



TUGAS AKHIR - RF 141501

**APLIKASI METODE RESISTIVITAS 2D DALAM PERMODELAN
KESTABILAN LERENG PADA DAERAH RAWAN LONGSOR
STUDI KASUS: DESA OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR**

**MELLA SURYA ASMARA
NRP 3713 100 013**

**Dosen Pembimbing:
Dr. Widya Utama, DEA
Wien Lestari, ST, MT**

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



TUGAS AKHIR - RF 141501

**APLIKASI METODE RESISTIVITAS 2D DALAM PERMODELAN
KESTABILAN LERENG PADA DAERAH RAWAN LONGSOR
STUDI KASUS: DESA OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR**

MELLA SURYA ASMARA
NRP 3713 100 013

Dosen Pembimbing:
Dr. Widya Utama, DEA
Wien Lestari, ST, MT

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

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

**APPLICATION OF 2D RESISTIVITY METHOD OF SLOPE
STABILITY MODELLING AT LANDSLIDE AREA
CASE STUDY: DESA OLAK - ALEN, SELOREJO, BLITAR**

MELLA SURYA ASMARA
NRP 3713 100 013

Supervisors :
Dr. Widya Utama, DEA
Wien Lestari, ST. MT

Geophysical Engineering Departement
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

**APLIKASI METODE RESISTIVITAS 2D DALAM
PERMODELAN KESTABILAN LERENG PADA DAERAH
RAWAN LONGSOR
STUDI KASUS: DESA OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Departemen Teknik Geofisika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 25 Juli 2017

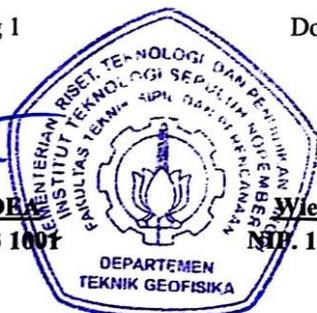
Menyetujui

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Dr. Widya Utama, DE
NIP. 19611024 198803 1001


Wien Lestari, ST., MT
NIP. 19811002 201212 2003



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


Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, MT
NIP. 19690906 199702 1001

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan “**APLIKASI METODE RESISTIVITAS 2D DALAM PERMODELAN KESTABILAN LERENG PADA DAERAH RAWAN LONGSOR STUDI KASUS: DESA 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, 25 Juli 2017

Mella Surya Asmara
NRP. 3713 100 013

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

APLIKASI METODE RESISTIVITAS 2D DALAM PERMODELAN KESTABILAN LERENG PADA DAERAH RAWAN LONGSOR STUDI KASUS: DESA OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR

Nama : Mella Surya Asmara
NRP : 3713 100 013
Jurusan : Teknik Geofisika
Pembimbing : Dr. Widya Utama, DEA
Wien Lestari, ST., MT

Abstrak

Salah satu faktor pemicu terjadinya tanah longsor adalah adanya zona tersaturasi air. Zona tersaturasi air merupakan zona di bawah permukaan yang memiliki konsentrasi air yang tinggi dan sukar untuk meloloskan air. Pengukuran dilakukan pada empat lintasan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner-Schlumberger. Hasil geolistrik menunjukkan zona saturasi air dengan nilai resistivitas 4,39 – 9,29 Ω m pada kedalaman 6 – 16 meter. Berdasarkan data geologi struktur, arah struktur retakan adalah N 191° E menunjukkan arah pergerakan material longsor secara *rotational*. Dari hasil data pengeboran, material daerah penelitian seragam yaitu pasir kelanauan. Dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui sifat fisis tanah yang digunakan untuk komputasi analisis kestabilan lereng yaitu bobot isi material, kohesi, dan sudut geser dalam. Dari hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode Bishop, lintasan 1 memiliki nilai FK sebesar 1,057 dengan daerah aman adalah 26 meter dari titik longsor; lintasan 2 adalah 1,090 daerah aman 12 meter dari titik longsor; dan lintasan 3 adalah 1,181 daerah aman adalah 9 meter dari titik longsor. Dari analisis data geolistrik, geologi, dan geoteknik terbukti memiliki korelasi satu sama lain dalam analisis kelongsoran pada daerah penelitian.

Kata Kunci : Faktor keamanan, Lereng, Longsor, Resistivitas, Saturasi

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

APPLICATION OF 2D RESISTIVITY METHOD OF SLOPE STABILITY MODELLING AT LANDSLIDE AREA CASE STUDY: DESA OLAK - ALLEN, SELOREJO, BLITAR

Name : Mella Surya Asmara
NRP : 3713 100 013
Major : Geophysical Engineering Departement
Supervisors : Dr. Widya Utama, DEA
Wien Lestari, ST., MT

Abstract

One of the factor that triggers occurrence of landslide is the water saturated zone . Water saturated zone is the subsurface zone that has the high water concentration and impermeable of water . Measurements made by four lines that use the 2D resistivity method using Wenner - Schlumberger configuration, the result of the geoelectrical measurement shows the water saturated zone with the range of resistivity 4,39-9,29 Ohm.m at the depth 6 - 16 meter. Based on geological data structure, the structure of the direction of the crack is N 191° E shows the direction of movement of the landslide material are rotational. Based on the drilling data result , the research area material is uniform with silksand(pasirkelanauan). Conducted to laboratory test to get the result of physics characteristic value of land that use to compute the stability analysis of the slope of the material weight, cohesion and internal shear angel . From the analysis of slope stability using Bishop method, Track 1 has FK value 1,057 with the safe zone 26 meter from the landslide point; track 2 is 1,090 from the safe zone 12 meter from the landslide point; track 3 is 1,181 with the safe zone 9 meter from the landslide point. From the analysis of geoelectric, geology and geotechnical data have been shown to correlate with each other in landslide analysis on the observation area.

Keywords: *landslide, resistivity, safety factor, saturation, slope*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Kata Pengantar

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk, berkat serta karunianya sehingga penulis mampu menyelesaikan karya indah berupa Tugas Akhir dengan judul **“APLIKASI METODE RESISTIVITAS 2D DALAM PERMODELAN KESTABILAN LERENG PADA DAERAH RAWAN LONGSOR STUDI KASUS: DESA OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR”**. Pada pengerjaan tugas akhir ini banyak pihak yang sangat menginspirasi dan membantu dalam penyelesaiannya, sehingga pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Keluarga tercinta, mamah, papah, dan adik yang selalu memberi semangat, inspirasi dan doa untuk penulis.
2. Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku ketua Departemen Teknik Geofisika ITS.
3. Bapak Dr. Widya Utama, DEA dan Ibu Wien Lestari ST, MT selaku dosen pembimbing TA sekaligus orang yang menginspirasi penulis, terimakasih atas bimbingan dan kesabarannya.
4. Bapak Dwa Desa Warnana S.Si. M.Si selaku dosen wali penulis, yang selalu mensupport dan memotivasi penulis dari semester awal
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
6. Staf Departemen Teknik Geofisika ITS, atas bantuan teknis dan administrasi yang penulis dapatkan selama menjadi mahasiswa Departemen Teknik Geofisika ITS.
7. Mas Ivan Bahder, S.Si dan Mas Maizan ST yang telah membantu saya selama proses pelaksanaan Tugas Akhir.
8. Pak Stephanus, mas Joko Aprianto, dan mas Achmad Dasuki yang telah membantu saya dan tim selama proses pelaksanaan Tugas Akhir.
9. Tim Crackers (Arin, Farida, Andriyan dan Ais) terima kasih atas kekompakan, support dan gotong royongnya selama pengambilan data hingga selesai tugas akhir.
10. Farida yang senantiasa menemani saya selama lembur segala tugas, mengajari saya ilmu dengan sabar, dan menemani kuliah selama 4 tahun.
11. Fuad, Ujang, Oman, Arwin, Bobby, Pradana, Reza, Radea, Kodrat, dan Qomar yang telah membantu selama pelaksanaan tugas akhir.
12. Maulana, Dimas, Fakhriar, Hamzah, Imam, Tricahyo, Faisal, Indah, Adhitama, dan Dwi yang telah membantu dalam pengambilan data.

13. Teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2013 atas motivasi, semangat, dan waktunya yang telah dihabiskan bersama-sama selama 4 tahun ini.
14. Seluruh Mahasiswa Teknik Geofisika ITS yang telah menjadi bagian penulis selama kuliah di Departemen Teknik Geofisika ITS.
15. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu oleh penulis, terima kasih banyak atas doa dan dukungannya.

Semoga Allah membalas semua kebaikan semua pihak diatas dengan sebaik- baiknya balas. Penulis menyadari tentunya penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 25 Juli 2017

Mella Surya Asmara

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vii
Abstrak	ix
Abstract	xii
Kata Pengantar	xiv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Kajian Geologi Regional	5
2.2 Metode Geolistrik.....	6
2.2.1 Konfigurasi Wenner-Schlumberger.....	8
2.3 Tanah Longsor.....	9
2.3.1 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor	9
2.3.2 Jenis Tanah Longsor berdasarkan mekanisme gerakan dan material	10
2.4 Klasifikasi Tanah.....	12
2.5 Kelerengan	14
2.6 Kuat Geser Tanah.....	15
2.6.1 Teori Mohr-Colomb	16
2.7 Analisa Kestabilan Lereng	19

2.7.1 Faktor Keamanan Lereng.....	20
2.7.2 Metode Bishop (<i>Bishop Method</i>).....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2 Peralatan dan Data	26
3.2.1 Data.....	26
3.2.2 Peralatan	26
3.3 <i>Roadmap</i> dan Diagram Alir Penelitian	27
3.4 Prosedur Penelitian	31
3.4.1 <i>Tahap Persiapan</i>	31
3.4.2 Tahap Pengolahan.....	32
3.4.3 Tahap Analisis	33
3.4.4 Tahap Akhir	34
3.5 Jadwal Kegiatan.....	34
3.6 Keuangan	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Data Geolistrik	38
4.2 Pengaruh Geologi Struktur terhadap Kestabilan Lereng.....	46
4.3 Analisis Kestabilan Lereng.....	48
4.4 Hubungan FK Lereng dengan Parameter Material	52
4.5 Integrasi Data geolistrik, Geologi, dan Kestabilan Lereng	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN	65
BIOGRAFI PENULIS.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Geologi Regional Jawa Timur (Bemmelen, 1949)	5
Gambar 2. 2 Peta Geologi Daerah Penelitian (Sjarifudin dan Hamid, 1992)	6
Gambar 2. 3 Pengaruh injeksi aliran arus listrik (Telford, 1990)	7
Gambar 2. 4 Konfigurasi Wenner - Schlumberger	8
Gambar 2. 5 Sketsa Alat Uji Geser Langsung (Hardiyatmo,2002)	16
Gambar 2. 6 Kriteria Kegagalan Mohr Coulomb	18
Gambar 2. 7 Lereng serta gaya-gaya yang bekerja pada metode Bishop (Hoek & Bray, 1981).....	22
Gambar 3. 1 Lokasi penelitian Desa Olak Alen, Blitar (Google Earth, 2016) .	24
Gambar 3. 2 Desain Akuisisi Lintasan pengukuran Geolistrik	25
Gambar 3. 3 Alat Resistivitas Multichannel Duk-2A.....	26
Gambar 3. 4 <i>Roadmap</i> Penelitian.....	28
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian secara garis besar	29
Gambar 3. 6 Diagram Alir pengolahan data Geolistrik	30
Gambar 3. 7 Diagram Alir pengolahan data <i>Safety Factor</i>	31
Gambar 3. 8 Grafik Pengeluaran Keuangan pekerjaan Tugas Akhir.....	36
Gambar 4. 1 Penampang 2D resistivitas lintasan 1 dengan zona saturasi ditandai dengan garis hitam.....	39
Gambar 4. 2 Penampang 2D resistivitas lintasan 2dengan zona saturasi ditandai dengan garis hitam	40
Gambar 4. 3 Penampang 2D resistivitas lintasan 3dengan zona saturasi ditandai dengan garis hitam	41
Gambar 4. 4 Penampang 2D resistivitas lintasan 4dengan zona saturasi ditandai dengan garis hitam	42
Gambar 4. 5 Penampang persepektif vertikal secara horisontal lapisan tanah bawah permukaan lintasan 2,3, dan 4.....	44
Gambar 4. 6 Penampang 2D lintasan 2 dan 3 beserta retakan dipermukaan	45
Gambar 4. 7 <i>Cross Section</i> Penampang Resistivitas lintasan 2 dan 3 dengan BH1 pada lintasan 3	46

Gambar 4. 8 Arah pergerakan material longsor berdasarkan data geologi struktur menggunakan stereonet	48
Gambar 4. 9 Analisis Kestabilan Lereng pada Material Homogen.....	49
Gambar 4. 10 Hasil analisa FK lereng pada lintasan 1	50
Gambar 4. 11 Hasil analisa FK lereng pada lintasan 2	51
Gambar 4. 12 Hasil analisa FK lereng pada lintasan 3	51
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan antara Bobot Isi Material dengan Nilai Faktor Keamanan	53
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan antara Kohesi dengan Nilai Faktor Keamanan	54
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan antara Sudut Geser Dalam dengan Nilai Faktor Keamanan	55
Gambar 4. 16 Akar pohon yang menggantung pada lereng (a) Longsoran awal (b) pasca sebulan longsor.....	57
Gambar 4. 17 Penampang 3D sebaran Resistivitas Bawah Permukaan.....	58
Gambar 1 Pengambilan data pada lintasan 1	83
Gambar 2 Pengambilan data pada lintasan 2	83
Gambar 3 Lokasi Penelitian Dusun Sumberejo, Ds. Olak - alen	84
Gambar 4 Alat untuk akuisisi data	84
Gambar 5 Proses pengeboran pada lokasi penelitian	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas dari beberapa Material-material	8
Tabel 2.2 Nilai Klasifikasi longsor (landslide) (Varnes, 1978)	11
Tabel 2.3 Klasifikasi Kemiringan Lereng (Arsyad, 1989)	14
Tabel 2.4 Rata-rata parameter tanah (USCS) (J. Krahenbuhl, A. Wagner, 1983)	18
Tabel 2.5 Konsistensi dan kekuatan tanah kohesif (lempung) (Lambe & Whitman, 1969)	18
Tabel 2.6 Korelasi metrial dan sudut geser dalam (ϕ dalam $^{\circ}$) (Wesley, 1997)	19
Tabel 2.7 Faktor Keamanan (F) ditinjau dari intensitas kelongsorannya (Bowles, 1989)	21
Tabel 3. 1 Koordinat lintasan pengukuran.....	25
Tabel 3. 2 Parameter Masukan dalam Analisis Kestabilan Lereng	33
Tabel 3. 3 Kurva S kegiatan penelitian	35
Tabel 4. 1 Jenis Material dan Kedalaman pada Lintasan 1	39
Tabel 4. 2 Jenis Material dan Kedalaman pada Lintasan 2	40
Tabel 4. 3 Jenis Material dan Kedalaman pada Lintasan 3	41
Tabel 4. 4 Jenis Material dan Kedalaman pada Lintasan 4	42
Tabel 4. 5 Integrasi data Geolistrik dengan Parameter material.....	59
Tabel 1 Spesifikasi alat yang digunakan, yaitu Geolistrik Multichannel Duk-2A65	
Tabel 2 Datasheet pada lintasan 1 dan 2	67
Tabel 3 Datasheet pada lintasan 3 dan 4	73
Tabel 4 Nilai Topografi masing – masing Lintasan	79
Tabel 5 Ketinggian dan Sudut kemiringan lereng masing – masing lintasan...	82
Tabel 6 Hubungan FK dengan parameter tanah	82
Tabel 7 Strike dan Dip retakan.....	82

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Blitar terbagi menjadi dua bagian, pada bagian utara kondisi geologinya berupa pegunungan vulkanik, sedangkan bagian selatan merupakan dataran rendah (PPID Kab. Blitar). Dilihat dari kondisi geologinya, kawasan bagian utara Kabupaten Blitar termasuk ke-dalam zona rentan pergerakan tanah. Berdasarkan data BPBD Kab. Blitar tahun 2015, telah terjadi peristiwa tanah longsor sebanyak 10 kali. Salah satu daerah rawan longsor adalah desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, dengan tingkat gerakan tanah menengah (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2016), artinya pada daerah ini jika curah hujan diatas normal, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau lereng mengalami gangguan. Dari data terbaru, telah terjadi longsor pada tanggal 2 Desember 2016 di desa Olak Alen hingga menyebabkan dua rumah ambles terkena longsor. Berdasarkan keterangan warga setempat selama tahun 2016 terdapat 9 titik longsor yang terjadi di desa Olak Alen.

