

**PENERAPAN METODE *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY* (ERT)
UNTUK MENGETAHUI BIDANG LONGSOR PADA MODEL LERENG**

Ghulam Aghnia Fadh, Eko Andi Suryo, Arief Rachmansyah
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341) 567886
Email: agnifadh@gmail.com

ABSTRAK

Longsoran yang terjadi pada lereng merupakan salah satu permasalahan utama di bidang geoteknik. Untuk melakukan perbaikan maupun perkuatan pada lereng perlunya dilakukan penyelidikan tanah guna memprediksi bidang longsor pada lereng tersebut sehingga perbaikan dan perkuatan yang dilakukan dapat dilakukan secara efektif. Salah satu alternatif metode yang dapat dipakai adalah penggunaan metode geofisika, seperti geolistrik khususnya *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Penyelidikan ini diwujudkan dengan dembuatan suatu model fisik lereng dengan variasi keretakan dan diberikan pembebanan sebanyak 5 macam pembebanan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penggunaan metode penyelidikan geolistrik untuk mengetahui bidang longsor. Berdasarkan penelitian ini bidang longsor ataupun retakan terdapat pada lapisan dengan nilai resistivitas yang memiliki nilai resistivitas berbeda cukup signifikan.

Kata kunci : ERT, Keretakan, Resistivitas, Lereng, Bidang Longsor

ABSTRACT

Risks of landslide on land slope is very high and to avoid it, the land slope must have sufficient strength and bearing capacity that can withstand the load. One of soil reinforcement methods that can be performed on the slopes is to install geogrid material in the lining of the slopes. Therefore, conducted a study in order to obtain the parameters of slope and width of the footing that can produce the most optimum bearing capacity on a slope with the type of geogrid reinforcement, so that the risks of landslope can be reduce..In this research, physical model test slope with geogrid reinforcement. Variations were applied to the sample in the form of a slope angle of the slope and width of the footing. The main objective of this study was to determine the effect on the bearing capacity on slopes with geogrid reinforcement as compared with the bearing capacity on a slope without reinforcement. Based on this research, the ratio of the biggest increase in the bearing capacity is in the angle of 46 ° and a width of footing 4 cm.

Keywords: bearing capacity, sand slope, geogrid reinforcement, slope angles, footing width.

PENDAHULUAN

Longsor yang terjadi pada lereng merupakan salah satu permasalahan utama di bidang geoteknik. Untuk melakukan perbaikan maupun penguatan pada lereng perlunya dilakukan penyelidikan tanah guna memprediksi bidang longsor pada lereng tersebut sehingga perbaikan dan penguatan yang dilakukan dapat dilakukan secara efektif. Salah satu alternatif metode yang dapat dipakai adalah penggunaan metode geofisika, seperti geolistrik khususnya *Electrical Resistivity Tomography* (ERT).

TUJUAN

Tujuan Penelitian ini antara lain adalah untuk mengetahui cara memprediksi bidang longsor pada lereng dengan menggunakan penyelidikan geolistrik, serta mengetahui pengaruh retakan, air hujan serta pemberian beban dalam memprediksi bidang longsor dengan menggunakan penyelidikan geolistrik.

KAJIAN PUSTAKA

Tanah Residual

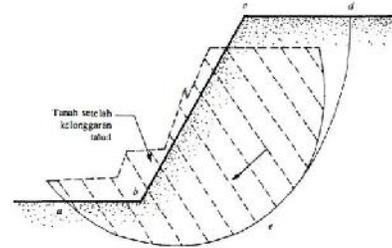
Tanah residual adalah tanah hasil pelapukan (*weathering*) setempat pada batuan dasar. Pelapukan ini berjalan baik secara fisik maupun kimiawi, dengan akibat batuan tersebut dirubah sifatnya sampai akhirnya menjadi tanah.

Sifat-sifat tanah residual dapat dianggap bergantung pada dua faktor utama, yaitu komposisi serta struktur. Komposisi meliputi sifat-sifat butir sendiri, yaitu ukuran, bentuk, serta jenis mineral sedangkan struktur meliputi keadaan asli tanah setempat meliputi kepadatan, gaya tarik menarik yang kuat antara butir (*interparticle bonds*)

Kelongsoran Lereng

Suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal kita namakan sebagai lereng. Lereng ini dapat terjadi secara alamiah atau buatan. Bila permukaan tanah tidak

datar, maka komponen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan lereng akan menyebabkan tanah bergerak kearah bawah



