

## IDENTIFIKASI POSISI *CRACKS* DAN PENGARUHNYA TERHADAP PERUBAHAN STABILITAS LERENG

### Jarkani

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya  
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya  
e-mail: [jarkani.abc@gmail.com](mailto:jarkani.abc@gmail.com)

### Stephanus Aleksander

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya  
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya  
e-mail: [stephanus@eng.upr.ac.id](mailto:stephanus@eng.upr.ac.id)

### Fatma Sarie

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya  
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya  
e-mail: [fatmasarie@jts.upr.ac.id](mailto:fatmasarie@jts.upr.ac.id)

### Mohammad Ikhwan Yani

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya  
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya  
e-mail: [m.ikhwanyani@eng.upr.ac.id](mailto:m.ikhwanyani@eng.upr.ac.id)

### Okrobianus Hendri

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya  
Jl. Hendrik Timang, Palangka Raya  
e-mail: [okrobianus@jts.upr.ac.id](mailto:okrobianus@jts.upr.ac.id)

**Abstract:** *Slope is the difference in elevation of a land surface with a varying angle of inclination. Disasters that commonly occur on slopes are landslides caused by the loss of stability on a slope. One of the determinants of slope stability is the strength of the material that makes up the slope to resist collapse. Generally, slope stability analysis only refers to the values of cohesion (c) and soil shear angle ( $\theta$ ), without taking into account the weak plane on the slope. Landslides that occur on slopes generally occur partially. Partial landslides are caused by the presence of weak areas on the slope. The process of identifying weak areas in the slope uses the geoelectric method. The use of geo-electrical methods through field surveys in the form of resistivity tomography aims to model 2D subsurface layers so that it is known which layers have the potential to become weak areas in the form of cracks in the slope. While the process of identifying changes in slope stability due to the presence of weak areas based on the position of cracks using the help of FEM (finite element method) software. The purpose of this research is to identify the weak plane of the slope based on the position of cracks and their effect on slope stability. The results of geoelectric testing showed the presence of weak areas in the form of cracks formed in the slope based on the resistivity value of (731.28–1712.55)  $\Omega m$ . The results of the analysis of changes in slope stability due to the presence of weak areas in the form of cracks in the slope show a decrease in the safety factor (SF) value, which previously had a safety factor (SF) value of 4.272 to 3.630.*

**Keywords:** *Slope, Cracks, Slope Stability, Geoelectric, Finite Element Method*

**Abstrak:** Lereng merupakan perbedaan elevasi suatu permukaan tanah dengan sudut kemiringan yang bervariasi. Bencana yang umumnya terjadi pada lereng adalah bencana longsor yang disebabkan hilangnya kestabilan suatu lereng. Salah satu penentu kestabilan lereng adalah kekuatan material penyusun lereng dalam menahan terhadap keruntuhan. Umumnya analisis stabilitas lereng hanya mengacu pada nilai kohesi (c) dan sudut geser tanah ( $\theta$ ), tanpa memperhitungkan bidang lemah yang ada pada lereng. Kejadian longsor yang terjadi pada bentang lereng umumnya terjadi secara *partial*. Kejadian longsor yang *partial* disebabkan karena adanya bidang lemah di dalam lereng. Proses identifikasi bidang lemah pada lereng menggunakan metode geolistrik. Penggunaan

metode geolistrik melalui survei lapangan berupa *tomography resistivity* (resistivitas) bertujuan untuk memodelkan 2D lapisan bawah permukaan tanah, sehingga diketahui lapisan yang berpotensi menjadi bidang lemah berupa *cracks* didalam lereng. Sedangkan proses identifikasi perubahan stabilitas lereng akibat adanya bidang lemah berdasarkan posisi *cracks* menggunakan bantuan *software FEM (finite element method)*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi bidang lemah lereng berdasarkan posisi *cracks* dan pengaruhnya terhadap stabilitas lereng. Hasil pengujian geolistrik menunjukkan adanya bidang lemah berupa *cracks* yang terbentuk di dalam lereng berdasarkan nilai resistivitas (731,28 – 1712,55)  $\Omega\text{m}$ . Hasil analisis perubahan stabilitas lereng akibat adanya bidang lemah berupa *cracks* di dalam lereng menunjukkan penurunan pada nilai *safety factor* (SF), yang sebelumnya memiliki nilai *safety factor* (SF) = 4,272 menjadi 3,630.