Salah satu faktor pemicu terjadinya tanah longsor adalah adanya zona tersaturasi air. Zona tersaturasi air merupakan zona di bawah permukaan yang memiliki konsentrasi air yang tinggi dan sukar untuk meloloskan air. Air yang berada di zona ini berasal dari air meteorik yang masuk ke permukaan tanah atau batuan yang masuk ke pori-pori kemudian tersimpan dibawah permukaan karena pengaruh dari porositas dan permeabilitas material (Yuliana, 2015). Adapun faktor yang mempengaruhi tersebarnya zona tersaturasi air di suatu daerah adalah kondisi litologi dan curah hujan dari daerah tersebut. Curah hujan Kabupaten Blitar termasuk dalam parameter sedang, dengan intensitas hujan sekitar 2.618,2 mm per tahun (PPID Kab. Blitar). Susunan material didaerah ini didominasi oleh lempung dan endapan alluvial dengan topografi yang relatif curam, sehingga air permukaan yang meresap ke dalam tanah melalui pori tanah akan meningkatkan beban pada lereng yang membuat lereng menjadi tidak stabil. Disekitar lokasi penelitian terdapat gejala longsor diantaranya retakan permukaan menyebabkan 7 rumah terancam karena termasuk kedalam zona tidak aman.

Berdasarkan uraian diatas, metode yang cocok digunakan untuk mengidentifikasi zona tersaturasi air sebagai faktor penyebab tanah longsor adalah metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner-Schlumberger. Konfigurasi ini memiliki resolusi yang baik secara vertikal maupun horizontal

mengenai adanya lokasi zona tersaturasi air yang dapat berpotensi tanah longsor. Hasil dari penelitian ini adalah berupa analisis kestabilan berupa faktor kemaman lereng kemudian dapat digunakan sebagai salah satu upaya mitigasi berupa jarak aman dan rawan terhadap potensi tanah longsor.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi zona tersaturasi air sebagai penyebab tanah longsor pada desa Olak Alen menggunakan metode resistivitas 2D dengan perangkat lunak RES2DINV?
2. Bagaimana pengaruh geologi struktur terhadap analisis kestabilan lereng?
3. Bagaimana penggunaan data resistivitas 2D dalam menganalisis kestabilan lereng dengan perangkat lunak Slide 6.0 ?
4. Bagaimana hubungan parameter material dengan faktor keamanan lereng?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pengukuran dilakukan dengan metode resistivitas 2D konfigurasi Wenner-Schlumberger.
2. Penelitian dilakukan hanya pada sekitar daerah titik longsor dengan 4 lintasan, dengan permodelan lereng pada lintasan 1,2, dan 3.
3. Penelitian dilakukan pada musim hujan.
4. Penelitian menggunakan data bor pada kedalaman ± 30 meter.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi zona tersaturasi air penyebab tanah longsor di desa Olak Alen menggunakan metode resistivitas 2D dengan perangkat lunak RES2DINV.
2. Mengetahui pengaruh geologi struktur terhadap kestabilan lereng.
3. Menggunakan data resistivitas 2D sebagai analisis kestabilan lereng dengan perangkat lunak Slide 6.0
4. Mengetahui hubungan parameter material dengan faktor keamanan lereng.

1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

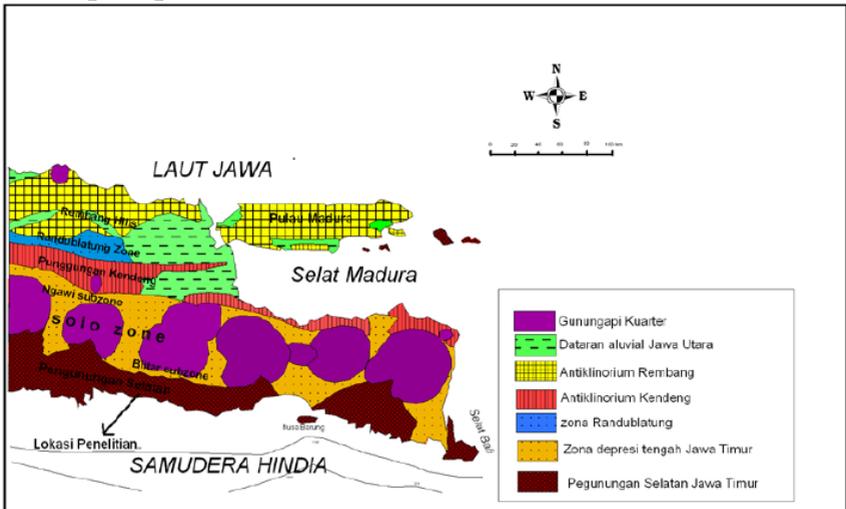
1. Bagi mahasiswa
 - Mengaplikasikan teori resistivitas pada matakuliah Eksplorasi Geolistrik yang diperoleh di perkuliahan secara langsung dilapangan sehingga dapat memperdalam kemampuan berpikir dan analisa masalah menggunakan metode geofisika dalam bidang geohazard.
2. Bagi masyarakat
 - a. Dapat memberikan gambaran kondisi geologi bawah permukaan pada daerah Olak Alen, Kecamatan Selorejo sebagai upaya awal dalam mitigasi bencana terhadap potensi tanah longsor.
 - b. Sebagai studi awal tentang potensi gerakan tanah pada tanah longsor yang dapat digunakan sebagai acuan kajian pada titik lokasi longsor lainnya serta dalam pembuatan peta rawan bencana tanah longsor pada daerah penelitian.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II DASAR TEORI

2.1 Kajian Geologi Regional

Daerah penelitian terletak di Jawa timur yang secara regional geologi dapat dibagi menjadi tujuh zona, dari utara ke selatan yaitu Zona Antiklinorium Rembang, Dataran Alluvial Jawa timur, Zona Randublatung, Zona Kendeng, Zona Depresi Tengah Jawa timur, Gunungapi Kuarter, dan Zona Pegunungan Selatan Jawa timur.



Gambar 2. 1 Geologi Regional Jawa Timur (Bemmelen, 1949)

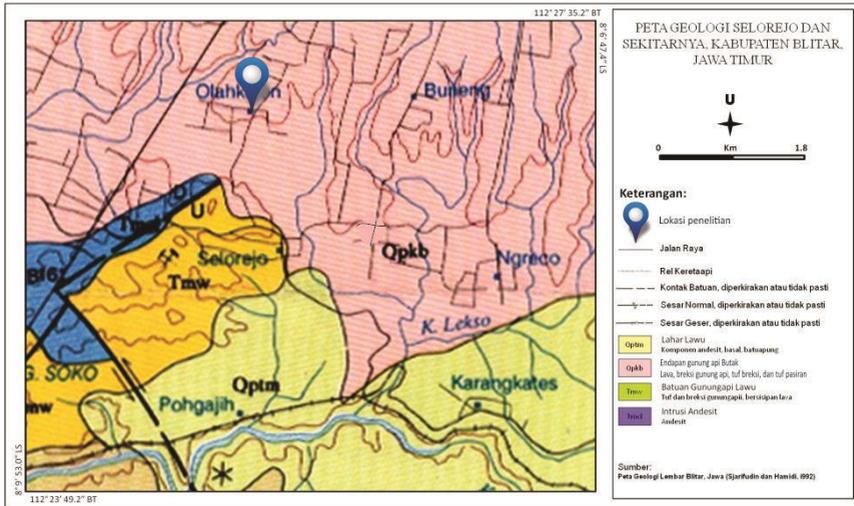
Zona Rembang berada paling utara dari fisiografi geologi Jawa timur bersebelahan dengan Zona Depresi Randublatung. Zona Rembang merupakan suatu antiklinorium yang berarah barat-timur sebagai hasil aktivitas tektonik Tersier Akhir dengan elevasi kurang dari 500 m. Zona Rembang merupakan zona patahan antara paparan karbonat di utara (Laut Jawa) dengan cekungan yang lebih dalam di selatan (Zona Kendeng). Zona ini disusun oleh campuran antara karbonat laut dangkal dengan klastika, serta lempung dan napal laut dalam.

Zona Randublatung merupakan zona yang membatasi dua zona besar yaitu Zona Rembang dan Zona Kendeng. Zona Kendeng merupakan antiklinorium yang berarah barat-timur. Zona ini berbatasan dengan Zona

Randublatung dibagian utara dan dibagian selatan berbatasan dengan Zona Depresi Tengah Jawa timur dan Vulkanik Kuarter.

Zona Kendeng umumnya terdiri dari batupasir, batulumpur dan batugamping dengan perselingan batuan vulkanik lastik berumur lebih muda dari Oligosen. Zona ini berada dibagian tengah Mandala Jawa timur yang terdiri dari Zona Depersi Tengah Jawa timur dan Zona Gunungapi Kuarter (Zona Solo,Subzona Ngawi, dan SubzonaBlitar). Zona pegunungan selatan disusun oleh batuan metamorf Pra-Tersier yang tersingkap di beberapa tempat dan tertutup secara luas oleh batuan vulkanik dan batugamping berumur Eosen dan Oligosen-Pliosen (Bemmelen, 1949).

Lokasi penelitian berada di Desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo. Daerah ini termasuk dalam daerah blitar sebelah utara dengan formasi Qpkb, yaitu daerah yang dihasilkan dari batuan hasil letusan Gunung Butak dan juga batuan lepas hasil dari endapan Sungai Brantas dengan kemiringan antara 0%-20% (Sjarifudin dan Hamid, 1992). Batuan penyusunannya terdiri dari lava, breksi gunungapi, tuff breksi dan tuf pasiran. Formasi pada daerah ini terbentuk pada masa Plistosen Kuarter. Uraian diatas berdasarkan peta geologi menurut Sjarifudin dan Hamid menggunakan skala 1:100.000, dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Peta Geologi Daerah Penelitian (Sjarifudin dan Hamid, 1992)

2.2 Metode Geolistrik

Geolistrik resistivitas merupakan metode geolistrik yang mempelajari sifat resistivitas (tahanan jenis) listrik dari lapisan batuan di bawah permukaan bumi. Dalam metode geolistrik, nilai resistivitas diukur dengan cara

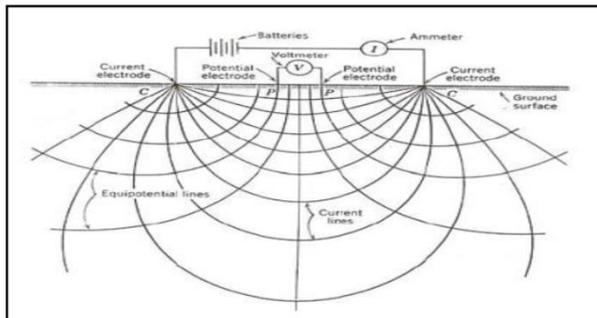
menginjeksikan arus listrik pada dua elektroda arus (A dan B) dan elektroda potensial (M dan N) akan mengukur beda potensial. Dari pengukuran di lapangan yang menghasilkan nilai arus dan beda potensial, dapat diperoleh nilai resistivitas ρ_a dengan persamaan:

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

dimana ρ_a adalah resistivitas (Ωm), K adalah faktor geometri (meter), V adalah beda potensial dan I adalah arus. Nilai K diperoleh berdasarkan jarak antar elektroda, dengan persamaan:

$$K^{-1} = \frac{1}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \quad (2.2)$$

Hasil injeksi arus adalah adanya distribusi potensial arus yang berbeda-beda. Hal ini diakibatkan oleh adanya perbedaan tahanan jenis (resistivitas) pada batuan-batuan yang diukur. Apabila suatu batuan memiliki nilai resistivitas yang besar, berarti batuan tersebut kurang dapat menghantarkan listrik atau biasa disebut dengan penghantar listrik yang buruk.



Gambar 2. 3 Pengaruh injeksi aliran arus listrik (Telford, 1990)

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya hantar listrik pada batuan antara lain:

- a. Adanya mineral logam, dimana kehadiran mineral logam dapat meningkatkan konduktivitas batuan sehingga menurunkan resistivitas batuan.
- b. Adanya mineral nonlogam, sehingga meningkatkan resistivitas batuan
- c. Adanya elektrolit padat akan menurunkan resistivitas batuan
- d. Adanya air akan menurunkan resistivitas batuan

Aliran listrik pada suatu formasi batuan terjadi terutama karena adanya fluida pada pori-pori batuan. Oleh karena itu resistivitas suatu formasi batuan akan tergantung pada porositas batuan dan jenis fluida yang mengisi rekahan

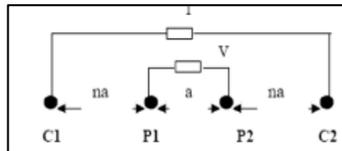
batuan. Batuan yang memiliki porositas besar yang terdapat air akan memiliki konduktivitas batuan yang tinggi dan resistivitas batuan yang rendah.

Tabel 2. 1 Nilai Resistivitas dari beberapa Material-material (sumber: Loke, M.H. 2000)

Material	Resistivity ($\Omega\cdot m$)	Conductivity (Siemen/m)
Igneous and Metamorphic Rocks		
Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Sedimentary Rocks		
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
Soils and waters		
Clay	1 - 100	0.01 - 1
Alluvium	10 - 800	$1.25 \times 10^{-3} - 0.1$
Groundwater (fresh)	10 - 100	0.01 - 0.1
Sea water	0.2	5
Chemicals		
Iron	9.074×10^{-8}	1.102×10^7
0.01 M Potassium chloride	0.708	1.413
0.01 M Sodium chloride	0.843	1.185
0.01 M acetic acid	6.13	0.163
Xylene	6.998×10^{16}	1.429×10^{-17}

2.2.1 Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Konfigurasi Wenner-Schlumberger adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dimana faktor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 (atau C2-P2) dengan spasi antara P1-P2. Jika jarak antar elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2na + a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan 4 buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus. (Sakka, 2001). Metode ini cocok digunakan menggambarkan lapisan bawah permukaan dengan baik baik secara vertical maupun lateral serta mendapatkan penetrasi kedalamannya lebih baik daripada konfigurasi lainnya. Gambar dari konfigurasi Wenner-Schlumberger dapat dilihat seperti pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4 Konfigurasi Wenner – Schlumberger (Sakka, 2001)

Dalam hal ini, dapat dikatakan bahwa $C1 = A$, $C2 = B$, $P1 = M$, dan $P2 = N$.

2.3 Tanah Longsor

Menurut Varnes (1978) longsor adalah gerakan massa batuan induk dan lapisan-lapisan tanah pada bagian lereng atas dengan kemiringan landai sampai sangat curam ke arah kaki lereng sebagian akibat terlampauinya keseimbangannya tahan lerengnya. Tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penahan pada umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, beban serta berat jenis batuan.