Gambar 1. kelongsoran lereng

Bidang gelincir dapat terbentuk dimana saja di daerah-daerah yang lemah

Pengaruh Air Hujan

Kelongsoran dapat disebabkan oleh beberapa faktor dimana salah satunya adalah curah hujan. Kelongsoran bisa terjadi apabila intensitas hujan yang turun lebih tinggi dibanding kemampuan tanah untuk menyerap air hujan

Pada tanah yang berlereng, air hujan yang turun akan lebih banyak berupa aliran permukaan, yang seterusnya air akan mengalir dengan cepat dan menghancurkan serta membawa tanah bagian atas (*top soil*) yang umumnya tanah subur

Hujan dengan intensitas tertentu yang terjadi secara terus menerus pada waktu tertentu pula akan menyebabkan penambahan massa tanah pada lereng akibat terbentuknya storage oleh infiltrasi air hujan tersebut

Pengaruh Keretakan Terhadap Kelongsoran Lereng

Beberapa keretakan akibat tegangan pada tanah sering ditemukan pada bagian atas lereng alami. Keretakan ini biasa terbentuk pada musim kemarau. Beberapa retakan kecil akan tersusun pada permukaan lereng bagian atas. Retakan kecil tersebut akan membentuk celah-celah yang berbeda di daerah lereng. Hal ini terjadi selama musim

kering setelah musim hujan dan kemarau yang berkepanjangan

Air hujan turun dan mengalir melalui retakan pada musim hujan dan mengakibatkan perubahan pada pola rembesan di lapisan tanah bagian dalam. Ketinggian muka air pada retakan akan merubah pola rembesan di bagian miring dari lereng. Retakan-retakan tersebut akan membentuk kolom jenuh di sekitar retakan

Metode Geolistrik (Resistivitas)

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah ataupun akibat injeksi arus ke dalam bumi

Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda kemudian dapat diturunkan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (sounding point).

Resistiviti ditentukan dari suatu tahanan jenis semu yang dihitung dari pengukuran perbedaan potensi antar elektroda yang ditempatkan di bawah permukaan

METODE PENELITIAN

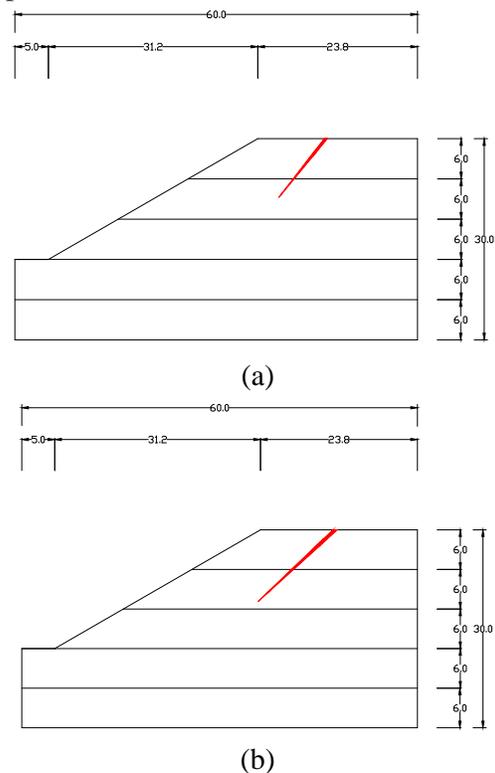
Pengujian Dasar

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini

1. uji analisis saringan (*grand size analysis*) mengikuti ASTM C-136-46
2. uji berat jenis tanah (*specific gravity*) mengikuti ASTM D-854-58
3. uji kepadatan (*compaction*) mengikuti ASTM D-698-70 metode B
4. uji kadar air tanah mengikuti ASTM D-2216

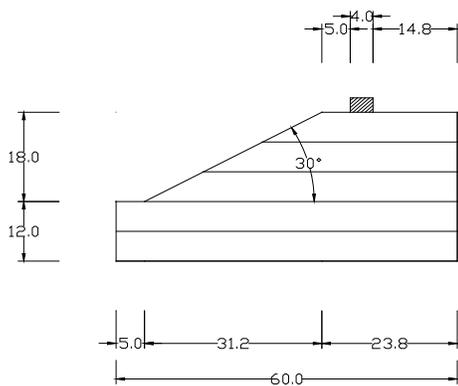
Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Pada penelitian ini dibuat 3 buah benda uji dengan 1 benda uji diberi keretakan sebesar 1/3 bidang longsor dan 2 benda uji diberi keretakan sebesar 2/3 bidang longsor, masing-masing benda uji diberi 5 variasi pembebanan berupa $0 Q_u$, $0,25 Q_u$, $0,5Q_u$, $0,75 Q_u$, dan Q_u . Pondasi menerus diposisikan dengan jarak 9 cm dari tepi lereng. Simulasi hujan dilakukan pada 1 benda uji dengan keretakan sebesar 2/3 bidang longsor. Benda uji pada **Gambar 2**



