



TUGAS AKHIR - RF-141501

**ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG TANAH  
MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DAN *LIMIT  
EQUILIBRIUM METHOD* DI DAERAH OLAK ALEN,  
SELOREJO, BLITAR**

ANDRIYAN YULIKASARI  
NRP. 3713100045

Dosen Pembimbing  
Dr. Widya Utama, DEA  
M. Singgih Purwanto, S.Si., MT

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017





TUGAS AKHIR - RF-141501

**ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG TANAH  
MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DAN *LIMIT  
EQUILIBRIUM METHOD* DI DAERAH OLAK ALEN,  
SELOREJO, BLITAR**

ANDRIYAN YULIKASARI  
NRP. 3713100045

Dosen Pembimbing  
Dr. Widya Utama, DEA  
M. Singgih Purwanto, S.Si., MT

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



UNDERGRADUATE THESIS - RF-141501

**ANALYSIS OF SAFETY FACTOR IN LANDSLIDE USING  
RESISTIVITY 2D AND LIMIT EQUILIBRIUM METHOD IN  
OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR**

ANDRIYAN YULIKASARI  
NRP. 3713100045

Supervisor  
Dr. Widya Utama, DEA  
M. Singgih Purwanto, S.Si., MT

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG TANAH  
MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DAN *LIMIT  
EQUILIBRIUM METHOD* DI DAERAH OLAK ALEN, SELOREJO,  
BLITAR**

**TUGAS AKHIR**

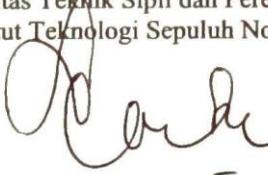
Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Departemen Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 28 Juli 2017

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing 1, Dosen Pembimbing 2,

  
Dr. Widya Utama, DEA DEPARTEMEN M. Singgih Purwanto, S.Si., MT  
NIP. 196110241988031001 TEKNIK GEOFISIKA NIP. 198009162009121002

Menyetujui,  
Kepala Laboratorium Eksplorasi  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

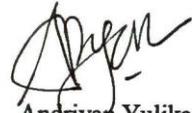
  
Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., MT  
NIP. 196909061997021001

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan “**Analisis Faktor Keamanan Lereng Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2D dan *Limit Equilibrium Method* di Daerah Olak Alen, Selorejo, Blitar**” adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 28 Juli 2017



Andriyan Yulikasari  
NRP. 3713100045

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Rabb semesta alam yang Maha Pemurah dan Maha Pengasih, yang telah mencurahkan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam semoga tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, kepada para sahabatnya dan utamanya hingga akhir zaman yang senantiasa istiqomah berjuang di jalan-Nya.

Tugas akhir yang berjudul “Analisis Faktor Keamanan Lereng Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2D dan *Limit Equilibrium Method* di Daerah Olak Alen, Selorejo, Blitar” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap Sarjana di Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Widya Utama, DEA dan M. Singgih Purwanto, S.Si., MT sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir penulis atas waktu, kritik, saran, kesabaran dan seluruh wujud bimbingannya serta segala bantuan yang diberikan.
2. Kedua orang tua penulis dan ketiga adik-adik penulis yang telah memberikan nasehat, doa, dan motivasi yang tiada hentinya kepada penulis.
3. Bapak Stephanus Alexsander yang sangat berjasa dengan mengizinkan penulis menggunakan data disertasinya.
4. *Team Crackers* (Arin, Mella, Ais, Farida) selaku teman seperjuangan satu tim yang tanpa lelah selalu saling menyemangati
5. Seluruh Dosen Teknik Geofisika FTSP ITS, khususnya Dr. Dwa Desa Warnana, M.Si, Dr. Amien Widodo, Dr. Ayi Syaeful Bahri, M.Si, Anik Hilyah, S.Si, MT, Wien Lestari, ST, MT, Juan Pandu GNR, S.Si, MT, Firman Syaifuddin, ST, MT atas kesabarannya dalam memberikan wawasan dan ilmu geofisika kepada penulis.
6. Group Keluarga Bahagia (Erma, Filik, Seta, Beng, Candra, Ida, Diptya) sebagai teman berbagai hobi bermain gamelan dan nonton wayang, terimakasih atas waktu dan semangat yang diberikan.
7. Seluruh teman-teman TG-2 yang telah memberikan motivasi dan kebersamaannya selama ini.
8. Semua pihak yang namanya tidak tercantum karena keikhlasan mereka dalam membantu penulis dalam melakukan pengerjaan Tugas Akhir dan semoga segala amalnya diterima disisi Allah SWT. Amin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menghargai masukan berupa kritik dan saran dari semua pihak untuk memperbaikinya.

Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 11 Mei 2017

Andriyan Yulikasari

# **ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG TANAH MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DAN *LIMIT EQUILIBRIUM METHOD* DI DAERAH OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR**

Nama : Andriyan Yulikasari  
NRP : 3713100045  
Pembimbing : Dr. Widya Utama, DEA  
M. Singgih Purwanto, S.Si., MT

## **ABSTRAK**

Blitar menjadi salah satu wilayah yang menjadi langganan bencana tanah longsor. Di daerah Olak Alen Kecamatan Selorejo Kabupaten Blitar, bencana tanah longsor akan sering terjadi ketika hujan datang. Setidaknya terdapat 9 titik rawan longsor yang ada di daerah penelitian tersebut. Penyebab longsor salah satunya yaitu adanya retakan dalam lereng tanah. Retakan dalam lereng menjadi jalan masuknya air hujan yang menyebabkan penambahan beban dan akan membuat lereng tidak stabil. Dalam penelitian ini metode geolistrik resistivitas digunakan untuk mendeteksi adanya zona lemah dalam lereng, sedangkan *Limit Equilibrium Method* digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng tanah. Pengukuran geolistrik resistivitas dilakukan pada dua keadaan yang berbeda, yaitu diukur sebelum hujan dan setelah hujan. Dalam menganalisis kestabilan lereng digunakan parameter dari hasil pengujian laboratorium data bor tanah yaitu, parameter kohesi, sudut geser dan berat isi tanah. Berdasarkan hasil pengukuran rentang nilai resistivitas daerah penelitian dapat dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu nilai resistivitas rendah 2,15-10,9 Ohm meter, nilai resistivitas sedang 24,5-55,51 Ohm meter dan nilai resistivitas tinggi 124-628 Ohm meter. Sedangkan litologi daerah penelitian menurut geologi setempat dan hasil bor tanah menunjukkan keseragaman litologi yaitu pasir kelanauan. Adanya zona lemah dalam lereng ditunjukkan dengan nilai resistivitas 2,15-10,9 Ohm meter. Stabilitas lereng sebelum hujan memiliki nilai faktor keamanan yang lebih besar daripada nilai faktor keamanan setelah hujan. Nilai faktor keamanan sebelum hujan pada lintasan 5 dan 6 adalah 1.508, sedangkan yang setelah hujan memiliki nilai 1.458. Nilai faktor keamanan lereng pada lintasan 7 dan 8 sebelum hujan adalah 1.502, sedangkan yang setelah hujan adalah 1.273. Berdasarkan nilai faktor keamanan lereng tanah dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian dikategorikan aman karena nilai faktor keamanannya lebih besar dari 1.

***Kata kunci: faktor keamanan, resistivitas, retakan, stabilitas lereng***

# ***ANALYSIS OF SAFETY FACTOR IN LANDSLIDE USING RESISTIVITY 2D AND LIMIT EQUILIBRIUM METHOD IN OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR***

Name : Andriyan Yulikasari  
NRP : 3713100045  
Advisor : Dr. Widya Utama, DEA  
M. Singgih Purwanto, S.Si., MT

## ***ABSTRACT***

*Blitar is a region where that landslide always attack this area especially in rainy season. In Olak Alen, there are 9 landslide spots. One of factors that trigger this phenomenon is the presence of cracks in the slope. Cracks in slope become the way of rain water that lead mass addition and make the soil unstable. In this research, resistivity method is used to detect the presence of cracks and Limit Equilibrium to analyze the slope stability. Identification of cracks in slope known by low resistivity which is called weak zone. There are two differences measurement of resistivity value in wet and dry condition can be reference to make slope model which later will be used in calculation of slope stability. In slope analysis, soil parameters like cohesion, friction angle, and weight of soil content to know the influence of cracks in wet and dry condition. Based on measurement data, in research area can be categorized in three types, first is low resistivity 2,15-10,9 Ohm meter, medium resistivity 24,5-55,51 Ohm meter and resistivity at range 124-628 Ohm meter. Meanwhile, the research area according to local geology and soil drill results indicate the uniformity of lithology is shaly sand in the research area. Weak zone is identicated with low resistivity and stability of slope before rain have higher safety factor than after the rain. Safety factor in line 5 and 6 is 1.508 before rain and 1.458 after rain. Moreover, in line 7 and 8 before rain is 1.502 and 1.273 after rain. Based on the safety factor, it can be concuded that the research area is safe because the value of safety factor is greater than 1.*

***Keywords : safety factor, resistivity, cracks, slope stability***

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
ABSTRAK.....	xi
<i>ABSTRACT</i> .....	xii
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Metode Geolistrik Resistivitas 2D.....	5
2.2 Teori Kelongsoran .....	7
2.3 Stabilitas Lereng.....	11
2.3.1 Faktor Keamanan .....	12
2.3.2 Analisis Stabilitas Lereng .....	14
2.4 Geologi Regional Daerah Penelitian .....	18
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>21</b>
3.1 Peralatan .....	21
3.1.1 Peralatan Akuisisi Data Lapangan Geolistrik .....	21
3.1.2 Bahan dan Peralatan Akuisisi Data Model Laboratorium .....	21
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.3 <i>Road Map</i> Penelitian Tugas Akhir .....	29
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Analisis Data Lapangan Geolistrik Resistivitas .....	31
4.1.1 Lintasan 1 .....	31
4.1.2 Lintasan 2.....	32
4.1.3 Lintasan 3.....	33
4.1.4 Lintasan 4.....	34
4.1.5 Lintasan 5.....	35
4.1.6 Lintasan 6.....	36
4.1.7 Lintasan 7.....	37
4.1.8 Lintasan 8.....	38
4.2 Validasi Data Lapangan Resistivitas dengan Data Bor Tanah .....	39
4.3 Analisis Model Lereng .....	42

4.4 Analisis Faktor Keamanan Lereng Tanah.....	47
4.5 Analisis Data Model Laboratorium.....	52
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Translation Slide</i> .....	8
Gambar 2. 2 <i>Rational Slide</i> .....	8
Gambar 2. 3 <i>Surface Slide</i> .....	9
Gambar 2. 4 <i>Deep Slide</i> .....	9
Gambar 2. 5 Kesimbangan benda pada bidang miring .....	12
Gambar 2. 6 Permukaan bidang yang dicoba .....	15
Gambar 2. 7 Gaya yang bekerja pada irisan nomor n .....	16
Gambar 2. 8 Analisis stabilitas dengan metode irisan untuk tanah yang berlapis .....	16
Gambar 3. 1 Peralatan akuisisi data geolistrik .....	21
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian 1 .....	20
Gambar 3. 3 Diagram alir penelitian 2 .....	23
Gambar 3. 4 Desain Model Laboratorium .....	25
Gambar 3. 5 Desain akuisisi geolistrik (Sumber: Foto Udara) .....	26
Gambar 3. 6 <i>Road map</i> penelitian tugas akhir .....	29
Gambar 4. 1 Penampang resistivitas 2D lintasan 1, (a) sebelum hujan, (b) setelah hujan .....	32
Gambar 4. 2 Penampang resistivitas 2D lintasan 2, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan .....	33
Gambar 4. 3 Penampang resistivitas 2D lintasan 3, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan .....	34
Gambar 4. 4 Penampang resistivitas 2D lintasan 4, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan .....	35
Gambar 4.5 Penampang resistivitas 2D lintasan 5, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan .....	36
Gambar 4.6 Penampang resistivitas 2D lintasan 6, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan .....	37
Gambar 4. 7 Penampang resistivitas 2D lintasan 7, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan .....	38
Gambar 4. 8 Penampang resistivitas 2D lintasan 8, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan .....	39
Gambar 4.9 <i>Overlay</i> BH-2 dengan Penampang Resistivitas 2D Lintasan3 .....	40
Gambar 4.10 Model lereng sebelum hujan di lintasan 5 dan 6 .....	42
Gambar 4. 11 Model lereng setelah hujan lintasan 5 dan 6 .....	44
Gambar 4. 12 Model lereng sebelum hujan lintasan 7 dan 8 .....	45
Gambar 4. 13 Model lereng setelah hujan lintasan 7 dan 8 .....	46

Gambar 4. 14 Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 5 dan 6 sebelum hujan.....	49
Gambar 4. 15 Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 5 dan 6 setelah hujan.....	49
Gambar 4.16 Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 7 dan 8 sebelum hujan.....	50
Gambar 4.17 Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 7 dan 8 setelah hujan.....	51
Gambar 4.18 Penampang Resistivitas Model Laboratorium, (a) keadaan kering (b) keadaan setelah dibasahi.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Variasi Nilai Resistivitas Material Bumi (Wijaya, 2015) .....	6
Tabel 3.1 Koordinat UTM titik pengukuran di setiap Lintasan .....	25
Tabel 4.1 Kesimpulan Hasil BH-2 (Alexsander, 2017) .....	41
Tabel 4.2 Paramater model lereng sebelum hujan di lintasan 5 dan 6 .....	43
Tabel 4. 3 Parameter model lereng setelah hujan di lintasan 5 dan 6 .....	44
Tabel 4. 4 Parameter model lereng sebelum hujan di lintasan 7 dan 8 .....	45
Tabel 4.5 Parameter model lereng setelah hujan di lintasan 7 dan 8 .....	47

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Desa Olak Alen adalah salah satu daerah yang rawan longsor. Daerah ini terletak di lereng Gunung Butak. Topografi daerah ini sedikit curam, banyak tebing-tebing dan vegetasinya kebanyakan pohon bambu dan pohon jati. Tanah dari daerah ini terbentuk dari endapan Gunung Butak. Endapan jenis ini kebanyakan terdiri dari lempung. Menurut Kepala Desa setempat setidaknya terdapat 9 titik rawan longsor, keadaan diperparah ketika hujan deras melanda desa tersebut. Hujan adalah salah satu faktor yang dapat memicu terjadi kelongsoran. Tanah lempung adalah jenis tanah yang plastis yang akan menjadi lunak ketika kadar air bertambah dan akan menjadi kering dan keras ketika kadar air rendah (Wesley Laurence D., 2012). Karena sifat tanah lempung yang demikian maka dapat dimungkinkan terdapatnya retakan-retakan didalam lereng.

Penyelidikan stabilitas lereng tanah selalu dilaksanakan dengan cara mengetahui faktor-faktor pengaruh dan karakteristik perilaku tanah di lereng tersebut. Salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah keberadaan “retakan tanah” yang berpotensi menyebabkan ketidakstabilan lereng. Hujan akan menambah retakan tanah menjadi sangat berpengaruh. Limpasan air hujan ini akan mengisi celah atau retakan dengan material yang dapat mengubah lereng tanah akibat perbedaan karakteristik dan kekuatan gesernya. Karena material yang lebih porous, material ini akan jenuh lebih cepat daripada tanah asli lereng. Kondisi ini akan meningkatkan tekanan pori positif dalam tanah dan memengaruhi stabilitas lereng secara keseluruhan.

Penelitian mengenai stabilitas lereng akibat pengaruh retakan di permukaan dan infiltrasi air hujan telah banyak dilakukan. Suwimon Udphuay (2008) melakukan penelitian dugaan stabilitas tebing Pointe Du Doc di Normady, Prancis. Hasil penelitian dari Suwimon Udphuay (2008) mengindikasikan adanya pergerakan massa yang besar yang terjadi pada bagian gua yang terdapat pada dasar tebing terutama pada bagian yang sering mengalami hantaman gelombang laut. Selain Suwimon Udphuay peneliti lain yang melakukan penelitian kelongsoran dengan menggunakan resistivitas 2D adalah Eko Andi Suryo (2013) di mana hasil ERT digunakan untuk menentukan lokasi dan karakteristik geometri dari retakan yang terjadi di dalam lereng, di mana retakan yang terjadi dianggap sebagai bagian-bagian yang lemah (*weak zone*) yang kemudian dianalisa untuk mendapatkan nilai *safety factor* dari suatu lereng.

Pada penelitian ini, penyelidikan tanah dikhususkan untuk mendeteksi retakan dalam pada lereng tanah di Desa Olak Alen, Selorejo, Blitar menggunakan metode resistivitas 2D. Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Dalam penelitian ini, pembahasan dikhususkan pada metode geolistrik tahanan jenis atau resistivitas 2D. Pada metode geolistrik tahanan jenis, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus (elektroda A-B). Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial (elektroda M-N). Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (Adhi, 2007). Tujuan utama dari pengukuran geolistrik adalah menentukan distribusi beda potensial dari lapisan bawah permukaan sehingga dapat diketahui letak retakan dalam lereng.

Penyelidikan geoteknik pada penelitian ini dikhususkan untuk mengetahui perbedaan kestabilan lereng tanah ketika sebelum hujan dan sesudah hujan dengan menggunakan metode *Limit Equilibrium Method* (LEM). Metode ini menggunakan konsep keseimbangan gaya di bidang miring. Sehingga penguraian gaya-gaya yang bekerja di lereng adalah berdasarkan konsep keseimbangan gaya. Metode LEM adalah metode yang umum digunakan untuk menganalisis faktor keamanan. Perhitungan nilai faktor keamanan lereng pada metode ini menggunakan metode irisan pada bidang longsor dan dengan mengasumsikan bahwa bidang longsor berbentuk *circular* atau *non circular*. Sehingga dengan melakukan pemodelan lereng yang berdasarkan data geolistrik dan data bor tanah serta kondisi asli dari lereng tersebut, maka perhitungan stabilitas lereng dapat dilakukan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan persebaran zona lemah dalam lereng tanah menggunakan metode resistivitas 2D dan bagaimana menentukan nilai faktor keamanan pada lereng tanah menggunakan metode *Limit Equilibrium Method* (LEM) sebelum hujan dan sesudah hujan.