**Kata kunci:** : Lereng, Retakan, Stabilitas Lereng, Geolistrik, Analisis Tak Hingga

## PENDAHULUAN

Longsor merujuk pada perpindahan massa tanah dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, yang diakibatkan oleh ketidakstabilan lereng. Longsor terjadi karena berbagai faktor, diantaranya adalah kemiringan lereng, curah hujan, gempa bumi, dan aktivitas manusia. Longsor yang terjadi pada bentangan lereng umumnya terjadi secara *partial*. Menurut Aleksander, dkk (2018) longsor secara *partial* terjadi karena adanya *cracks* yang menunjukkan *cracks pattern* pada bidang longsor yang lebih banyak jika dibandingkan dengan daerah lain. *Cracks* yang terbentuk di dalam lereng mengalami perkembangan terutama dalam bentuk panjang dan luasan, yang dapat menyebabkan penurunan stabilitas lereng. Meskipun *cracks* di bawah permukaan tanah adalah hal yang umum, akan tetapi hanya sedikit yang memberikan perhatian.

Aleksander (2021) menjelaskan bahwa selama ini penanganan kelongsoran umumnya memodelkan berdasarkan hasil bor geoteknik berupa bor log dan hasil laboratorium tanpa melihat adanya posisi letak bidang longsor yang telah terjadi di dalam lereng. Maka dari itu, penelitian dilakukan dengan 2 pendekatan yang berbeda dalam memodelkan penanganan terhadap kelongsoran. Model pertama digunakan tanpa melihat adanya bidang longsor, sehingga model tanahnya dianalisa berdasarkan hasil uji laboratorium dan model kedua dilakukan kombinasi antara hasil uji laboratorium dan dari tomografi resistivitas.

### Stabilitas Lereng

Lereng merujuk pada massa tanah yang berada di bawah permukaan yang miring atau berdekatan dengan tepi yang miring. Massa

tanah pada lereng biasanya menunjukkan kecenderungan untuk bergeser ke arah luar sebagai akibat dari bebannya sendiri atau pembebanan dari luar, dan juga pengaruh dari gaya gravitasi. Jika tahanan geser tanah mampu menahan kecenderungan ini, lereng akan tetap stabil. Jika tidak, kelongsoran akan terjadi pada lereng dalam kondisi yang tidak stabil. Maka dari itu, diperlukan teori yang berkaitan dengan kestabilan lereng. Lereng dianggap stabil jika faktor keamanannya (*safety factor*) lebih besar dari satu. Menurut Das (1985) faktor keamanan didefinisikan dalam Persamaan 1.

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (1)$$

Keterangan :

SF = angka keamanan terhadap kekuatan tanah

$\tau_f$  = kekuatan geser rata-rata tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$\tau_d$  = tegangan rata-rata yang bekerja disepanjang bidang longsor ( $\text{kN/m}^2$ )

Menurut teori Mohr (1900) dalam Das (1985) kondisi keruntuhan suatu material dapat terjadi karena kombinasi dari kondisi kritis tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang keruntuhan, dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.

$$\tau = f(\sigma) \quad (2)$$

Garis keruntuhan (*failure envelope*) seperti yang digambarkan pada Gambar 1, ditunjukkan oleh garis lengkung sesuai dengan Persamaan 2. Dalam bidang mekanika tanah, hubungan linear antara tegangan normal dan tegangan geser biasanya direpresentasikan dalam bentuk garis lurus (Coulomb, 1776). Sehingga didefinisikan dalam Persamaan 3.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (3)$$

Keterangan :

- $f(\sigma)$  = fungsi terhadap tegangan normal ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\tau$  = tegangan geser ( $\text{kN/m}^2$ )
- $c$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\phi$  = sudut dari gesekan internal ( $^\circ$ )
- $\sigma$  = tegangan normal pada keruntuhan ( $\text{kN/m}^2$ )

Pada tanah jenuh, total tegangan normal pada suatu titik adalah jumlah dari tegangan efektif ( $\sigma'$ ) dan tekanan air pori ( $u$ ) dapat dinyatakan pada Persamaan 4.