2.3.1 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Gejala umum pada tanah longsor menurut Nandi (2007) ditandai dengan munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba dan tebing rapuh serta kerikil mulai berjatuhan. Faktor lainnya adalah sebagai berikut :

- a. Hujan
- b. Lereng Terjal
- c. Tanah yang Kurang Padat dan Tebal
- d. Batuan yang Kurang Kuat
- e. Jenis Tata Lahan
- f. Adanya beban tambahan
- g. Adanya Material Timbunan pada Tebing
- h. Adanya bidang Diskontinuitas (bidang tidak sinambung)

Longsoran akan terjadi jika terpenuhi tiga keadaan sebagai berikut (Arsyad, 1989):

- a. Adanya lereng yang cukup curam sehingga massa tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah,
- b. Adanya lapisan di bawah permukaan massa tanah yang agak kedap air dan lunak, yang akan menjadi bidang luncur, dan
- c. Adanya cukup air dalam tanah sehingga lapisan massa tanah yang tepat di atas lapisan kedap air tersebut menjadi jenuh. Lapisan kedap air dapat berupa tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi, atau dapat juga berupa lapisan batuan.

Menurut Darsoatmodjo dan Soedrajat (2002), beberapa ciri atau karakteristik daerah rawan akan gerakan tanah, diantaranya adalah:

- a. Adanya gunung api yang menghasilkan endapan batu vulkanik yang umumnya belum padu dan dengan proses fisik dan kimiawi maka batuan akan melapuk, berupa lempung pasir atau pasir lempungan yang

bersifat sarang, gembur, dan mudah meresapkan air.

- Adanya bidang luncur (diskontinuitas) antara batuan dasar dengan tanah pelapukan, bidang luncuran tersebut merupakan bidang lemah yang licin dapat berupa batuan lempung yang kedap air atau batuan breksi yang kompak dan bidang luncuran tersebut miring ke arah lereng yang terjal.
- Pada daerah pegunungan dan perbukitan terdapat lereng yang terjal, pada daerah jalur patahan/sesar juga dapat membuat lereng menjadi terjal dan dengan adanya pengaruh struktur geologi dapat menimbulkan zona retakan sehingga dapat memperlemah kekuatan batuan setempat.
- Pada daerah aliran sungai tua yang bermeander dapat mengakibatkan lereng menjadi terjal akibat pengikisan air sungai ke arah lateral, bila daerah tersebut disusun oleh batuan yang kurang kuat dan tanah pelapukan yang bersifat lembek dan tebal maka mudah untuk longsor.
- Faktor air juga berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor, bila turun hujan air permukaan tersebut meresap ke dalam tanah akan mengakibatkan kandungan air dalam massa tanah akan lewat jenuh, berat massa tanah bertambah dan tahanan geser tanah menurun serta daya ikat tanah menurun sehingga gaya pendorong pada lereng bertambah yang dapat mengakibatkan lereng tersebut goyah dan bergerak menjadi longsor.

2.3.2 Jenis Tanah Longsor berdasarkan mekanisme gerakan dan material

Varnes (1978) mengklasifikasikan longsor didasarkan pada mekanisme gerakan dan material yang berpindah. Longsoran dibagi menjadi 6 yaitu : jatuhan (fall), robohan (topple), luncuran (slide), nendatan (slump), aliran (flow), gerak bentang lateral (lateral spread), dan gerakan majemuk (complex movement). Berikut adalah penjelasan klasifikasi tersebut.

- a. Runtuhan (falls) adalah runtuhnya sebagian massa batuan pada lereng yang terjal.
- b. Robohan (topples) adalah robohnya batuan umumnya bergerak melalui bidang-bidang diskontinyu yang sangat tegak pada lereng.
- c. Luncuran (slide) adalah gerakan menuruni lereng oleh material penyusun lereng, melalui bidang gelincir pada lereng.
- d. Pencaran lateral (lateral spread) adalah material tanah atau batuan yang bergerak dengan cara perpindahan translasi pada bagian dengan kemiringan landai sampai datar.
- e. Aliran (flows) yaitu aliran massa yang berupa aliran fluida kental Aliran pada bahan rombakan dapat dibedakan menjadi aliran bahan rombakan (debris), aliran tanah (earth flow) apabila massa yang bergerak didominasi

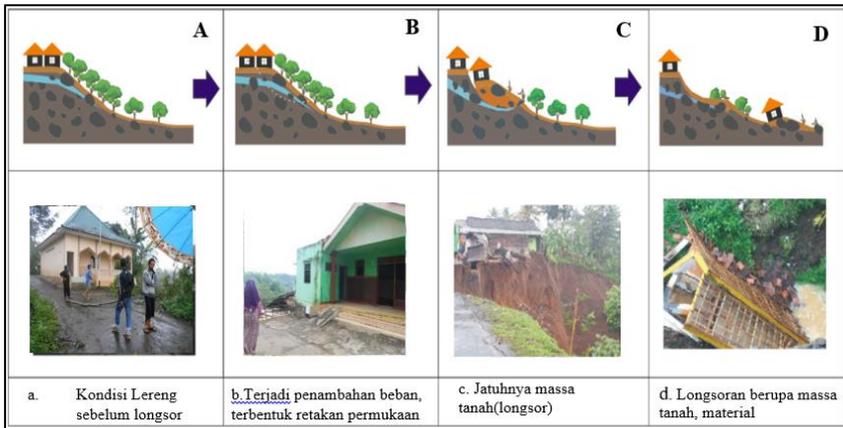
oleh material tanah berukuran butir halus (butir lempung) dan aliran lumpur (mud flow) apabila massa yang bergerak jenuh air.

Tabel 2. 2 Nilai Klasifikasi longsor (landslide) (Varnes, 1978)

Jenis gerakan (type of movement)			Jenis Material (type of material)		
			Batuan dasar (bedrock)	Tanah keteknikan (engineering soils)	
				Bebas, butir kasar (freedom, coarse)	Berbutir halus (predominantly fine)
Jatuh (falls)			Jatuh batu (rock fall)	Jatuh bahan rombakan (debris fall)	Jatuh tanah (earth fall)
Jungkiran (topple)			Jungkiran batu (rock topple)	Jungkiran bahan rombakan (debris topple)	Jungkiran tanah (earth topple)
Gelisiran (slides)	Rotasi	Satuan sedikit (few units)	Nendatan batu (rock slump)	Nendatan bahan rombakan (debris slump)	Nendatan tanah (earth slump)
	Translasi	Satuan banyak (many units)	Luncuran bongkah batu (rock block slide)	Luncuran bongkah bahan rombakan (debris block slide)	Luncuran bongkah tanah (earth block slide)
			Luncuran batu (rock slide)	Luncuran bahan rombakan (debris slide)	Luncuran tanah (earth slide)
Gerak horisontal / bentang lateral (lateral spreads)			Bentang lateral batu (rock spread)	Bentang lateral bahan rombakan (debris spread)	Bentang lateral tanah (earth spread)
Aliran (flow)			Aliran batu / rayapan dalam (rock flow / deep creep)	Aliran bahan rombakan (debris flow)	Aliran tanah (earth flow)
				Rayapan tanah (soil creep)	
Majemuk (complex)			Gabungan dua atau lebih gerakan (combination two or more movement)		

Jika dilihat dari material longsorannya, formasi tanah dan batuan pada daerah penelitian termasuk material rombakan (*debris*), karena batuan yang terlapukkan pasti akan menjadi tanah dengan pecahan batuan yang disebut sebagai material rombakan atau debris. Material rombakan antara butir halus (pasir-lempung), material (kerikil-bongkah), dan sebagian material organik (pepohonan). Gambar 2.5 merupakan ilustrasi gerakan tanah longsor secara sederhana pada daerah penelitian. Pada gambar A merupakan keadaan lereng sebelum terjadinya longsor (A), rumah dan morfologi lereng dalam keadaan masih utuh. Kemudian, pada musim hujan dengan intensitas curah hujan yang bervariasi menyebabkan beban bertambah berat pada lereng (B), air meteorik dari permukaan masuk kedalam tubuh lereng melalui celah atau retakan dipermukaan, semakin tinggi curah hujan maka beban akan semakin bertambah, dan membuat retakan semakin banyak dan besar. Retakan berperan

penting pada tanah longsor, karena melalui retakan tersebut air meteorik masuk kedalam bawah permukaan. Air meteorik yang masuk, akan terjebak pada lapisan dengan lapisan yang kedap air sehingga menyebabkan lapisan tersebut tersaturasi air. Lapisan kedap air tidak dapat mengalirkan air karena dia bersifat impermeabel serta ruang porinya yang tidak saling berhubungan. Jika sudah terdapat gejala di permukaan, maka warga harus mengungsi ketempat yang lebih aman karena retakan akan berpotensi longsor. Jika sudah terjadi longsor (C), semua material yang jatuh bergerak diatas bidang lemah atau bidang gelincirnya. Dalam penelitian ini, bidang lemahnya berbentuk busur (*circular failure*). Material longsor (D) berupa material tanah dan batuan, material bangunan, dan material organik (pepohonan).



Gambar 2. 5 Ilustrasi gerakan tanah longsor pada daerah penelitian (*Slide rotational*)

2.4 Klasifikasi Tanah

Tanah mempunyai sifat struktur yang bermacam-macam, hal itu disebabkan karena tanah mempunyai banyak sifat-sifat fisis yang berbeda. Sifat-sifat fisis meliputi berat isi, angka pori, nilai sudut geser, dan berat volume. Berat isi adalah berat tanah termasuk air dan udara dengan volume total. Sudut geser terbentuk akibat dari gerak antara butiran-butiran tanah. Berat volume adalah berat volume butiran tanah termasuk udara, dengan volume total tanah

Secara umum dari hasil survey lapangan dan test laboratorium, tanah memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Braja M Das, 1998) :

- Permaabilitas tanah
- Kemampuan dan konsoliditas tanah
- Kekutan tegangan geser tanah.

d. Klasifikasi Tanah

Secara umum tanah dapat diklasifikasikan menjadi 3 berdasarkan sifat lekatnya, yaitu tanah kohesif, tanah tidak kohesif (granular) dan tanah organik tanah. Sifat-sifat tanah kohesif adalah sebagai berikut :

1. Tanah Kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir-butirnya seperti tanah lempung.
2. Tanah Non Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir-butirnya atau hampir tidak mengandung lempung misal pasir.
3. Tanah Organik adalah tanah yang sifatnya sangat dipengaruhi oleh bahan - bahan organik (sifat tidak baik) seperti sisa-sisa hewani maupun tumbuh-tumbuhan.

Jenis tanah berdasarkan ukuran butir digolongkan menjadi:

- a. Batu Kerikil (gravel)
- b. Pasir (sand)
- c. Lanau (slit)
- d. Lempung (clay)

Batu kerikil dan pasir dikenal sebagai golongan bahan-bahan yang berbutir kasar/tidak kohesif, sedangkan lanau dan lempung di kenal sebagai golongan bahan-bahan yang berbutir halus atau kohesif.

Klasifikasi tanah merupakan cara membagi jenis tanah sesuai dengan karakteristik yang dimiliki oleh tanah tersebut. Klasifikasi tanah didasarkan pada sifat-sifat tanah, karakteristik tanah, dan dimensi tanah. Untuk Mengklasifikasikan tanah harus dilakukan pengamatan, pengujian dengan membandingkan sifat-sifat tanah.

Menurut (Hardiyatmo, 1994), untuk menentukan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat- sifat ini kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah tertentu seperti:

- a. Penentuan kecepatan air yang mengalir lewat benda uji, guna menghitung koefisien permeabilitasnya.
- b. Untuk mengetahui stabilitas tanah yang miring, dengan menggunakan kuat geser tanahnya.

Sistem klasifikasi yang banyak digunakan yang sering digunakan adalah system klasifikasi USCS (*Unified Soil Clasification System*). Klasifikasi USCS ini menggunakan sifat-sifat tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitasnya. Sistem klasifikasi ini pertama kali dikemukakan oleh (Casagrande, 1942), yang kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USDR dalam sejumlah kelompok dan subkelompok.

2.5 Kelerengan

Lereng adalah suatu permukaan yang menghubungkan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Ada tiga macam lereng, yaitu:

- Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, seperti erosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
- Lereng yang dibuat manusia, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli untuk pembuatan jalan atau keperluan irigasi.
- Lereng timbunan tanah, seperti urugan untuk jalan raya atau bendungan tanah.

Geometri suatu lereng yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng meliputi tinggi lereng, kemiringan lereng dan lebar, baik itu lereng tunggal (*single slope*) maupun lereng keseluruhan (*overall slope*). Menurut Arsyad (1989:225) mengelaskan lereng menjadi seperti berikut:

Tabel 2. 3 Klasifikasi Kemiringan Lereng (Arsyad, 1989)

Kemiringan (°)	Klasifikasi	Kelas
0-3	Datar	A
3-8	Landai atau Berombak	B
8-15	Agak Miring	C
15-30	Miring	D
30-45	Agak Curam	E
45-65	Curam	F
>65	Sangat Curam	G

Lereng yang terlalu tinggi akan cenderung untuk lebih mudah longsor dibanding dengan lereng yang tidak terlalu tinggi dan dengan jenis batuan penyusun yang sama atau homogen. Demikian pula dengan sudut lereng, semakin besar sudut kemiringan lereng, maka lereng tersebut akan semakin tidak stabil. Sedangkan semakin besar lebarnya, maka lereng tersebut akan semakin stabil.

Kemiringan lereng merupakan ukuran kemiringan lahan relatif terhadap bidang datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat. Kecuraman lereng, panjang lereng dan bentuk lereng semuanya akan mempengaruhi besarnya erosi dan aliran permukaan. Dalam setiap kasus tanah yang tidak datar akan menghasilkan komponen gravitasi dari berat yang

cenderung menggerakkan massa tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah. Suatu analisis stabilitas terdiri dari perkiraan model keruntuhan dan kuat geser tanah dan batuan. Peramalan model keruntuhan untuk Bishop berbentuk lingkaran, sedangkan untuk metode Janbu, model keruntuhannya dapat berbentuk busur lingkaran (*circular*) atau tidak berbentuk busur lingkaran (*non circular*) (Wesley dan Pranyoto, 2010; Zakaria, 2009).

2.6 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan (Hardiyatmo, 2006). Dengan dasar seperti ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- a. Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan pematatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada gesernya
- b. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya.

Kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan. Seperti material teknik lainnya, tanah mengalami penyusutan volume jika menderita tekanan merata disekelilingnya. Apabila menerima tegangan geser, tanah akan mengalami distorsi dan apabila distorsi yang terjadi cukup besar, maka partikel-partikelnya akan terpeleket satu sama lain dan tanah akan dikatakan gagal dalam geser. Dalam hampir semua jenis tanah daya dukungnya terhadap tegangan tarik sangat kecil atau bahkan tidak mampu sama sekali.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth preassure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*).

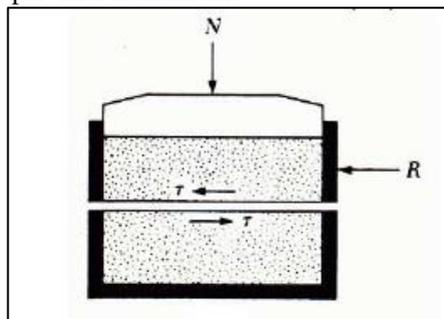
Kuat geser sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor , antara lain :

- a. Tekanan efektif atau tekanan antar butir.
- b. Kemampuan partikel atau kerapatan
- c. Saling keterkuncian antar partikel: jadi, partikel-partikel yang bersudut akan lebih saling terkunci dan memiliki kuat geser yang lebih tinggi Φ yang lebih besar) daripada partikel-partikel yang bundar seperti pada tebing-tebing.
- d. Sementasi partikel, yang terjadi secara alamiah atau buatan.
- e. Daya tarik antar partikel atau kohesi.