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk mempersempit dan memfokuskan analisis penelitian, maka dilakukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengukuran geolistrik resistivitas dilakukan setelah hujan lebat dengan intensitas lebih dari atau sama dengan 100 ml per hari.
2. Bidang longsor berbentuk lingkaran atau rotasi.

3. Model lereng dibuat dengan tidak memperhitungkan muka air tanah.
4. Perlapisan model lereng dibuat berdasarkan data geolistrik resistivitas sebelum hujan dan sesudah hujan.
5. Model material menggunakan model Mohr Coulomb.
6. Tidak meninjau pengaruh gempa dan beban luar yang terjadi.
7. Tidak memperhitungkan rembesan air tanah.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran zona lemah dalam lereng tanah dan untuk mengetahui kestabilan lereng dan besarnya nilai faktor keamanan pada lereng sebelum dan sesudah hujan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah Blitar dalam pemetaan daerah rawan bencana atau pembuatan kebijakan terkait longsor.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi peneliti selanjutnya untuk memetakan daerah rawan longsor di daerah lain.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dasar desain lereng yang sesuai dengan litologi setempat.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Metode Geolistrik Resistivitas 2D

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Dalam penelitian ini, pembahasan dikhususkan pada metode geolistrik resistivitas. Metode geolistrik resistivitas merupakan metode geolistrik yang mempelajari sifat resistivitas (tahanan jenis) listrik dari lapisan batuan di dalam bumi. Metode ini termasuk metode yang tidak alami (pasif), sebab dalam metode ini dibutuhkan injeksi arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial (Aswathanarayana, 1995; Ward, 1990). Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial, akan dapat dihitung variasi harga resistivitas pada lapisan permukaan bumi di bawah titik ukur (*sounding point*). Pada metode ini dikenal banyak konfigurasi elektroda, diantaranya yang sering digunakan adalah konfigurasi Wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner-Schlumberger, konfigurasi Dipole-dipole, Rectangle LintasanSource, dan sistem gradien tiga titik. Dalam penelitian ini konfigurasi yang digunakan adalah Wenner-Schlumberger. Secara otomatis dari pengukuran ini akan diperoleh nilai beda potensial (mV), kuat arus (mA), resistivitas semu (Ohm meter). Adapun persamaan dasar untuk menghitung resistivitas semu adalah sebagai berikut (Telford, 1990),

$$\rho = \pi n(n + 1)a \times \frac{V}{I} \quad (1)$$

Dengan:

$\rho$  = resistivitas semu (Ohm meter)

$n$  = banyaknya pengukuran

$a$  = spasi elektroda terkecil (m)

$V$  = beda potensial (V)

$I$  = kuat arus (A)

Metode ini lebih efektif dan cocok digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 kaki atau 1500 kaki. Oleh karena itu, metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang engineering geology seperti penentuan kedalaman basement (batuan dasar), pencarian reservoir (tandon) air, dan eksplorasi geothermal (panas bumi) (Adhi, 2007).

Pendugaan geolistrik merupakan salah satu cara penelitian dari permukaan tanah untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan. Model pendugaan

ini menggunakan prinsip bahwa lapisan batuan atau material mempunyai tahanan yang bervariasi, yang disebut dengan tahanan jenis (*resistivity* atau rho ‘ $\rho$ ’). Besarnya resistivitas diukur dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi dan memperlakukan lapisan batuan sebagai media penghantar arus. Setiap material atau batuan mempunyai kisaran resistivitas yang berbeda dengan material lain. Struktur geologi, litologi (jenis batuan) dan topografi (kemiringan lereng), penting untuk mempelajari kondisi daerah survei. Kemiringan lereng (topografi) akan mempengaruhi bidang gelincir yang menyebabkan tanah longsor. Nilai resistivitas dari berbagai variasi material bumi (batuan) dapat terlihat dari Tabel 2.1 di bawah ini:

**Tabel 2. 1 Variasi Nilai Resistivitas Material Bumi (Wijaya, 2015)**

<b>Material</b>	<b>Resistivitas (Ohm-Meter)</b>
Pyrite (Pirit)	0.01 – 100
Quartz (Kwarsa)	500 - 800.000
Calcite (Kalsit)	$1 \times 10^{12}$ - $1 \times 10^{13}$
Rock Salt (Garam Batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granite (Granit)	200 - 100.000
Andesite (Andesit)	$1.7 \times 10^2$ - $45 \times 10^4$
Basalt (Basal)	200 - 100.000
Limestone (Gamping)	500 - 10.000
Sandstone (Batu Pasir)	200 - 8.000
Shales (Batu Tulis)	20 - 2.000
Sand (Pasir)	1 - 1.000
Clay (Lempung)	1 – 100
Ground Water (Air Tanah)	0.5 – 300
Sea Water (Air Asin)	0.2
Magnetite (Magnetit)	0.01- 1.000
Dry Gravel (Kerikil Kering)	600 - 10.000
Alluvium (Aluvium)	10 – 800
Gravel (Kerikil)	100 – 600

## 2.2 Teori Kelongsoran

Kelongsoran atau keruntuhan lereng adalah pergerakan massa tanah atau batuan sepanjang bidang gelincir atau suatu permukaan geser dengan arah tegak, mendarat atau miring terhadap kedudukan semula karena pengaruh air, gravitasi, dan beban luar (Fauzi, 2012). Untuk menentukan penyebab serta cara penanggulangan kelongsoran, maka diperlukan adanya pengklasifikasian tanah berdasarkan macam gerakan, mekanisme dan material yang bergerak. Adapun macam-macam gerakan tanah yaitu:

1. Aliran cepat (*rapid flowage*)

Pada gerakan tanah jenis aliran, material yang bergerak terlihat cepat dan dapat diikuti dengan kecepatan mata terlihat. Umumnya terjadi pada material lunak yang jenuh air dan terdapat pada daerah berlereng. Sedangkan jika ditinjau dari jenis material yang bergerak, maka jenis ini dapat dibedakan menjadi :

- a. Aliran tanah (*earth flow*), material yang bergerak berupa tanah.
- b. Aliran lumpur (*mud flow*), material yang bergerak berupa lumpur.

2. Aliran perlahan-lahan (*creep*)

Gerakan tanah jenis ini, pada umumnya kecepatan dari material yang bergerak sangat lambat, sehingga hampir tidak dapat diamati dengan mata. Pergerakan material dapat mencapai waktu bertahun-tahun. Hanya akibat dari gerakan tersebut yang terlihat, seperti beberapa deretan pohon yang miring dengan arah yang relatif sama.

3. Amblesan (*subsidence*)

Merupakan jenis gerakan tanah yang berupa turunnya permukaan tanah secara bersama-sama. Umumnya terjadi di daerah yang lunak serta terdapat beban di atasnya atau pada daerah batuan yang di bawahnya terdapat goa atau akibat struktur geologi.

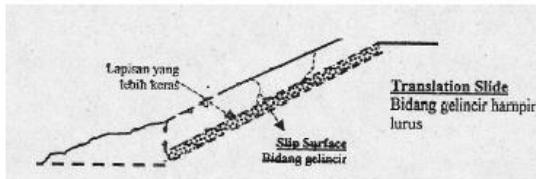
4. Runtuhan

Gerakan tanah ini disebabkan oleh keruntuhan tarik yang diikuti dengan gerakan jatuh bebas akibat gravitasi yang bergerak cepat. Material tanah atau batuan lepas dari tebing curam dengan sedikit pergeseran atau tanpa terjadi pergeseran kemudian meluncur sebagian besar di udara seperti jatuh bebas atau menggelundung. Runtuhan biasanya terjadi pada penggalian batu, tebing pantai yang curam dan tebing jalan.

5. Longsoran (*sliding*)

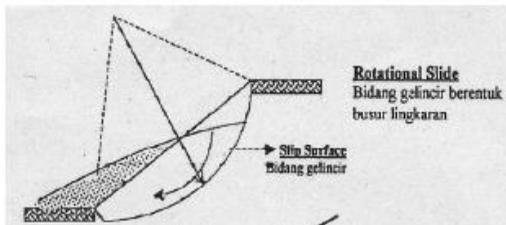
Gerakan tanah ini terjadi akibat regangan geser dan perpindahan dari sepanjang bidang longsoran di mana massa berpindah dari tempat semula dan berpisah dari massa yang mantap. Material yang bergerak kadang terlihat sangat cepat dan tiba-tiba atau dapat juga bergerak lambat. Jenis gerakan ini dapat dibedakan menjadi:

- a. *Translation slide*, jika bidang longsor cenderung datar atau sedikit bergelombang. Kelongsoran ini terjadi karena adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan. Bentuk gerakan tanah ini dapat terlihat dari Gambar 2.1 di bawah ini:



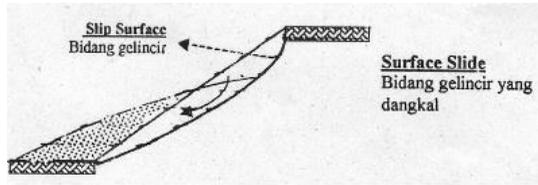
Gambar 2. 1 *Translation Slide*

- b. *Rotational slide*, jika bidang longsor mempunyai bentuk seperti busur derajat, log spiral dan bentuk lengkung yang tidak teratur. Pada umumnya kelongsoran ini berhubungan dengan kondisi tanah yang homogen. Bentuk gerakan tanah jenis *rotational slide* dapat terlihat dari Gambar 2.2 di bawah ini:



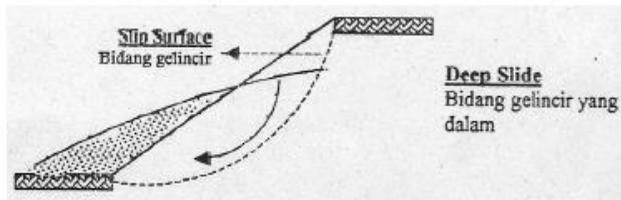
Gambar 2. 2 *Rational Slide*

- c. *Surface slide*, terjadi jika bidang gelincirnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Gerakan tanah tipe *surface slide* dapat terlihat dari Gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2. 3 *Surface Slide*

- d. *Deep slide*, terjadi jika bidang gelincirnya terletak jauh di bawah permukaan tanah. Gerakan tanah tipe *deep slide* dapat terlihat dari Gambar 2.4 di bawah ini:



Gambar 2. 4 *Deep Slide*

Penyebab terjadinya gerakan tanah akibat kondisi di dalam material yang longsor dan karakteristik tanah itu sendiri. Faktor-faktor penyebab dari dalam antara lain:

1. Topografi

Faktor penting yang lain dari topografi adalah lereng. Lereng merupakan salah satu kenampakan penting di dalam bentang alam, karena lereng dalam waktu yang panjang mengalami revolusi, dimana material permukaan pada lereng dapat bergerak turun oleh gaya gravitasi (Pramumijoyo dan Karnawati, 2001). Menurut Tondobala (2011) dan Sadisun (2006) kemiringan lereng merupakan salah satu parameter pemicu terjadinya gerakan tanah, hal ini dikarenakan semakin terjal suatu lereng maka material yang ada di atas permukaan tersebut akan semakin mudah untuk jatuh/tergelincir ke bawah oleh adanya gaya gravitasi.

Kemiringan lereng lebih dari 20° (atau sekitar 40%) memiliki potensi untuk bergerak atau longsor, meskipun lereng atau lahan yang miring tidak selalu mempunyai potensi untuk longsor karena tergantung juga oleh formasi geologi yang menyusun lereng tersebut (Suranto,2006). Menurut Karnawati (2001) dalam Priyono et al (2006), ada 3 tipologi lereng yang rentan terhadap longsor, yaitu: lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah gembur dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak, lereng yang tersusun oleh perlapisan

batuan yang miring searah kemiringan lereng, dan lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan.

## 2. Keadaan Geologi

Faktor Geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah struktur geologi, jenis batuan, umur geologi, dan gempa (Tejakusuma, 2007). Struktur geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah kontak batuan dasar dengan pelapukan batuan, retakan/rekahan, perlapisan batuan, dan patahan. Zona patahan merupakan zona lemah yang mengakibatkan kekuatan batuan berkurang sehingga menimbulkan banyak retakan yang memudahkan air meresap.

Disamping struktur geologi material pembentuk lereng sangat menentukan stabilitasnya. Dalam memprediksi stabilitas lereng secara akurat, sangat perlu untuk memperhatikan urutan bidang lemah dan kuat, permukaan runtuh yang telah lalu, dan zona patahan (Hardiyatmo, 2006). Menurut Barus (1999), bahan sedimen tersier dari kombinasi pasir dan liat memberikan intensitas longsoran paling tinggi, diikuti oleh bahan piroklastik lepas. Hal itu disebabkan batuan tersebut umumnya kurang kuat dan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan sehingga rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal (Hardiyatmo, 2006). Surono (2012) berpendapat bahwa batuan dasar *clay stone* atau batuan lempung bersifat keras apabila kering tapi begitu terkena air cepat menjadi licin sehingga memudahkan tanah yang ada atasnya untuk bergerak.

## 3. Karakteristik Tanah

Faktor tipe tanah mempunyai kepekaan terhadap longsor yang berbeda-beda. Kepekaan tanah terhadap longsor menggambarkan mudah atau tidaknya tanah bergerak atau longsor, sehingga kepekaan tanah terhadap longsor adalah fungsi dari berbagai interaksi sifat-sifat fisik atau kimia tanah. Hasil penelitian Barus (1999) menunjukkan bahwa tingkat perkembangan tanah juga berpengaruh nyata terhadap longsoran. Tanah yang sudah berkembang atau sedang berkembang seperti *typic hapludults* dan *typic hapludalfs* memberikan longsoran yang tinggi, sedangkan pada tanah yang muda sedikit dijumpai terjadinya longsoran. Terkait dengan tekstur tanah lapisan yang terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi setelah tanah jenuh air akan bertindak sebagai peluncuran (Arsyad, 1989). Hal tersebut diperlihatkan juga oleh Subowo (2003) bahwa jenis tanah dengan tektur lempung atau liat dengan ketebalan lebih dari 2,5m dan mempunyai sudut lereng lebih dari 22° maka berpotensi untuk longsor terutama bila terjadi hujan karena tanah menjadi lembek.

## 4. Curah Hujan

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada musim hujan karena terjadi peningkatan intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan

menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan-retakan dan merekahnya tanah di permukaan. Ketika hujan maka air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, biasanya intensitas hujan yang tinggi sering terjadi sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor, karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral (Subowo, 2003). Daerah beriklim basah, seperti Indonesia, faktor iklim yang mempengaruhi longsor adalah hujan. Besarnya curah hujan, intensitas dan distribusi hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran permukaan dan besarnya longsoran (Barus, 1999). Disamping itu akibat hujan dengan intensitas yang tinggi dan hujan deras dalam waktu yang lama terjadi peningkatan kadar air tanah, akibatnya menurunkan ketahanan material tanah/batuan dan peningkatan intensitas hujan menyebabkan terbentuknya bidang gelincir sebagai pemicu tanah longsor (Suryaatmojo dan Seodjoko, 2008).

#### 5. Penggunaan Lahan dan Vegetasi

Pengaruh vegetasi terhadap penambahan beban lereng adalah karena menambah tegangan geser, gaya mendorong atau gaya menahan. Beban tanaman/vegetasi tersebut akan dapat mengganggu kestabilan lereng pada kemiringan lereng besar. (Selby, 1993). Efek vegetasi terhadap kestabilan lereng adalah kompleks, tergantung pada kondisi lokal tanah, kedalaman, kemiringan, lereng dan tipe vegetasi. Tutupan vegetasi dapat mengganggu kestabilan lereng, disamping oleh penambahan beban yang besar pada lereng akibat pertumbuhan vegetasi atau disebabkan oleh gerakan angin yang mengenai vegetasi, dan kerja akar tanaman yang membantu membesarkan rekahan tanah (Tejakusuma, 2007). Pramumijoyo dan Karnawati (2001) menyatakan bahwa pembukaan hutan, penanaman jenis pohon yang tahunan dengan jarak tanam terlalu rapat, pemotongan tebing/lereng untuk jalan dan pemukiman merupakan pola aktivitas manusia yang dijumpai di daerah terjadinya longsor. Penanaman pohon dengan jenis tanaman tahunan, misalnya pohon durian, manggis dan bambu, serta penanaman dengan jarak tanam terlalu rapat mengakibatkan penambahan beban terhadap massa tanah. Hal ini berarti akan menyebabkan tanah menjadi rentan untuk longsor.