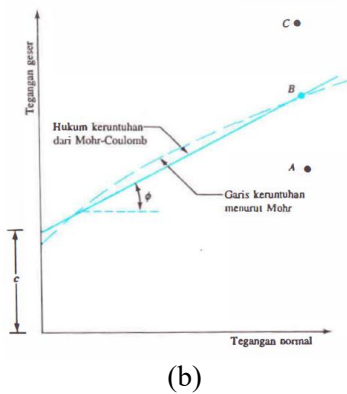
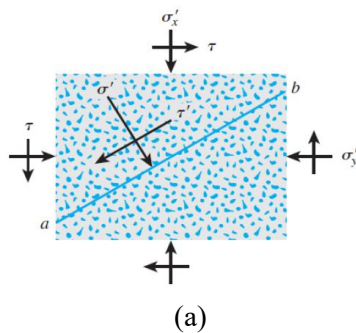
$$\sigma = \sigma' + u \quad (4)$$

Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb diekspresikan dalam tegangan geser dapat dinyatakan pada Persamaan 5.

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi \quad (5)$$

Keterangan :

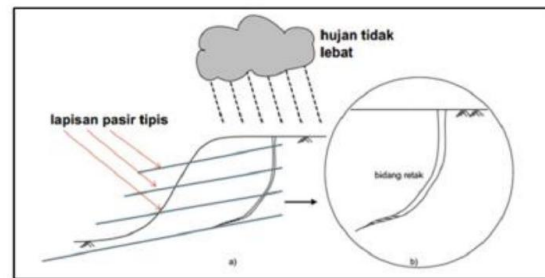
- $\sigma'$  = tegangan efektif pada keruntuhan ( $\text{kN/m}^2$ )
- $u$  = tegangan air pori pada keruntuhan ( $\text{kN/m}^2$ )
- $c'$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\phi$  = sudut dari gesekan berdasarkan tegangan efektif ( $^\circ$ )
- $\tau$  = tegangan geser ( $\text{kN/m}^2$ )



**Gambar 1.** Kriteria keruntuhan dan hukum keruntuhan Mohr-Coulomb

**Cracks**

*Cracks* atau retakan adalah bidang diskontinuitas pada batuan atau tanah yang dapat diinterpretasikan sebagai hasil dari suatu deformasi. Menurut Mochtar (2011), *cracks* yang terbentuk di permukaan maupun di dalam batuan atau tanah merupakan faktor yang cukup penting dalam menentukan kestabilan lereng. Apabila infiltrasi air hujan melebihi jumlah air yang keluar dari dalam lereng, maka hal tersebut akan menyebabkan terjadinya *water pressure built-up* pada bidang retakan yang telah terbentuk pada lereng. Oleh karena itu, *cracks* yang terbentuk di permukaan maupun di dalam batuan atau tanah haruslah diprediksi dengan baik agar dapat memudahkan dalam analisis kelongsoran dengan lebih akurat. Ilustrasi rembesan di dalam lereng dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Proses rembesan air hujan pada lereng

**Efek Tegangan Retak (*Tension Crack*) Pada Stabilitas Lereng**

Retakan biasanya terjadi di permukaan atau di dalam lereng. Baker (1981) menyatakan bahwa keberadaan retakan ini menunjukkan bahwa pada zona tertentu, jumlah tegangan lebih besar daripada kemampuan material untuk menahan tarikan. Efek dari tegangan retakan dapat menimbulkan beberapa efek terhadap kestabilan lereng, antara lain:

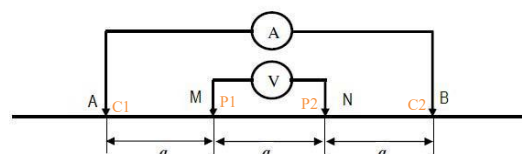
1. Adanya retakan mengurangi kekuatan geser yang diakibatkan oleh lekatan tanah dan gesekan tanah.
2. Retakan mengalami tekanan tambahan yang diakibatkan oleh tekanan air, yang menyebabkan dorongan ke luar dan mempercepat terjadinya longsor.
3. Air yang masuk ke dalam retakan berpotensi menyebabkan tanah menjadi lebih jenuh dan lunak, yang berakibat pada berkurangnya kekuatan tanah di sekitar retakan.

Penelitian ini dilakukan pada lereng buatan yang dibentuk sedemikian rupa untuk melihat *cracks* yang terjadi di dalam lereng dan pengaruhnya terhadap penurunan stabilitas lereng. Kegiatan yang dilakukan untuk mengidentifikasi bidang lemah dari adanya *cracks* yang telah terbentuk di dalam lereng dengan melakukan survei geolistrik 2D. Survei geolistrik 2D yang berupa *tomography resistivity* (resistivitas) dilakukan untuk mengetahui posisi *cracks* yang telah terbentuk di dalam lereng. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan posisi *cracks* yang membentuk bidang lemah sehingga posisi bidang lemah didapatkan secara akurat untuk keperluan analisis. Analisis yang dilakukan untuk melihat adanya pengaruh *cracks* yang terbentuk di dalam lereng terhadap penurunan stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* FEM (*finite element method*).

Gejala resistivitas tanah diukur menggunakan teknik geolistrik. Teknik ini juga dikenal dengan istilah metode geolistrik. Metode geolistrik resistivitas adalah teknik yang memanfaatkan katoda/paku besi yang ditempatkan di permukaan tanah untuk menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah atau batuan di bawahnya. Hasil resistivitas digunakan untuk mengukur sifat fisik dari tanah yang berada di bawah permukaan tanah. Berbagai jenis metode geolistrik dibedakan satu sama lain berdasarkan konfigurasi dan lokasi elektroda yang spesifik. Dalam penelitian ini, elektroda disusun dalam konfigurasi wenner alpha.

Konfigurasi wenner alpha memiliki susunan elektroda C1-P1-P2-C2 dengan jarak yang sama sebesar  $\alpha$  seperti pada Gambar 3. Elektroda yang disambungkan dengan arus listrik disebut elektroda arus (C1 dan C2), sedangkan elektroda yang disambungkan dengan pembaca potensial disebut elektroda potensial (P1 dan P2). Konfigurasi wenner alpha yang digunakan pada bidang potensial untuk bidang homogen bola dapat memperoleh data yang mudah dengan nilai *error* kecil.

Faktor geometri untuk konfigurasi Wenner alpha diberikan oleh persamaan  $K = 2\pi\alpha$ . Wenner Alpha memiliki kekuatan sinyal yang kuat dan cocok untuk daerah dengan *noise* yang tinggi. Rasio *signal-to-noise* pada konfigurasi wenner alpha sangat baik karena elektroda potensial P1-P2 berada didalam elektroda arus C1-C2.



**Gambar 3.** Susunan katoda (besi) pada konfigurasi wenner alpha

Metode yang digunakan untuk analisis longsor selama ini menggunakan pendekatan analisis dengan *trial* dan *error*. Metode tersebut dilakukan dengan membuat beberapa asumsi prediksi bidang lemah yang mempengaruhi terjadinya longsor, setelah itu menguji masing-masing asumsi prediksi bidang gelincir tersebut dengan mencoba-coba berbagai model dan skenario. Hasil dari percobaan-percobaan tersebut kemudian digunakan untuk menentukan solusi yang terbaik. Metode analisis longsor dengan *trial* and *error* tidak direkomendasikan karena memiliki kelemahan dalam hal keakuratan posisi bidang gelincir dan efisiensi waktu dalam analisis.