Ada beberapa pengujian untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain:

- a. Pengujian geser langsung (*Direct shear test*)
- b. Pengujian triaksial (*Triaxial test*)
- c. Pengujian tekan bebas (*Unconfined compression test*)
- d. Pengujian baling-baling (*Vane shear test*)

Pada penelitian ini menggunakan uji geser langsung (*direct shear*) disertai dengan konsolidasi untuk mencari nilai kohesi dan phi sebagai data masukan pada pengolahan kestabilan lereng. Uji geser langsung merupakan pengujian parameter kuat geser tanah yang paling mudah dan sederhana. Alat uji geser langsung dapat berbentuk lingkaran/bulat atau persegi panjang. Alat uji geser langsung terdiri dari kotak logam berisi sampel tanah yang akan diuji. Sampel tanah tersebut dapat berbentuk penampang bujur sangkar atau lingkaran. Ukuran sampel tanah yang umum digunakan adalah sekitar 3 sampai 4 inci 2 dengan luas penampang 1935,48 s/d 2580,64 mm², dengan tinggi sampel 1 inci (25,4 mm). Kotak tersebut terbagi dua sama sisi dalam arah horizontal. Gaya normal pada sampel tanah didapat dengan menaruh suatu beban mati diatas sampel tersebut, kemudian contoh tanah diberi tegangan geser sampai tercapai nilai maksimum.



Gambar 2. 6 Sketsa Alat Uji Geser Langsung (Hardiyatmo,2002)

2.6.1 Teori Mohr-Colomb

Jika tanah dibebani, maka akan mengakibatkan tegangan geser. Apabila tegangan geser akan mencapai harga batas, maka massa tanah akan mengalami deformasi dan cenderung akan runtuh, keruntuhan tersebut mungkin akan mengakibatkan fondasi mengambang atau pergerakan atau pergeseran dinding penahan tanah atau longsor timbunan tanah. Keruntuhan geser dalam tanah adalah akibat gerak relatif antara butir-butir massa tanah. Jadi kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan.

Keruntuhan geser tanah dapat dianggap terdiri dari tiga komponen sebagai berikut:

- a. Geseran struktur karena perubahan jalinan antara butir-butir massa tanah.

- b. Geseran dalam kearah perubahan untuk letak antara butir-butir tanah sendiri titik-titik kontak yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser
- c. Kohesi atau adhesi antara permukaan butir-butir tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatan butirnya

Teori Mohr menguraikan bahwa kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser (Das, 1991). Hubungan antara tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ) pada sebuah bidang keruntuhan dinyatakan menurut persamaan:

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (2.3)$$

Dari persamaan tersebut, Coulomb (1976) mendefinisikan $f(\sigma)$ sebagai:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (2.4)$$

Keterangan:

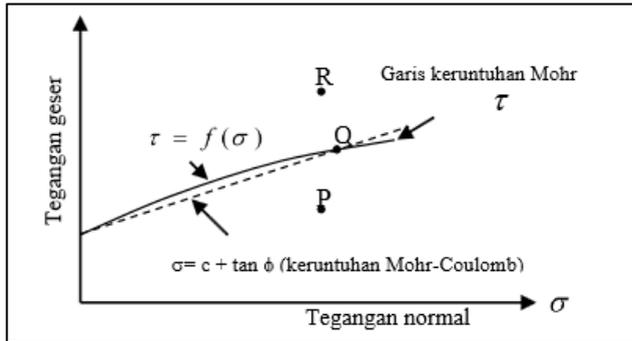
τ_f = kuat geser tanah (kN/m^2)

c = kohesi tanah

ϕ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern ($^\circ$)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2).

Pada gambar 2.7 dibawah ini, menggambarkan apabila terdapat tegangan geser dan normal pada sebuah bidang dalam suatu massa tanah, jika kedudukan tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser terjadi jika tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis keruntuhan dan kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi karena bahan telah mengalami keruntuhan sebelum mencapai titik R.



Gambar 2. 7 Kriteria Kegagalan Mohr Coulomb

USCS adalah sistem klasifikasi tanah yang digunakan dalam geoteknik untuk menggambarkan tekstur dan ukuran butir tanah. Sistem klasifikasi dapat diterapkan untuk sebagian besar bahan yang terkonsolidasi, dan diwakili oleh simbol dua huruf. Tabel 2.4 dibawah ini menunjukkan nilai parameter-parameter tanah pada beberapa material menurut USCS.

Tabel 2. 4 Rata-rata parameter tanah (USCS) (J. Krahenbuhl, A. Wagner, 1983)

Material	Unit weight (kN/m ³)	Cohesion (kN/ m ²)	Frictional angle (°)
Silty sand, many fines (SM-ML)	20.00	0.00	34
Silty to clayey sand (SM-SC)	21.00	5.00	31
Clayey sand, many fines (SC-CL)	20.50	5.00	28
Clayey sand, with high plastic fines (SC-CH)	18.50	10.00	27
Silt (ML)	19.00	0.00	33
Silt to clayey soil (CL-ML)	21.00	30.00	15
Clayey silt (CL)	20.00	20.00	27
Clay (CH)	17.50	25.00	22

Tabel 2. 5 Konsistensi dan kekuatan tanah kohesif (lempung) (Lambe &Whitman, 1969)

Konsistensi	Sangat Lunak	Lunak	Medium	Kaku	Sangat Kaku	Keras
Undrained Cohesion (t/m ²)	< 1.25	1.25-2.50	2.50-5.00	5.00-10.00	10.00-20.00	>20.00

Sedangkan menurut Wesley, untuk nilai phi pada beberapa material bahan berbeda, terdapat range tertentu pada masing masing material. Nilai tersebut ditampilkan pada tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Korelasi metrial dan sudut geser dalam (ϕ dalam $^{\circ}$) (Wesley, 1997)

Bahan	ϕ
Kerikil kepasiran	35 $^{\circ}$ - 40 $^{\circ}$
Isian batu (Rock fill)	35 – 40
Pasir padat	35 – 40
Pasir lepas	60
Lempung kelanauan	25 – 30
Lempung plastis rendah	25
Lempung plastis tinggi	20
Nilai c' sebaiknya dianggap nol.	

2.7 Analisa Kestabilan Lereng

Analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan nilai faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial. Asumsi yang dipakai dalam analisis tersebut yaitu (Smaalen, 1980) :

- a. Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang dua dimensi.
- b. Masa tanah yang longsor dianggap berupa benda yang massif
- c. Tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis.

- d. Faktor keamanan didefinisikan sebagai perbandingan kuat geser rata-rata dari tanah dengan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor yang potensial. Jadi, lereng dalam keadaan akan longsor pada saat angka keamanan $F_s = 1$. Umumnya, harga 1,5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser dapat diterima untuk perencanaan stabilitas lereng.

Secara garis besar, cara menganalisa kestabilan lereng dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu (Pangular, 1985): cara pengamatan visual, cara komputasi dan cara grafik. Cara visual dengan pengamatan langsung, dengan cara ini memperkirakan lereng labil maupun stabil dengan memanfaatkan pengalaman di lapangan, dipakai bila tidak ada resiko longsor terjadi saat pengamatan. Yang kedua adalah cara komputasi, dengan melakukan hitungan berdasarkan rumus (Fellenius, Bishop, Janbu, Sarma, Bishop modified dan lain-lain). Yang ketiga adalah cara grafik, yaitu dengan menggunakan grafik yang sudah standar (Taylor, Hoek & Bray, Janbu, Cousins dan Morganstren) dimana cara ini dilakukan untuk material homogen dengan struktur sederhana.

Apabila komputasi dilakukan secara manual akan relatif lama, maka untuk memudahkan perhitungan tersebut digunakan alat bantu berupa perangkat lunak pada program komputer salah satunya adalah dengan menggunakan *Slide 6.0*. *Slide 6.0* adalah suatu program stabilitas lereng 2D untuk menganalisis stabilitas lereng yang berbentuk lingkaran serta menganalisis stabilitas lereng menggunakan metode irisan vertikal keseimbangan batas. Bidang longsor dapat dianalisa atau dicari dengan metode yang dapat digunakan untuk menentukan bidang longsor kritis untuk sebuah lereng.

2.7.1 Faktor Keamanan Lereng

Faktor keamanan merupakan perbandingan antara gaya penahan longsor dengan gaya penyebab longsor atau pembentuk gaya bergerak. Gaya penahan dipengaruhi oleh geometri atau ukuran lereng, jenis batuan, dan kekuatan batuan. Sedangkan pembentuk gaya penggerak umumnya dipengaruhi oleh gravitasi, sedangkan berat dari bagian lereng yang bersangkutan dipengaruhi oleh berat isi, kandungan air tanah, dan sudut lereng. Nilai faktor keamanan secara umum, dapat dinyatakan sebagai berikut (Anderson dan Richard, 1987) :

$$FK = \frac{\Sigma \text{ gaya penahan longsor}}{\Sigma \text{ gaya penyebab longsor}} \quad (2.5)$$

Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan dan studi-studi mengenai keruntuhan lereng, maka dibagi 3 kelompok rentang Faktor

Keamanan (F) ditinjau dari intensitas kelongsorannya, dilihat dari tabel dibawah ini:

Tabel 2. 7 Faktor Keamanan (F) ditinjau dari intensitas kelongsorannya (Bowles, 1989)

NILAI FAKTOR KEAMANAN	KEJADIAN / INTENSITAS LONGSOR
F kurang dari 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (lereng labil)
F antara 1,07 sampai 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
F diatas 1,25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

2.7.2 Metode Bishop (*Bishop Method*)

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan salah satu metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan batas dalam menentukan faktor keamanan dari suatu massa material yang berpotensi longsor. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya pada arah vertikal dan kesetimbangan momen pada titik pusat lingkaran runtuh. Gaya geser antar irisan diabaikan.

Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan berikut ini (Hoek & Bray, 1981):

$$F = \frac{\sum X/(1+Y/F)}{\sum Z+Q} \quad (2.6)$$

dimana:

$$X = (c' + (\gamma h - \gamma_w h_w) \tan \phi') \frac{\Delta x}{\cos \psi} \quad (2.7)$$

$$Y = \tan \Psi \tan \phi' \quad (2.8)$$

$$Q = \frac{1}{2} \gamma_w z^2 a/R \quad (2.9)$$

F = faktor keamanan

γ = bobot isi material (ton/m³)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

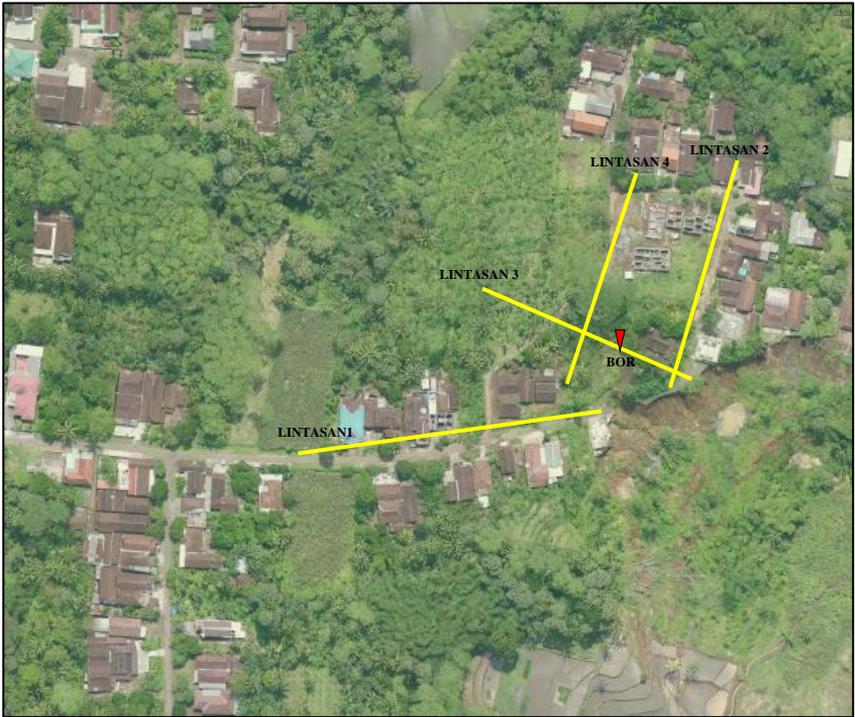
Akuisisi data resistivitas dilakukan pada tanggal 2 – 4 Desember 2016 di desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar, Jawa Timur. Lokasi penelitian berada pada koordinat UTM 657943 dan 9100787 yang ditunjukkan pada kotak berwarna kuning pada gambar 3.1. Daerah ini termasuk dalam daerah yang dihasilkan dari batuan hasil letusan Gunung Butak dan juga batuan lepas hasil dari endapan Sungai Brantas.





Gambar 3. 1 Lokasi penelitian Desa Olak Alen, Blitar (Google Earth, 2016)

Data yang akan diolah pada tugas akhir ini adalah data pada empat lintasan. Lintasan 1 dan 3 merupakan lintasan yang tegak lurus dengan bidang longsor, sedangkan lintasan 2 dan 3 adalah lintasan yang sejajar dengan bidang longsor. Desain akuisisi data ditunjukkan pada gambar 3.2 di bawah ini:



Gambar 3. 2 Desain Akuisisi Lintasan pengukuran Geolistrik

Tabel 3. 1 Koordinat lintasan pengukuran

Nama	Titik Awal		Titik Akhir		Panjang (m)
	X	Y	X	Y	
Lintasan 1	658426	9100495	658574	9100516	150
Lintasan 2	658597	9100528	658626	9100612	90
Lintasan 3	658530	9100574	658608	9100529	90
Lintasan 4	658560	9100526	658585	9100612	90

3.2 Peralatan dan Data

3.2.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua data yaitu.

1. Data Primer

Data hasil akuisisi geolistrik, data retakan dipermukaan (*strike* dan *dip*), foto udara, kemiringan lereng, dan koordinat di desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar, Jawa Timur.

2. Data Sekunder

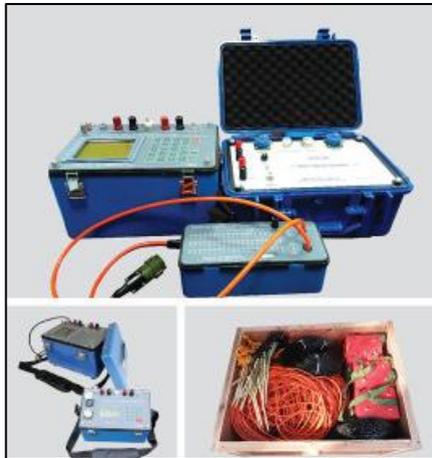
Data bor dengan kedalaman ± 30 meter, data tersebut digunakan sebagai parameter masukan dalam pengolahan dalam komputasi kestabilan lereng pada Slide 6.0, diantaranya adalah kohesi, *gamma* (berat isi tanah), dan *phi* (sudut geser dalam).