Gambar 2 model benda uji (a) dengan 1/3 retak bidang longsor (b) dengan 2/3 retak bidang longsor

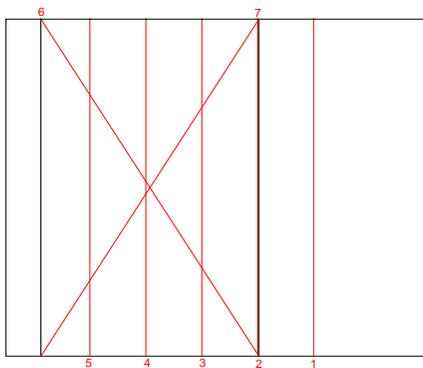
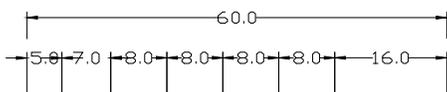
Pengujian pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi, digunakan *load cell* dengan kapasitas 5 ton dan dapat langsung dibaca besarnya beban yang terjadi. Pembebanan dilakukan 2 kali, pembebanan pertama dilakukan untuk mengetahui nilai beban ultimit sedangkan beban kedua dilakukan secara bertahap sesuai dengan variable beban yang diberikan



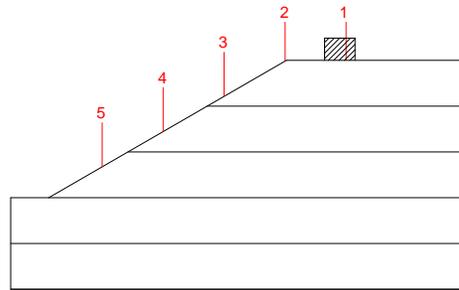
Gambar 3. Model pembebanan

Metode Penyelidikan Geolistrik

Pengujian geolistrik dilakukan menggunakan alat *resistivitymeter* yang dihubungkan dengan 4 buah elektroda. 4 elektroda tersebut terdiri dari 2 buah elektroda arus dan 2 buah elektroda potensial tegangan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan konfigurasi *Wenner* dengan jarak antar elektroda sebesar 4 cm dan terdapat 14 buah titik penempatan elektroda pada lintasan horizontal dan 16 buah titik pada lintasan diagonal. Sehingga terdapat 26 datum point pada lintasan horizontal dan 35 datum point pada lintasan diagonal.



(a)



(b)

Gambar 4. lintasan elektroda pengujian geolistrik (a) tampak atas (b) tampak samping

Metode Analisis Data

Nilai tahanan jenis hasil pengukuran geolistrik berupa tahanan jenis semu, untuk memperoleh nilai tahanan jenis sebenarnya dilakukan dengan menghitung resistivitas () semu hasil pengukuran menggunakan persamaan:

$$= k \frac{\Delta V}{I}$$

dengan I arus dalam Ampere, V beda potensial dalam volt, tahanan jenis dalam Ohm meter dan k faktor geometri elektroda dalam meter. Kemudian data hasil pengukuran tersebut diolah dengan menggunakan bantuan *software Res2Dinv* untuk menampilkan penampang *isoresistivity 2D*

PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Kadar Air dan Kepadatan Tanah pada Model

Kadar air dan kepadatan tanah sangat berpengaruh terhadap hasil penyelidikan geolistrik yang dilakukan, karenanya pemeriksaan kadar air dan kepadatan tanah dilakukan sebelum penyelidikan geolistrik. Pemeriksaan kadar air dan kepadatan tanah pada model tes yang diuji dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 1. Hasil uji pemeriksaan kadar air dan kepadatan pada model lereng dengan 1/3 retak bidang longsor

Lapisan	Berat isi Kering (g/cm ³)	Kadar air (%)
1	1.064	26.07
2	1.068	28.41
3	1.095	26.29
4	1.087	28.28
5	1.091	27.74
Rata-rata	1.081	27.357

Tabel 2. Hasil pemeriksaan kadar air dan kepadatan pada model lereng dengan 2/3 retak bidang longsor