Tujuan dari penelitian adalah mengidentifikasi bidang lemah pada lereng berdasarkan adanya *cracks* yang telah terbentuk di dalam lereng. Hal tersebut dapat menjadi kunci dalam analisis karena untuk bidang lemah pada lereng dapat diprediksi secara lebih akurat berdasarkan pengujian yang dilakukan sehingga disarankan tidak menggunakan metode *trial* dan *error* dalam melakukan analisis kelongsoran. Untuk melihat adanya pengaruh pada *cracks* (retakan) yang terjadi di dalam lereng, dilakukan analisis menggunakan bantuan *software* FEM (*finite element method*) dengan melihat perubahan nilai *safety factor* (SF) pada lereng sebelum adanya *cracks* dan sesudah adanya *cracks*.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada lereng buatan yang telah dibentuk sedemikian rupa, dan dilakukan pengujian geolistrik. Gambar 4. menunjukkan lereng buatan yang digunakan sebagai objek penelitian dan posisi lintasan pengujian geolistrik pada lereng buatan.



**Gambar 4.** Posisi lintasan pengujian geolistrik

Beberapa tahapan yang telah dilalui pada penelitian ini, yakni sebagai berikut :

1. Tahap pertama adalah menentukan posisi titik-titik katoda pada lintasan yang akan dilakukan pengujian geolistrik;
2. Tahap kedua adalah pengambilan data geolistrik;
3. Tahap ketiga adalah interpretasi hasil pengujian geolistrik untuk mengidentifikasi bidang lemah melalui posisi *cracks* yang telah terbentuk di dalam lereng;
4. Tahap keempat adalah menganalisis dan mengidentifikasi stabilitas lereng sebelum dan sesudah adanya *cracks*.

Beberapa peralatan yang digunakan pada saat melakukan penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Satu set peralatan geolistrik



**Gambar 5.** Seperangkat alat geolistrik

2. Kabel Geolistrik



**Gambar 6.** Kabel geolistrik

3. Penjepit Buaya dengan kabel



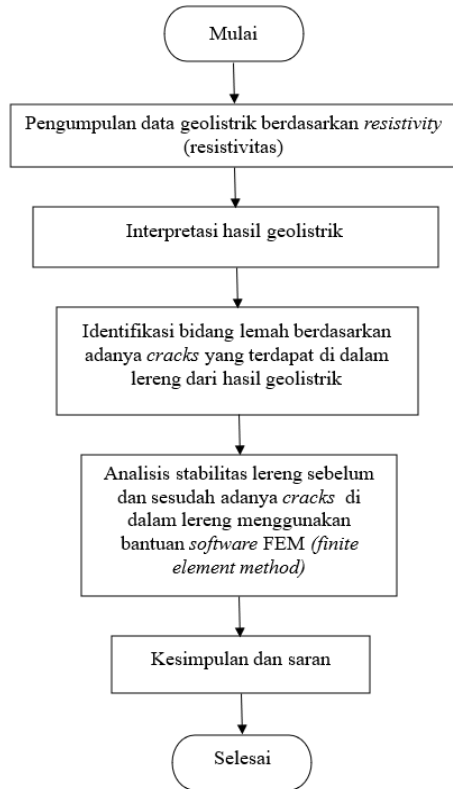
**Gambar 7.** Kabel penghubung antara katoda dan kabel geolistrik

4. Katoda (besi/paku)



**Gambar 8.** Paku sebagai katoda

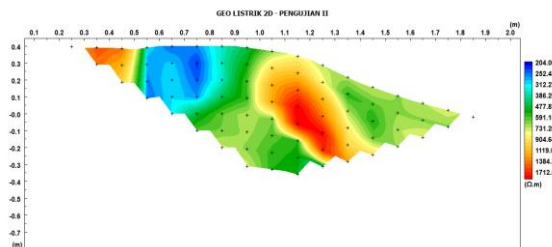
Pengujian geolistrik yang dilakukan menggunakan konfigurasi wenner alpha dengan panjang lintasan (*line*) 200 cm. Katoda yang digunakan adalah sebanyak 20 katoda, dengan jarak spasi antar katoda (besi) adalah 10 cm. Pengambilan data di lapangan dengan menancapkan katoda tanpa mencabut/menggeser elektroda secara berkala karena sudah di program dengan alat geolistrik. Data parameter yang didapatkan langsung di lapangan adalah nilai kuat arus (I) dan tegangan (V) yang tersimpan dalam format DAT (yang digunakan sebagai pemrosesan data didalam *software Geogiga Rtomo*).