### 2.3 Stabilitas Lereng

Analisa kestabilan lereng adalah proses menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang longsor yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan. Analisis

stabilitas lereng pada dasarnya dapat ditinjau sebagai mekanisme gerak benda yang terletak pada bidang miring. Benda akan tetap pada posisinya jika gaya penahan R yang terbentuk oleh gaya geser antara benda dan permukaan lereng lebih besar dibandingkan dengan gaya gelincir T dari benda akibat gaya gravitasi. Sebaliknya benda akan tergelincir jika gaya penahan R lebih kecil dibanding dengan gaya gelincir T. Secara skematik terlihat pada Gambar (2.5). secara matematis stabilitas lereng dapat diformulasikan sebagai:

$$FK = \frac{R}{T} \quad (2)$$

Dimana,

FK = faktor keamanan

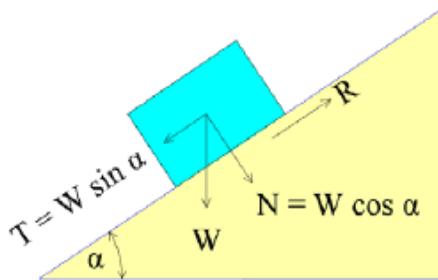
R = gaya penahan

T = gaya yang menyebabkan gelincir

Jika  $FK < 1$  benda akan bergerak

$FK = 1$  benda dalam keadaan seimbang

$FK > 1$  benda akan diam



Gambar 2. 5 Kesimbangan benda pada bidang miring

### 2.3.1 Faktor Keamanan

Faktor keamanan terhadap longsoran didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsor yang diandaikan ( $\tau_f$ ) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan ( $\tau_d$ ) (Octavian, 2014).

$$FK = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (3)$$

Dimana,

FK = angka keamanan terhadap kekuatan tanah

$\tau_f$  = kekuatan geser

$\tau_d$  = tegangan geser

Kekuatan geser suatu lahan terdiri dari dua komponen, friksi dan kohesi, dan dapat ditulis ,

$$\tau_f = c + \sigma \tan \emptyset \quad (4)$$

Dimana,

$c$  = kohesi tanah penahan

$\emptyset$  = sudut geser penahan

$\sigma$  = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor

Atau dapat ditulis,

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \emptyset_d \quad (5)$$

Dimana  $c_d$  adalah kohesi dan  $\emptyset_d$  adalah sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor. Dengan mendistribusikan persamaan (4) dan persamaan (5) ke dalam persamaan (3) sehingga kita mendapatkan persamaan yang baru,

$$FK = \frac{c + \sigma \tan \emptyset}{c_d + \sigma \tan \emptyset_d} \quad (6)$$

Sekarang kita dapat mengetahui parameter lain yang memengaruhi angka keamanan tadi, yaitu angka keamanan terhadap kohesi,  $F_c$ , dan angka keamanan terhadap sudut geser  $F_\emptyset$ . Dengan demikian  $F_c$  dan  $F_\emptyset$  dapat kita definisikan sebagai:

$$F_c = c/c_d \quad (7)$$

dan

$$F_\emptyset = \frac{\tan \emptyset}{\tan \emptyset_d} \quad (8)$$

Bilamana persamaan (6), (7), dan (8) dibandingkan adalah wajar bila  $F_c$  menjadi sama dengan  $F_\emptyset$ , harga tersebut memberikan angka keamanan terhadap kekuatan tanah, atau jika

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan \emptyset}{\tan \emptyset_d}$$

Kita dapat menuliskan

$$FK = F_c = F_\emptyset \quad (9)$$

FK sama dengan 1 maka lereng dalam keadaan akan longsor. Biasanya 1.5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser yang dapat diterima untuk merencanakan suatu stabilitas lereng (SKBI-2.3.06, 1987).

Resiko tinggi jika ada konsekuensi terhadap manusia cukup besar (ada pemukiman), dan atau bangunan sangat mahal, dan atau sangat penting. Resiko menengah bila ada konsekuensi terhadap manusia tetapi sedikit (bukan pemukiman), dan atau bangunan tidak begitu mahal dan atau tidak begitu penting. Resiko rendah bila tidak ada konsekuensi terhadap manusia dan terhadap bangunan (sangat murah) (SKBI-2.3.06, 1987).

Kekuatan geser maksimum adalah harga puncak dan dipakai apabila massa tanah/ batuan yang potensial longsor tidak mempunyai bidang diskontinuitas (perlapisan, rekahan, sesar dan sebagainya) dan belum pernah mengalami gerakan. Kekuatan residual dipakai apabila: (a) massa tanah/batuan yang potensial bergerak mempunyai bidang diskontinuitas, dan atau (b) pernah bergerak (walaupun tidak mempunyai bidang diskontinuitas) (SKBI-2.3.06, 1987).

### 2.3.2 Analisis Stabilitas Lereng

Dalam analisa stabilitas lereng terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu metode keseimbangan batas (*Limit Equilibrium Method*, LEM) dan metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM).

#### 2.3.2.1 *Limit Equilibrium Method (LEM)*

LEM adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metoda analisis ini pertama-tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu, bidang kelongsoran berbentuk circular dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk non-circular (bisa juga planar) (Gouw dan Dave, 2012).

Perhitungan dilakukan dengan membagi-bagi tanah yang berada dalam bidang longsor dalam irisan-irisan atau dikenal dengan nama metode irisan. Analisis stabilitas dengan menggunakan metode irisan dapat dijelaskan dengan Gambar (2.6), dimana busur AC adalah sebuah lengkungan dari lingkaran yang menunjukkan permukaan bidang longsor. Tanah yang berada di atas bidang longsor dibagi menjadi beberapa irisan tegak. Lebar dari setiap irisan tidak harus sama. Dengan meninjau satu satuan tebal tegak lurus irisan melintang lereng seperti Gambar (2.6), gaya-gaya yang bekerja pada irisan tertentu (irisan no. n) ditunjukkan pada Gambar (2.7).  $W_n$  adalah berat irisan. Gaya-gaya  $N_r$  dan  $T_r$  adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi R.  $P_n$  dan  $P_{n+1}$  adalah gaya normal yang bekerja pada sisi-sisi irisan. Demikian pula, gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah  $T_n$  dan  $T_{n+1}$ . Secara sederhana, tegangan air pori diasumsikan nol. Gaya  $P_n$ ,  $P_{n+1}$ ,  $T_n$ , dan  $T_{n+1}$  sulit untuk ditentukan. Akan tetapi kita dapat membuat suatu asumsi pendekatan bahwa besarnya resultan dari  $P_n$  dan  $T_n$  adalah sama besar dengan resultan dari  $P_{n+1}$  dan  $T_{n+1}$  dan juga garis-garis kerjanya segaris (Braja M. Das, 2010).

Untuk pengamatan kesetimbangan

$$N_r = W_n \cos \alpha_n \tag{10}$$

Gaya geser perlawanan dapat ditunjukkan dengan

$$T_r = \tau_d(\Delta L_n) = \frac{\tau_f(\Delta L_n)}{F_s} = \frac{1}{F_s} [c + \sigma \tan \phi] \Delta L_n \quad (11)$$

Tegangan normal,  $\sigma$  sama dengan

$$\frac{N_r}{\Delta L_n} = \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \quad (12)$$

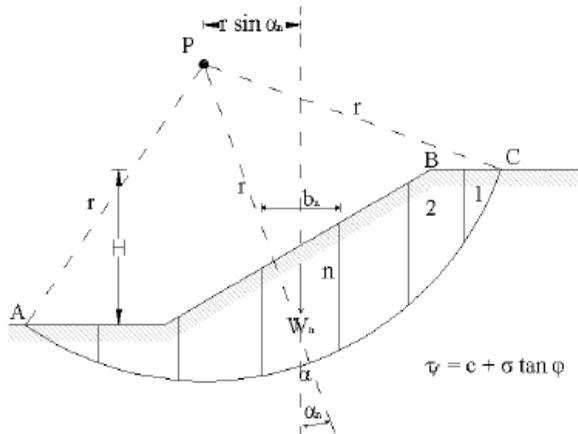
Untuk kesetimbangan blok percobaan ABC, momen gaya dorong terhadap titik O adalah sama dengan momen gaya perlawanan terhadap titik O, atau

$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n r \sin \alpha_n = \sum_{n=1}^{n=p} \frac{1}{F_s} \left( c + \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \tan \phi \right) (\Delta L_n) (r) \quad (13)$$

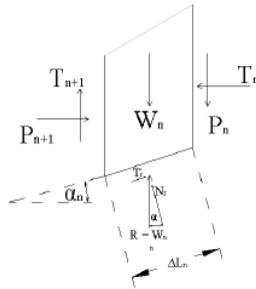
atau

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n} \quad (14)$$

Catatan:  $\Delta L_n$  dalam Persamaan (14) diperkirakan sama dengan  $\frac{b_n}{\cos \alpha_n}$  dengan  $b_n$  = lebar potongan nomor n.



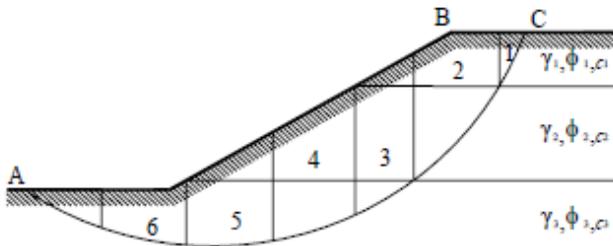
Gambar 2. 6 Permukaan bidang yang dicoba



Gambar 2. 7 Gaya yang bekerja pada irisan nomor n

Harga  $\alpha_n$  adalah positif jika lereng bidang longsor yang merupakan sisi bawah dari irisan berada pada kwadran yang sama dengan lereng muka tanah yang merupakan sisi atas dari irisan. Untuk mendapatkan angka keamanan yang minimum yaitu angka keamanan untuk lingkaran kritis, beberapa percobaan dibuat dengan cara mengubah letak pusat lingkaran yang dicoba. Metode ini umumnya dikenal sebagai Metode Irisan Sederhana (*Ordinary Method of Slice*) (Braja M. Das, 2010).

Untuk mudahnya, suatu lereng dalam tanah yang homogen ditunjukkan pada Gambar (2.6) dan (2.7). Akan tetapi metode irisan dapat dikembangkan untuk lereng yang berlapis-lapis seperti pada Gambar (2.8). Prosedur umum dari analisis stabilitas tanah adalah sama. Tetapi ada beberapa hal yang perlu diingat. Selama menggunakan persamaan (7) untuk menghitung angka keamanan, harga-harga  $\phi$  dan  $c$  tidak akan sama untuk semua potongan. Sebagai contoh, untuk potongan no. 3 (Gambar 2.8) kita harus menggunakan sudut geser  $\phi = \phi_3$  dan kohesi  $c = c_3$ ; serupa untuk potongan no. 2  $\phi = \phi_2$  dan  $c = c_2$  (Braja M. Das, 2010).



Gambar 2. 8 Analisis stabilitas dengan metode irisan untuk tanah yang berlapis

### 2.3.2.1.2 Bishop

Cara analisis yang dibuat oleh A.W Bishop (1955) menggunakan cara elemen dimana gaya yang bekerja pada tiap elemen ditunjukkan seperti pada Gambar (2.11). Persyaratan keseimbangan yang diterapkan pada elemen yang membentuk lereng tersebut. Faktor keamanan terhadap keruntuhan didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah dibidang longsoran ( $S_{tersedia}$ ) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan ( $S_{perlu}$ ) (Susi dan Yohan, 2007).

$$FK = \frac{S_{tersedia}}{S_{perlu}}$$

Bila kekuatan geser tanah adalah:

$$S_{tersedia} = c' + (\sigma - \mu) \tan \phi' = c' + \sigma' \tan \phi',$$

Maka tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan adalah:

$$S_{perlu} = \frac{1}{FK} (c' + (\sigma - \mu) \tan \phi') \quad (20)$$

Faktor keamanan dihitung berdasar rumus:

$$FK = \frac{\sum(c'l + (W_n \cos \alpha - \mu l) \tan \phi')}{W_n \sin \alpha} \quad (21)$$

Dimana,

FK : Faktor keamanan lereng

$c'$  : kohesi

$l$  : lebar irisan

$W$  : berat

$\mu$  : tekanan air pori

$\phi'$  : sudut geser

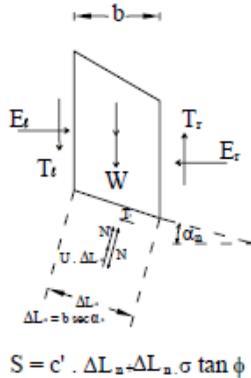
$\alpha$  : sudut irisan

Persamaan (21) adalah persamaan faktor keamanan lereng dengan metode Bishop yang tidak mengabaikan tegangan air pori, sedangkan persamaan faktor keamanan lereng yang mengabaikan tegangan air pori adalah sebagai berikut (Parluhutan, 2014):

$$FK = \frac{\sum(c'l + (W \cos \alpha \tan \phi))}{W \sin \alpha} \quad (22)$$

Cara penyelesaian ini merupakan coba ulang (*trial and error*) harga faktor keamanan FK diruas kiri persamaan (21), dengan menggunakan Gambar (2.11) untuk mempercepat perhitungan (SKBI-2.3.06, 1987).

Faktor keamanan menurut cara ini menjadi tidak sesuai dengan kenyataan, terlalu besar, bila sudut negatif (-) di lereng paling bawah mendekati  $30^{\circ}$  (Gambar 2.11). Kondisi ini bisa timbul bila lingkaran longsor sangat dalam atau pusat rotasi yang diandaikan berada dekat dengan puncak lereng. Faktor keamanan yang diperoleh dengan cara ini lebih besar daripada dengan cara Fellenius (Susi dan Yohan, 2007).



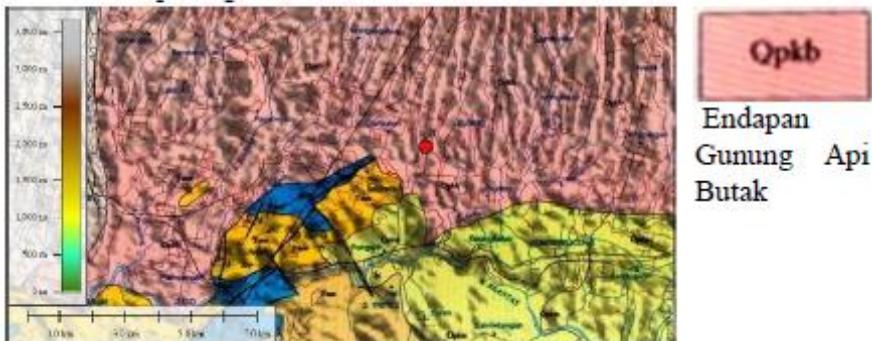
Gambar 2.9 Suatu gaya pada suatu elemen menurut Bishop

## 2.4 Geologi Regional Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar dengan letak koordinat  $8^{\circ}7'31.254''$  Lintang Selatan dan  $112^{\circ}25'54.725''$  Bujur Timur. Lokasi penelitian ini termasuk kedalam daerah Blitar Utara yang merupakan bagian dari Gunung Butak dan Gunung Kelud karena memiliki kemiringan antara 2% - 40% dengan kondisi wilayah bergelombang sampai berbukit (Pokja Sanitasi Kabupaten Blitar, 2011). Menurut peta geologi wilayah Blitar yang dibuat oleh M.Z. Sjarifudin dan S. Hamidi tahun 1992, daerah penelitian termasuk daerah endapan Gunung Butak dengan kode formasi Qpkb. Endapan ini terdiri dari lava, breksi gunungapi, tuff breksi dan tuf pasir yang dapat dilihat pada Gambar (2.13). Sedangkan litologi yang banyak ditemui pada daerah penelitian adalah endapan lempung yang tebal. Umur endapan ini adalah dalam rentang umur Plistosen awal sekitar 3 juta tahun yang lalu. Lokasi penelitian juga dekat dengan sesar geser G. Soko yang berada disebelah selatan.

Menurut Laurence D. Wesley tahun 2012, tanah yang berasal dari gunung api merupakan tanah residu yang memiliki sifat teknik yang umumnya jauh lebih baik daripada tanah endapan yang lainnya, walaupun ada sifatnya yang tidak biasa, malahan sangat luar biasa. Pelapukan bahan vulkanik bisa

terjadi sampai sangat dalam di bawah permukaan bumi. Tanah yang dihasilkan dapat dibagi secara garis besar menjadi dua jenis utama, yang saling berkaitan. Jenis pertama adalah lempung merah tropis yang banyak terdapat pada bagian lereng-lereng gunung api yang tidak tinggi. Tanah ini dikenal dengan nama tanah merah. Jenis kedua adalah tanah lempung berwarna cokelat kekuningan, yang terdapat pada bagian lereng gunung api yang tinggi. Tanah ini sering disebut lempung abu vulkanis. Kedua jenis tanah ini mengandung *clay minerals* yang tidak terdapat pada tanah endapan biasa, yaitu tanah merah mengandung *halloysite*, sedangkan lempung abu mengandung *allophane*.