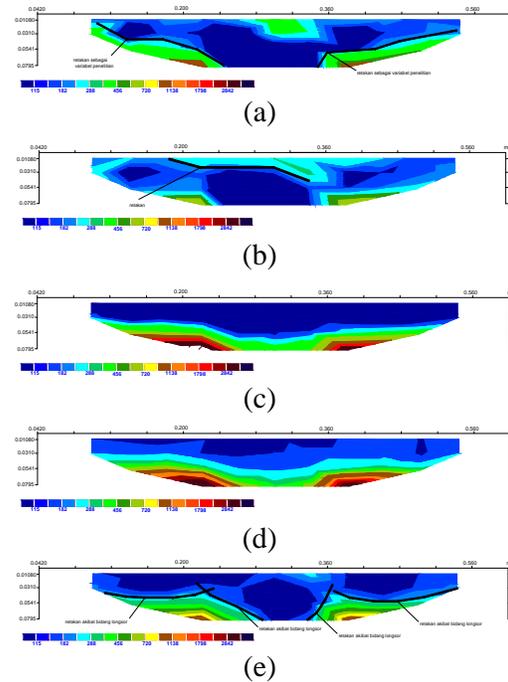
Lapisan	Berat isi Kering (g/cm ³)	Kadar air (%)
1	1.037	24.55
2	1.037	24.41
3	1.039	25.04
4	1.029	25.56
5	1.010	25.53
Rata-rata	1.030	25.018

Tabel 3. Hasil pemeriksaan kadar air dan kepadatan pada model lereng dengan 2/3 retak bidang longsor dan simulasi hujan

Lapisan	Berat isi Kering (g/cm ³)	Kadar air (%)
1	1.064	26.96
2	1.068	27.52
3	1.095	26.06
4	1.087	26.69
5	1.091	26.45
Rata-rata	1.081	26.736

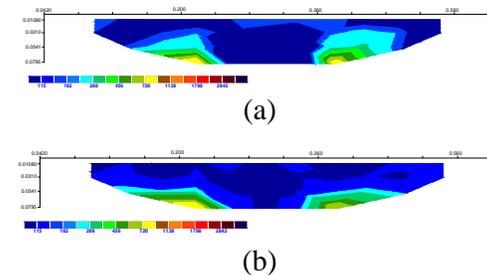
Hasil Inversi 2 Dimensi Model dengan 1/3 retak pada Bidang Longsor

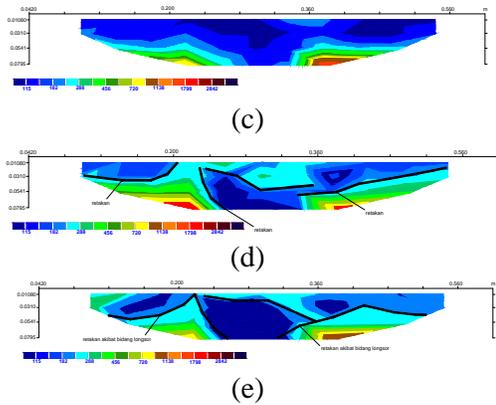
Gambar berikut merupakan model bawah permukaan dengan kedalaman 7,95 cm:



Gambar 5 Penampang resistivitas bawah permukaan model dengan 1/3 retak bidang longsor pada lintasan 1 dengan beban (a) 0 Qu; (b) 0,25 Qu; (c) 0,5 Qu; (d) 0,75 Qu; (e) Qu

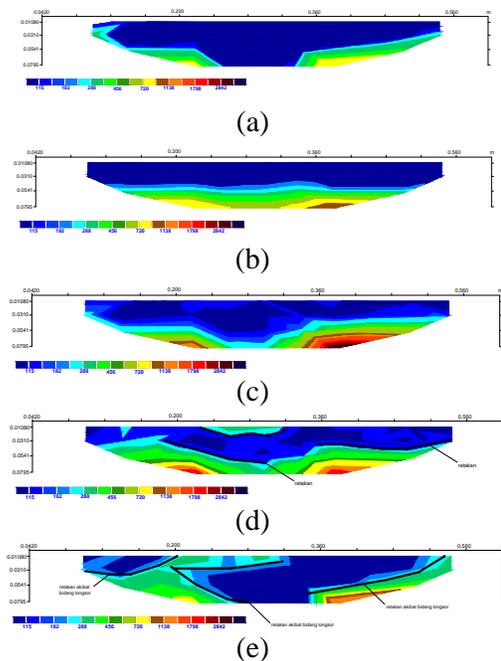
Dari **Gambar 5** terlihat seiring dengan penamahan beban yang dilakukan, nilai resistivitas pada lapisan permukaan mengalami penurunan, namun pada saat beban telah mencapai nilai ultimit terlihat pada kedalaman 7,95 cm terjadi penurunan nilai. Hal ini menunjukkan air yang terkandung dalam tanah seiring dengan pemberian beban semula naik ke permukaan karena adanya tekanan air pori eksese, namun ketika beban mencapai ultimit tanah runtuh sehingga terbentuk lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda cukup signifikan.