Gambar 9. Bagan alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi hasil pengolahan data di lokasi penelitian terdiri dari hasil resistivitas pada setiap posisi yang diprediksi sebagai bidang lemah dengan adanya keterdapatannya *cracks* pada lapisan bawah permukaan tanah. Secara umum resistivitas yang diperoleh dari survei *tomography resistivity*.



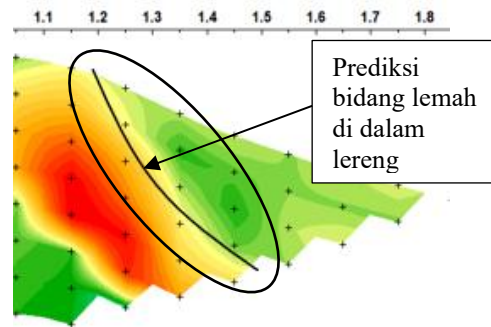
Gambar 10. Model penampang 2D berdasarkan hasil resistivity (resistivitas)

Gambar 10 menunjukkan hasil pengolahan data geolistrik berdasarkan hasil resistivity (resistivitas). Menurut hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan pengujian geolistrik didapatkan nilai interpretasi berdasarkan nilai resistivitas pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Interpretasi Pengujian Geolistrik berdasarkan nilai resistivitas

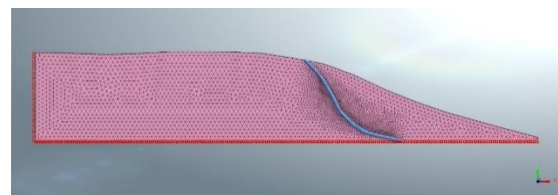
No.	Skala Warna	Nilai Resistivitas $\Omega m$	Jenis Batuan/Metrial
1		204,06 – 312,27	Tanah Jenuh dan Pasir Kelanauan
2		386,29 – 591,15	Tanah Agak Kering dan Pasir Kelanauan
3		731,28 – 1712,55	Tanah Kering, dan Pasir Kelanauan

Identifikasi bidang lemah berdasarkan adanya keterdapatannya *cracks* di lapisan bawah permukaan tanah berdasarkan hasil pengujian lapangan dengan metode geolistrik ditandai dengan hasil nilai resistivity yang tinggi. Berdasarkan hasil resistivitas (*resistivity*) untuk daerah prediksi bidang gelincir memiliki *high resistivity* yang ditandai dengan warna merah akibat lapisan tersebut telah tersisi oleh udara sehingga memiliki nilai resistivitas yang tinggi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Identifikasi bidang lemah di dalam lereng berdasarkan hasil resistivity (resistivitas)

Untuk analisis stabilitas lereng menggunakan software FEM (*finite element method*) dengan *model constitutive hardening soil model*. Alasan penggunaan *hardening soil model* karena *hardening soil model reasonable* terhadap kasus kelongsoran, selain itu lebih akurat dalam mendeskripsikan modulus kekuatan dari material tanah tersebut.