Gambar 2.10 Kondisi geologi daerah penelitian (Agustin, 2016)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Peralatan

#### 3.1.1 Peralatan Akuisisi Data Lapangan Geolistrik

1. Resistivimeter
2. Elektroda
3. Kabel
4. Power supply (accu 12 V)
5. Meteran
6. Kompas
7. GPS
8. Palu
9. Alat tulis



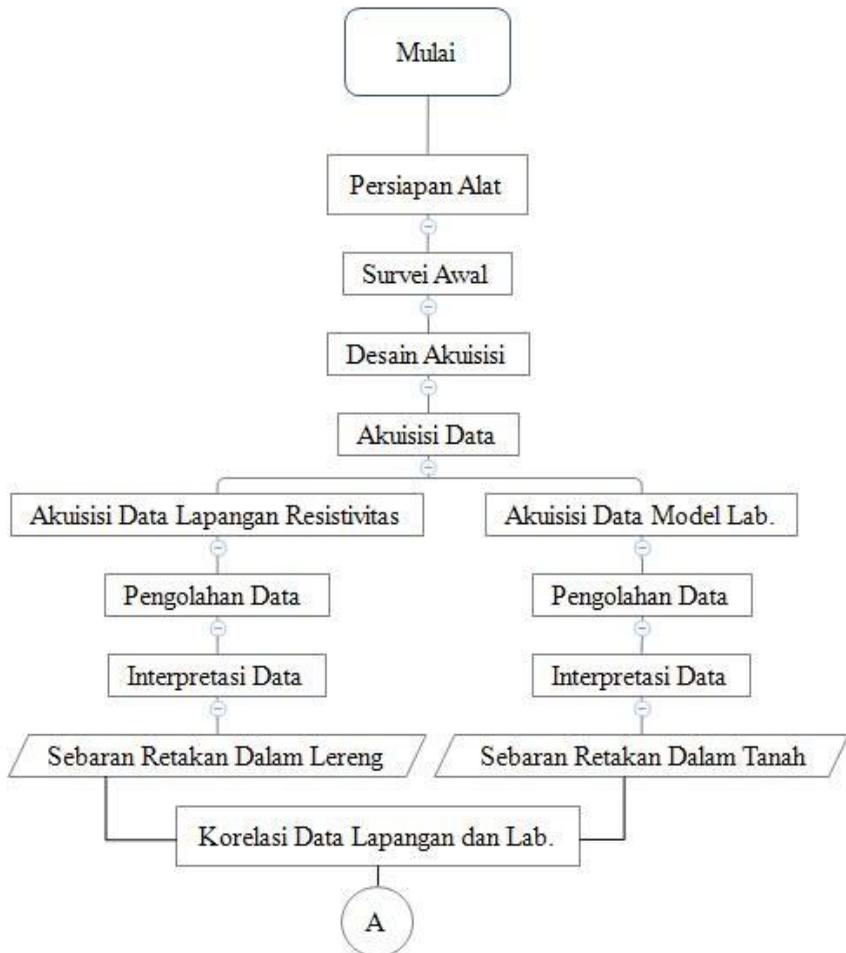
Gambar 3. 1 Peralatan akuisisi data geolistrik

#### 3.1.2 Bahan dan Peralatan Akuisisi Data Model Laboratorium

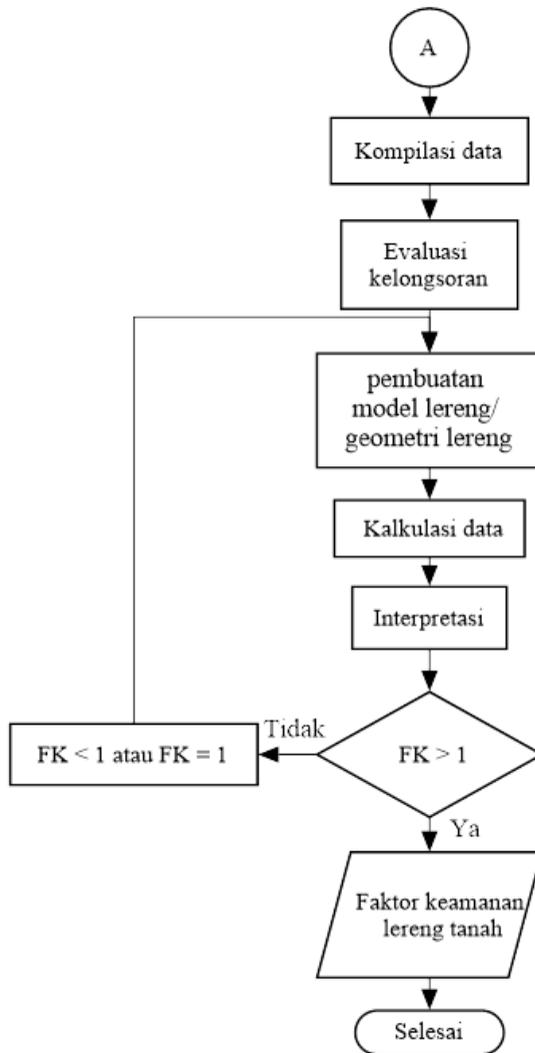
1. Pasir
2. Batu bata merah
3. Kerikil
4. Akuarium ukuran 60x20x20 cm
5. Air 500 ml
6. Paku
7. Resistimeter

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Metode pelaksanaan yang akan dilaksanakan digambarkan pada diagram alir dibawah ini:



Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian 1



Gambar 3. 3 Diagram alir penelitian 2

Adapun penjelasan dari gambar (3.2) dan gambar (3.3) adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Peralatan

Pada tahapan ini segala peralatan yang telah disebutkan pada bab 3.1 dipersiapkan untuk selanjutnya digunakan dalam penelitian ini. Sedangkan dalam pembuatan model laboratorium, bahan-bahan yang akan digunakan dikondisikan terlebih dahulu. Pengondisian bahan laboratorium ini berupa uji nilai resistivitas setiap bahan yang akan digunakan untuk membuat model laboratorium. Pengujian ini berguna untuk membuat perlapisan yang mempunyai kontras resistivitas yang tinggi, sehingga nantinya dapat diidentifikasi dengan jelas perlapisan hasil pengukuran. Dengan demikian dipilihlah bahan untuk membuat model laboratorium yaitu pasir, kerikil dan batu bata merah.

2. Survei lapangan

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi daerah yang akan dilakukan pengukuran. Informasi yang didapatkan dari kegiatan ini berupa informasi geologi yang akan menjadi data awal penelitian. Informasi lainnya adalah informasi kondisi sebenarnya daerah pengukuran sehingga dapat digunakan untuk menentukan dimana saja letak lintasan dan panjang lintasan yang dapat digunakan nantinya.

3. Pembuatan desain pengukuran

Desain pengukuran model laboratorium dibuat dengan memperhatikan jangkauan kedalaman dari model yang telah dibuat. Model laboratorium yang dibuat dengan menggunakan aquarium berukuran 60x20x20 cm sedangkan perlapisan tanah dibuat dengan ukuran 60x20x14 cm dengan perbedaan setiap lapisan adalah 3 cm untuk pasir 4 cm untuk kerikil dan 7 cm untuk batu bata merah. Kedalaman dari model ini adalah 14 cm, sehingga penetrasi kedalaman yang diharapkan adalah sekitar 10 cm. Lintasan pengukuran pada model laboratorium adalah satu lintasan dengan spasi elektroda adalah 2 cm. Desain perlapisan pada model laboratorium yang digunakan pada penelitian ini adalah seperti pada gambar (3.4).

Desain pengukuran lapangan dibuat dengan mengambil foto udara menggunakan drone dan pencocokan lokasi sesuai dengan survei pendahuluan yang sebelumnya dilakukan. Maka dengan demikian desain pengukuran geolistrik yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Lintasan 1: panjang 30 meter, spasi 1 meter,

- b. Lintasan 2: panjang 30 meter, spasi 1 meter
- c. Lintasan 3: panjang 30 meter, spasi 1 meter
- d. Lintasan 4: panjang 30 meter, spasi 1 meter
- e. Lintasan 5: panjang 15 meter, spasi 0.5 meter
- f. Lintasan 6: panjang 30 meter, spasi 1 meter
- g. Lintasan 7: panjang 15 meter, spasi 0.5 meter
- h. Lintasan 8: panjang 15 meter, spasi 0.5 meter

Letak titik lintasan dalam koordinat UTM dapat dilihat pada tabel (3.1). Pengukuran letak koordinat dilakukan pada titik awal dan titik akhir setiap lintasan.

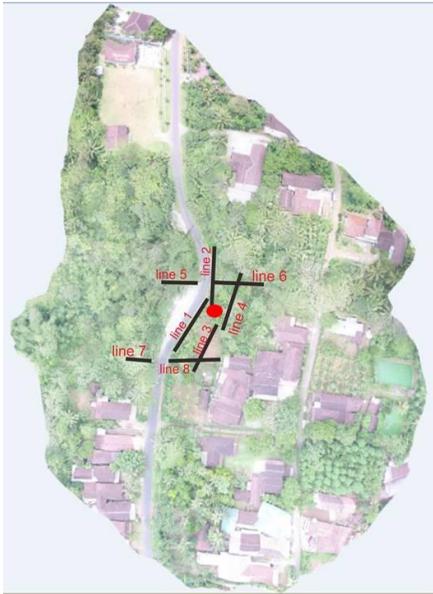


Gambar 3. 4 Desain Model Laboratorium

Tabel 3.1 Koordinat UTM titik pengukuran di setiap Lintasan

Line	Titik awal		Titik akhir	
	X	Y	X	Y
1	657739.1	9101524	657750.6	9101551
2	657748.6	9101546	657756.4	9101573
3	657742.2	9101519	657752.1	9101545
4	657752.5	9101545	657760.1	9101572
5	657733.4	9101570	657747.7	9101568
6	657759.3	9101567	657772.6	9101565
7	657717.8	9101528	657731.6	9101526
8	657741.3	9101525	657755.7	9101522

Sedangkan lokasi pengambilan data bor tanah terletak diantara lintasan 6 dan lintasan 8. Berikut adalah desain pengukuran yang telah direncanakan.



### Peta Desain Akuisisi Geolistrik di Olak Alen, Selorejo



— : Lintasan geolistrik

● : Titik bor

Gambar 3. 5 Desain akuisisi geolistrik (Sumber: Foto Udara)

#### 4. Pengambilan data geolistrik

Pengambilan data model laboratorium dilakukan dengan menggunakan alat resistivimeter *single channel* beserta alat penunjang lainnya. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Wenner dengan spasi antar elektroda adalah 2 cm dan  $n = 9$  sedangkan panjang lintasannya adalah 60 cm. Data yang didapat dari pengukuran model ini adalah data potensial (V) dan arus listrik (I). Pengambilan data dilakukan dua kali, yaitu pada kondisi kering dan pada kondisi setelah diujani atau dibasahi dengan air.

Pengambilan data lapangan dilakukan dengan menggunakan resistivimeter DUK-2A beserta alat penunjang lainnya. Alat ini adalah alat resistivimeter *multi channel*. Pengukuran ini dilakukan dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger dengan spasi antar elektroda adalah 1 meter dan 0.5 meter dan  $n = 14$  serta menggunakan 30 elektroda. Pengukuran geolistrik dilakukan sebelum dan setelah hujan. Data yang didapat dari pengukuran lapangan geolistrik ini adalah data resistivitas semu (Rho).

#### 5. Pengolahan data geolistrik

Pengolahan data model laboratorium dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* untuk menghitung nilai resistivitas semu. Selanjutnya dilakukan pengolahan dengan software Res2Dinv untuk mendapatkan penampang sebaran nilai resistivitas model laboratorium. Inputan yang dibutuhkan oleh software Res2Dinv adalah jumlah data, letak titik, spasi antar elektroda, jumlah n dan nilai resistivitas semu. Dalam program software Res2Dinv, proses yang dilakukan untuk mendapatkan penampang nilai resistivitas adalah proses inversi.

Pada proses pengolahan data lapangan sampai didapatkan sayatan resistivitas 2D digunakan perangkat lunak Res2Dinv dengan perangkat lunak pendukung lainnya seperti *Microsoft Excel*. Karena data yang didapat dari pengukuran lapangan langsung berupa nilai resistivitas semu, maka tidak perlu dilakukan kalkulasi lagi. Data ini langsung diinputkan kedalam software Res2Dinv bersama data lain seperti jumlah data, letak titik, jumlah n dan spasi antar elektroda. Proses yang dilakukan oleh software juga sama dengan proses pengolahan pada data model laboratorium.

#### 6. Interpretasi data geolistrik

Interpretasi dari data model laboratorium dapat dilakukan dengan mencocokkan pengondisian model dengan data yang telah didapat, seperti batas-batas lapisan yang direncanakan dan bagian lapisan model yang telah dibasahi. Sehingga dengan mengkorelasikan model asli dengan hasil penampang resistivitas didapatkan hasil cocok dan menyakinkan.

Pada tahapan interpretasi data lapangan dilakukan pencocokan nilai resistivitas yang didapat dengan literatur yang telah ada dan geologi daerah penelitian, sehingga dapat ditentukan lapisan batuan dan zona-zona lemah yang dapat diinterpretasikan sebagai lapisan yang tersaturasi air hujan dan dianggap sebagai retakan lereng. Data resistivitas kemudian divalidasi dengan data bor tanah sehingga didapatkan kepercayaan yang lebih tinggi.

#### 7. Pembuatan model lereng

Model lereng pada penelitian ini dibuat berdasarkan data geolistrik. Sehingga bentuk perlapisan dalam model lereng mengikuti bentuk nilai sebaran resistivitas. Sedangkan geometri model lereng harus disesuaikan dengan geometri asli dari lereng. geometri yang harus diperhatikan adalah sudut kemiringan lereng, panjang lereng, sedangkan kedalaman lereng dapat ditentukan berdasarkan data geolistrik dan data bor tanah. Pembuatan model lereng ini dapat dilakukan dengan menggunakan software AutoCad.

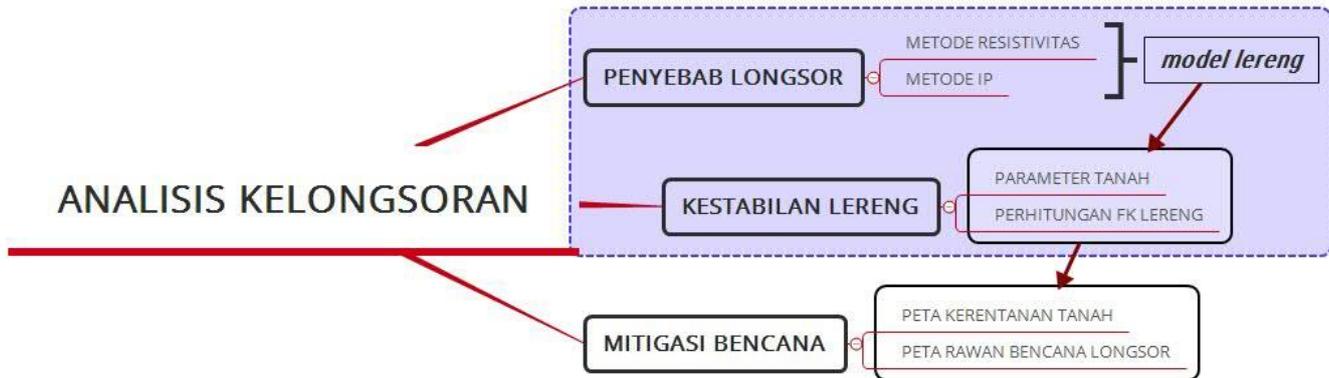
8. Perhitungan faktor keamanan lereng

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan nilai faktor keamanan lereng dengan menggunakan metode LEM. Perhitungan faktor keamanan dilakukan menggunakan software Geostudio 2012. Inputan yang diperlukan adalah data kohesi tanah, sudut geser, dan berat isi tanah dari masing-masing lapisan tanah serta model lereng yang telah dibuat sebelumnya. Perhitungan faktor keamanan lereng dalam penelitian ini di asumsikan menjadi dua yaitu lereng sebelum hujan dan lereng setelah hujan.

9. Interpretasi stabilitas lereng

Interpretasi yang dilakukan adalah dengan melihat nilai faktor keamanan lereng yang dihasilkan harus lebih besar dari 1, jika tidak maka proses akan kembali lagi ke pembuatan model lereng atau dilakukan evaluasi terhadap model lereng yang telah dibuat. Jika nilai faktor keamanan lereng sudah lebih besar dari 1, maka lereng stabil

### 3.3 Road Map Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3. 6 Road map penelitian tugas akhir

Penelitian tugas akhir yang dilakukan penulis adalah sebagian dari penelitian besar yang dirancang untuk dikerjakan berkelompok. Fokus utama dalam penelitian ini adalah menganalisis stabilitas tanah di daerah Olak Alen Selorejo Blitar. Dalam gambar (3.6) ditunjukkan ada beberapa metode untuk menganalisis tanah longsor di daerah penelitian. Dalam lingkup yang besar ini kemudian penelitian ini dibagi menjadi beberapa fokus yang lebih kecil lagi. Ada 5 cabang dalam penelitian besar ini, yaitu resistivitas, IP, mikrotermor, data bor tanah, perhitungan stabilitas lereng, dan mitigasi bencana.

Dalam penelitian besar ini penyebab longsor difokuskan pada pengaruh air hujan dan retakan dalam lereng tanah. Untuk mendeteksi pengaruh kedua faktor tersebut digunakan metode geofisika yaitu metode geolistrik resistivitas dan *Induced Polarization*.

Setelah itu dilakukan analisis geoteknik yaitu menghitung stabilitas lereng tanah sehingga didapatkan nilai faktor keamanan lereng. dalam perhitungan stabilitas tanah digunakan metode LEM dengan metode irisan Bishop. Inputan data yang digunakan berasal dari data bor tanah. sedangkan model lereng dibuat berdasarkan data resistivitas. Sehingga dapat diketahui bahwa lereng tanah di daerah penelitian aman atau tidak aman.

Untuk mengetahui kerentanan tanah di daerah penelitian, metode yang digunakan adalah mikrotermor. Dengan analisis awal akibat adanya analisis penyebab kelongsoran dan stabilitas lereng maka pemetaan kerentanan tanah di daerah penelitian dapat diperluas guna mengetahui titik-titik rawan yang kemungkinan ada di sekitar daerah yang sudah teridentifikasi.

Selanjutnya untuk menanggulangi terjadi bencana tanah longsor susulan dibuatlah peta rawan bencana tanah longsor berdasarkan data-data yang sudah dihimpun sebelumnya. Serta nantinya dapat menjadi bahan rujukan untuk masyarakat setempat guna memitigasi bencana tanah longsor di daerah tersebut. Dalam penelitian ini penulis hanya mengambil fokus dibidang geoteknik yaitu menghitung nilai faktor keamanan lereng sebelum dan sesudah hujan berdasarkan data resistivitas dan data tanah. Sedangkan untuk fokus yang lainnya dibagi ke anggota kelompok yang lainnya.

