

## **Penggunaan Analisis Balik Pada lereng yang sudah mengalami Kelongsoran Dengan bantuan program Plaxis 2D Studi Kasus Ruas Jalan Nasional Tanjung Selor – Malinau STA 88+140**

**Ruminsar Simbolon<sup>1)</sup>, Heri Sutanto<sup>2)</sup>**

<sup>(1,2)</sup> Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda

Email: [ruminsar\\_15@yahoo.co.id](mailto:ruminsar_15@yahoo.co.id)

### **ABSTRAK**

Pada bulan Juni 2023 terjadi longsor di ruas jalan Nasional Malinau – Tanjung selor yang menyebabkan badan jalan terputus. Apabila sudah terjadi longsor, maka diperlukan penanganan perkuatan lereng yang dapat berupa konstruksi dinding penahan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap lereng yang sudah longsor guna menentukan tipe penanganan yang tepat. Untuk mengetahui parameter tanah pada kondisi kritis ( $SF \leq 1$ ), digunakan analisis balik dengan bantuan program Plaxis 2D. Dari hasil perhitungan didapat nilai faktor keamanan pada kondisi awal sebelum terjadi longsor sebesar 1,507. Nilai tersebut diperoleh dengan memodelkan kondisi lereng dengan kontur asli dan nilai parameter tanah sesuai yang didapat pada saat penyelidikan tanah, yaitu kohesi ( $c$ ) = 17,29 Kn/M2 dan sudut geser ( $\theta$ ) = 20,2°. Nilai faktor keamanan pada saat longsor sebesar 1,043 diperoleh dengan analisis balik (back analisis). Dimana nilai nilai parameter tanah sesuai hasil back analisis sebesar, kohesi ( $c$ ) = 12,64 Kn/M2 dan sudut geser ( $\theta$ ) = 3,00°. Factor keamanan lereng dengan menggunakan konstruksi bored pile kombinasi dengan geotextile sebesar sebesar 1,53.

**Kata Kunci :** *bored pile, geotekstil, back analisis, factor keamanan*

### **ABSTRACT**

*In June 2023, a landslide occurred on the Malinau – Tanjung Selor National Road section, causing the road to be cut off. If a landslide has occurred, slope reinforcement treatment is required, which can be in the form of retaining wall construction. This study aims to analyze slopes that have already collapsed to determine the appropriate type of treatment. To determine soil parameters in critical conditions ( $SF \leq 1$ ), back analysis was used with the help of the Plaxis 2D program. From the calculation results, the safety factor value in the initial condition before the landslide was 1.507. This value was obtained by modeling the slope condition with the original contour and the soil parameter values according to those obtained during the soil investigation, namely cohesion ( $c$ ) = 17.29 Kn / M2 and friction angle ( $\theta$ ) = 20.20. The safety factor value at the time of the landslide was 1.043 obtained by back analysis. Where the soil parameter values according to the results of the back analysis were, cohesion ( $c$ ) = 12.64 Kn / M2 and friction angle ( $\theta$ ) = 3.00. The slope safety factor using a combination of bored pile construction with geotextile is 1.53.*

**Keywords:** *Bored pile, Geotextile, Back analysis, Safety Factor*

## 1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan Infrastruktur yang sering terdampak akibat bencana longsor. Longsor bisa terjadi pada lereng akibat terganggunya keseimbangan antara gaya pendorong dengan gaya penahan. Kestabilan lereng dapat didefinisikan sebagai ketahanan blok diatas suatu permukaan miring (diukur dari garis horizontal terhadap runtutan dan gelinciran).

Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsor) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun Apabila gaya pendorong lebih besar dari gaya penahan maka lereng tersebut akan menjadi tidak stabil dan akan terjadi longsor.

Pada ruas Jalan Nasional Tanjung Selor – Malinau STA 88+140 telah terjadi longsor yang dipicu oleh curah hujan dengan intensitas tinggi dan kondisi drainase jalan yang tidak memadai. Longsor tersebut mengakibatkan satu lajur badan jalan terputus sehingga mengganggu dan dapat membahayakan pengguna jalan.