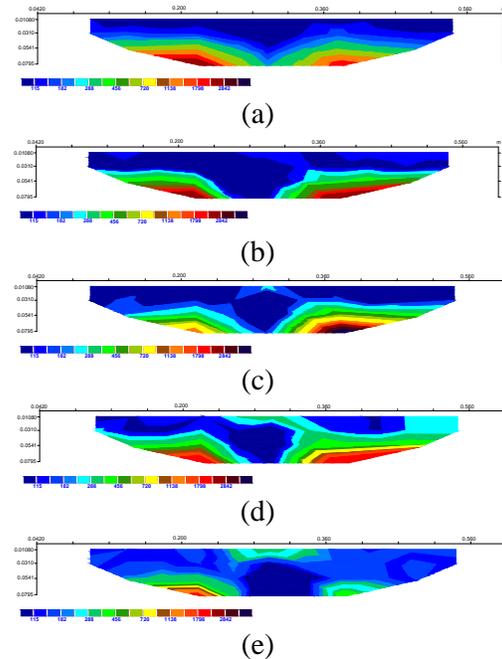
Gambar 6 Penampang resistivitas bawah permukaan model dengan 1/3 retak bidang longsor pada lintasan 3 dengan beban (a) 0 Qu; (b) 0,25 Qu; (c) 0,5 Qu; (d) 0,75 Qu; (e) Qu

Dari **Gambar 6** (a) tidak terlihat adanya perbedaan nilai resistivitas yang signifikan, hal ini menunjukkan retakan yang dibuat sebagai variabel penelitian tidak sampai pada lintasan 3. Perbedaan nilai resistivitas baru terlihat pada gambar (d) dan (e) ketika beban hampir mencapai nilai ultimit.



Gambar 7 Penampang resistivitas bawah permukaan model dengan 1/3 retak bidang longsor pada lintasan 4 dengan beban (a) 0 Qu; (b) 0,25 Qu; (c) 0,5 Qu; (d) 0,75 Qu; (e) Qu

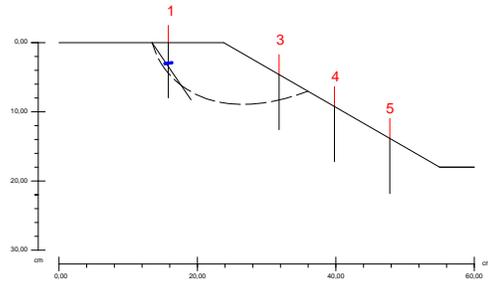
Dari **Gambar 7** (a) tidak terlihat adanya perbedaan nilai resistivitas yang signifikan, hal ini menunjukkan retakan yang dibuat sebagai variabel penelitian tidak sampai pada lintasan 4. Nilai resistivitas dominan rendah pada awal pembebanan menunjukkan terjadi pengumpulan air pada lintasan 4. Perbedaan nilai resistivitas baru terlihat pada gambar (d) dan (e) ketika beban hampir mencapai nilai ultimit.



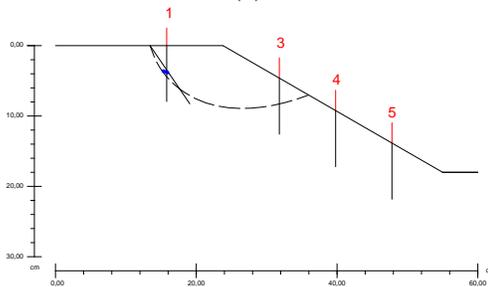
Gambar 8 Penampang resistivitas bawah permukaan model dengan 1/3 retak bidang longsor pada lintasan 5 dengan beban (a) 0 Qu; (b) 0,25 Qu; (c) 0,5 Qu; (d) 0,75 Qu; (e) Qu

Dari **Gambar 8** tidak terlihat adanya perbedaan nilai resistivitas yang signifikan, hal ini menunjukkan retakan yang dibuat sebagai variabel penelitian tidak sampai pada lintasan 5. Terlihat perubahan pada (d) namun pada (e) terlihat lapisan dominan berwarna biru kembali hal ini menunjukkan bidang longsor tidak terbaca pada lapisan ini. Hal tersebut dikarenakan lintasan 5 terlalu jauh dari bidang longsor yang terbentuk.