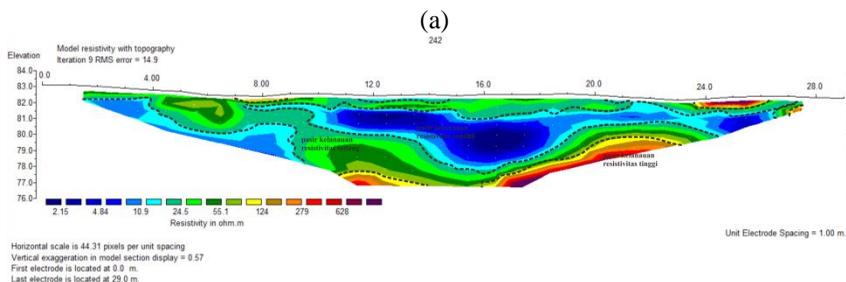
## BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

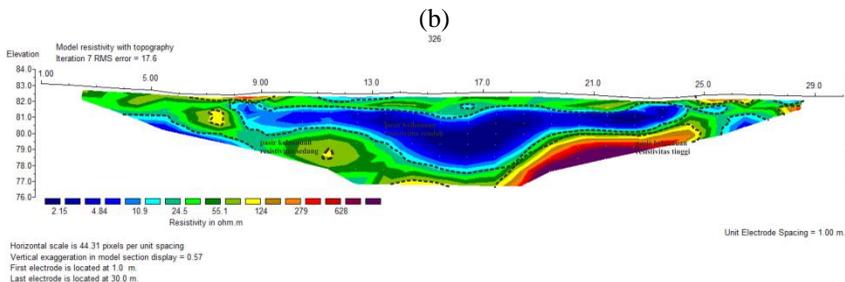
### 4.1 Analisis Data Lapangan Geolistrik Resistivitas

Hasil pengolahan data geolistrik menunjukkan daerah penelitian mempunyai rentang nilai resistivitas dari 2.15 – 628 Ohm meter. Berdasarkan pengamatan geologi di daerah penelitian dan data bor tanah, litologi daerah penelitian ini adalah seragam dengan jenis tanah pasir kelanauan. Sehingga perbedaan nilai resistivitas pada data geolistrik menunjukkan adanya pengaruh dari sifat fisis tanah, seperti kandungan air dan kepadatan tanah. Semakin tinggi nilai resistivitas menunjukkan semakin sedikit kandungan airnya, sehingga rentang nilai resistivitas 2.15-10.9 Ohm meter memiliki kandungan air yang paling banyak, rentang nilai 24.5-55.1 Ohm meter memiliki kandungan air yang sedang, dan rentang nilai 124-628 Ohm meter memiliki kandungan air yang paling sedikit. Semakin material tanah itu padat maka nilai resistivitasnya juga akan semakin besar, hal ini dikarenakan arus listrik akan mengalir lebih cepat pada benda-benda yang padat.

Pengklasifikasian rentang nilai resistivitas didasari oleh perbedaan warna yang ditunjukkan oleh penampang geolistrik resistivita. Warna  diklasifikasikan dalam rentang nilai 2.15-10.9 Ohm meter, warna  diklasifikasikan dalam rentang nilai 24.5-55.1 Ohm meter dan warna  diklasifikasikan dalam rentang nilai 124-628 Ohm meter. Hal ini juga didasari oleh penelitian sebelumnya yaitu penelitian Alexsander tahun 2016 yang juga mengklasifikasikan rentang nilai resistivitas berdasarkan perbedaan warna.

#### 4.1.1 Lintasan 1

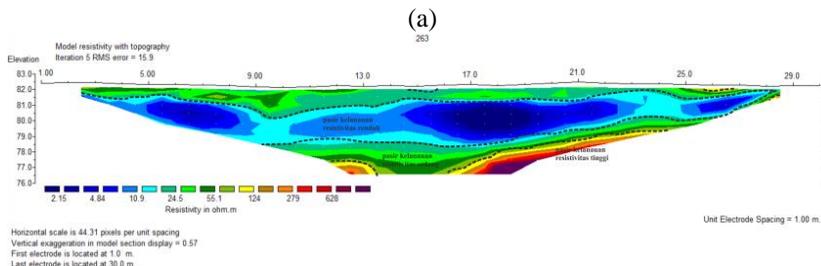


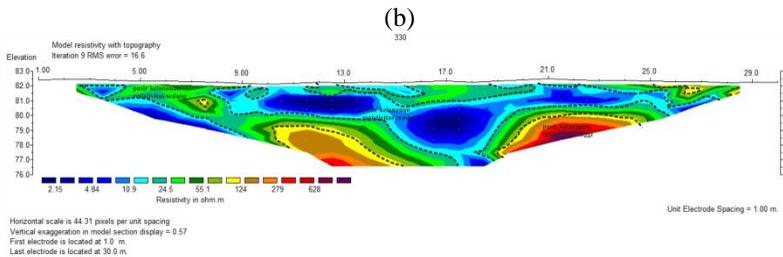


Gambar 4. 1 Penampang resistivitas 2D lintasan 1, (a) sebelum hujan, (b) setelah hujan

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar (4.1), resistivitas rendah dengan rentang 2,15-10,9 Ohm meter ditemukan pada kelamaan 1-4 meter. Resistivitas yang rendah mencirikan daerah tersebut terdapat zona lemah. Hal ini dikarenakan, dengan resistivitas rendah maka kandungan airnya lebih banyak dari daerah sekitarnya dan hal ini akan mengakibatkan naiknya berat isi tanah dan naiknya *pore water pressure*. Daerah yang mempunyai zona lemah, akan sangat mudah dilalui atau diisi oleh material lain baik itu air atau material yang lainnya. Perbedaan nampak jelas ketika sebelum hujan dan sesudah hujan, ketika sebelum hujan zona lemah nampak dengan warna biru terang artinya kandungan airnya lebih sedikit dari pada yang berwarna biru gelap. Hal ini dikarenakan air adalah konduktor yang baik sehingga semakin nilai resistivitasnya kecil, dimungkinkan kandungan airnya juga lebih banyak. Sedangkan penampang resistivitas 2D setelah hujan menunjukkan menambahkan air, hal ini terlihat dengan dominasi warna biru gelap pada penampang setelah hujan. Hal ini juga sejalan dengan adanya penambahan air yang masuk ke dalam tanah akibat hujan.

#### 4.1.2 Lintasan 2



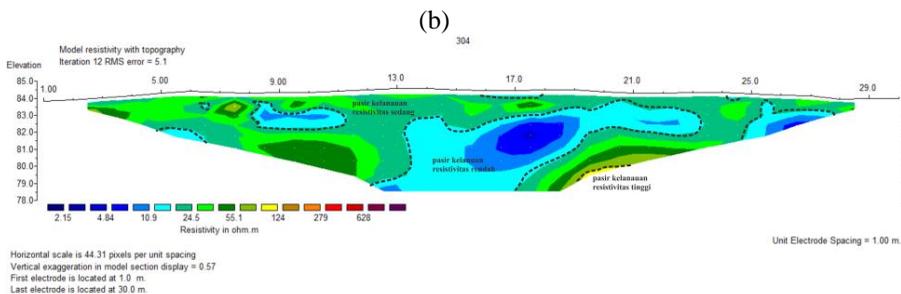
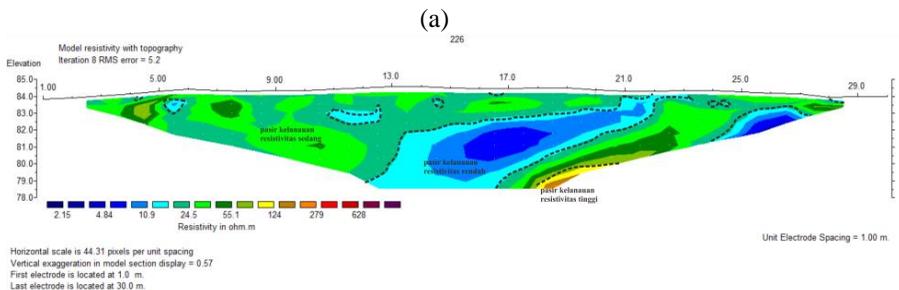


Gambar 4. 2 Penampang resistivitas 2D lintasan 2, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan

Dari gambar (4.2) nilai resistivitas rendah 2,15-10,9 Ohm meter ditemukan pada kedalaman 1-6 meter. Pada penampang kedua ini juga sama dengan penampang pertama. Zona lemah dalam tanah berada pada zona yang memiliki nilai resistivitas yang rendah. Sifat fisis tanah juga berperan dalam penampang kedua ini. Perbedaan warna juga menunjukkan sifat fisis tanah yang berbeda pula walaupun satu litologi. Dalam penampang kedua ini perbedaan sebelum dan sesudah hujan dicirikan dengan penambahan material baru yang dibawa melalui retakan dalam tanah. Terlihat penampang sebelum hujan memiliki zona berwarna biru yang menerus dari ujung sampai akhir. Sedangkan pada penampang sesudah hujan zona biru ini menjadi terpecah dan terisi oleh material yang berwarna hijau dan kuning (material pasir).

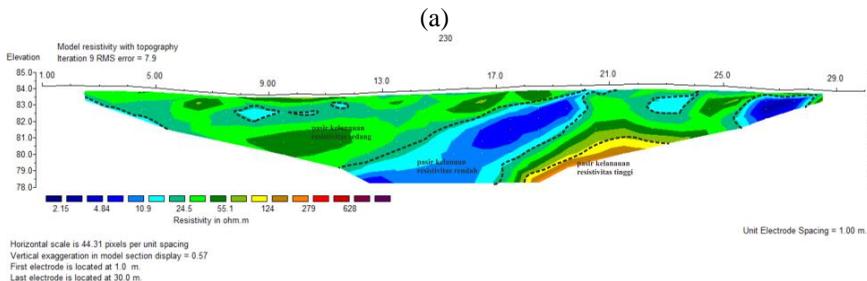
#### 4.1.3 Lintasan 3

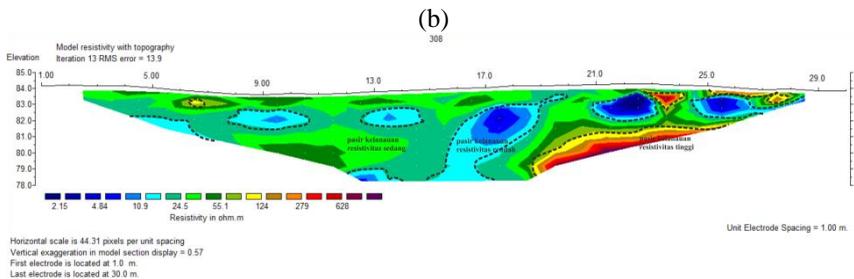
Penampang lintasan 3 sesuai gambar (4.3) menunjukkan zona lemah di dalam lereng tanah berada nilai resistivitas yang rendah sekitar 2,15-10,9 Ohm meter pada kedalaman 0-6 meter. Litologi di penampang lintasan 3 ini juga sama dengan penampang 1 dan 2 yaitu pasir kelanauan. Perbedaan warna pada penampang ketiga ini menunjukkan perbedaan sifat fisis tanahnya walupun litologinya sama. Zona yang berwarna biru atau zona lemah memiliki kandungan air yang lebih banyak daripada yang lainnya dan dimungkinkan adanya retakan dalam lereng. Perbedaan sebelum dan sesudah hujan pada penampang ketiga ini terletak pada penambahan zona biru pada penampang sesudah hujan. Pada penampang setelah hujan terlihat dengan jelas adanya pergeseran dan penambahan zona lemah, hal ini juga menunjukkan adanya retakan yang saling menghubungkan antara zona lemah tersebut.



Gambar 4. 3 Penampang resistivitas 2D lintasan 3, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan

#### 4.1.4 Lintasan 4

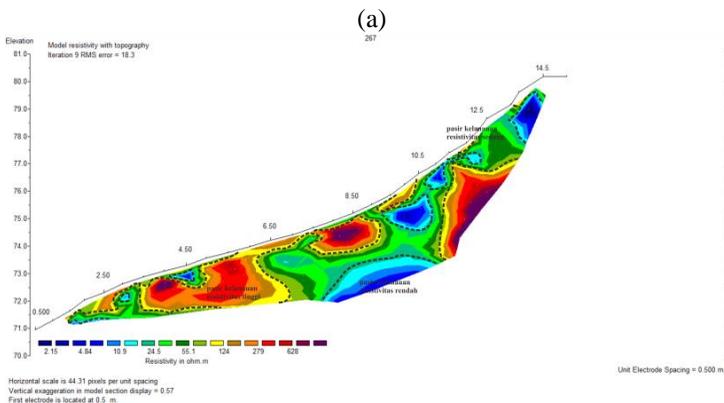


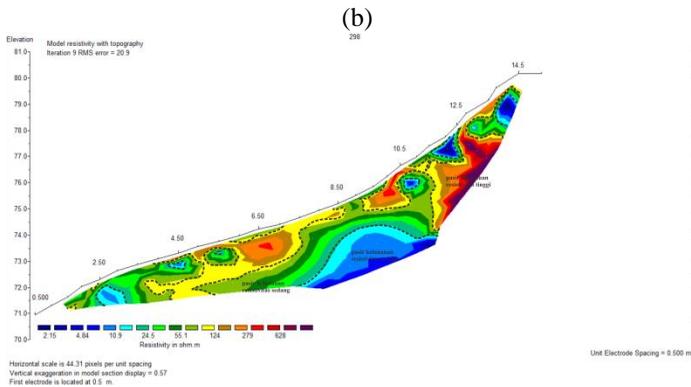


Gambar 4. 4 Penampang resistivitas 2D lintasan 4, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan

Zona lemah dalam lereng tanah pada penampang keempat ini sesuai gambar (4.4) ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang rendah yaitu 2,15-10,9 Ohm meter pada kedalaman 1-6 meter. Litologi di penampang keempat ini juga sama, yaitu pasir kelanauan. Perbedaan penampang sebelum dan sesudah hujan terletak pada perubahan zona lemah. Pada penampang sebelum hujan zona lemah terletak mulai kedalaman 0 dan menerus kebawah dan membentuk seperti kubah. Sedangkan pada penampang sesudah hujan zona lemah dimulai kedalaman 1 meter dan menerus ke bawah dan menyebar kesamping membentuk zona lemah yang kecil-kecil. Sifat fisis tanah yang berbeda-beda juga mempengaruhi perbedaan warna yang terbentuk dalam penampang keempat ini. Warna kuning yang memiliki resistivitas yang tinggi pada penampang ini terlihat di bawah zona lemah dan dapat diinterpretasikan zona ini memiliki kandungan yang paling kecil dibanding dengan zona disekitarnya.

#### 4.1.5 Lintasan 5





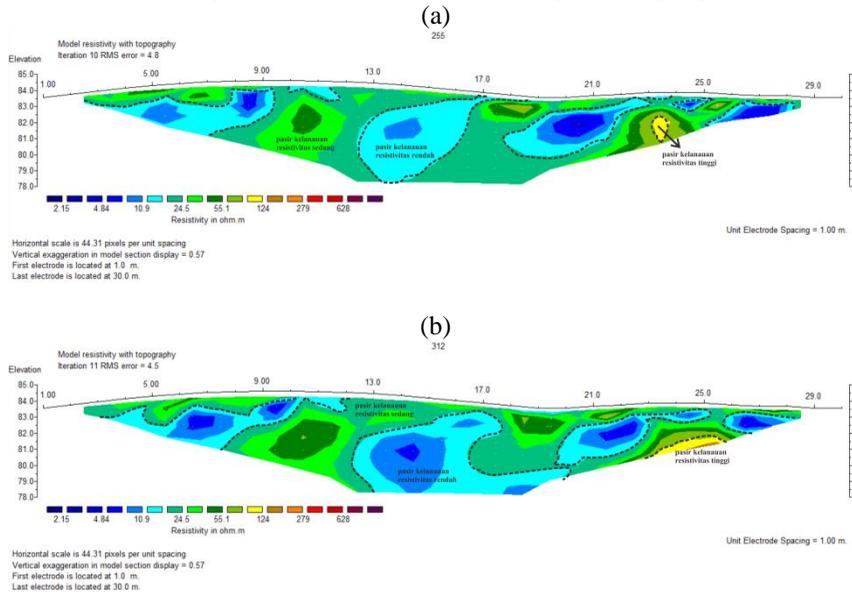
Gambar 4.5 Penampang resistivitas 2D lintasan 5, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan

Penampang kelima ini rentang nilai resistivitas rendah yaitu 2,15-10,9 Ohm meter yang menandakan bahwa daerah tersebut terdapat zona lemah dalam lereng tanah. Pada penampang lintasan 5 ini, pengambilan data sejajar dengan arah lereng tanah dan dengan topografi yang ditunjukkan pada gambar (4.5), lereng tanah daerah penelitian memiliki kecuraman yang cukup tajam. Berdasarkan pengukuran kemiringan lereng di lapangan didapatkan nilai  $70^{\circ}$ . Berdasarkan hasil pengukuran, perbedaan sebelum dan sesudah hujan dalam penampang ini juga terlihat cukup signifikan. Terlihat jelas bahwa gambar (4.5a) lebih menunjukkan dominasi nilai resistivitas yang tinggi, sedangkan penampang sesudah hujan, gambar (4.5b) lebih menunjukkan dominasi zona lemahnya. Hal ini diperkirakan akibat adanya hujan deras yang menimpa lereng dan karena kemiringan lereng tersebut, material akan lebih mudah untuk dibawa atau bergeser apalagi jika lereng tersebut terdapat retakan dalam.

#### 4.1.6 Lintasan 6

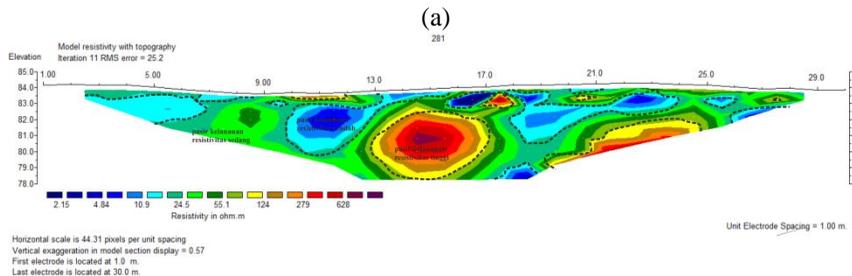
Penampang lintasan 6 menunjukkan rentang nilai resistivitas rendah pada 2,15-10,9 Ohm meter pada kedalaman 0-6 meter. Pada penampang keenam ini zona lemah dalam lereng tanah terbentuk berspot-spot dan dari permukaan. Penampang ini, gambar (4.6) juga merupakan penampang yang sejajar dengan lereng tanah yang berada di atas penampang kelima, gambar (4.5). Litologi di penampang ini adalah pasir kelanauan. Zona resistivitas rendah yang diinterpretasikan sebagai zona retakan tanah pada penampang ini juga dipengaruhi oleh kandungan air didalamnya. Pori-pori tanah yang terisi

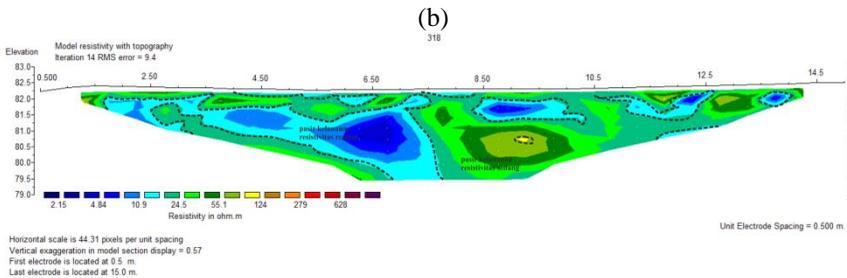
oleh air otomatis akan mengakibatkan kenaikan berat isinya dan *pore water pressure* sehingga membuat kepadatan tanahnya menjadi rendah. Perbedaan penampang sebelum dan sesudah hujan juga terlihat dengan jelas pada gambar (4.6), terdapat pelebaran zona lemah dan terjadi peningkatan kandungan airnya, hal ini terlihat dari perubahan warna dari biru terang ke biru gelap.