Banyak Metode yang digunakan untuk melakukan analisa terhadap lereng yang sudah mengalami kelongsoran. Namun analisa yang umum digunakan adalah analisa balik (back analisis), yaitu suatu analisa untuk mengetahui parameter kekuatan tanah / batuan, yaitu kohesi ( $c$ ) dan sudut geser ( $\theta$ ), saat lereng dalam keadaan setimbang atau sesaat sebelum longsor. (Hoek and Bray, 1981)

Analisis balik dilakukan pada longsor yang telah terjadi dengan menggunakan geometri lereng sebelum longsor terjadi. Lebih lanjut, analisis balik juga menggunakan bidang gelincir yang disesuaikan dengan kondisi bidang gelincir lereng yang telah mengalami longsor. Nilai  $c$  dan  $\phi$  bidang gelincir diperkirakan hingga diperoleh nilai faktor keamanan lereng ( $FS$ ) = 1 atau mendekati 1.

Konstruksi yang dapat digunakan untuk mengatasi longsor, salah satunya adalah dengan konstruksi dinding penahan tanah menggunakan bored pile yang diperkuat dengan geotextile. Penggunaan geotextile bertujuan untuk meningkatkan kekakuan tanah sehingga meningkatkan keamanan lereng untuk memenuhi persyaratan minimal Faktor Keamanan yang dipersyaratkan. Peningkatan faktor keamanan akibat penggunaan geotextile umumnya tidak signifikan, tetapi diperlukan untuk kondisi tertentu.

Ditemukannya lapisan clay shale di kedalaman 8 meter pada ruas Jalan Nasional Tanjung Selor – Malinau STA 88+140 menyebabkan keterbatasan panjang pondasi bored pile yang bisa dimasukkan kedalam tanah.

Karakteristik clay shale yang lama kelamaan akan berubah menjadi bubur apabila terkena air

menyebabkan ujung bored pile tidak diperbolehkan menumpu pada clay shale. sehingga diperlukan metode analisa kestabilan lereng untuk memastikan dipenuhinya nilai faktor keamanan yang dipersyaratkan sesuai SNI sebelum ditemukannya lapisan clay shale.

## 2. ANALISA KESTABILAN LERENG

Analisis Kestabilan Lereng bertujuan untuk mendapatkan angka faktor keamanan dari suatu bentuk lereng tertentu, dengan menggunakan parameter tanah hasil penyelidikan tanah. Dengan mengetahui faktor keamanan lereng, maka dapat diketahui kondisi lereng terhadap risiko longsor sehingga memudahkan pekerjaan pembentukan atau kekuatan lereng untuk memastikan kestabilan lereng.

Terdapat dua metoda yang dipakai dalam analisis kestabilan lereng, yaitu metoda keseimbangan batas (Limit Equilibrium Method) dan metoda elemen hingga (Finite Element Method). Perbedaan utama antara kedua metode ini adalah, metode keseimbangan batas didasarkan pada keseimbangan statis sedangkan metoda elemen hingga memanfaatkan hubungan tegangan-regangan.

Konsep dasar metode elemen hingga adalah apabila suatu sistem dikenai gaya luar, maka gaya luar tersebut diserap oleh sistem tersebut dan akan menimbulkan gaya dalam dan perpindahan. Untuk mengetahui besarnya gaya dalam dan perpindahan akibat gaya luar tersebut, perlu dibentuk suatu persamaan yang mewakili sistem tersebut. Dalam metode elemen hingga keseluruhan sistem dibagi kedalam elemen elemen dengan jumlah tertentu. Selanjutnya dibentuk persamaan :

Metode elemen hingga pada rekayasa geoteknik memiliki sedikit perbedaan dengan metode elemen hingga pada rekayasa struktur, sebab dalam rekayasa geoteknik terjadi interaksi elemen yang memiliki kekakuan yang berbeda. Seperti halnya pondasi dan tanah, dalam menganalisis pondasi dengan metode elemen hingga terdapat perbedaan kekakuan antara dua elemen, yaitu elemen tanah dan elemen struktur atau pondasi itu sendiri. Jaring (mesh) terdiri dari elemen-elemen yang dihubungkan oleh node. Misal untuk analisa displacement, nilai variabel primernya adalah nilai dari displacement. Nilai-nilai nodal displacement diinterpolasikan pada elemen agar didapatkan persamaan aljabar untuk displacement, dan regangan, melalui jaring-jaring yang terbentuk.

$$[K]\{D\} = \{R\}$$

Dimana:

$[K]$  : matriks kekakuan global

$\{D\}$  : matriks perpindahan global

$\{R\}$  : matriks gaya global

Dalam metoda elemen hingga atau FEM, tidak dilakukan asumsi bidang longsor. Faktor keamanan dicari dengan mencari bidang lemah pada struktur lapisan tanah. Faktor keamanan didapatkan dengan cara mengurangi nilai kohesi,  $c$ , dan sudut geser dalam tanah,  $\phi$ , secara bertahap hingga tanah mengalami keruntuhan. Nilai faktor keamanan, kemudian dihitung. Plaxis adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang Geoteknik

### 3. ANALISA BALIK (BACK ANALISYS)

Analisis balik lereng (slope back analysis) adalah metode analisis yang dilakukan setelah suatu lereng mengalami kegagalan (failure) atau mendekati kondisi batas stabilitas, dengan tujuan untuk menentukan parameter tanah aktual (kohesi  $c$  dan sudut geser dalam  $\phi$ ) yang menyebabkan kondisi lereng tersebut berada pada batas kestabilan ( $FS \approx 1$ ).

Selain itu, back analysis juga dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi keandalan data laboratorium atau hasil uji in-situ. Analisis balik bisa dilakukan dengan Metode keseimbangan batas (limit equilibrium method), misalnya Bishop, Janbu, Spencer, dan metode numerik seperti Finite Element Method (FEM) atau Finite Difference Method (FDM), dengan simulasi perilaku tanah aktual.

## 4. METODE PENELITIAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilakukan pada lereng ruas Jalan Nasional Tanjung Selor - Malinau STA 88+140 di Provinsi Kalimantan Utara.



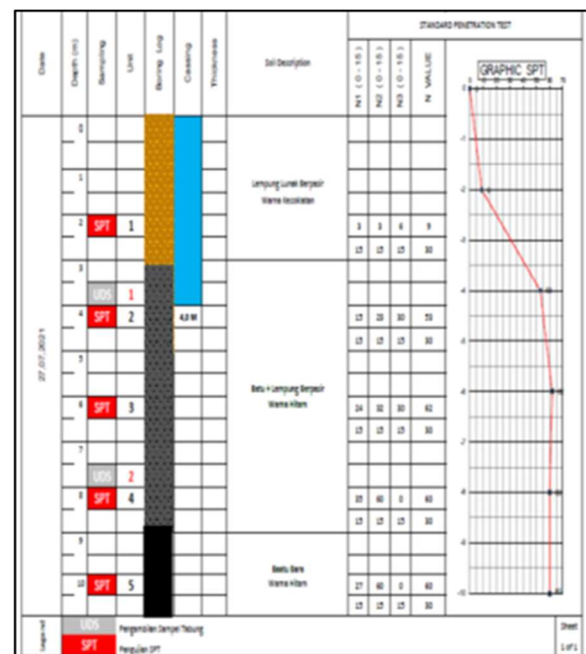
Gambar 4.1a Lokasi Penelitian

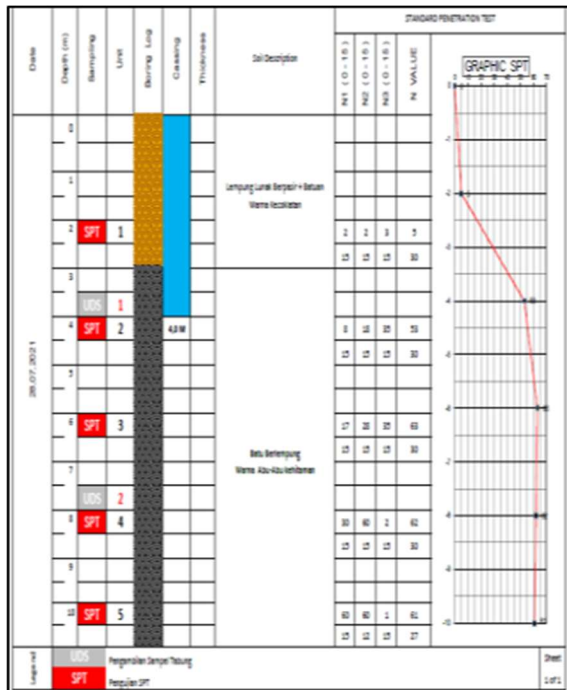


Gambar 4.1b Dokumentasi Kondisi longsor

## 4.2 Data Penyelidikan Tanah

### 4.2.1 Data tanah hasil bor log





Gambar 4.2b Data Bor Log 2

#### 4.2.2 Resume Data Properties Tanah

Tabel 1. Resume Data Properties Tanah

Kedalaman	Jenis Tanah	Cohesi kN/m <sup>2</sup>	Sudut Geser	Berat Isi kN/m <sup>3</sup>	N-SPT
0 - 4	Lempung Lunak Berpasir	17,29	20,204	17	5
4 - 8	Batu+Lempun g Berpasir	50	50	17	60
8 - 12	Clay shale				60

### 4.3 Faktor keamanan dan Pembebanan

Merujuk pada pedoman Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng pada Tanah Residual dan Batuan (Pd T-09-2005-B), kriteria perencanaan meliputi faktor keamanan dan pembebanan.