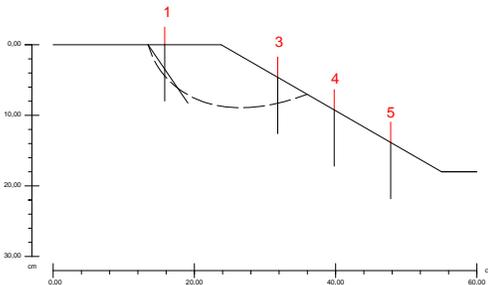
Dari gambar inverse 2 dimensi dilakukan interpretasi untuk mencocokkan hasil analisis keretakan dengan keretakan yang terlihat secara visual dari bagian samping box penelitian.



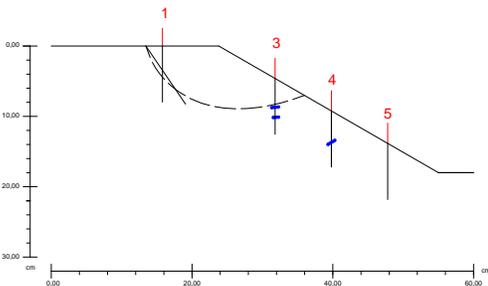
(a)



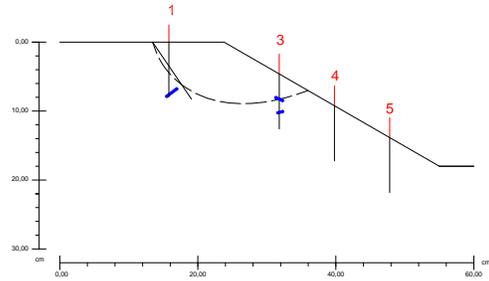
(b)



(c)



(d)



(e)

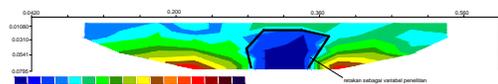
Gambar 9 Interpretasi 2 Dimensi model 1/3 retak bidang longsor dengan beban (a) 0 Qu; (b) 0,25 Qu; (c) 0,5 Qu; (d) 0,75 Qu; (e) Qu

dari gambar tersebut garis putus-putus menunjukkan bidang longsor yang terlihat secara visual melalui bagian samping box, garis lurus menunjukkan retakan yang dibentuk sebagai variable penelitian, sedangkan garis tebal berwarna biru menunjukkan keretakan yang ada pada gambar inverse 2 dimensi.

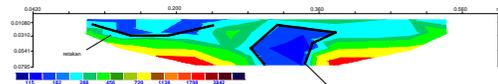
Dari **Gambar 9** keretakan yang terbentuk sebagai variable penelitian maupun keretakan akibat bidang longsor terlihat sesuai dengan analisis keretakan pada hasil inverse 2 dimensi. Hal ini terlihat dari garis biru yang terdapat pada sekitar pola bidang longsor yang terlihat.

Hasil Inversi 2 Dimensi Model dengan 2/3 retak pada Bidang Longsor

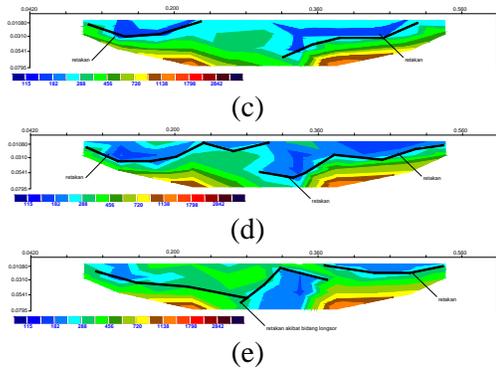
Pada model dengan 2/3 retak pada bidang longsor, hasil gambar inverse 2 dimensi cenderung memiliki nilai resistivitas yang lebih tinggi, hal ini disebabkan kadar air pada tanah model dengan 2/3 retak pada bidang longsor lebih rendah dibandingkan dengan kadar air pada tanah model dengan 1/3 bidang runtuh.



(a)