Gambar 4.6 Penampang resistivitas 2D lintasan 6, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan

### 4.1.7 Lintasan 7





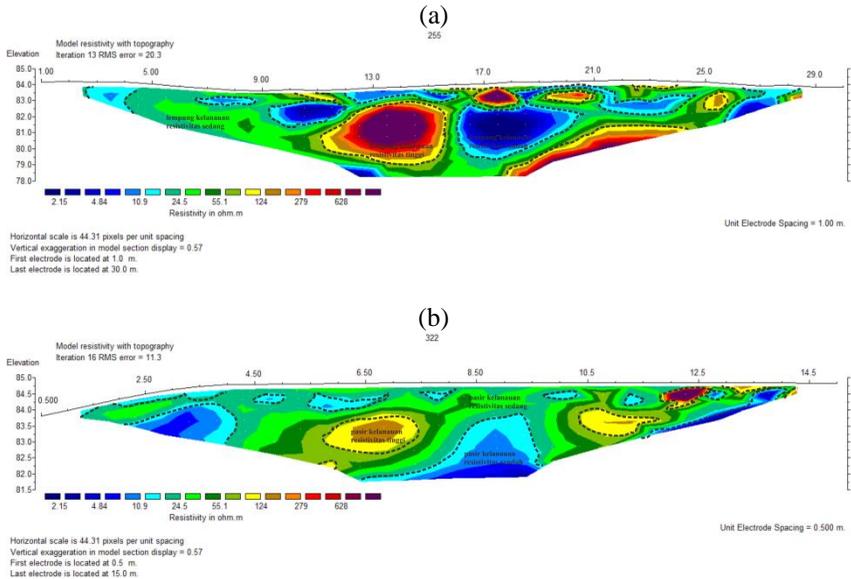
Gambar 4. 7 Penampang resistivitas 2D lintasan 7, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan

Berdasarkan gamnar (4.7) zona lemah berada pada rentang nilai resistivitas 2,15-10,9 Ohm meter pada kedalaman 0-6 meter. Penampang sebelum hujan dan sesudah hujan memiliki perbedaan panjang lintasan yang diukur. Pada penampang sebelum hujan memiliki panjang 30 meter sedangkan penampang sesudah hujan memiliki panjang 15 meter. Sehingga dengan melihat gambar (4.7) penampang sesudah hujan adalah setengah bagiannya penampang sebelum hujan. Litologi pada penampang ketujuh ini adalah pasir kelanauan dengan sifat fisis berbeda beda pada setiap perbedaan warnanya. Pada lintasan 6 ini lebih didominasi kandungan air dan kepadatan tanah dari medium ke rendah. Persebaran zona lemah juga terlihat lebih banyak ketika sesudah hujan, banyak terbentuk spot-spot kecil akibat terisinya pori tanah dengan air.

#### 4.1.8 Lintasan 8

Berdasarkan penampang lintasan 8, gambar (4.8) menunjukkan zona lemah pada rentang nilai resistivitas 2,15-10,9 Ohm meter pada kedalaman 1-6 meter. Penampang kedelapan ini terletak sejajar dengan penampang ketujuh atau bisa dikatakan sambungan dari penampang ketujuh dan terpisah oleh jalan raya selebar 5 meter. Pada penampang ini mempunyai litologi yang seragam yaitu pasir kelanauan dengan sifat fisis tanah yang berbeda-beda. Dimungkinkan perbedaan warna menunjukkan perbedaan kandungan air, kepadatan tanah dan juga adanya retakan dalam tanah. Zona retakan tanah pada penampang kedelapan ini ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang rendah warna biru. Perbedaan penampang resistivitas sebelum dan sesudah hujan memperlihatkan adanya perubahan zona lemah. Pada penampang sebelum hujan zona lemah terdapat pada kedalaman 1-4 meter dan berbentuk membulat

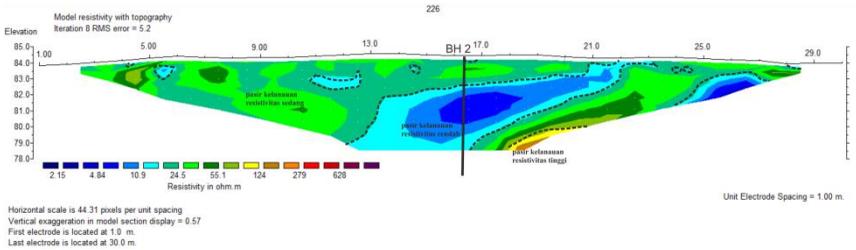
membentuk seperti lingkaran, sedangkan pada penampang setelah hujan zona lemah terdapat pada kedalaman 2 meter menerus hingga kebawah.



Gambar 4. 8 Penampang resistivitas 2D lintasan 8, (a) sebelum hujan, (b) sesudah hujan

## 4.2 Validasi Data Lapangan Resistivitas dengan Data Bor Tanah

Dalam rangka memverifikasi zona lemah dalam lereng tanah pada data geolistrik resistivitas, maka dilakukan penyelidikan geoteknik yang berguna untuk memprediksi parameter lapisan tanah dari data resistivitas. Korelasi antara data resistivitas dengan data bor tanah dapat dilihat pada gambar (4.9). Resistivitas tanah juga dipengaruhi oleh kandungan air tanah dan kepadatan tanah. Oleh karena itu untuk mendeteksi adanya zona lemah dalam lereng tanah perlu mengetahui parameter tanah seperti kandungan air dan kepadatan tanah. Dalam penelitian ini parameter yang dapat menentukan adanya retakan dalam lereng adalah adanya kandungan air yang tinggi. Parameter-parameter tanah tersebut diperoleh dari penyelidikan laboratorium yang hasilnya seperti tabel (4.1).



Gambar 4.9 Overlay BH-2 dengan Penampang Resistivitas 2D Lintasan3

Pada gambar (4.9), resistivitas rendah dengan rentang 2,15-10,9 Ohm meter terdapat pada kedalaman 1-7 meter. Pada kedalaman 1,5 meter kandungan air ditunjukkan dengan adanya selisih berat basah dan berat kering yaitu sebesar  $0,55 \text{ gr/cm}^3$ , sedangkan rata-rata kadar air pada kedalaman tersebut adalah 53,7%. Pada kedalaman 3,5 meter memiliki selisih berat basah dan berat kering sebesar  $0,56 \text{ gr/cm}^3$ , sedangkan rata-rata kadar air pada kedalaman ini adalah 76,46%. Pada kedalaman 5,5 meter memiliki selisih berat basah dan berat kering sebesar  $0,55 \text{ gr/cm}^3$ , sedangkan rata-rata kadar air pada kedalaman ini adalah 52,14%. Pada kedalaman 7,5 meter memiliki selisih berat basah dan berat kering adalah sebesar  $0,64 \text{ gr/cm}^3$ , sedangkan rata-rata kadar air pada kedalaman ini adalah 78,23%. Korelasi menunjukkan adanya kecocokan antara zona resistivitas rendah dengan rata-rata kandungan air yang tinggi, yaitu 65,13% pada kedalaman 1-7 meter.

Tabel 4.1 Kesimpulan Hasil BH-2 (Alexsander, 2017)

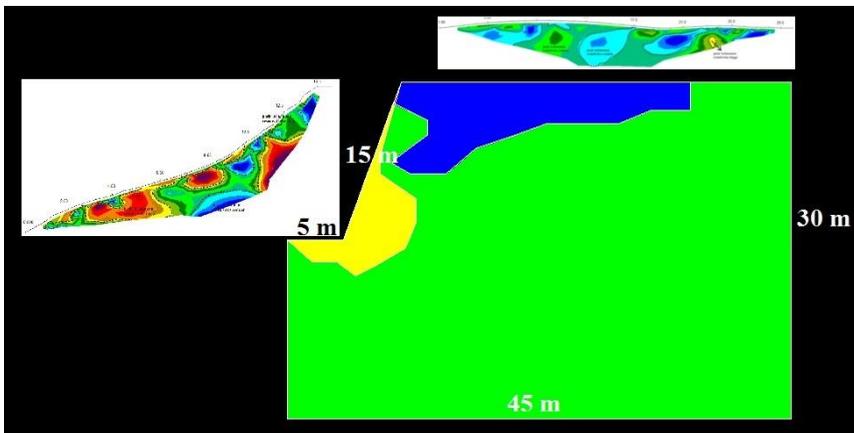
Kedalaman (meter)	Soil Deskripsi	Klasifikasi "USCS"	Klasifikasi Berdasarkan Plastisitas	Berat Isi Tanah		Specific Gravity	Liquid Limit	Index Plastisitas	Triaxial UU/Direct Shear		
				$\gamma_{moist}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_{dry}$ (gr/cm <sup>3</sup> )				$\phi$	C kg/cm <sup>2</sup>	E 50 "C kg/cm <sup>2</sup> " <sup>n</sup>
1.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	OL (Organic Silt with Sand)	1.45	0.94	2.393	47.21	10.12	29.6	0.07	267.481
3.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	-	1.30	0.74	2.278	-	-	28.64	0.10	207.089
5.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	OL (Organic Silt)	1.60	1.05	2.519	46.21	13.63	28.87	0.11	352.051
7.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	-	1.46	0.82	2.141	-	-	28.34	0.12	217.738
9.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	-	1.30	0.77	2.326	-	-	30.66	0.13	543.148
11.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	-	1.22	0.71	1.931	-	-	31.36	0.18	-
13.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	OH (Organic Silt with Sand)	1.26	0.69	2.028	67.96	15.25	30.38	0.12	-
15.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	-	1.29	0.77	2.169	-	-	30.87	0.18	-
17.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	OH (Organic Silt)	1.42	0.92	2.128	63.73	5.00	31.86	0.18	-
19.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	OH (Organic Silt with Sand)	1.34	0.88	2.203	56.15	17.73	33.35	0.16	-
21.50	Pasir Kelanauan	SP - SM (Poorly graded sand with Silty)	OH (Organic Silt with Sand)	1.56	1.07	2.320	62.43	29.49	33.11	0.07	127.864

Note : 1 kg/cm<sup>2</sup> = 100 Kpa

### 4.3 Analisis Model Lereng

Dalam perhitungan stabilitas lereng diperlukan sebuah model lereng yang mempresentasikan keadaan asli lereng. Pemodelan lereng dalam penelitian ini berdasarkan data geolistrik dan data bor tanah. Perlapisan dalam lereng dibuat dengan memperhatikan bentukan perlapisan pada data geolistrik. Sedangkan isian parameter materialnya berdasarkan data bor tanah.

Dalam penelitian ini dilakukan dua pemodelan, yaitu model lereng sebelum hujan dan model lereng setelah hujan. Hal yang perlu diperhatikan dalam membuat model lereng adalah geometri model lereng harus sesuai dengan geometri lereng aslinya. Pemodelan lereng pada penelitian ini difokuskan pada lintasan 5,6,7, dan 8.



Gambar 4.10 Model lereng sebelum hujan di lintasan 5 dan 6

Seperti gambar (4.10), model lereng dibuat berdasarkan data geolistrik pada lintasan 5 dan 6 sebelum hujan, sedangkan geometri lereng dapat dilihat pada tabel (4.2). Model lereng pada gambar (4.10) dibuat dengan memperhatikan klasifikasi nilai resistivitas yang didapat dari data geolistrik resistivitas. Perbedaan warna pada gambar (4.10) menunjukkan perbedaan nilai resistivitas, warna biru menunjukkan nilai resistivitas rendah, warna hijau menunjukkan nilai resistivitas sedang dan warna kuning menunjukkan nilai resistivitas tinggi.

Parameter tanah yang digunakan adalah berat isi tanah, kohesi dan sudut geser. Ketiga parameter ini didapatkan dari hasil pengujian laboratorium

data bor tanah. Hal ini berdasarkan pada isian material model lereng yang menggunakan konsep Mohr Coulomb. Dalam konsep model material Mohr Coulomb, input parameter yang diperlukan adalah tiga parameter yang telah disebutkan diatas.

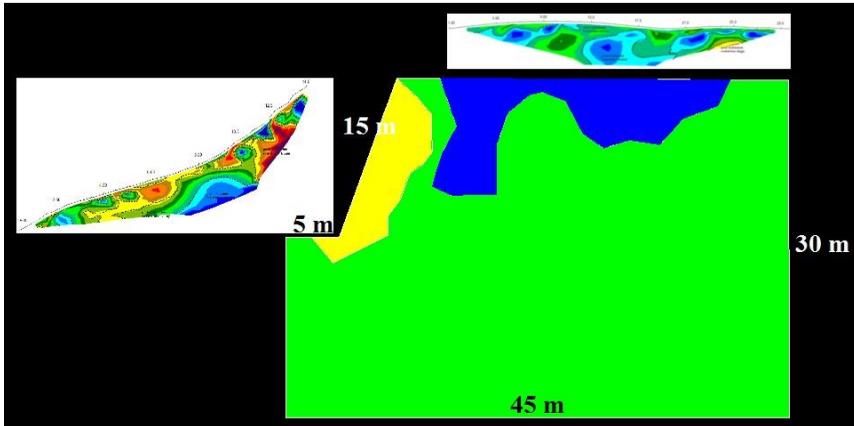
Tabel 4.2 Paramater model lereng sebelum hujan di lintasan 5 dan 6

Sudut kemiringan	70 derajat	
Berat (kN/m <sup>3</sup> )	biru	8.706375
Phi (°)		28.8625
C (kPa)		10
Berat (kN/m <sup>3</sup> )	kuning	8.0769
Phi (°)		30.06444444
C (kPa)		13.22222222
Berat (kN/m <sup>3</sup> )	hijau	8.347418182
Phi (°)		30.64
C (kPa)		12.90909091

Dalam dua keadaan yang berbeda, yaitu sebelum hujan dan sesudah hujan, parameter material yang digunakan juga berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel (4.2). Parameter yang sangat jauh berbeda adalah berat isi tanah. Karena adanya penambahan isi (air hujan), maka pada model material setelah hujan parameter berat isi yang digunakan adalah berat isi basah sedangkan yang sebelum hujan menggunakan berat isi kering.

Pengisian parameter material juga memperhatikan kedalaman dari setiap perbedaan warna yang kemudian dicocokkan dengan data bor tanah. Karena perlapisan material yang tidak merata, sedangkan data bor mengukur secara vertikal, maka perhitungan kedalaman setiap material dijadikan rata-rata begitu juga parameter-parameternya.

Hal yang sama juga berlaku pada gambar (4.11), namun pemodelan lereng pada gambar (4.11) menggunakan data geolistrik resistivitas pada Lintasan5 dan 6 setelah hujan. Perbedaannya dapat terlihat pada kedalaman material yang berwarna biru yang menunjukkan nilai resistivitas rendah. Hal ini juga dapat menunjukkan adanya perbedaan kedalaman rembesan air akibat air hujan yang turun melalui retakan tanah.



Gambar 4. 11 Model lereng setelah hujan lintasan 5 dan 6

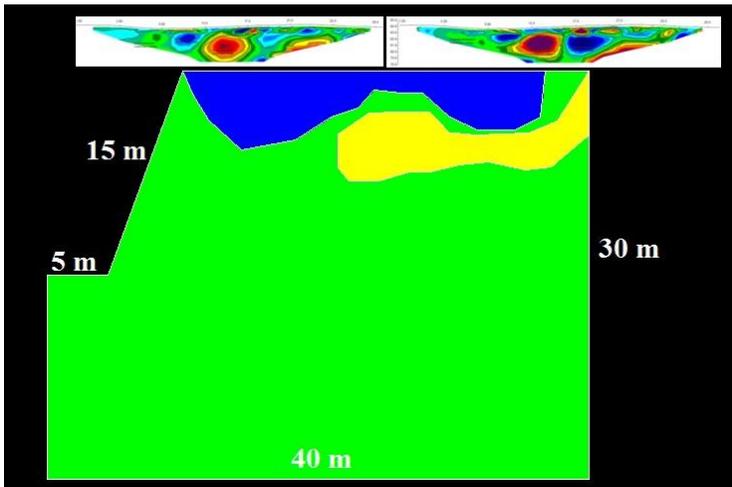
Geometri pada model lereng kedua ini (gambar 4.11) juga sama dengan model lereng pada gambar (4.10), sedangkan parameter tanahnya berbeda. Pada model lereng setelah hujan parameter berat isi tanah yang digunakan adalah berat isi tanah basah dan juga letak kedalaman setiap perbedaan warna atau material pada model lereng kedua ini juga berbeda dari model lereng yang pertama. Sehingga parameter-parameter yang lainnya menyesuaikan dengan letak kedalaman setiap perbedaan warna atau setiap perbedaan material. Parameter material dan geometri lereng pada model kedua ini dapat dilihat pada tabel (4.3).