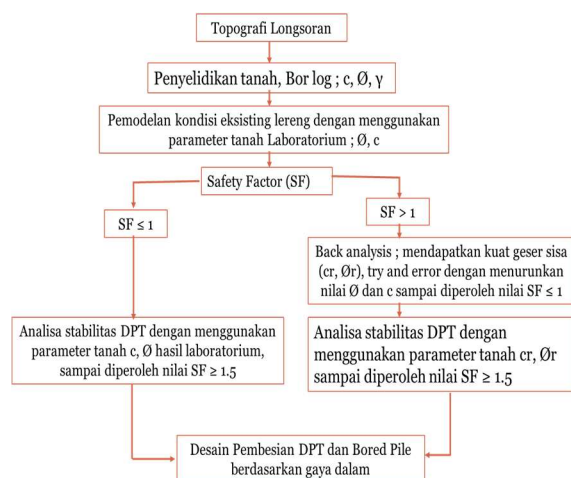
**Tabel 2.** Rekomendasi nilai faktor keamanan untuk lereng

Resiko terhadap nyawa manusia Resiko Ekonomis		Rekomendasi nilai faktor keamanan terhadap resiko kehilangan nyawa manusia		
		Diabaikan	Rendah	Tinggi
Rekomendasi nilai faktor keamanan terhadap resiko kehilangan secara ekonomis	Diabaikan	1.1	1.2	1.5
	Rendah	1.2	1.2	1.5
	Tinggi	1.4	1.4	1.5

**Tabel 3.** Beban lalu lintas untuk analisis stabilitas lereng

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)	Beban di luar jalan (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

### 4.4 Bagan Alir Proses Penelitian



## 5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Faktor Keamanan Lereng Sebelum terjadi longsor

Analisis kondisi geometri lereng sebelum terjadi longsor memiliki tinggi 25 m dengan kemiringan lereng  $31^{\circ}$ . Kondisi lereng yang tidak stabil membuat lereng mencari kondisi stabil dengan kesetimbangan baru pada kemiringan lereng yang semula  $31^{\circ}$  berubah menjadi  $26^{\circ}$ .

Dalam penelitian ini, analisis kestabilan lereng eksisting sebelum terjadi longsor dilakukan dengan menggunakan metode Finite Elemen dibantu dengan *software* PLAXIS 2D. Parameter tanah yang digunakan adalah parameter hasil laboratorium. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban kendaraan sebesar 15 kN/m<sup>2</sup>.

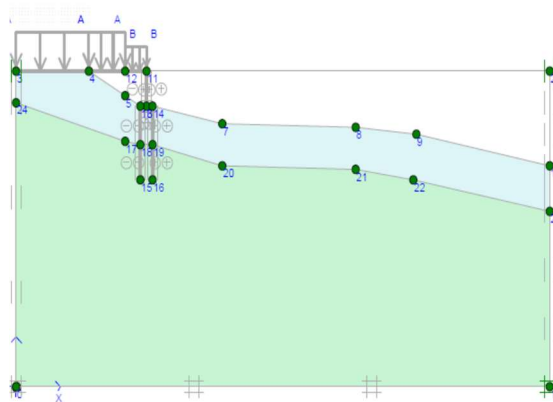
Dengan menggunakan parameter tanah hasil penyelidikan di laboratorium, yaitu kohesi ( $c$ ) = 17,29 Kn/M<sup>2</sup> dan sudut geser ( $\theta$ ) = 20,20. diperoleh faktor keamanan (FK) lereng kondisi eksisting (sebelum terjadi longsor) sebesar 1,507, nilainya lebih besar 1,00 yang menunjukkan bahwa lereng awalnya masih dalam keadaan aman.

Karena faktor keamanan yang diperoleh dari Analisa kestabilan lereng sebelum terjadi longsor lebih besar dari 1,00 yaitu sebesar 1,507 maka perlu dilakukan analisis balik terhadap lereng untuk mendapatkan parameter sudut geser tanah pada kondisi setelah longsor sebagai dasar untuk melakukan analisa menentukan tipe konstruksi penanganan yang tepat.