3.2.2 Peralatan

Adapun peralatan yang dibutuhkan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Keras

- a. Alat Resistivitas Multichannel Duk-2A



Gambar 3. 3 Alat Resistivitas Multichannel Duk-2A

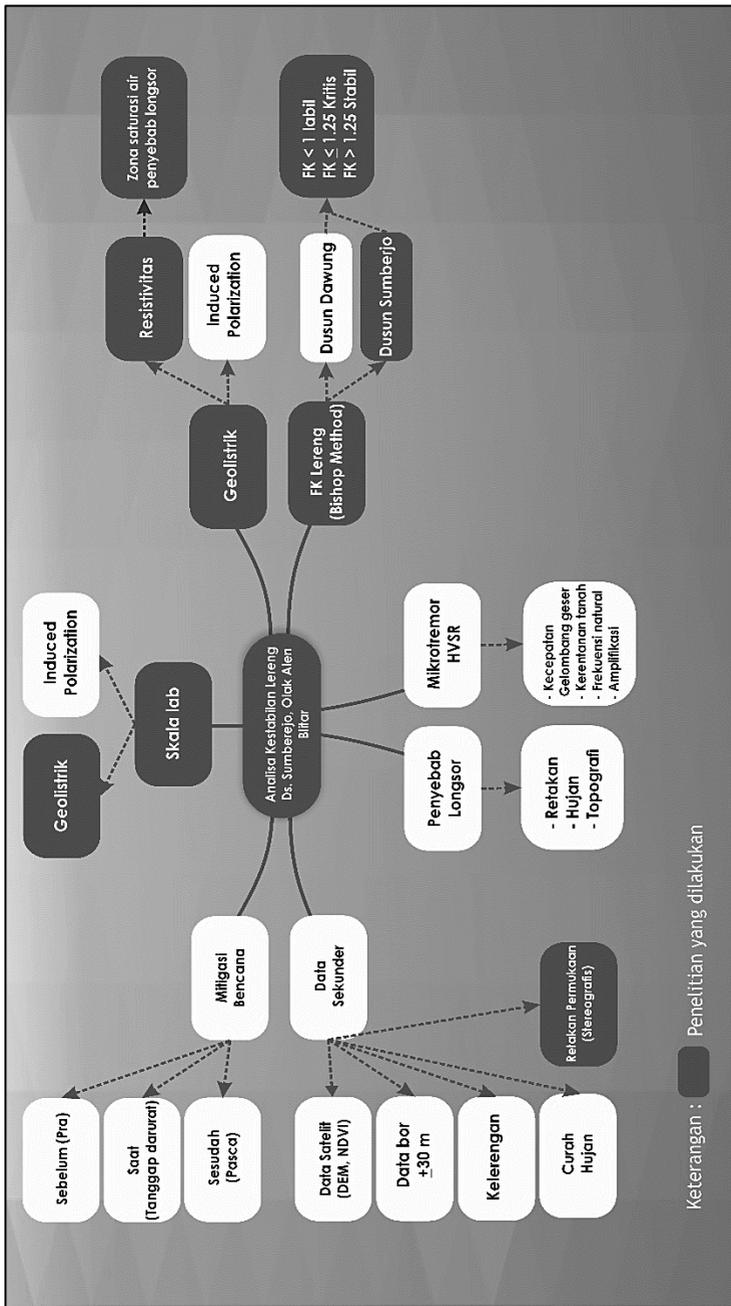
Gambar 3.3 diatas merupakan alat geolistrik yang multi channel yang digunakan untuk survey geolistrik 2 dimensi. Pada penelitian ini menggunakan

konfigurasi Wenner – Schlumberger. Konfigurasi ini dipilih karena memiliki resolusi yang baik secara vertikal maupun horizontal untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan.

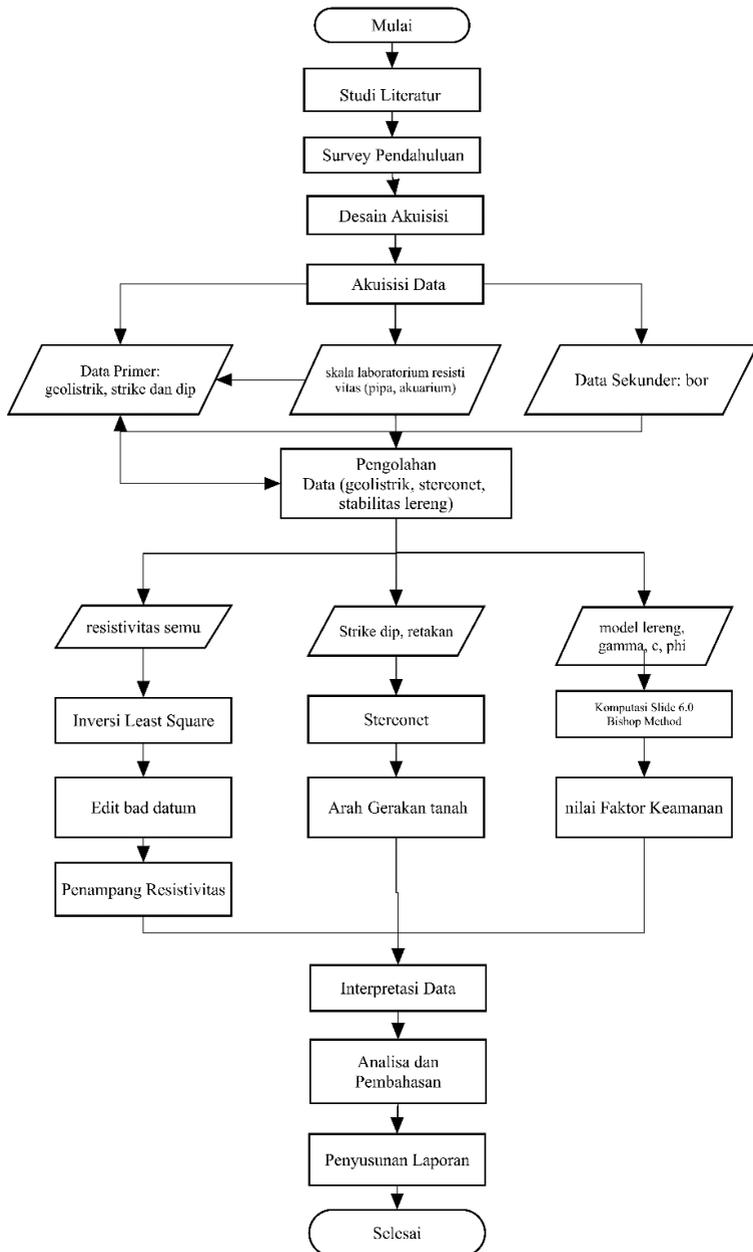
- b. Elektroda
 - c. Palu
 - d. Kabel dan Accu
 - e. GPS
 - f. Kompas Geologi
 - g. Meteran 100 meter
 - h. Kamera (dokumentasi)
 - i. Laptop
2. Perangkat Lunak
 - a. RES2DINV
 - b. Slide 6.0
 - c. Microsoft Office 2013

3.3 Roadmap dan Diagram Alir Penelitian

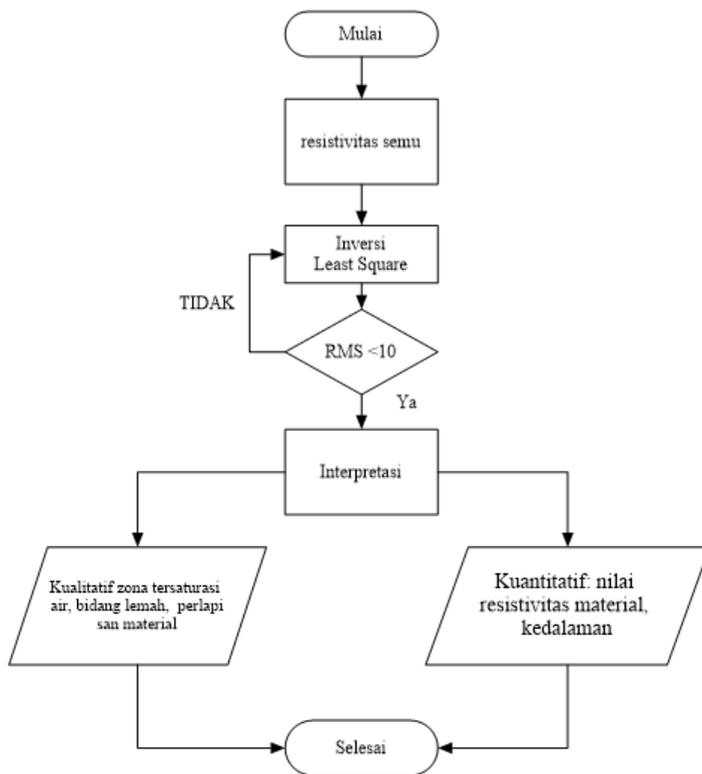
Penelitian ini merupakan salah satu dari sebagian besar penelitian yang dilakukan pada lokasi yang sama mengenai tanah longsor, dengan keluarannya meliputi zona saturasi air melalui sebaran resistivitas dan *chargeability* bawah permukaan, nilai *safety factor*, kerentanan tanah, kecepatan gelombang geser, serta mitigasi bencana integrasi. Hasil tersebut diperoleh dari beberapa metode geofisika seperti geolistrik (resistivitas dan IP), mikrotremor, dengan data sekunder yaitu hasil data bor dan citra satelit (DEM, NDVI). Penelitian pada tugas akhir ini ditandai dengan garis merah. *Roadmap* penelitian secara garis besar, dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini:



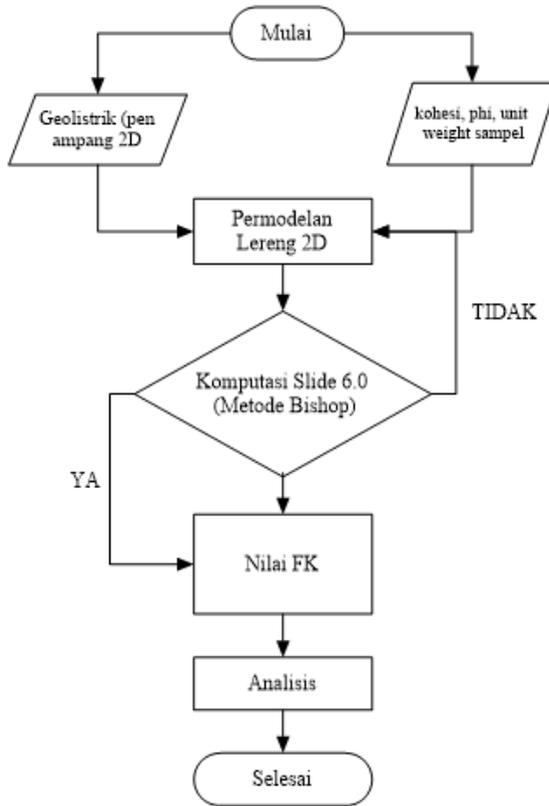
Gambar 3. 4 Roadmap Penelitian



Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian secara garis besar



Gambar 3. 6 Diagram Alir pengolahan data Geolistrik



Gambar 3. 7 Diagram Alir pengolahan data *Safety Factor*

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan

Pada tahapan ini terdiri dari:

- a. Studi Literatur: Kegiatan ini dilakukan untuk mempelajari dan mendapatkan referensi yang menunjang kegiatan penelitian, dapat berupa teori, rumus atau data dari buku, jurnal, internet ataupun dari sumber lainnya mengenai kondisi geologi daerah penelitian, identifikasi masalah, penelitian mengenai geolistrik, tanah longsor dan analisis kestabilan lereng, dll.

- b. Survey pendahuluan: kegiatan ini dilakukan sebagai langkah awal untuk mengetahui kondisi dilapangan lokasi penelitian. Untuk selanjutnya menjadi pertimbangan dalam membuat desain akuisisi penelitian.
- c. Desain akuisisi: pengukuran dilakukan di desa Olak Alen Kecamatan Selorejo, Blitar dengan jumlah lintasan adalah 4, dengan panjang lintasan 1 adalah 150m dengan spasi 5m, lintasan 2,3, dan 4 sepanjang 90m dengan spasi 3m.
- d. Akuisisi data: Pengukuran ini dilakukan dengan konfigurasi Wenner - Schlumberger, sehingga akan didapatkan nilai V (beda potensial), dan I (kuat arus), koordinat masing - masing lintasan, elevasi tiap elektroda, foto udara, strike dan dip retakan.

3.4.2 Tahap Pengolahan

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dari data-data yang telah diperoleh untuk selanjutnya dilakukan analisa, ada dua tahapan yaitu:

a. Geolistrik

Data geolistrik yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah nilai tahanan jenis semu (ρ_a) menggunakan alat geolistrik *multichannel* DUK-2A, dengan alat ini nilai ρ_a langsung terhitung secara otomatis tanpa harus menghitung manual. Untuk memperoleh nilai tahanan jenis sebenarnya dilakukan inversi dengan menggunakan perangkat lunak RES2DINV hasilnya berupa penampang 2 dimensi kontur resistivitas lapisan bawah permukaan. Pada tahapan pengolahan data, data yang dimasukkan berupa format *.dat* yang terdiri dari jarak elektroda arus (jarak antara titik pusat dengan elektroda arus) pada kolom pertama, spasi pada kolom kedua, datum pada kolom ketiga, nilai tahanan jenis semu (ρ_a) pada kolom keempat, dan termasuk didalamnya nilai elevasi tiap elektroda (topografi).

Setelah *read data file* berhasil, dilakukan proses inversi. Inversi yang digunakan pada perangkat lunak ini adalah inversi *Least Square*, inversi tersebut dipilih karena hasil penampang lebih mendekati model sebenarnya dalam mendeteksi anomali bawah permukaan daripada jenis inversi lainnya. Jika penampang hasil inversi menghasilkan nilai *RMS error* yang besar, maka bisa dilakukan edit data dengan cara *exterminate bad datum points*. Edit data ini dimaksudkan untuk menghilangkan data yang dianggap buruk yang dapat mengganggu model yang diperoleh sehingga *RMS error* yang diperoleh menjadi lebih kecil dan mendekati model sebenarnya.

Penampang 2 dimensi yang dihasilkan dari perangkat lunak RES2DINV terdiri dari tiga kontur isoeresistivitas pada penampang kedalaman semu (*pseudodepth section*). Penampang yang pertama menunjukkan kontur resistivitas semu pengukuran (*measured apparent resistivity*), yaitu data

resistivitas semu yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (akuisisi data). Penampang yang kedua menunjukkan kontur resistivitas semu dari hasil perhitungan (*calculated apparent resistivity*). Dan penampang yang ketiga adalah kontur resistivitas sebenarnya yang diperoleh setelah melalui proses pemodelan inversi (*inverse model resistivity section*) (Telford, 1976).

b. Arah pergerakan material longsor berdasarkan data geologi struktur

Data diperoleh dari pengukuran retakan dipermukaan yaitu *strike,dip*, dan koordinat. Dari data tersebut, kemudian diolah menggunakan stereonet. Pengolahan data menggunakan metode analisis *stereografis* dengan cara memproyeksikan bidang kedalam proyeksi kutub kemudian dilakukan pembobotan untuk mencari nilai tertinggi dari data bidang terukur (digunakan untuk statistik).

c. Faktor Keamanan Lereng

Analisis stabilitas lereng pada penelitian ini dengan menggunakan metode Bishop yang disederhanakan. Metode tersebut dipilih karena cocok digunakan untuk menganalisis longsor jenis *circular*. Langkah awal adalah membuat model lereng berdasarkan hasil dari penampang 2D resistivitas. Kemudian dilakukan perhitungan komputasi menggunakan perangkat lunak Slide 6.0 dengan *input* parameter tanah dengan model tanah Mohr-Coloumb seperti γ (gamma), kohesi (c), dan phi (ϕ) pada tiap lapisan. Data-data tersebut diperoleh dari hasil uji laboratorium (data terlampir) serta pada *direct shear test*. Nilai akhir dari analisis ini akan diperoleh nilai faktor keamanan dari masing-masing lereng. Berikut ini adalah masukan dalam pengolahan data analisis kestabilan lereng:

Tabel 3. 2 Parameter Masukan dalam Analisis Kestabilan Lereng

Berat isi Tanah (γ / KN/m ³)	Kohesi (c/ KN/m ²)	Phi	Simbol Warna	ρ (Ω m)
14.5138	13.7293	29.17		4.39 - 9.39
12.5525	12.7486	28.57		13.14 - 16.39
11.1795	11.76798	30.37		> 19.39

3.4.3 Tahap Analisis

Pada tahapan ini analisis dilakukan selama dan setelah proses pengolahan data. Analisis dilakukan terhadap hasil pengolahan data, dari hasil geolistrik dalam mengidentifikasi zona tersaturasi air bawah permukaan yang menjadi penyebab tanah longsor, bidang lemah bawah permukaan sehingga diperoleh arah dominan gerakan tanah, analisa penyebab longsor, dan analisa

kestabilan lereng dengan nilai faktor keamanan digunakan sebagai analisa jarak rawan dan aman pada lokasi penelitian pada nilai FK diatas 1,25.

