu pengambilan data di lapangan dan data hasil uji laboratorium. Pengambilan data lapangan yang dilakukan berupa data sondir/CPT dan data bor tangan. Data ini menjadi acuan untuk kondisi stratigrafi tanah di lapangan. Selanjutnya sampel tanah diuji di laboratorium untuk mengetahui beberapa parameter dan karakteristik tanahnya. Pengujian laboratorium yang dilakukan yaitu berupa uji saringan, uji berat isi tanah, dan uji geser langsung (*direct shear test*).

Tahap kedua yaitu tahap permodelan. Tahap permodelan dilakukan setelah semua data terkumpul. Tahap permodelan merupakan pembuatan model lereng tanah mengacu pada kondisi lapangan. Permodelan dilakukan secara dua dimensi dengan menggunakan perangkat lunak Slope/W. Permodelan dilakukan dengan memvariasikan kemiringan lereng ( $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , dan  $45^{\circ}$ ) dan kedalaman galian (4m dan 8m). Hasil permodelan berupa nilai Safety Factor (SF).

Tahap ketiga yaitu berupa analisis hasil permodelan. Nilai Safety Factor yang dihasilkan tentu bervariasi tergantung pada kondisi-kondisi yang dimodelkan. Setelah melihat hasil dibuatlah kesimpulan dari bagaimana pengaruh kemiringan dan kedalaman galian.

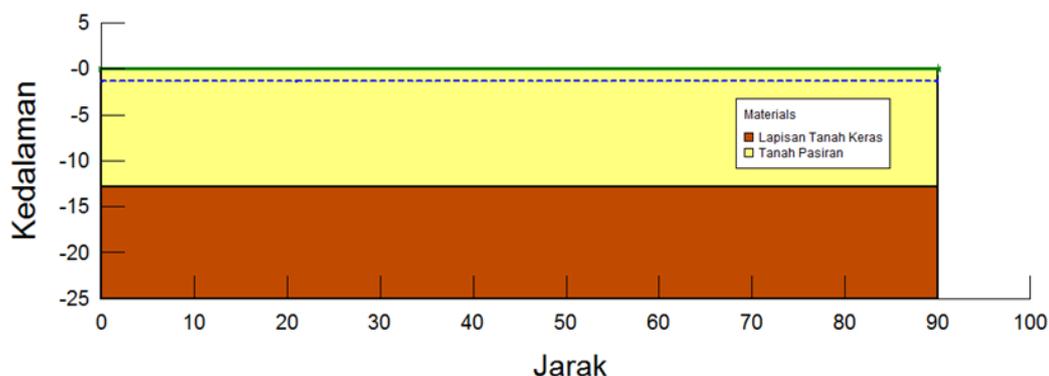
#### 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian berupa kondisi bawah stratigrafi tanah, permodelan tanah, dan nilai angka aman dari masing-masing skenario galian tanah dengan permodelan kemiringan lereng  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , dan  $45^{\circ}$ .

##### 4.1 Kondisi Stratigrafi Tanah

Kondisi stratigrafi atau perlapisan tanah di lokasi penelitian tidak dapat dijabarkan secara detail dikarenakan keterbatasan alat dan metode. Berdasarkan data bor tangan (*handbore*), tanah di lokasi penelitian merupakan tanah pasir berukuran sedang hingga halus berwarna kuning keabu-abuan. Muka air tanah diketahui berada pada kedalaman sekitar 1,1 meter. Pengambilan data bor tangan hanya dilakukan hingga kedalaman 1,5 meter.

Berdasarkan data sondir/CPT, diketahui bahwa perlapisan tanah keras berada pada kedalaman 12,4 meter. Perlapisan tanah tidak dapat diketahui secara detail dikarenakan data sondir hanya menunjukkan tingkat kekerasan tanah. Berdasarkan kondisi-kondisi tersebut maka perlapisan tanah disederhanakan menjadi dua lapisan yaitu lapisan tanah pasir di bagian atas mulai kedalaman 0-12,4 meter dan selanjutnya lapisan tanah keras di bagian bawahnya (Gambar 3).