Tabel 4. 3 Parameter model lereng setelah hujan di lintasan 5 dan 6

Sudut kemiringan	70 derajat	
Berat (kN/m <sup>3</sup> )	biru	13.94982
Phi (°)		29.222
C (kPa)		10.6
Berat (kN/m <sup>3</sup> )	kuning	13.3416
Phi (°)		29.84
C (kPa)		12.625
Berat (kN/m <sup>3</sup> )	hijau	13.55564

Phi ( $^{\circ}$ )		30.64
C (kPa)		12.90909

Model lereng ketiga, sesuai dengan gambar (4.12) dibuat berdasarkan data geolistrik resistivitas pada Lintasan 7 dan 8 sebelum hujan. Model lereng ini sedikit lebih pendek dari model lereng pertama dan kedua, yaitu selisih 5 meter. Pada model ini juga diklasifikasikan menjadi 3 material yang berbeda berdasarkan perbedaan nilai resistivitas.



Gambar 4. 12 Model lereng sebelum hujan lintasan 7 dan 8

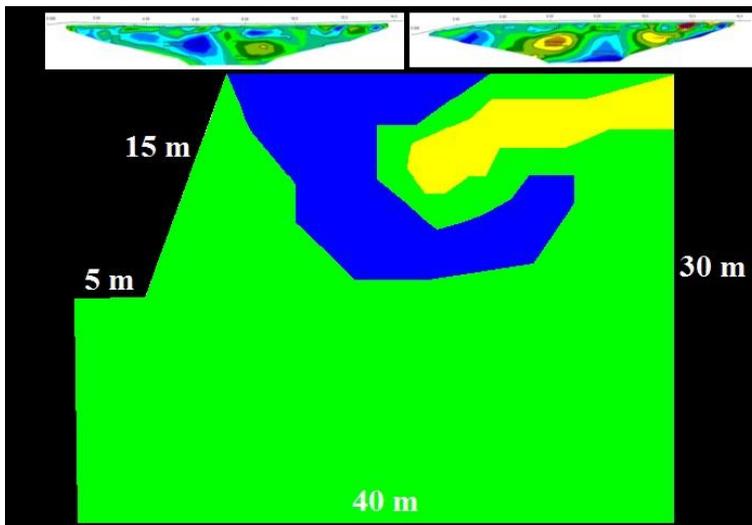
Model material pada gambar (4.12) juga menggunakan konsep Mohr Coulomb, sehingga parameter-parameter tanah yang digunakan juga sama dengan model lereng pertama dan kedua. Parameter-parameter tanah yang digunakan pada model ini adalah berat isi kering, kohesi dan sudut geser yang dapat dilihat pada tabel (4.4).

Tabel 4. 4 Parameter model lereng sebelum hujan di lintasan 7 dan 8

Sudut kemiringan	70 derajat	
Berat (kN/m <sup>3</sup> )	Biru	8.2404
Phi ( $^{\circ}$ )		29.12

C (kPa)		8.5
Berat (kN/m <sup>3</sup> )		8.5347
Phi (°)	kuning	28.61667
C (kPa)		11
Berat (kN/m <sup>3</sup> )		8.347418
Phi (°)	hijau	30.64
C (kPa)		12.90909

Model lereng pada gambar (4.13) adalah model lereng yang dibuat berdasarkan data geolistrik resistivitas pada lintasan 7 dan 8 setelah hujan. Dalam model lereng ini, keadaan dengan nilai resistivitas rendah lebih dalam daripada model lereng gambar (4.12). Keadaan ini juga bisa menjadi indikasi adanya pengaruh hujan terhadap lereng tanah dan juga terhadap retakan dalam lereng. Retakan dalam lereng akan sangat berpengaruh terhadap kedalaman infiltrasi air hujan. Dengan demikian model lereng pada gambar (4.13) memiliki kedalaman retakan yang lebih dalam daripada model lereng pada gambar (4.12).



Gambar 4. 13 Model lereng setelah hujan lintasan 7 dan 8

Parameter model lereng pada gambar (4.13) dapat dilihat pada tabel (4.5). Karena kondisi model lereng adalah setelah hujan, maka berat isi tanahnya menggunakan berat isi tanah basah, sehingga nilainya akan lebih besar daripada nilai berat isi tanah kering yang digunakan pada model lereng pada gambar (4.12). Geometri lereng pada gambar (4.13) adalah sama dengan geometri lereng pada gambar (4.12). Letak material berwarna kuning yang merepresentasikan material yang padat berada lebih dangkal dari material berwarna biru. Namun pada model lereng ini, nilai kohesi material yang berwarna kuning lebih kecil dari material yang lainnya. Sedangkan material berwarna biru yang merepresentasikan material yang tidak padat karena banyak terkandung air memiliki nilai kohesi yang lebih tinggi daripada material yang berwarna kuning. Namun berat isi tanah antara material berwarna kuning lebih tinggi daripada material berwarna biru.

Tabel 4.5 Parameter model lereng setelah hujan di lintasan 7 dan 8

Sudut kemiringan	70 derajat	
Berat (kN/m <sup>3</sup> )	Biru	13.61955
Phi (°)		29.57833
C (kPa)		11.83333
Berat (kN/m <sup>3</sup> )		14.24903
Phi (°)	Kuning	28.8625
C (kPa)		10
Berat (kN/m <sup>3</sup> )		13.55564
Phi (°)	Hijau	30.64
C (kPa)		12.90909

#### 4.4 Analisis Faktor Keamanan Lereng Tanah

Perhitungan stabilitas lereng pada penelitian menggunakan *Limit Equilibrium Method* (LEM), sedangkan perhitungan faktor keamanan lereng menggunakan metode irisan yaitu metode Bishop. Kalkulasi nilai faktor keamanan pada penelitian ini semua dilakukan menggunakan software atau secara komputasi. Metode LEM adalah salah satu metode geoteknik yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya dan mengasumsikan bidang longsor sebagai bidang lingkaran. Perhitungan faktor keamanan dengan metode ini

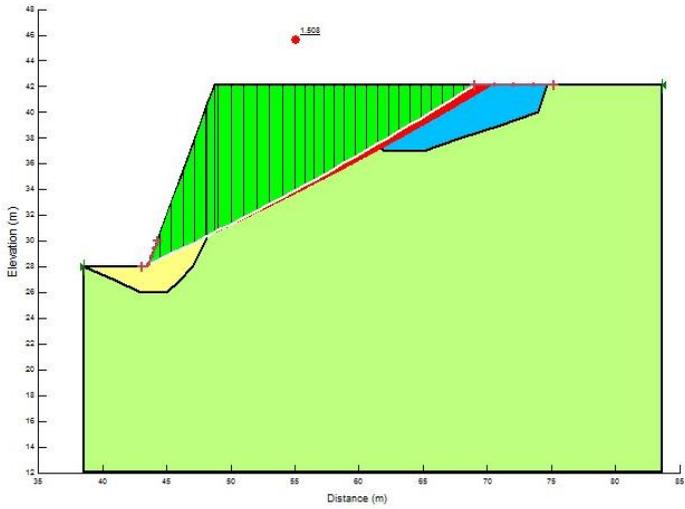
adalah dengan membagi-bagi tanah pada lereng menjadi beberapa bagian dan kemudian dihitung tiap irisan tersebut menurut prinsip kesetimbang gaya. Contoh perhitungan nilai faktor keamanan dapat dilihat dihalaman lampiran.

Dalam perhitungan faktor keamanan ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu adalah geometri model, muka air tanah, *slip surface* dan parameter material. Geometri model lereng harus sesuai dengan geometri asli lereng yang sebenarnya. Dalam perhitungan ini model material yang digunakan adalah model Mohr Coulomb sehingga parameter yang dibutuhkan hanya ada tiga, yaitu berat isi tanah, kohesi dan sudut geser. *Slip surface* digunakan sebagai asumsi bidang kelongsorannya. Faktor ini juga akan sangat menentukan seberapa dalam bidang longsor yang akan terjadi nantinya. *Slip Surface* dapat dilihat dari data geolistrik resistivitas maupun dari kenampakan lereng aslinya.

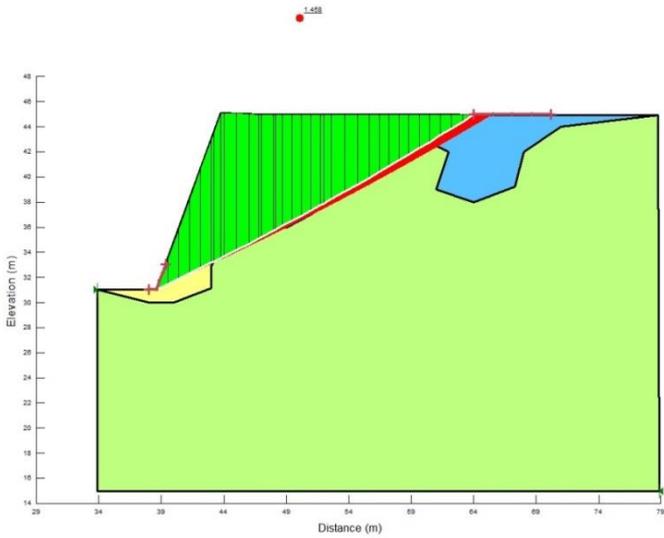
Muka air tanah diperlukan dalam perhitungan kestabilan lereng. Muka air tanah dapat diartikan sebagai garis yang menunjukkan tekanan pori bernilai nol dan menjadi batas antara nilai tekanan air pori yang negatif dan positif. Oleh karena itu muka air tanah bukan merupakan suatu diskontuitas pada pola rembesan (Wesley, Laurance D, 2012). Pada penelitian ini perhitungan muka air tanah tidak digunakan karena ketinggiannya yang berada pada kedalaman yang sangat dalam yaitu lebih dari 20 meter, hal ini dapat ditunjukkan dari data bor tanah.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai faktor keamanan lereng pada lintasan 5 dan 6 sebelum hujan memiliki nilai faktor keamanan 1.508. Lereng akan dikatakan aman jika nilai faktor kemannya adalah lebih besar dari 1, maka perhitungan stabilitas pada lereng gambar (4.14) dapat dinyatakan aman dan tidak mengalami kelongsoran. Dari perhitungan ini juga didapatkan zona aman yang dapat didirikan bangunan atau yang lainnya, pada gambar (4.14) dapat ditunjukkan dengan adanya zona warna merah yang berjarak 1 meter dari bidang longsor. Sedangkan zona kritis pada model lereng lintasan 5 dan 6 sebelum hujan adalah berjarak 22 meter dari tepi lereng.

Pada gambar (4.15), perhitungan kestabilan lereng dilakukan dengan pada Lintasan 5 dan 6 setelah hujan. Nilai faktor keamanan pada gambar (4.15) adalah 1.458. Kondisi lereng pada lintasan 5 dan 6 setelah hujan juga masih dikatakan stabil karena nilai faktor keamanan yang lebih besar dari 1. Namun nilai faktor kemannya lebih rendah daripada keadaan sebelum hujan yang berselisih sebesar 0.05. Zona aman pada perhitungan ini adalah berjarak 1 meter dari bidang longsor. Sedangkan zona kritis pada model lereng lintasan 5 dan 6 sesudah hujan berada pada jarak 22 meter dari tepi lereng.

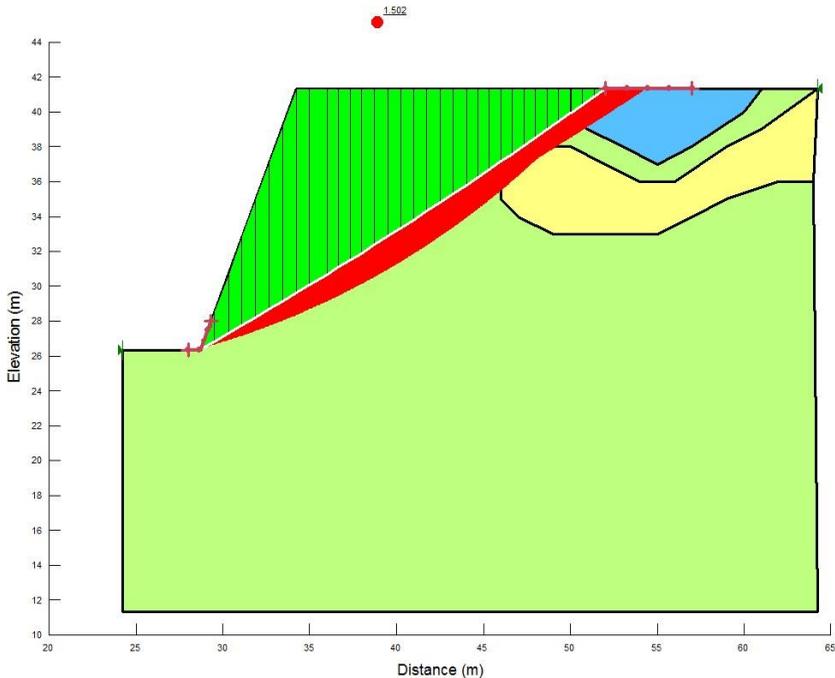


Gambar 4. 14 Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 5 dan 6 sebelum hujan



Gambar 4. 15 Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 5 dan 6 setelah hujan

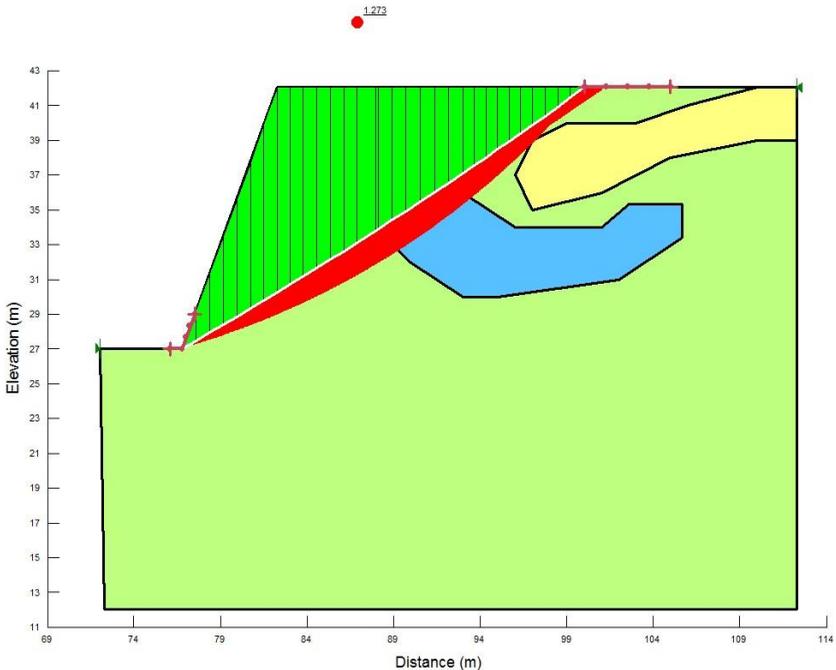
Pada perhitungan faktor keamanan seperti gambar (4.16) pada lintasan 7 dan 8 sebelum hujan menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.502. Stabilitas lereng pada gambar (4.16) bisa dikatakan aman karena nilai faktor keamanannya lebih dari 1. Zona aman yang didapat dari perhitungan ini adalah 2 meter dari bidang longsor yang ditandai dengan bidang yang berwarna merah. Sedangkan zona kritis pada model lereng lintasan 7 dan 8 sebelum hujan berada pada jarak 17 meter dari tepi lereng.



Gambar 4.16 Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 7 dan 8 sebelum hujan

Perhitungan kestabilan lereng dilakukan pada lintasan 7 dan 8 setelah hujan seperti gambar (4.17) memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1.273. Kondisi lereng pada lintasan 7 dan 8 setelah hujan juga masih dikatakan stabil karena nilai faktor keamanan yang lebih besar dari 1. Namun nilai faktor keamanannya lebih rendah daripada keadaan sebelum hujan yang berselisih sebesar 0.229. Zona aman pada perhitungan ini adalah berjarak 1 meter dari

bidang longsor. Sedangkan zona kritis pada model lereng lintasan 7 dan 8 sesudah hujan berada pada jarak 17 meter dari tepi lereng.



Gambar 4.17 Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 7 dan 8 setelah hujan

Pada dua kondisi yang berbeda, model yang sama yaitu pada lintasan 5 dan 6 serta Lintasan 7 dan 8 nilai faktor keamanan yang didapatkan berbeda. Nilai faktor keamanan pada kondisi sebelum hujan memiliki nilai yang lebih tinggi daripada sebelum hujan. Walaupun di kedua kondisi kondisi lereng tanah masih dikatakan aman atau stabil karena nilai faktor keamanan lerengnya lebih besar dari 1. Dalam konsep geoteknik faktor yang memengaruhi kestabilan lereng adalah tekanan air pori tanah dan pengaruh hujan. Sedangkan material lereng pada penelitian ini adalah tanah pasir kealanaan dan dibagi menjadi tiga karakteristik yang berbeda-beda menurut parameter kelistrikan yang berdasarkan data geolistrik resistivitas.

Kondisi sebelum hujan dapat diasumsikan dalam keadaan kering. Karena pada kondisi kering muka air tanah berada pada keadaan yang lebih dalam dari keadaan normal, walaupun ada yang naik sampai mendekati permukaan namun karena adanya penguapan maka air akan keluar dan tidak ditahan di dalam tanah. Oleh karena itu tekanan pori akan turun sedangkan tekanan efektif tanah akan naik, kondisi yang seperti ini tidak akan berakibat buruk pada kestabilan lereng. Hal ini juga dapat dilihat dari data geolistrik resistivitas yang memperlihatkan ketinggian muka air tanah yang lebih rendah pada saat keadaan kering atau sebelum hujan. Zona resistivitas rendah pada keadaan kering lebih sedikit daripada yang setelah hujan. Zona ini dapat menunjukkan material yang mengandung air lebih banyak dari material lainnya. Artinya zona retakan dalam lereng dalam keadaan kering lebih sedikit daripada setelah hujan.