Gambar 12. Pemodelan cracks pada software FEM (*finite element method*)

Setelah dilakukan dianalisis menggunakan software FEM (*finite element method*) didapat

nilai *safety factor* (SF) dan *total displacement* sebelum dan sesudah adanya *cracks*.

```

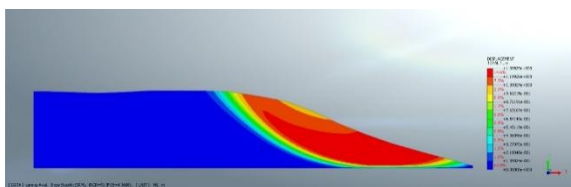
Output
> MAXIMUM STRESS : 0.0000E+000(1D:0),
> FACTOR OF SAFETY : 4.272
>
> [NONLINEAR ANALYSIS SUMMARY]
> LOAD INCREMENTS : 43
> ITERATIONS TOTAL : 155
> STIFFNESS UPDATES : 244
> LOAD BISECTIONS : 11
    
```

**Gambar 13.** Nilai *safety factor* (SF) sebelum adanya *cracks*.

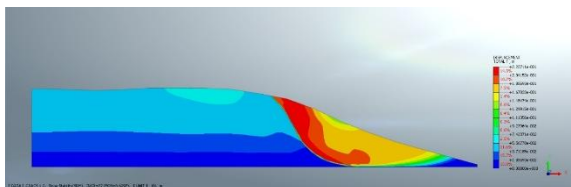
```

Output
> MAXIMUM STRESS : 0.0000E+000(1D:0),
> FACTOR OF SAFETY : 3.630
>
> [NONLINEAR ANALYSIS SUMMARY]
> LOAD INCREMENTS : 37
> ITERATIONS TOTAL : 87
> STIFFNESS UPDATES : 163
> LOAD BISECTIONS : 13
    
```

**Gambar 14.** Nilai *safety factor* (SF) sesudah adanya *cracks*.



**Gambar 15.** *Total displacement* pada lereng sebelum adanya *cracks*.



**Gambar 16.** *Total displacement* pada lereng sesudah adanya *cracks*.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian geolistrik menunjukkan gambaran bawah lapisan lereng terdapat bidang lemah, diidentifikasi dengan nilai resistivitas yang tinggi (731,28 – 1712,55)  $\Omega$ m. Penentuan bidang lemah yang berupa *cracks* menjadi kunci dalam prediksi longsor yang akan terjadi, maka dari itu untuk penentuan bidang longsor tidak serta merta dimodelkan dengan *trial and error*

karena kita belum mengetahui posisi *cracks* yang ada pada lapisan tanah. Oleh karena itu, di perlukan tambahan pengujian yang dapat menggambarkan struktur lapisan bawah permukaan seperti pada penelitian ini, sehingga menunjukkan bidang lemah yang ada di bawah permukaan lereng. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa *cracks* yang terdapat di dalam lereng sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Hal tersebut dibuktikan dengan menurunnya nilai *safety factor* (SF) pada lereng. Sebelum adanya *cracks* nilai *safety factor* (SF) = 4,272, sesudah terjadinya *cracks* pada pengujian geolistrik kedua nilai *safety factor* (SF) = 3,630. Penurunan nilai *safety factor* (SF) yang terjadi pada sebelum dan sesudah terjadinya *cracks* sebesar 0,642 atau 15,028 %.

## DAFTAR PUSTAKA

Alexsander, S., 2021. *Efek Cracks Lereng Tanah terhadap Design Bored Pile Beton untuk Penanggulangan Gejala Longsor pada Fasilitas Dermaga Penyebrangan Sei Kapitan Tebing Sungai Kumai Kabupaten Kotawaringin Barat..* Jakarta, Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI), p. 310.

Alexsander, S., Mochtar, I. B. & Utama, W., 2018. Field Validated Prediction Of Latent Slope Failure Based On Cracks Soil Approach. *Lowland Technology International Association of Lowland Technology*, 20(3), pp. 245-258.

Baker, R., Juni 1981. TENSILE STRENGTH, TENSION CRACKS, AND STABILITY OF SLOPES. *SOIL AND FOUNDATIONS, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.*, XXI(2), p. 1.

Das, B. M., 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Dasar Geoteknik) Jilid 2.* Jakarta: Alih Bahasa Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar, Penerbit Erlangga.

Mochtar, I. B., 2011. Investigasi Longsoran Bagian Belakang Kantor Walikota Kota Bontang, Kalimantan Timur. *Laporan Penyelidikan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), ITS, untuk Pemda Kota Bontang.*