3.4.4 Tahap Akhir

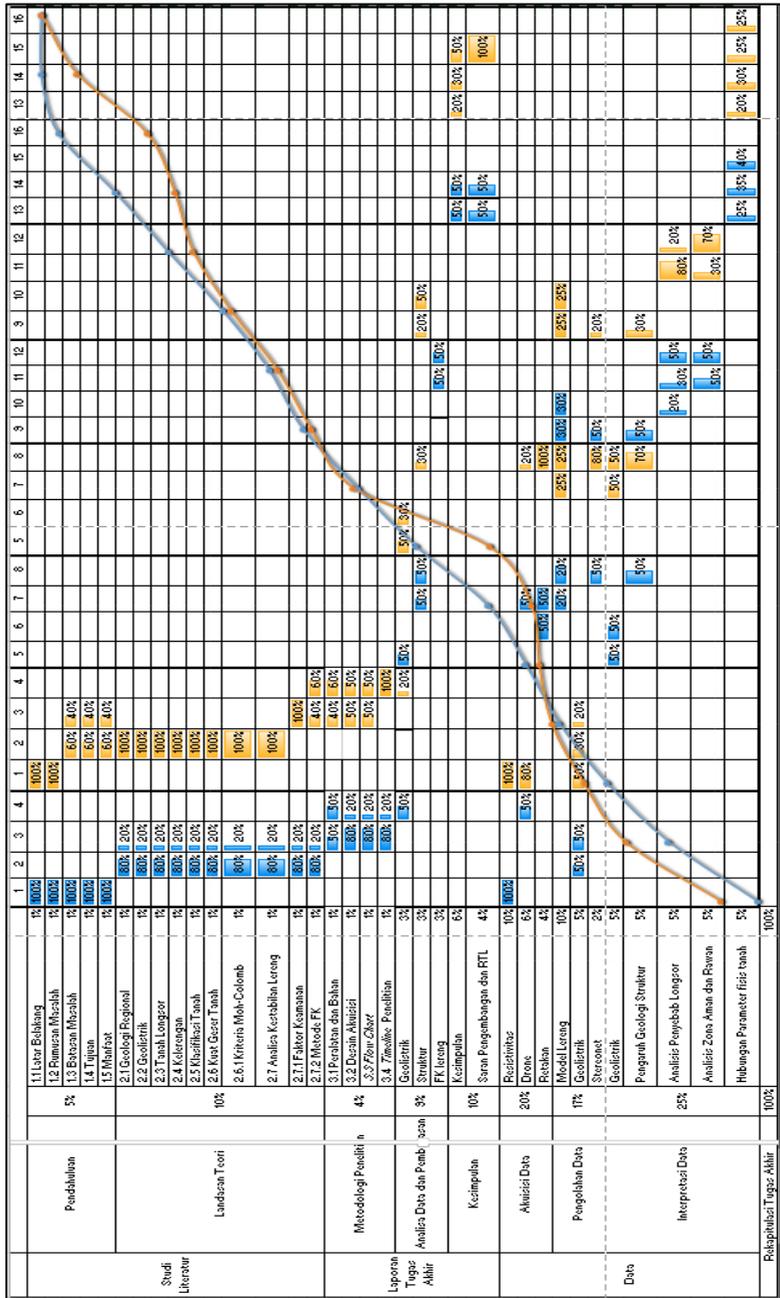
Tahap akhir dalam penelitian tugas akhir ini adalah pembuatan laporan.

3.5 Jadwal Kegiatan

Untuk memudahkan pengerjaan tugas akhir penulis membuat kurva S dengan acuan pembagian bobot pekerjaan setiap bab dalam tugas akhir. Pembuatan bobot dibagi sesuai beban pekerjaan setiap bab. Jumlah hari untuk menyelesaikan satu pekerjaan digunakan sebagai asumsi pembuatan bobot. Waktu pengerjaan tugas akhir penulis adalah 16 minggu dalam tabel 3.5 diperlihatkan pembagian hari kerja untuk setiap detail pekerjaan tugas akhir. Pembagian ini berdasarkan asumsi penulis dan standart rata-rata untuk mengerjakan pekerjaan tersebut.

Pembuatan kurva S pekerjaan tugas akhir dilakukan berdasarkan konsep PDCA (*plan, do, check, action*). “Plan” dibuat terlebih dahulu untuk merancang jenis pekerjaan yang akan dilakukan selama 16 minggu, dalam tabel 3.5 digambarkan dengan grafik warna biru dan orange. Bobot pekerjaan dibuat kumulatif perminggu, sehingga didapatkan bobot yang harus dicapai dalam seminggu. Selama proses mengerjakan pekerjaan tugas akhir penulis melakukan “*check*” atau evaluasi terhadap hasil pekerjaan dan dicocokkan dengan “*plan*” yang telah dibuat sebelumnya. Realisasi pekerjaan tugas akhir dalam tabel 3.5 ditunjukkan dengan grafik warna orange. Setelah evaluasi dijalankan penulis melakukan intropeksi bagian mana saja yang perlu diperbaiki, selanjutnya penulis melakukan perbaikan atau “*action*” dibagian yang dianggap perlu.

Tabel 3. 5 Kurva S kegiatan penelitian



3.6 Keuangan

Manajemen keuangan pekerjaan tugas akhir ini dibagi menjadi dua yaitu rancangan anggaran biaya dan rincian pengeluaran biaya. Dalam gambar 3.13 ditampilkan grafik pengeluaran keuangan pengerjaan Tugas Akhir. Dalam manajemen keuangan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) menjadi hal sangat krusial, karena RAB ini menjadi acuan dalam melakukan pembelanjaan selama proses pekerjaan berlangsung. Prinsip utama yang harus digunakan dalam manajemen keuangan adalah memaksimalkan rencana pembiayaan sehingga jika terjadi kelonjakan harga atau harga pasar tidak sesuai ekspektasi, maka biayanya dapat tertutupi dengan baik. Tetapi juga dalam pembuatan rencana anggaran biaya, harga yang di gunakan haruslah harga pasar secara umum dan tidak boleh ada unsur berlebihan didalamnya. Sehingga prinsip ekonomi dalam manajemen keuangan pekerjaan tugas akhir dapat digunakan secara maksimal. Total biaya yang dihabiskan dalam penelitian ini adalah sebesar Rp 12.474.100,-.



Gambar 3. 8 Grafik Pengeluaran Keuangan pekerjaan Tugas Akhir

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

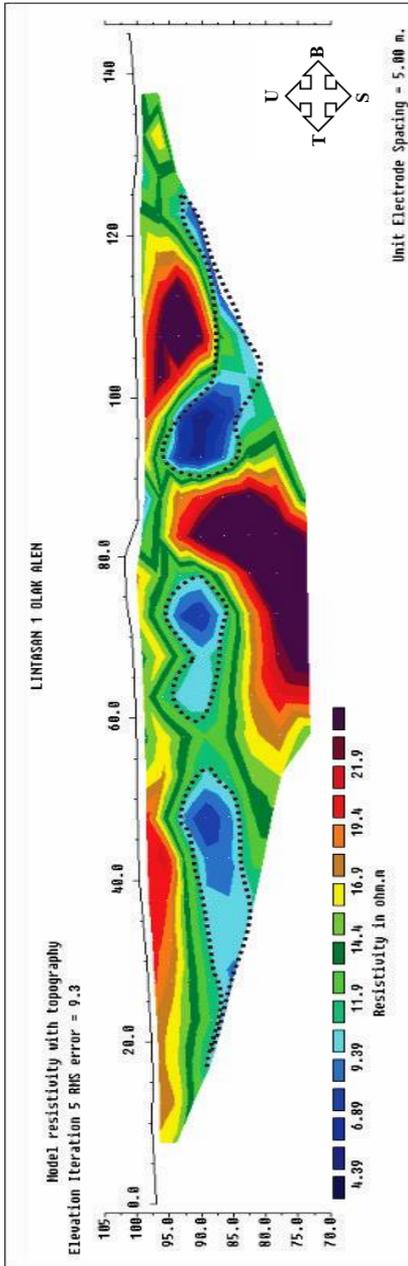
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Data Geolistrik

Telah dilakukan pengambilan data geolistrik dengan studi kasus longsor yang terjadi pada tanggal 2 Desember 2016 di Dusun Sumberjo, Desa Olak – Alen, Kec. Selorejo, Kab. Blitar, longsor terjadi setelah terjadi hujan deras selama kurun waktu 12 jam dalam sehari. Pengambilan data menggunakan alat geolistrik multichannel Duk-2A, dengan 30 elektroda arus dan potensial konfigurasi Wenner – Schlumberger. Konfigurasi ini dipilih karena memiliki resolusi yang baik secara vertikal maupun horizontal mengenai adanya lokasi zona tersaturasi air yang dapat berpotensi tanah longsor. Terdapat empat lintasan pada penelitian ini, dengan masing – masing yaitu lintasan satu sepanjang 150 meter dengan spasi antar elektroda 5m, lintasan dua 90 meter dengan spasi 3m, lintasan tiga 90 meter dengan spasi 3m, dan lintasan empat 90 meter dengan spasi 3m. Lintasan satu dan tiga merupakan lintasan yang tegak lurus dengan bidang longsor, berdasarkan topografi daerah penelitian bidang longsor dominan berarah dari utara ke selatan lereng. Untuk lintasan dua dan empat adalah sejajar dengan bidang longsor, desain lintasan pengambilan data dapat dilihat pada gambar 3.2.

Ada 3 tahapan yang dilakukan pada penelitian ini, akuisisi, pengolahan, dan interpretasi. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak RES2DINV untuk lintasan 1 - 4 diperoleh penampang resistivitas bawah permukaan dengan harga resistivitas berkisar antara 4,39 – 21,9 Ω m, dengan masing – masing RMS *error* yaitu lintasan 1 sebesar 9,3%, lintasan 2 sebesar 5,4%, lintasan 3 sebesar 4,6%, dan lintasan 4 sebesar 6,0%. Selanjutnya adalah tahapan interpretasi, merupakan proses mengartikan variasi nilai resistivitas yang ditunjukkan oleh perbedaan warna menjadi jenis litologi batuan. Proses interpretasi didasarkan pada kondisi geologi setempat dan nilai resistivitas suatu material (tabel 2.1). Seluruh rentang nilai resistivitas pada hasil inversi ini diidentifikasi sebagai material lempung kelanauan dan lanau pasiran. Asumsi tersebut didasarkan pada data hasil pengeboran yang dilakukan di area pengukuran pada kedalaman ± 30 meter.

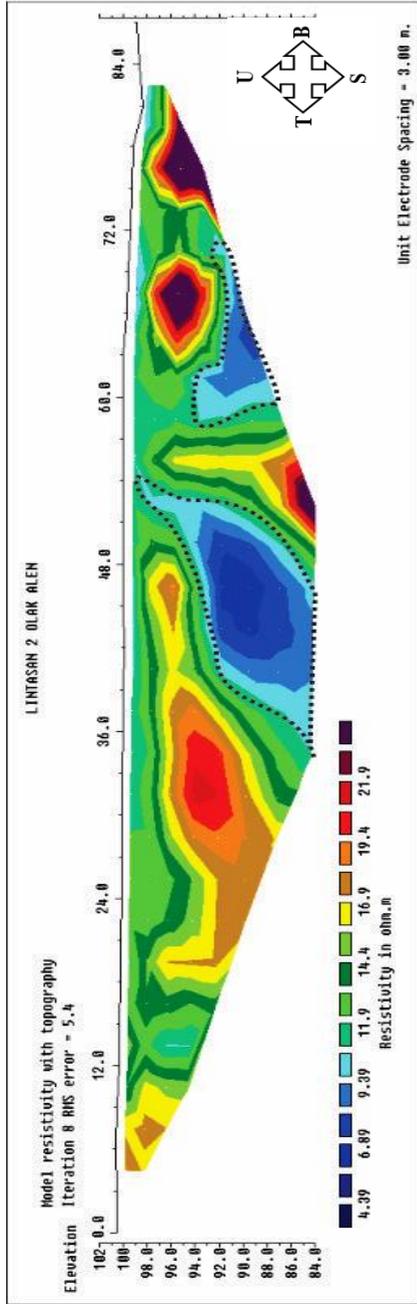
Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pola distribusi resistivitas bawah permukaan tanah yaitu topografi, jenis material penyusun, cuaca, kelembaban, sifat fisis batuan seperti kandungan mineral batuan, ukuran dan bentuk pori, permeabilitas, dan porositas batuan. Penampang resistivitas 2D ditunjukkan pada gambar 4.1 - 4.4 seperti dibawah ini



Gambar 4. 1 Penampang 2D resistivitas lintasan 1 dengan zona saturasi ditandai dengan garis hitam

Tabel 4. 1 Jenis Material dan Kedalaman pada Lintasan 1

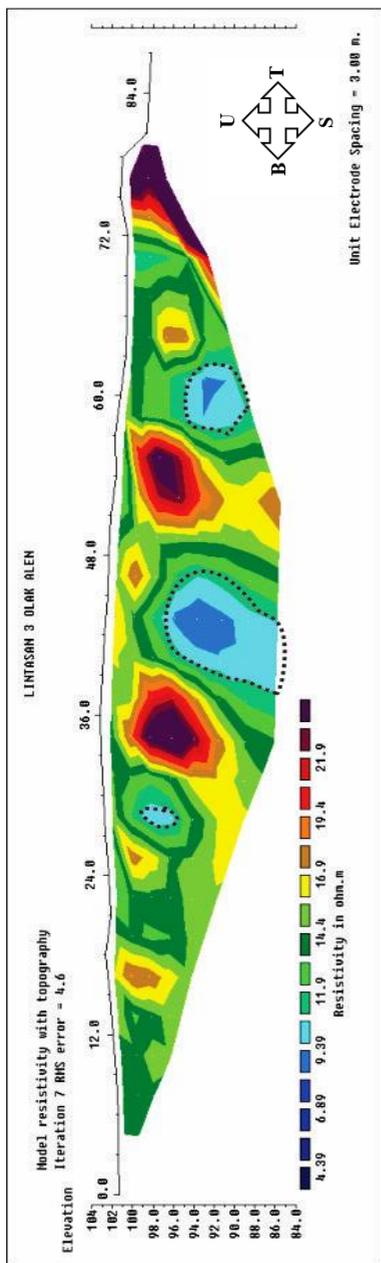
Kedalaman	Resistivitas (Ωm)	Citra	Jenis Material
3.38 - 17.3	4.39 - 9.39		Lempung kelanauan, tanah basah lembek
0 - 6.76	16.89 - 19.39		Lanau Pasiran
0 - 13.4	> 21.89		Lanau Pasiran
6.76 - 26.2	> 21.90		Lanau Pasiran



Gambar 4. 2 Penampang 2D resistivitas lintasan 2 dengan zona saturasi ditandai dengan garis hitam