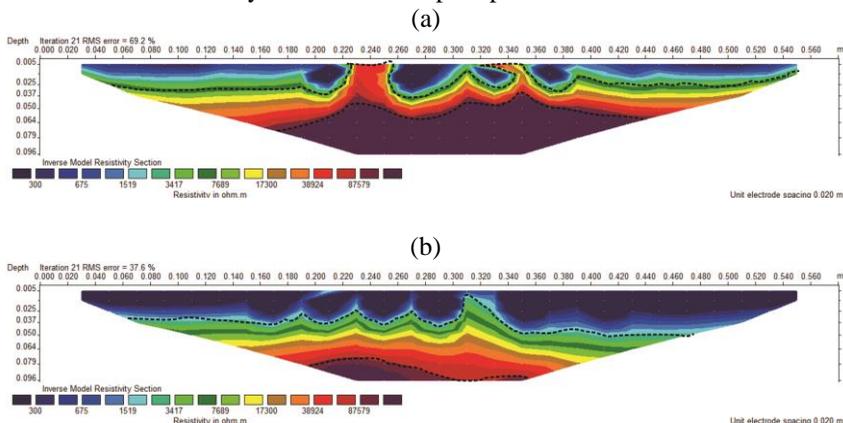
Kondisi setelah hujan membuat tanah dalam keadaan jenuh, maka nilai kohesi dan sudut geser dapat berkurang atau semakin kecil akibat terendam air serta membuat berat isi tanah akan meningkat. Hal ini juga akan mengakibatkan naiknya muka air tanah dan akan meningkatkan tekanan air pori serta akan menurunkan tekanan efektif tanah. Karena tekanan efektif tanah berkurang, maka hal ini juga akan menurunkan kestabilan lereng tersebut. Oleh karena itu nilai faktor keamanan pada lereng setelah hujan memiliki nilai yang lebih kecil daripada yang sebelum hujan.

Adanya perbedaan nilai faktor keamanan pada perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan adanya pengaruh hujan terhadap kestabilan lereng. Penambahan beban akibat air hujan yang masuk ke dalam tanah melalui retakan tanah akan membuat zona lemah dalam lereng tanah menjadi jenuh. Karena ini pula nilai resistivitas yang dihasilkan juga menunjukkan perluasan zona lemah yang. Zona lemah yang terbaca dari hasil geolistrik resistivitas menunjukkan nilai resistivitas yang kecil, artinya zona tersebut memiliki kandungan air yang lebih banyak dari daerah sekitar. Hal inilah yang menyebabkan nilai faktor keamanan setelah hujan yang lebih kecil dari nilai faktor keamanan sebelum hujan.

#### **4.5 Analisis Data Model Laboratorium**

Hasil pengolahan data geolistrik resistivitas model laboratorium dapat dilihat pada gambar (4.18). Berdasarkan gambar (4.18) rentang nilai resistivitas model laboratorium adalah 300-87579 Ohm Meter. Perlapisan bahan dalam penampang gambar (4.18) memperlihatkan perlapisan yang sesuai dengan model laboratorium yang dibuat, yaitu 3 cm untuk lapisan pasir, 4 cm untuk lapisan kerikil, dan 7 cm untuk lapisan batu bata merah. Deliniasi perlapisan dilakukan berdasarkan perbedaan nilai resistivitas yang nampak pada

penampang resistivitas gambar (4.18) dan berdasarkan referensi yang telah ada kemudian dicocokkan dengan model perlapisan yang telah dibuat. Dengan demikian untuk penampang dalam keadaan kering, lapisan pasir dalam model laboratorium ini memiliki rentang nilai resistivitas 300-7689 Ohm meter, lapisan kerikil memiliki rentang nilai resistivitas 17300-38924 Ohm meter, dan lapisan batu bata merah memiliki nilai resistivitas lebih dari 87578 Ohm meter. Sedangkan untuk penampang dalam keadaan setelah dibasahi, lapisan pasir memiliki nilai resistivitas 300-1519 Ohm meter, lapisan kerikil memiliki nilai resistivitas 3417-38924 Ohm meter, dan lapisan batu bata merah memiliki nilai lebih dari 87579 Ohm meter. Terjadi perbedaan rentang nilai resistivitas setiap perlapisan hal ini disebabkan oleh air yang membawa material ikut turun ke bawah dan karena adanya retakan dalam perlapisan.



Gambar 4.18 Penampang Resistivitas Model Laboratorium, (a) keadaan kering (b) keadaan setelah dibasahi

Retakan yang terjadi dalam perlapisan tanah berasal dari proses alami, dalam kondisi kering model laboratoium dianggap akan menghasilkan retakan-retakan yang terjadi karena adanya proses penguapan dan karena sifat dari bahan itu sendiri. Zona lemah dalam perlapisan ditunjukkan oleh nilai resistivitas kecil, yaitu 300-1519 Ohm meter. Dalam gambar (4.18) terlihat dengan jelas perbedaan warna yang menunjukkan adanya pebedaan nilai resistivitas. Artinya bahwa penampang sesudah dibasahi menunjukkan hasil yang lebih dominan nilai resistivitas kecil atau warna biru 0.5-2.5 cm., sedangkan penampang yang kering lebih didominasi oleh nilai resistivitas besar 0.5-3.7 cm.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis data, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode resistivitas 2D dapat mengidentifikasi adanya zona lemah dalam lereng berdasarkan nilai resistivitas tanah yang rendah, dalam penelitian ini ditunjukkan dengan nilai 2,15-10,9 Ohm meter pada kedalaman rata-rata 1-7 meter pada setiap lintasan dan menyebar di dalam lereng dan membentuk spot-spot kecil.
2. Retakan akan menjadi jalan masuknya air hujan dan akan membuat zona lemah dalam lereng menjadi jenuh yang mengakibatkan nilai faktor keamanan lereng berkurang pada kondisi sesudah hujan.
3. Pada lintasan 5 dan 6 sebelum dan sesudah hujan memiliki selisih nilai faktor keamanan lereng sebesar 0.05 sedangkan pada lintasan 7 dan 8 memiliki selisih 0.229.
4. Berdasarkan analisis stabilitas lereng, maka daerah penelitian dinyatakan masih dalam tahanan aman atau lereng masih stabil.

#### **5.2 Saran**

Setelah melakukan penelitian ini, didapatkan beberapa hal yang dapat disarankan atau dipertimbangkan untuk dikembangkan pada penelitian lebih lanjut, yakni: Perlu dipertimbangkan adanya beban tambahan pada lereng tanah seperti bangunan dan kendaraan mengingat daerah penelitian yang berada ditepi jalan provinsi. Serta perlu dilakukan perhitungan rembesan air terhadap lereng tanah. Selanjutnya dapat dilakukan analisis geoteknik yang berkaitan dengan desain keamanan lereng.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Arin Dwi. 2016. *Identifikasi Letak dan Kedalaman Cracks Pada Bidang Longsor Menggunakan Metode Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner-Schlumberger Studi Kasus: Kecamatan Selorejo Blitar*. Tugas akhir. Jurusan Teknik Geofisika: ITS.
- Aleksander, Stephanus. 2013. *Analisa Gejala Longsor dengan Menggunakan Geolistrik 2-Dimensi Konfigurasi Wenner-Alpha*. ITS.
- Aswathanarayana, M. 1995. *Geoenvironment-An Introduction*. A.A. Baltema. Rotterdam.
- Braja M. Das. 2010. *Principles of Geotechnical Engineering*. Edisi ke-7. Stamford: USA.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsoran, SKBI-2.3.06*. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Gouw dan Dave. 2012. *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method*. HATTI-PIT-XVI. Hotel Borobudur. Jakarta.
- Indahrawahyuni, Herlien, As'ad Munawir, dan Ifone Damayanti. 2009. *Pengaruh Variasi Kepadatan pada Permodelan Fisik Menggunakan Tanah Pasir Berlempung Terhadap Stabilitas Lereng*. Jurnal Rekayasa Sipil. Volume 3, No.3, Hal. 192- 208.
- Mochtar. 2011. *Kenyataan Lapangan Sebagai Dasar Usulan Untuk Konsep Baru Tentang Analisa Kuat Geser Tanah dan Kestabilan Lereng*. ITS.
- Parluhutan, Octavian Cherianto. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta. 1000m)*. Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No.3, Hal. 139-147.
- Pokja Sanitasi Kabupaten Blitar. 2011.
- Sjarifudin, M.Z dan S. Hamidi. 1992. *Peta Geologi Lembar Blitar*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sumiwon Udphuay. 2008. *3-D Electrical Resistivity Tomography for Cliff Stability Assessment at Pointe Du Hoc In Normandy*. France.
- Suryo, Eko Andi. 2013. *Mendeteksi Retakan Dalam Pada Tubuh Lereng Tanah Residu Menggunakan Electrical Resistivity Tomography*. Jurnal Rekayasa Sipil. Volume 7, No.2-2013. ISSN 1978-5658.
- Suryo, Eko Andi, Fadh Ghulam Aghnia, dan Arief Rachmansyah. 2013. *Penerapan Metode Electrical Resistivity Tomography (ERT) untuk Mengetahui Bidang Longsor pada Model Lereng*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik: Universitas Brawijaya.

- Susi dan Yohan. 2007. *Program Analisis Stabilitas Lereng*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Tantri, Aridipa, dkk. 2016. *Tutorial Geostudio 2012 Analisa Rembesan pada Bendungan Mata Kuliah Waduk dan Bendungan*. Program Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS: Surabaya.
- Telford, W.M., Geldart L.P and Sheriff R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. USA.
- Ward, S.H. 1990. *Resistivity and Induced Polarization Methods Geotechnical and Environment Geophysics*. Vol. 1, hal. 147. Tulsa. SEG.
- Wesley, Laurence D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Ed.1. Penerbit ANDI: Yogyakarta.

## LAMPIRAN

### 1. Dokumentasi Pengukuran Geolistrik Resistivitas



Gambar 1. Kondisi Existing lereng tanah daerah penelitian



Gambar 2. Salah satu retakan dipermukaan lereng

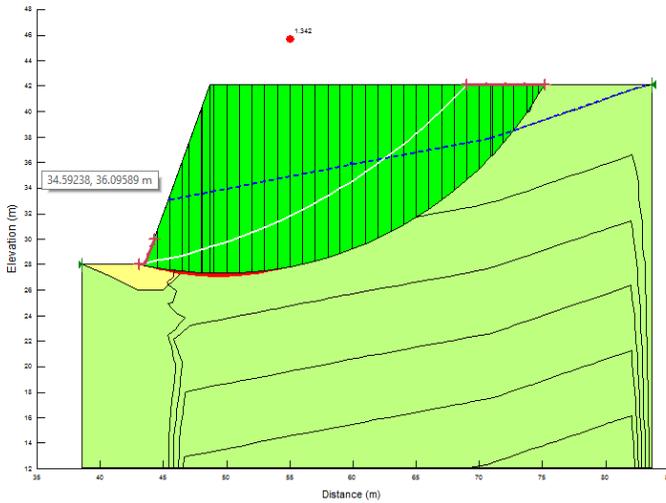


Gambar 3. Pengukuran Geolistrik di Lintasan1



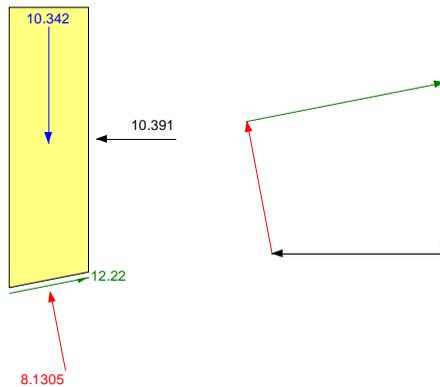
Gambar 4. Pengukuran Geolistrik di Lintasan5

## 2. Contoh Perhitungan Faktor Keamanan Lereng



Gambar 5. Model lereng Lintasan5 dan 6 sebelum hujan

Slice 1 - Bishop Method



Gambar 6. Gaya yang bekerja pada slice 1

Irisan ke-	Phi (deg)	Kohesi	Wn	$\alpha$ (deg)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	h	b	u	Ln	$Wn \cdot \sin \alpha$	$Wn \cdot \cos \alpha$	$\xi \cdot Ln + (Wn \cdot \cos \alpha - (u \cdot Ln) \cdot \tan(\Phi))$
1	28.862	10	10.342	11.66	0.20210362	0.979364144	1.2271	0.96804	0	0.988437249	2.090155633	10.12858398	15.46688983
2			30.937	12.39	0.214564862	0.976709742	3.6706	0.96804	0	0.991123523	6.637993149	30.21646928	26.56548465
3			53.797	13.643	0.235871495	0.971784255	6.1399	1.0064	46.34	1.035620813	12.68917884	52.27907755	12.71982757
4			75.648	14.929	0.257621887	0.966245809	8.6337	1.0064	45.987	1.041556911	19.48858051	73.09456295	24.30298086
5			44.419	15.886	0.273724213	0.961808222	10.471	0.48724	22.078	0.506587477	12.15855581	42.7225594	22.44857193
6			7.0168	16.246	0.279761989	0.960069388	11.156	0.072245	3.2607	0.075249769	1.963033926	6.73661488	4.330244038
7			64.138	16.69	0.287193344	0.957872634	11.991	0.61435	27.566	0.641369195	18.42000669	61.43603501	30.53048049
8			34.625	17.29	0.297208232	0.954812687	17.29	0.3134	13.944	0.328231919	10.29083505	33.06038928	18.98143011
9			108.63	18.144	0.311406282	0.950276869	12.477	1	43.829	1.052324888	33.82806437	103.2285763	41.99818291
10			105.67	19.451	0.33300058	0.942926622	12.137	1	42.652	1.060527911	35.18817124	99.63905612	40.59162267
11			102.48	20.769	0.354601121	0.935017671	11.77	1	41.212	1.069498504	36.33952289	95.82061092	39.21468991
12			99.059	22.098	0.376191921	0.926541763	11.378	1	39.491	1.079282165	37.2651955	91.7823005	37.88827848
13			95.404	23.44	0.397788507	0.917477141	10.958	1	37.473	1.089945412	37.95061476	87.53098911	36.6319338
14			91.506	24.796	0.419388707	0.90780676	10.51	1	35.135	1.101556019	38.37658299	83.06976534	35.46885835
15			65.927	25.994	0.438277023	0.898839947	10.096	0.75	24.62	0.834408842	28.89428929	59.25782122	29.68224863
16			63.484	27.031	0.454472514	0.890760761	9.7222	0.75	22.958	0.841976917	28.85173309	56.54905617	28.93353841
17			60.928	28.078	0.470673134	0.882307657	9.3308	0.75	21.131	0.850043626	28.67717271	53.7572409	28.22935749
18			58.257	29.135	0.486869047	0.873474975	8.9217	0.75	19.128	0.858639368	28.36353006	50.8860316	27.58061726
19			69.765	30.347	0.505235701	0.862981394	8.4346	0.95	21.049	1.100834858	35.24776871	60.20589694	31.42041356
20			65.035	31.719	0.525753762	0.85063681	7.8629	0.95	17.116	1.116810358	34.1923959	55.32116492	31.12348171
21			66.058	33.187	0.547373354	0.83688853	7.226	1.05	13.702	1.254647378	36.15838899	55.28318252	33.54143954
22			59.589	34.754	0.570054123	0.821607143	6.5183	1.05	7.4804	1.277983047	33.96895513	48.95874802	34.49512404
23			31.113	36.005	0.58785585	0.808965697	5.9353	0.60209	1.1972	0.74427136	18.28995906	25.16934974	20.82405853
24			37.94	37.09	0.603068774	0.797689196	5.4122	0.80516	-2.2882	1.009365557	22.88042928	30.26432811	28.04726962
25			33.333	38.344	0.620381514	0.784300183	4.7919	0.79896	-7.05	1.018691589	20.67917701	26.143078	28.5543969
26			28.834	39.616	0.637639133	0.77033521	4.1452	0.79896	-12.278	1.037158875	18.38568675	22.21184546	29.63263353
27			24.126	40.912	0.654899105	0.755716324	3.4683	0.79896	-18.027	1.057222101	15.80009581	18.23241203	31.12567673
28			19.195	42.234	0.672160073	0.740405859	2.7595	0.79896	-24.364	1.079083844	12.90211261	14.21209046	33.1145988
29			14.028	43.584	0.68941729	0.724364411	2.0166	0.79896	-31.368	1.102980748	9.671145743	10.16138396	35.69976264
30			8.6075	44.965	0.706674702	0.707538596	1.2374	0.79896	-39.134	1.129210483	6.0827025	6.090138467	39.00502754
31			2.916	46.38	0.723931095	0.689872285	0.41921	0.79896	-47.779	1.158127406	2.110983072	2.011667584	43.18827161
<b>JUMLAH</b>								365.0611	29.53276811	683.8430171	1465.461027	921.3373921	
			<b>FK</b>									<b>1.347293705</b>	

## BIOGRAFI PENULIS



Andriyan Yulikasari dilahirkan di Bantul, 13 Juli 1994 dan merupakan anak pertama dari empat bersaudara pasangan dari Bapak Suko Yulianto dan Ibu Nunuk Dalinah. Penulis memulai pendidikan di TK PKK 108 Ponggok 1 di Bantul saat umur 5 tahun (1999-2001), kemudian di SD 2 Sumberagung (2001-2007), dilanjutkan di SMP N 1 Jetis Bantul (2007-2010), lalu menuntut ilmu di SMA N 1 Jetis Bantul (2010-2013). Melanjutkan pendidikan S1 di ITS Surabaya di Departemen Teknik Geofisika FTSP tahun 2013. Selama proses pendidikan di perguruan tinggi, Penulis juga aktif dibebberapa kegiatan organisasi kampus,

diantaranya aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HMTG ITS). Disamping itu juga aktif dalam organisasi minat bakat di ITS, yaitu Unit Kegiatan Seni Tari dan Karawitan (UKTK Rara Kantanta ITS) dan juga aktif dalam organisasi student chapter, SEG SC ITS, serta mengikuti kegiatan-kegiatan seminar dan workshop. Penulis juga terlibat dalam beberapa proyek geofisika kerjasama Laboratorium Eksplorasi, Teknik Geofisika ITS dengan berbagai pihak dari dalam maupun luar Institut. Bidang penelitian penulis adalah geofisika lingkungan, khususnya terkait dengan kelongsoran.

Bagi para pembaca yang tertarik dengan topik penelitian penulis, bisa menghubungi email: [andriyanulikasari@gmail.com](mailto:andriyanulikasari@gmail.com).