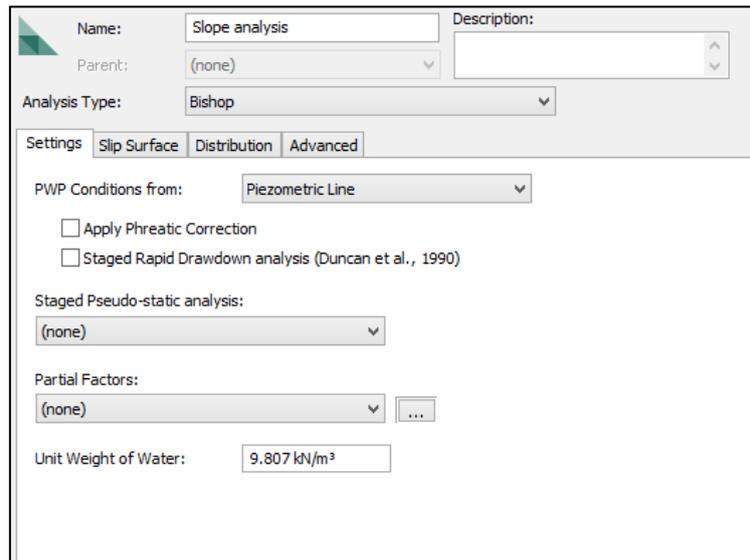


Gambar 3. Kondisi simplifikasi perlapisan tanah di lokasi penelitian

##### 4.2 Permodelan Lereng Tanah

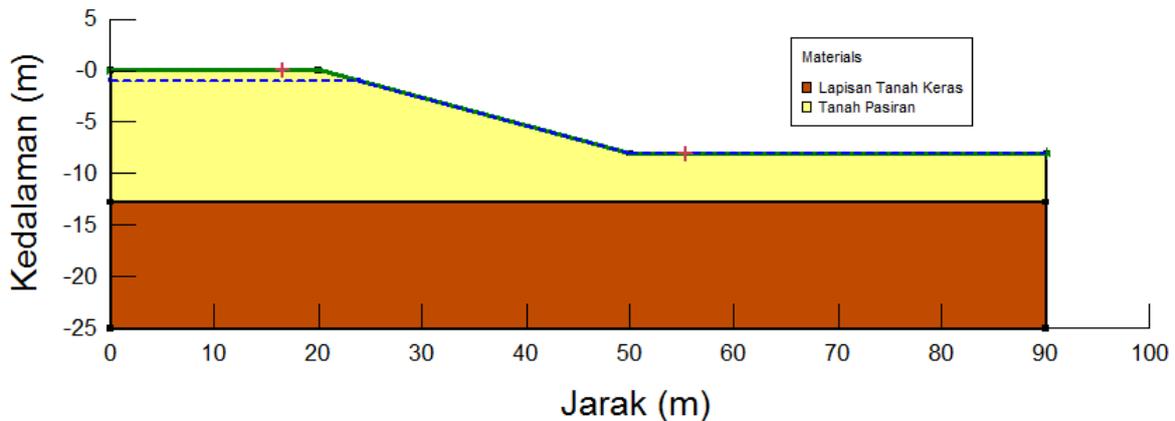
Tahapan permodelan lereng tanah menggunakan perangkat lunak Slope/W secara umum terdiri dari 3 tahapan secara berurutan yaitu tahapan pengaturan analisis, tahapan pembuatan model, serta tahapan analisis model.

Tahapan permodelan diawali dengan pengaturan analisis. Pengaturan analisis mencakup beberapa hal, mulai dari jenis analisis, penetapan kondisi muka air tanah, dan arah permukaan lereng. Jenis analisis dilakukan menggunakan dua metode yang berbeda yaitu metode Fellenius dan metode Bishop. Kondisi muka air tanah digambarkan dengan piezometric line dan arah permukaan lereng ditentukan dari kiri ke kanan. Gambar 4 menunjukkan jendela pengaturan analisis sebelum membuat model.



Gambar 4. Tahapan pengaturan analisis

Tahapan yang kedua yaitu pembuatan model. Pembuatan model disesuaikan dengan kondisi perlapisan tanah, kemiringan lereng serta kedalaman galian yang ditentukan. Unsur-unsur dalam pembuatan model yaitu mencakup region, sketch axes, water table, dan entry exit slip surface.