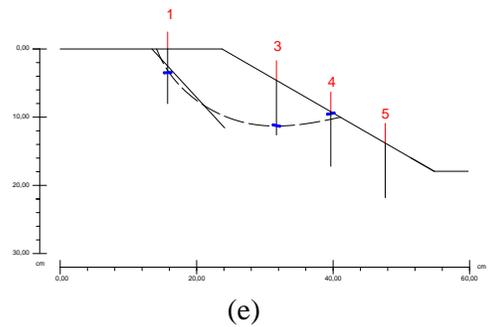
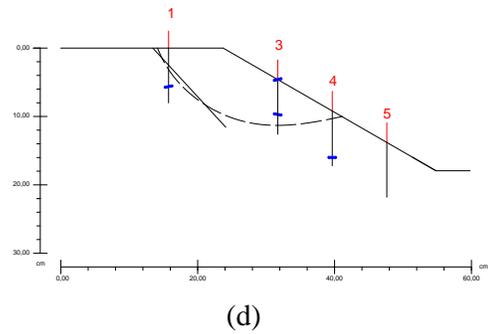
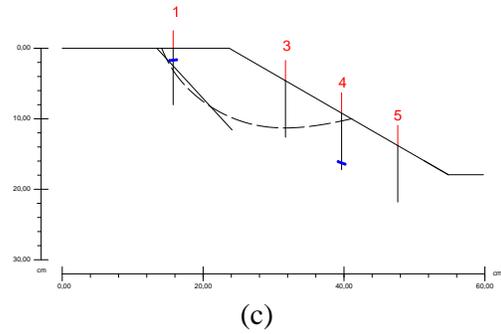
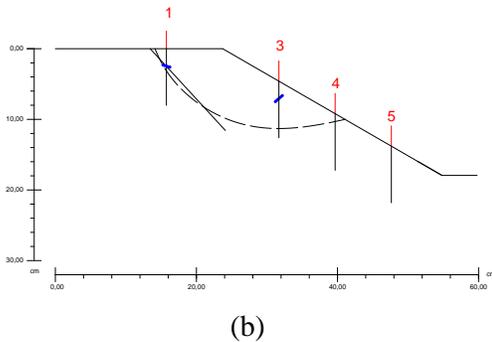
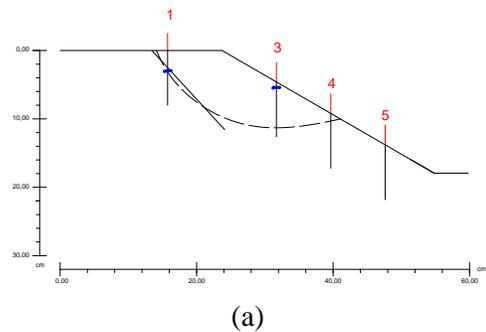


(b)



Gambar 10 Penampang resistivitas bawah permukaan model dengan 2/3 retak bidang longsor pada lintasan 3 dengan beban (a) 0 Qu; (b) 0,25 Qu; (c) 0,5 Qu; (d) 0,75 Qu; (e) Qu

Pada **Gambar 10** (c) terlihat perbedaan pola dibandingkan pada gambar sebelumnya, hal ini menunjukkan keretakan sudah mulai terbentuk pada pembebanan 0,5 Qu. Perbedaan nilai resistivitas yang cukup signifikan menunjukkan adanya keretakan di antara lapisan dengan nilai resistivitas rendah dan lapisan dengan nilai resistivitas tinggi.

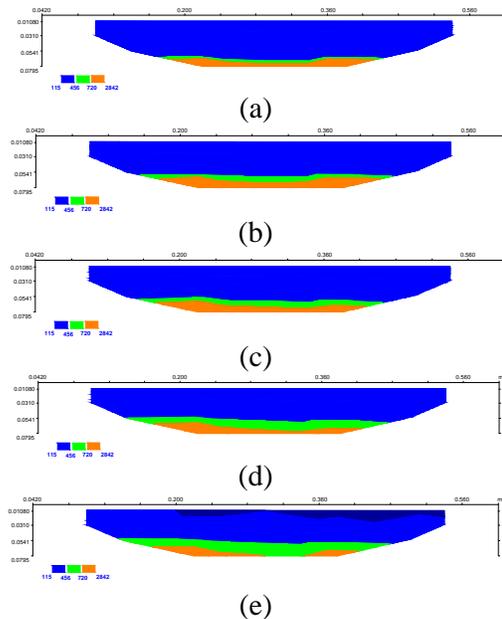


Gambar 11 Interpretasi 2 Dimensi model 2/3 retak bidang longsor dengan beban (a) 0 Qu; (b) 0,25 Qu; (c) 0,5 Qu; (d) 0,75 Qu; (e) Qu

Dari **Gambar 11** (a), (b), (c) dan (d) terlihat keretakan yang terlihat dari hasil inverse 2 dimensi cukup jauh dari pola kolongSORan yang terlihat secara visual pada bagian samping box, hal ini bisa terjadi dikarenakan keretakan sepanjang lereng dimungkinkan tidak seragam. Namun pada **Gambar 11** (e) terlihat keretakan pada hasil inverse 2 dimensi hamper menyerupai pola kelongSORan yang terlihat. Hal ini menunjukkan pada pembebanan mencapai beban ultimit lereng mengalami keruntuhan sehingga pola kelongSORan mulai terbentuk.