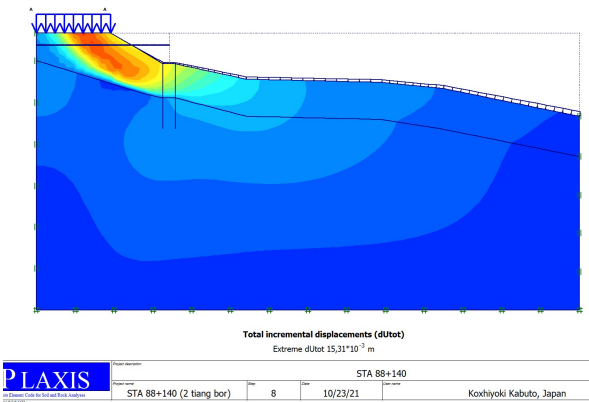
**Tabel 4.** Parameter Geoteknik Hasil Penyelidikan Tanah

Jenis Tanah	Bobot Isi Asli kN/m <sup>3</sup>	Kohesi kN/m <sup>2</sup>	Friction Angle (°)	Faktor Keamanan (FK)
Lempung Lunak	18	17,29	20,2°	1,507

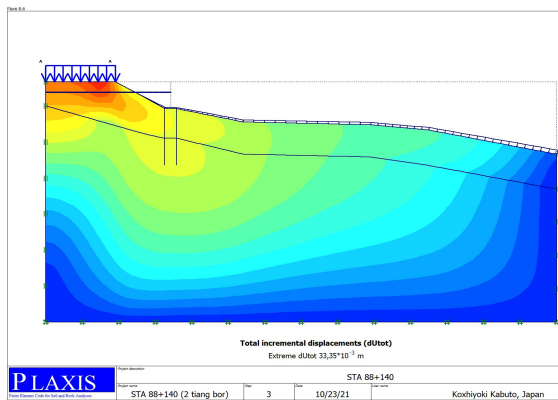




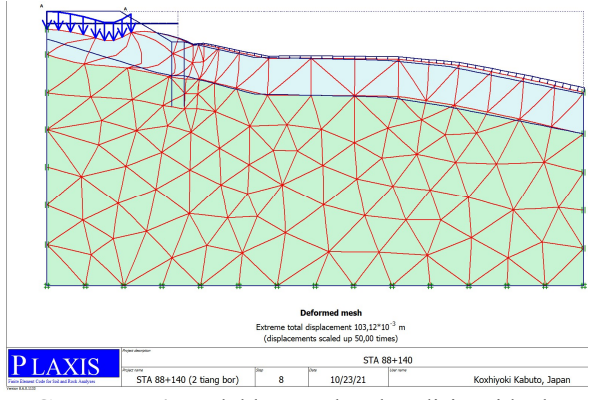
Gambar 5.1 Pemodelan lereng eksisting



Gambar 5.3 Bidang Gelincir Kondisi Residual



Gambar 5.2 Model keruntuhan lereng eksisting



Gambar 5.4 Model keruntuhan kondisi residual

## 5.2 Hasil Analisis Balik Kestabilan Lereng

Kuat geser sisa yang merupakan kuat geser tanah setelah mencapai kuat geser maksimum menjadi sangat penting diperhitungkan dalam stabilitas lereng. Untuk menghitung stabilitas lereng yang aman disarankan untuk menggunakan parameter kuat geser sisa pada kadar air maksimum.

Karena faktor keamanan yang diperoleh dari Analisa kestabilan lereng sebelum terjadi longsor lebih besar dari 1,00 yaitu sebesar 1,507 maka perlu dilakukan analisis balik terhadap lereng untuk mendapatkan parameter sudut geser tanah yang baru.

Kuat geser sisa diperoleh dengan bantuan program Plaxis 2D dengan proses try and error sampai didapatkan parameter tanah pada factor keamanan  $\leq 1$ .