Gambar 5. Contoh permodelan yang dilakukan menggunakan *Slope/W*

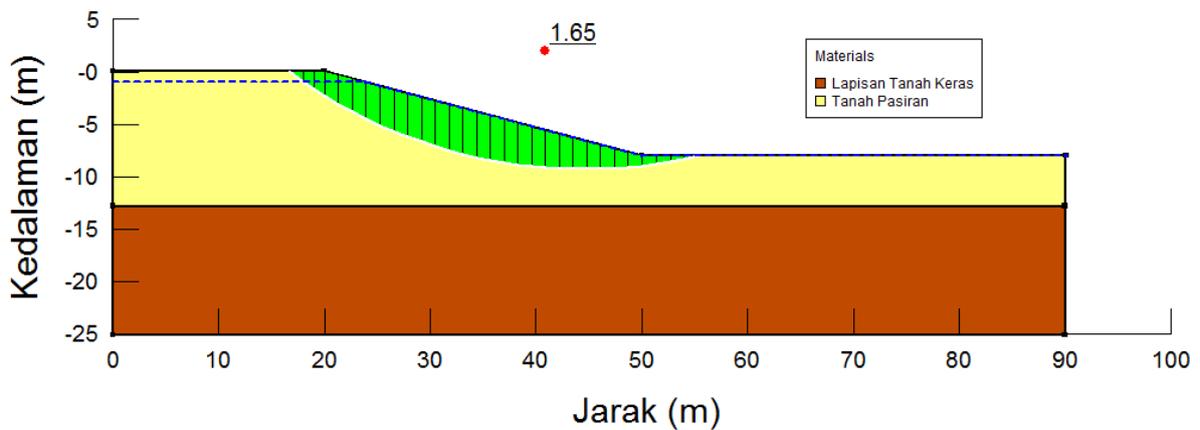
Sketch axes menunjukkan skala model dimana sumbu-x merupakan jarak dan sumbu-y merupakan kedalaman tanah dalam satuan meter. Water table ditunjukkan oleh garis putus-putus berwarna biru menandakan posisi muka air tanah. Lalu entry and exit slip surface merupakan dua titik dengan simbol “plus” yang berwarna merah muda (Gambar 5) sebagai batas kemungkinan posisi bidang gelincir pada lereng. Gambar 5 merupakan contoh model lereng dengan kemiringan 15° dan kedalaman galian 8 m. Region memodelkan kondisi perlapisan tanah sesuai dengan kondisi di lapangan. Terdapat dua region yaitu tanah pasir dan tanah lapisan keras.

Adapun tanah dimodelkan dengan material model Mohr-Coloumb. Terdapat tiga parameter tanah yang dimasukkan ke dalam model yaitu berat isi, sudut gesek internal dan kohesi. Tabel 1. menunjukkan parameter yang dimasukkan untuk masing-masing perlapisan tanah. Parameter didapatkan dari hasil uji laboratorium dan asumsi nilai pendekatan.

Tabel 1 Parameter tanah

Jenis Lapisan Tanah	Parameter Input		
	Berat volum, $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Sudut gesek internal, $\phi$ (°)	Kohesi, $c$ (kN/m <sup>2</sup> )
Tanah Pasir	17	38,83	2,10
Lapisan Tanah Keras	18,2	40	1

Tahapan selanjutnya yaitu tahapan analisis model. Tahapan analisis model menunjukkan hasil berupa nilai SF (Safety Factor) dari lereng tanah yang dimodelkan. Sebagai contoh pada Gambar 6 terlihat bahwa nilai SF lereng yaitu 1,65.



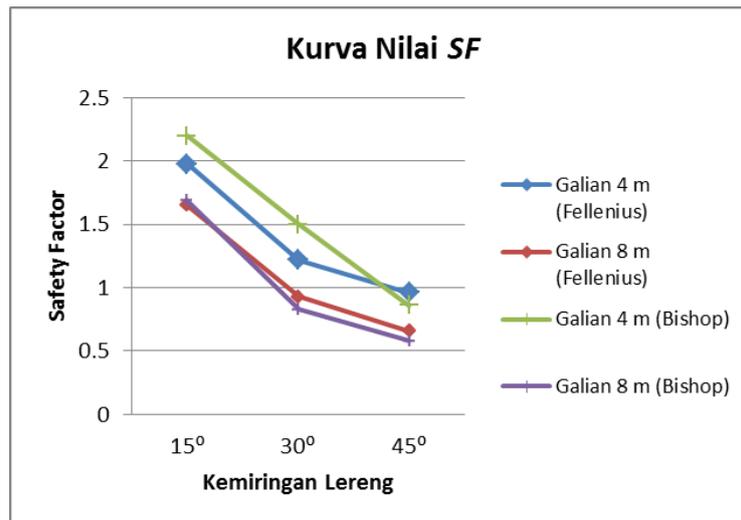
Gambar 6. Contoh hasil analisis stabilitas lereng

Hasil dari permodelan menunjukkan variasi dari nilai SF untuk masing-masing kemiringan lereng dan kedalaman galian tanah berdasarkan metode Fellenius dan metode Bishop. Gambar 7 menunjukkan kurva hasil dari permodelan lereng tanah untuk kemiringan dan kedalaman lereng yang ditentukan.