Hasil Inversi 2 Dimensi Model dengan 2/3 retak pada Bidang Longsor dan Pemberian Simulasi Hujan

Pada model dengan 2/3 retak pada bidang longsor dan pemberian simulasi hujan, hasil gambar inverse 2 dimensi cenderung menunjukkan nilai resistivitas rendah secara merata, dan tidak terlihat adanya perubahan yang signifikan seiring dengan penambahan beban yang dilakukan. Pada pengamatan visual pun tidak terlihatnya bidang longsor, sehingga tidak dapat dilakukan analisis lebih jauh



Gambar 12 Penampang resistivitas bawah permukaan model dengan 2/3 retak bidang longsor pada lintasan 3 dengan beban (a) 0 Qu; (b) 0,25 Qu; (c) 0,5 Qu; (d) 0,75 Qu; (e) Qu

Pada **Gambar 12** terlihat lapisan dengan warna dominan biru pada setiap penambahan beban, lapisan berwarna biru menunjukkan nilai resistivitas yang rendah. Hal ini disebabkan kandungan air yang tinggi akibat pemberian simulasi hujan. Air merupakan penghantar listrik yang baik, karenanya lapisan dengan kadar air tinggi akan memiliki nilai resistivitas yang rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *ERT* dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk memprediksi keretakan, dengan melihat pergerakan air yang terkandung dalam tanah. Keretakan dapat terlihat pada lapisan tanah yang memiliki nilai resistivitas yang berbeda cukup signifikan dengan nilai resistivitas sekitarnya
2. Keretakan yang terbentuk di awal sebagai variabel penelitian dan keretakan yang terbentuk akibat bidang longsor terlihat memiliki nilai resistivitas rendah, sehingga sulit untuk dibedakan antara keretakan dan bidang longsor
3. Simulasi hujan yang dilakukan mengakibatkan sulit melihat pola keretakan yang terjadi, hal ini dikarenakan kondisi tanah yang menjadi sangat basah secara keseluruhan, mengakibatkan nilai resistivitas yang terbaca bernilai rendah secara menyeluruh sehingga sulit untuk menentukan keretakan yang terjadi

SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada penelitian selanjutnya:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut skala lapangan, karena tanah di lapangan lebih beragam sehingga pembacaan nilai resistivitas lebih beragam
2. Dalam penelitian skala laboratorium, perlu dilakukan pencampuran air dan tanah yang lebih baik, sehingga kadar air untuk masing-masing model dapat seragam karena perbedaan kadar air akan berpengaruh cukup signifikan terhadap pembacaan nilai resistivitas.

3. Perlu digunakan box dengan ukuran yang lebih panjang, agar lintasan elektroda menjadi lebih panjang sehingga penyelidikan geolistrik bisa menghasilkan pembacaan yang lebih dalam.
4. Alat yang digunakan untuk penelitian skala laboratorium sebaiknya menggunakan alat yang sesuai dengan alat yang digunakan untuk penyelidikan di lapangan, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat
5. Untuk penelitian skala laboratorium dalam pemberian simulasi hujan sebaiknya digunakan alat yang lebih memadai, sehingga butiran air yang jatuh ke permukaan tanah lebih kecil sehingga lebih menyerupai hujan dalam skala laboratorium

DAFTAR PUSTAKA

- Buckman dan Nyle.C. Brady., 1982. *Ilmu Tanah*. Bhatara Karya Aksara. Jakarta
- Craig, R.F. 2004. *Soil Mechanics, 7th Edition*. London : Spon Press.
- Das, Braja M.1991."Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1". Jakarta : Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Chistady.2007."Mekanika Tanah 2 (Edisi Keempat)".Yogyakarta : GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS.
- IGWE, Ogbonnaya. 2005. Excess pore water pressure change necessary to cause flow liquefaction failure of sands loaded in undrained condition. Annual of disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 48 B, 2005
- Panek, Tomas. 2008. Application of electrical Resistivity Tomography (ERT) in the study of various types of slope deformations in anisotropic bedrock : case studies from the flysch carpathians. *Studia geomorphologica carpatho-balcanica vol XIJI, 2008: 57-73 PL ISSN 0081-6434*
- Rolia, Eva. 2011. Penggunaan Metode Geolistrik untuk Mendeteksi Keberadaan Air tanah. *Jurnal Tapak Vol. 1 No. 1 November 2011. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.*
- Sakka. 2002. *Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. Makassar : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanudin.
- V., Lehtonen. 2013. Two Methods for estimating excess pore pressure in LEM. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013
- Wesley, D Laurence. 2010. "Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu" Yogyakarta : ANDI .