Tabel 4. 2 Jenis Material dan Kedalaman pada Lintasan 2

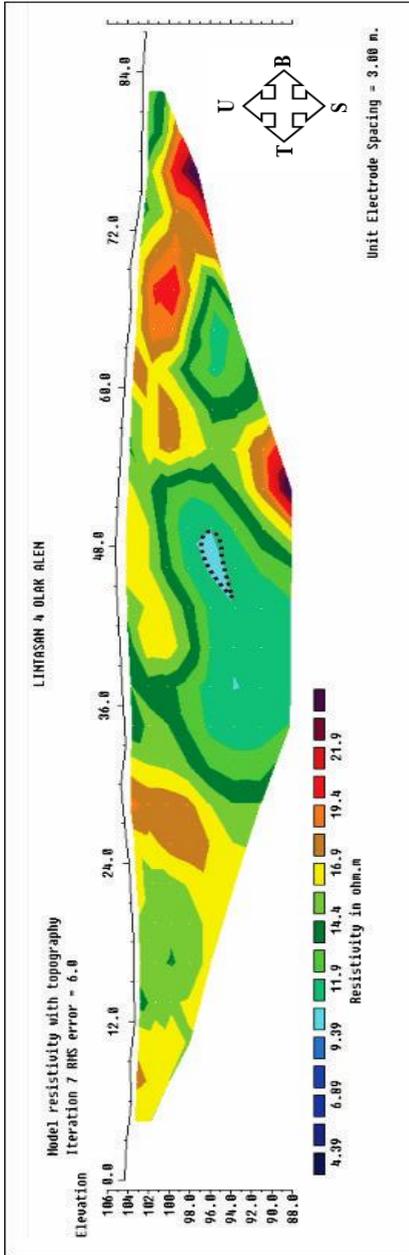
Kedalaman	Resistivitas (Ωm)	Citra	Janis Material
5.06 - 15.07	4.39 - 9.39		Lempung kelanauan, tanah basah lembek
0 - 12.9	13.14 - 19.39		Lanau Pasiran
0 - 8.06	> 21.89		Lanau Pasiran
12.9 - 15.07	> 21.90		Lanau Pasiran



Gambar 4. 3 Penampang 2D resistivitas lintasan 3 dengan zona saturasi ditandai dengan garis hitam

Tabel 4. 3 Jenis Material dan Kedalaman pada Lintasan 3

Kedalaman	Resistivitas (Ωm)	Citra	Jenis Material
4.06 - 15.7	4.39 - 9.39		Lempung kelanauan, tanah basah lembek
0 - 15.7	13.14 - 19.39		Lanau Pasiran
0 - 10.4	> 21.89		Lanau Pasiran



Gambar 4. 4 Penampang 2D resistivitas lintasan 4 dengan zona saturasi ditandai dengan garis hitam

Tabel 4. 4 Jenis Material dan Kedalaman pada Lintasan 4

Kedalaman	Resistivitas (Ω m)	Citra	Jenis Material
5.96 - 15.7	9.39 - 10.64		Lanau Pasiran
0 - 8.06	> 21.89		Lanau Pasiran

Lintasan 1 terletak pada koordinat 657756 mT 9100495 mU sampai 658574 mT 9100516 mU dan membentang pada arah barat – timur. Penampang model 2D lintasan 1 ditunjukkan seperti gambar 4.1 diatas. Lintasan 1 – 4 memiliki nilai resistivitas dari rentang 4,39 Ωm hingga 21,9 Ωm .

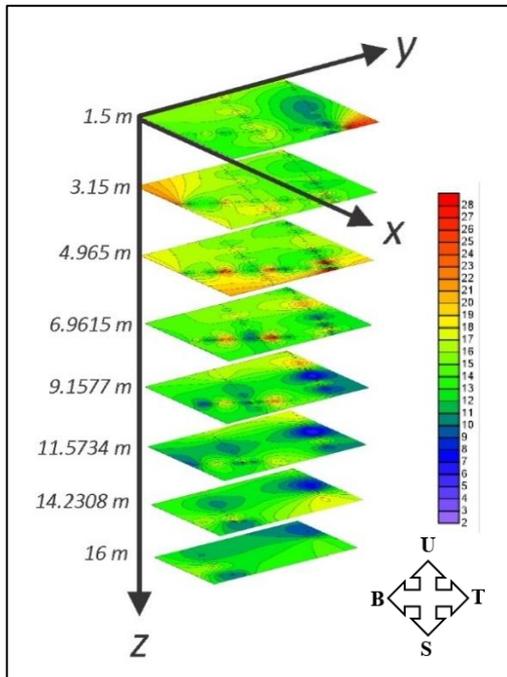
Gambar 4.1 menampilkan penampang resistivitas 2D bawah permukaan sepanjang lintasan 1 dengan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 26 meter. setelah dilakukan pengolahan data, persentase kesalahan pada lintasan 1 adalah 9,3 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 5 kali. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 90,7 %. Nilai resistivitas 4,39 Ωm – 9,89 Ωm dengan pencitraan warna biru diinterpretasikan materialnya berupa lempung kelanauan. Nilai resistivitas tersebut diperkirakan merupakan zona saturasi air yang ditunjukkan dengan pencitraan warna biru dan garis hitam putus-putus dan terletak pada kedalaman 3,38 m - 17,3m. Nilai resistivitas medium, yaitu pada rentang nilai 16,89 Ωm – 19,39 Ωm , dengan pencitraan kuning - orange diinterpretasikan materialnya berupa lanau pasir teridentifikasi pada kedalaman 0 - 6,76 meter. Sedangkan nilai resistivitas dengan rentang nilai >19,39 Ωm dengan pencitraan merah - ungu diinterpretasikan materialnya berupa lanau pasir teridentifikasi pada kedalaman 6,76 – 26,2 meter.

Lintasan 2 terletak pada koordinat 658597 mT 9100528 mU sampai 658626 mT 9100612 mU dan membentang pada arah utara – selatan. Lintasan 2 memiliki rentangan nilai resistivitas dari 4,39 Ωm hingga 21,9 Ωm dengan persentase kesalahan 5,4 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 8 kali. Zona saturasi air pada lintasan 2 teridentifikasi pada kedalaman 5,6 m – 15,07 m.

Lintasan 3 terletak pada koordinat 658530 mT 9100574 mU sampai 658608 mT 9100529 mU dan membentang pada arah barat - timur. Penampang model 2D lintasan 3 ditunjukkan seperti gambar 4.3 dibawah. Gambar 4.3 memperlihatkan penampang resistivitas 2D bawah permukaan sepanjang lintasan 3 dengan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 15 meter. Persentase kesalahan pada lintasan 3 adalah 4,6 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 7 kali. Zona saturasi air pada lintasan 3 teridentifikasi pada kedalaman 4,06 - 15,7 meter.

Lintasan 4 yang terletak pada koordinat 658560 mT 9100526 mU sampai 658585 mT 9100612 mU dan membentang pada arah utara - selatan. Zona saturasi air teridentifikasi pada kedalaman 5,95 - 15,7 meter. Lintasan 4 dipilih untuk mengidentifikasi kemenerusan zona saturasi dengan letak lintasan 50 meter dari titik longsor.

Untuk mempermudah persepsi dalam memahami tabel 4.1 – 4.4 pada kedalaman 0 – 16 meter ditunjukkan dengan penggambaran susunan lapisan horizontal secara vertikal pada gambar 4.5 dibawah ini, gambar dibuat dengan data X berupa koordinat X datum, data Y adalah koordinat Y datum, dan data Z adalah nilai resistivitas, kemudian diambil nilainya perkedalaman pada lintasaan 2,3, dan 4 menghasilkan penampang sebagai berikut:

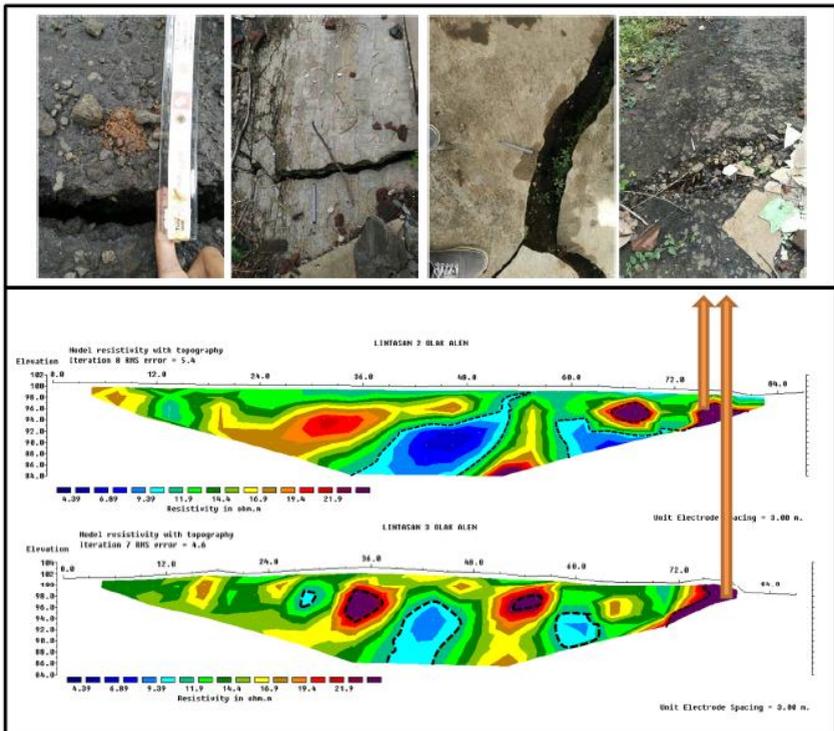


Gambar 4. 5 Penampang persepektif vertikal secara horisontal lapisan tanah bawah permukaan lintasan 2,3, dan 4.

Dari gambar 4.5, terlihat bahwa zona saturasi air penyebab longsor dapat teridentifikasi pada kedalaman 6 – 16 meter. Dari perselingan kedua material pada hasil interpretasi, nilai adalah pada kandungan *clay* atau lempungnya, zona tersaturasi air pada rentang nilai resistivitas $4,39 \Omega\text{m} - 9,89 \Omega\text{m}$ cenderung memiliki kandungan *clay* lebih banyak, serta ruang porinya berisi air dan bersifat plastis. Maka dari itu, adanya zona yang tersaturasi air menjadi hal penting untuk diketahui pada tanah longsor karena dengan adanya cukup air dalam tanah sehingga lapisan massa tanah yang tepat di atas lapisan kedap air tersebut menjadi jenuh. Sehingga akan menambah beban pada tubuh

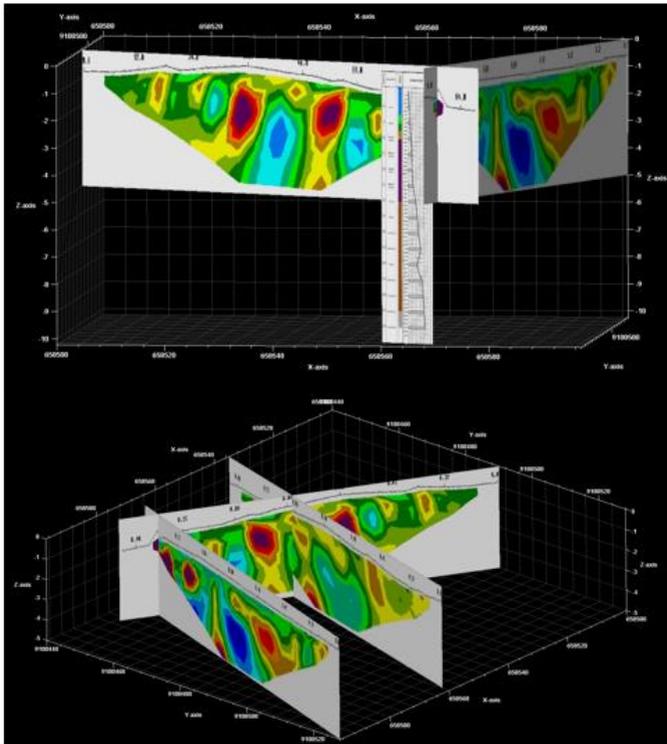
lereng. Lapisan kedap air dapat berupa tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi, atau dapat juga berupa lapisan batuan (Arsyad, 1989).

Sedangkan nilai resistivitas tinggi pada daerah penelitian ini dengan rentang nilai 19,4 – 21,9 Ω m dicitrakan dengan warna merah keunguan merupakan jenis material lanau pasiran. Material tersebut bersifat kurang plastis dan lebih mudah ditembus air daripada lempung (permeabilitas rendah), serta porinya yang berisi udara. Hal tersebut dikarenakan pengaruh perbedaan sifat fisis material, yaitu memiliki porositas dan permeabilitasnya yang lebih tinggi. Asumsi ini kemudian dibuktikan dengan kondisi dilapangan, yaitu terdapat retakan yang dipermukaan. Dari retakan tersebut, diambil data *strike* dan *dip*, selanjutnya diolah untuk mencari arah struktur retakan yang dominan pada area sekitar longsor sehingga akan berpengaruh pada arah pergerakan material longsor pada daerah penelitian. Retakan permukaan terdapat tepat diatas lintasan 2 dan 3 ditunjukkan pada gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar 4. 6 Penampang 2D lintasan 2 dan 3 beserta retakan dipermukaan

Dari hasil pengolahan geolistrik RES2DINV, kemudian dibuat *cross section* (dapat dilihat pada gambar 4.7) penampang resistivitas 2D mengetahui letak struktur retakan dengan rentang nilai resistivitas 19,4 – 21,9 Ωm saling berpotongan pada lintasan 2 dan 3 diketahui cenderung berarah cenderung mengarah ke arah timur laut (north east), hal ini didukung oleh kondisi topografi yang semakin curam ke selatan. Gambar atas merupakan penampang lintasan 3 dilengkapi dengan data *borehole* (titik bor terletak pada lintasan 3). Asumsi penentuan titik bor adalah mencakup nilai resistivitas dari 4, 39 – 21, 9 Ωm .



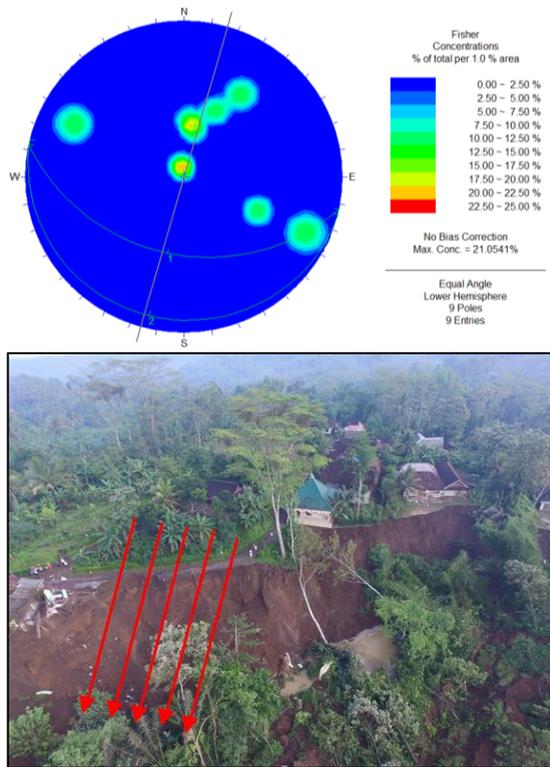
Gambar 4. 7 *Cross Section* Penampang Resistivitas lintasan 2 dan 3 dengan BH1 pada lintasan 3

4.2 Pengaruh Geologi Struktur terhadap Kestabilan Lereng

Adanya pengaruh struktur geologi, perlu diketahui karena berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Struktur geologi merupakan bidang lemah, diantaranya seperti sesar (*fault*), kekar (*joint*), rekahan (*crack*), dan bidang

per lapisan (*bedding plane*). Untuk mengetahui karakteristik bidang lemah, dilakukan pengukuran *strike* dan kemiringan (*dip*) dari bidang lemah tersebut. Adanya bidang lemah tersebut akan mengurangi kekuatan massa batuan dan dapat berfungsi sebagai jalur rembesan air yang dapat mengakibatkan terjadinya rekahan tarik (*tensile crack*) pada massa batuan dimana hal tersebut dapat mengurangi nilai faktor keamanan dari lereng sehingga lereng tidak stabil dan terjadi longsor.