Pada kondisi kemiringan lereng 15°, berdasarkan metode Fellenius, nilai SF lereng pada galian 4 m dan 8 m mengalami penurunan dari 1,98 menjadi 1,65 atau berkurang sekitar 16,67 % . Sedangkan berdasarkan metode Bishop, nilai SF lereng mengalami penurunan dari 2,20 menjadi 1,69 atau berkurang sekitar 23,1 %.

Pada kondisi kemiringan lereng 30°, berdasarkan metode Fellenius, nilai SF lereng pada galian 4 m dan 8 m mengalami penurunan dari 1,22 menjadi 0,93 atau berkurang sekitar 23,7 % . Sedangkan berdasarkan metode Bishop, nilai SF lereng mengalami penurunan dari 1,50 menjadi 0,83 atau berkurang sekitar 44,6 %.

Pada kondisi kemiringan lereng 45°, berdasarkan metode Fellenius, nilai SF lereng pada galian 4 m dan 8 m mengalami penurunan dari 0,96 menjadi 0,66 atau berkurang sekitar 31,2 % . Sedangkan berdasarkan metode Bishop, nilai SF lereng mengalami penurunan dari 0,86 menjadi 0,58 atau berkurang sekitar 32,5 %.



Gambar 7. Kurva nilai SF berdasarkan faktor kemiringan lereng dan kedalaman galian

Berdasarkan hasil masing-masing skenario permodelan, nilai SF metode Fellenius dari kondisi galian 4 m cenderung lebih kritis, sedangkan pada galian 8 m, metode Bishop cenderung menunjukkan nilai SF yang lebih kritis. Sehingga dapat dilihat bahwa penurunan nilai SF akibat galian dengan metode Fellenius cenderung lebih kecil daripada penurunan nilai SF metode Bishop.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Faktor kedalaman galian dan kemiringan lereng sangat berpengaruh pada nilai SF lereng. Berdasarkan permodelan dengan metode Fellenius dan Bishop terlihat bahwa jika kedalaman galian bertambah dari awalnya kedalaman 4 m menjadi 8 m maka terjadi penurunan nilai S sebesar 16-23% untuk kemiringan lereng 15°, 23-45% untuk kemiringan lereng 30°, dan 30-33% untuk kemiringan lereng 45°.

## Daftar Rujukan

- [1] L. Highland and M. Johnson, "Landslide Types and Processes," pp. 1–4, Jul. 2004.
- [2] M. F. Zolkepli, M. F. Ishak, and M. S. I. Zaini, "Slope stability analysis using modified Fellenius's and Bishop's method," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 527, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/527/1/012004.
- [3] M. F. Zolkepli, M. F. Ishak, and M. S. I. Zaini, "Analysis of Slope Stability on Tropical Residual Soil," *Int. J. Civ. Engineeirng Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 402–416, 2018, doi: 10.2478/cee-2021-0020.
- [4] N. Amri, D. Dharmawansyah, and Hermansyah, "Perbandingan metode bishop dan janbu dalam analisis stabilitas lereng pada oprit jembatan labu sawo sumbawa," *J. Civ. Eng. Plan.*, vol. 2, no. 1, pp. 20–33, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.37253/jcep.v2i1.4393>.
- [5] Geostudio, *Stability Modeling with SLOPE / W*. Calgary: GEO-SLOPE International Ltd., 2012.
- [6] I. Juliantina, Y. Sutejo, R. Dewi, B. B. Adhityia, and R. K. Rustam, "Identification of slope stability analysis," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 671–677, 2018, doi: 10.18517/ijaseit.8.3.2685.
- [7] A. P. S. Dewi, M. M. Iqbal, Y. Sutejo, R. Dewi, and B. Adhityia, "Factors Causing Landslides on Highways in Ogan Komering Ulu Regency, South Sumatra Province," *Int. J. Innov. Res. Sci. Stud.*, vol. 5, no. 2, pp. 90–100, 2022, doi: 10.53894/ijirss.v5i2.394.