Dari hasil analisis balik, diperoleh parameter tanah dengan nilai kohesi ( $c$ ) = 12,64 kN/m<sup>2</sup> dan sudut geser tanah ( $\phi$ ) = 3,00<sup>0</sup> dengan nilai faktor keamanan SF=1,043

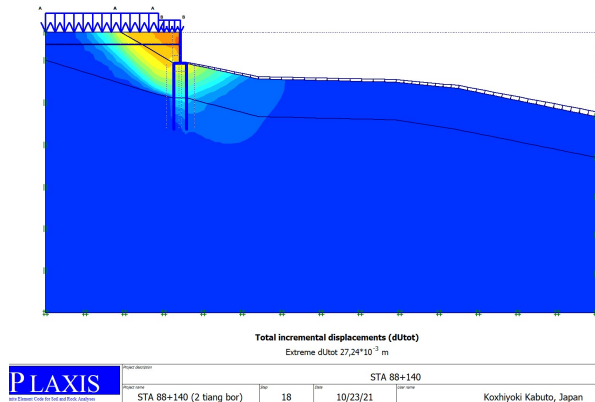
Tabel 5. Parameter Geoteknik Hasil *Back Analysis*

Jenis Tanah	Bobot Isi Asli kN/m <sup>3</sup>	Kohesi kN/m <sup>2</sup>	Friction Angle (°)	Faktor Keamanan (FK)
Lempung Lunak	18	12,64	3,00	1,043

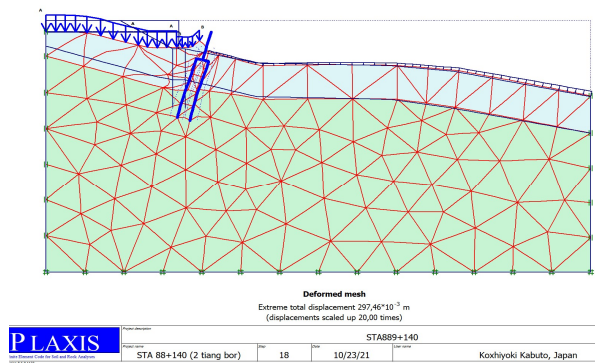
## 5.3 Analisis Kestabilan Lereng konstruksi dinding penahan tanah kantilever dengan geotextile

Memperhatikan data penyelidikan tanah yang menunjukkan lapisan clay shale di kedalaman 8 meter, maka usaha untuk meningkatkan nilai factor keamanan lereng tidak dilakukan dengan menambah panjang tiang, namun dengan memasang geotextile dengan jarak tiap lapisan 50 cm.

Dari hasil analisa menggunakan bantuan program Plaxis, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar SF=1,53, sehingga konstruksi penahan longsor yang dipergunakan pada Jalan Nasional ruas Tanjung Selor- Malinau pada STA 88+140 adalah menggunakan struktur DPT kantilever dengan pondasi bored pile, dikombinasi dengan Geotextile.



**Gambar 5.7** Bidang Gelincir DPT dengan Geotextile



**Gambar 5.4** Model keruntuhan DPT dengan Geotextile

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis diperoleh faktor keamanan (FK) lereng kondisi eksisting (sebelum terjadi longsor) sebesar 1,507, nilainya lebih besar 1,00 yang menunjukkan bahwa lereng awalnya masih dalam keadaan aman.
2. Parameter geoteknik kohesi tanah dari semula  $c=17,29$  menjadi residu  $c=12,64$ , dan sudut geser dari semula  $\phi=22,2^0$  menjadi  $\phi=3,0^0$
3. Nilai factor keamanan menggunakan konstruksi DPT dengan pondasi bored pile menggunakan geotextile nilai factor keamanan sebesar 1,53 Dalam hal ini lereng sudah berada dalam kondisi yang stabil karena mempunyai nilai safety faktor lebih besar dari 1,5.

### 6.2 Saran

Hasil analisa ini dapat dibandingkan dengan metode yang lain misalnya dengan program lain seperti Geoslope dan X Stable.

### Daftar Pustaka

1. Mau, J., Rasidi, N., & Hanggara, I. (2017). Studi Penentuan Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius Dan Bishop Pada Dinding Penahan Batu Kali Di Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Baru. EUREKA: Jurnal Penelitian
2. Gati, B. M., & Purwanto, E. (2018). Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan dan Prediksi Timbunan yang Terjadi Menggunakan Program Plaxis. Universitas Islam Indonesia
3. Christine, R., Suroso, & Munawir, A. (2014). Pengaruh Lebar Pondasi dan Jumlah Lapisan Geotekstil Terhadap Daya Dukung Pondasi pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir dengan Kemiringan Universitas Brawijaya, Malang
4. Fauzi, I. M., & Hamdhan, I. N. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven Akibat Pengaruh Termal Menggunakan Metode Elemen Hingga. RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil, 5(2), 61–72