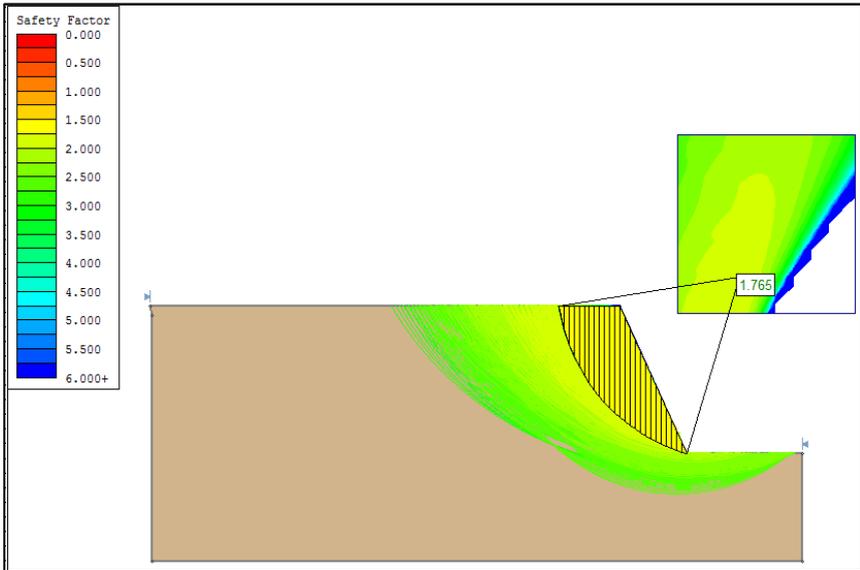
Retakan pada permukaan, merupakan tanda-tanda sebelum terjadinya longsor. Pada penelitian ini, data retakan digunakan untuk analisis arah pergerakan material longsor berdasarkan data geologi struktur (bidang lemahnya), hasil ini digunakan bukan untuk regional atau keseluruhan melainkan analisis pada sekitar daerah titik longsor. Berdasarkan hasil pengolahan, menunjukkan arah trend pada N 191°E. Hasil tersebut dikorelasikan dengan kondisi di lapangan dan topografi daerah penelitian. Hasil pengolahan data ditunjukkan pada gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4. 8 Arah pergerakan material longsor berdasarkan data geologi struktur menggunakan stereonet

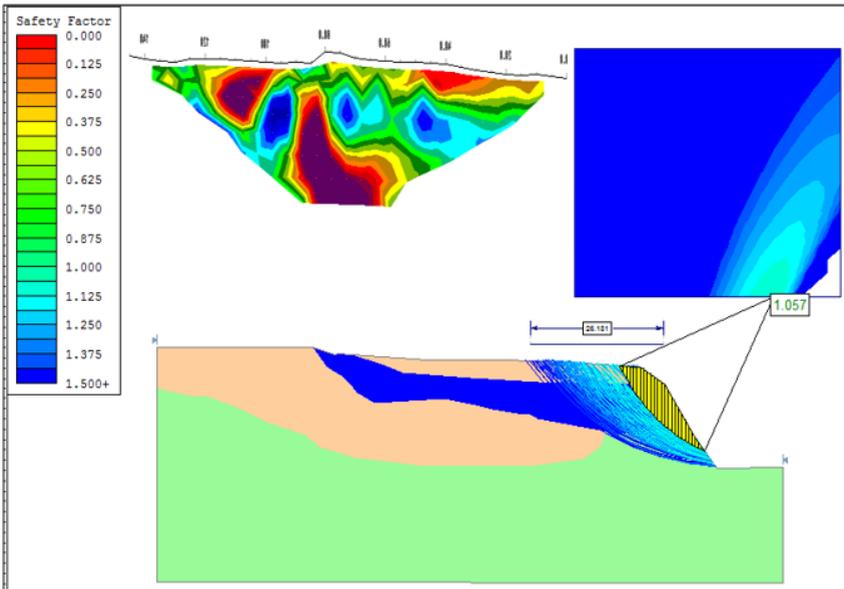
4.3 Analisis Kestabilan Lereng

Stabilitas pada ilmu geoteknik digunakan sebagai upaya untuk menambah kapasitas daya dukung tanah dan keluaran yang akan diperhitungkan pada proses perancangan suatu bangunan. Maka dari itu, dalam perancangan dan pelaksanaannya harus teliti daripada modifikasi tanah atau material. Pada penelitian ini, analisis kestabilan lereng dilakukan untuk mendapatkan nilai FK dari masing – masing lintasan, kemudian akan diketahui seberapa jauh daerah tersebut rawan potensi longsor. Gambar 4.9 dibawah ini merupakan permodelan lereng pada material yang homogen, dengan data masukan adalah gamma, kohesi, dan phi terkecil dari tabel 3.2, diperoleh nilai FK sebesar 1.765.



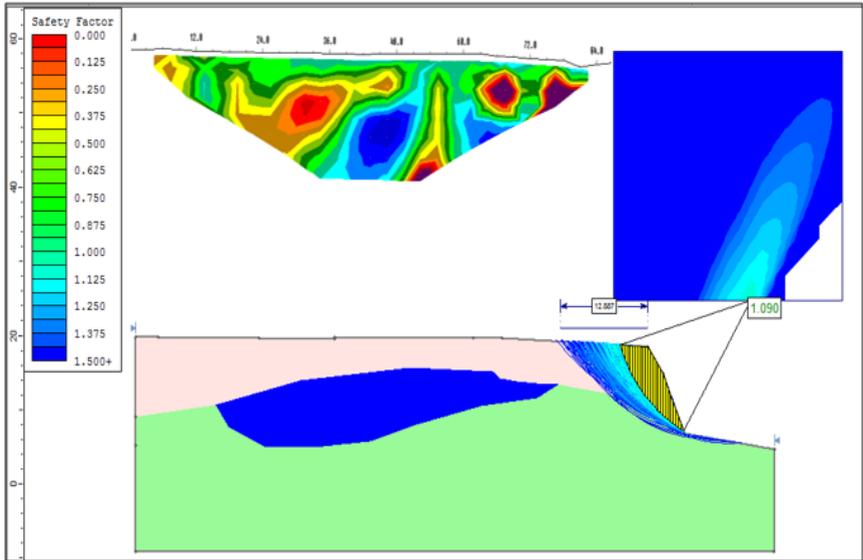
Gambar 4. 9 Analisis Kestabilan Lereng pada Material Homogen

Untuk membedakan analisis kestabilan lereng pada material homogen dan tidak homogen serta pengaruh sifat fisisnya, dilakukan analisis terhadap lereng pada lintasan 1,2, dan 3. Model tersebut dibuat berdasarkan hasil penampang resistivitas 2D, dengan fokus pada zona tersaturasi air. Pada gambar 4.10 - 4.12 adalah hasil analisis FK lereng dari ketiga lintasan. Setelah dilakukan pengolahan data dan dikomputasi menggunakan perangkat lunak Slide 6.0, diperoleh nilai faktor keamanan dari masing-masing lereng yaitu pada lintasan pertama adalah 1,057; lintasan dua adalah 1,090; dan lintasan 3 adalah 1,181. Dari nilai tersebut, menunjukkan bahwa lereng tersebut kritis, artinya tidak aman dan berpotensi longsor dengan nilai FK 1 – 1,25.

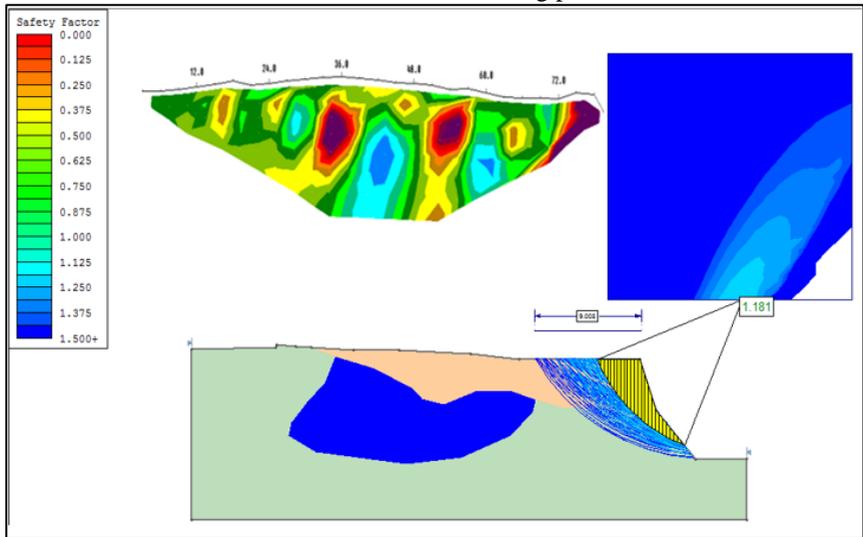


Gambar 4. 10 Hasil analisa FK lereng pada lintasan 1

Hasil perhitungan analisis FK lereng pada lintasan 1 adalah 1,057. Dari hasil pengolahan, didapatkan lereng yang kritis adalah 0 - 26 meter dari titik longsor. Dengan nilai FK antara 1,0 - 1,25 termasuk kedalam kategori lereng kritis dan cenderung tidak stabil. Dari analisis tersebut diperoleh daerah aman pada lintasan pertama adalah pada jarak 26 meter dari titik longsor. Artinya mulai dari 0 - 26 meter dari titik longsor harus evakuasi ketempat yang lebih aman. Karena longsor biasaya terjadi sewaktu-waktu karena kondisi lereng yang tidak stabil. Tergantung pada cuaca, apabila terjadi hujan secara berkala maka akan menambah beban pada lereng dan berpotensi longsor. Selain itu, adanya retakan dipermukaan juga harus diwaspadai sejauh mana, karena hal tersebut merupakan salah satu gejala longsor yang ada dipermukaan.



Gambar 4. 11 Hasil analisa FK lereng pada lintasan 2



Gambar 4. 12 Hasil analisa FK lereng pada lintasan 3

Pada hasil perhitungan analisis FK lereng pada lintasan 2 adalah 1,090. Dari hasil pengolahan, didapatkan daerah rawan potensi longsor adalah 0 - 12 meter dari titik longsor. Sedangkan pada hasil perhitungan analisis FK lereng pada lintasan 3 sebesar 1,181 dengan daerah rawan potensi longsor adalah 0 - 9 meter dari titik longsor. Hasil analisis digunakan sebagai salah satu rekomendasi upaya mitigasi bencana pada daerah penelitian, analisis daerah rawan cenderung lebih kecil dikarenakan penelitian ini menyesuaikan dengan kondisi dilapangan, bukan untuk skala besar pada longsor yang besar.

Gambar 4.10 - 4.12 menunjukkan analisis FK lereng beserta penampang resistivitasnya dengan skala FK 0 - 1.5, sedangkan kotak sebelah kanan merupakan *auto grid* yang artinya setiap pusat *grid slip* mewakili pusat rotasi dari serangkaian lingkaran. Grid tersebut otomatis menentukan jari - jari lingkaran setiap titik grid berdasarkan batas lereng dan kenaikan radius yang dilakukan otomatis oleh perangkat lunak.

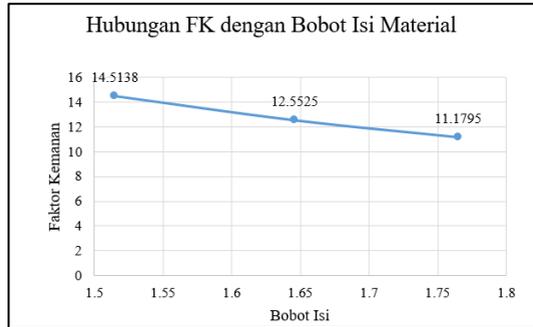
Faktor yang mempengaruhi kemantapan suatu lereng diantaranya adalah geometri lereng (ketinggian dan kemiringan lereng, sifat fisis (porositas, kandungan air, bobot isi material) dan mekanis (kohesi, phi, kuat geser tanah), adanya struktur yang berperan (*crack* / retakan), dan hidrogeologi.

4.4 Hubungan FK Lereng dengan Parameter Material

Pada penelitian ini menggunakan 3 parameter tanah sebagai data masukan dalam proses komputasi analisis kestabilan lereng, yaitu bobot isi material (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam. Ketiga parameter tersebut didapatkan dari hasil pengujian sifat fisik maupun sifat mekanik material melalui uji laboratorium. Parameter yang pertama digunakan adalah bobot isi material (γ). Nilai bobot isi material digunakan dalam perhitungan kestabilan lereng untuk mendapatkan FK minimum yang dianggap paling kritis. Dari lampiran D diketahui bobot isi material berkisar antara 11,7 - 14,71 kN/m³. Bobot isi material (γ) menyatakan perbandingan antara berat dengan volume material tersebut. Semakin jenuh suatu material, maka nilai bobot isi akan semakin besar dan massa lereng juga semakin besar, sebaliknya apabila material dalam kondisi kering maka bobot isinya akan semakin kecil dan bebannya pada lereng juga akan semakin kecil, sehingga semakin besar nilai bobot isi faktor keamanannya akan menjadi kecil dan semakin kecil bobot isi faktor keamanannya akan menjadi besar.

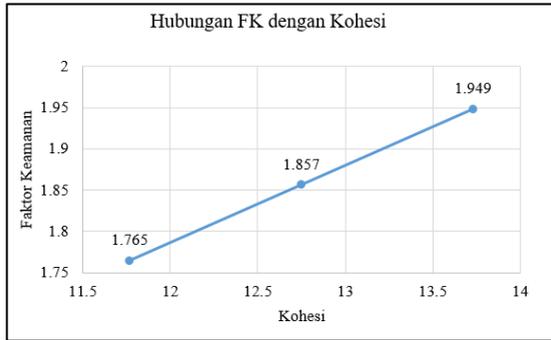
Faktor yang berpengaruh pada bobot isi suatu material salah satunya adalah infiltrasi air. Apabila bobot isi semakin berat, maka akar akan susah menembus karena pori tanah yang kecil dan struktur tanah yang kompak. Sedangkan apabila bobot isi semakin kecil, maka pori - pori tanah akan

semakin besar sehingga infiltrasi semakin besar dan mempercepat penyerapan pada vegetasi. Maka dari itu, upaya dalam pencegahan longsor salah satunya adalah penanaman vegetasi yang baik. Air permukaan akan diserap lebih cepat, sehingga tidak membentuk zona saturasi air pada bawah permukaan yang menyebabkan massa lereng bertambah dan terjadi longsor. Hubungan antara FK dengan bobot isi material ditunjukkan pada gambar grafik dibawah ini :



Gambar 4. 13 Grafik Hubungan antara Bobot Isi Material dengan Nilai Faktor Keamanan

Parameter kedua adalah kohesi, merupakan gaya tarik menarik antar partikel dalam batuan dengan kata lain pengikat dalam suatu material. Nilai kohesi diperoleh dari perhitungan regresi linear dari data tegangan normal dan tegangan geser hasil pengujian *direct shear* suatu material. Dari hasil uji laboratorium diperoleh nilai kohesi sampel didaerah penelitian berkisar antara 11,7 - 14,7 kN/m². Dari hasil data bor, daerah penelitian memiliki litologi yang seagam yaitu pasir kelanauan. Litologi tesebut termasuk kedalam jenis tanah kohesif (sifat lekat antar butir tinggi). Pada musim yang berbeda, tanah akan mengalami keadaan kembang susut serta kuat geser tanah. Apabila tanah tersaturasi air, maka tanah akan mengembang yang akan mereduksi kuat geser dari lereng. Sebaliknya apabila tanah dalam keadaan kering, maka tanah akan susut, kedua keadaan yang berbeda tersebut akan mempengaruhi stabilitas dari suatu lereng. Tanah kohesif mempunyai kuat geser yang rendah, karena material penyusun tanahnya terganggu akibat perubahan kadar air pada tubuh lereng. Tanah kohesif tidak mudah lolos air, maka dari itu tanah akan sulit untuk infiltrasi air hujan. Akibat buruknya infiltrasi air, maka air dari permukaan akan tidak terdistribusi dengan merata kebawah permukaan sehingga menyebabkan terbentuknya zona yang tersaturasi air yang menambah beban pada tubuh lereng. Hubungan antara FK dengan kohesi dapat dilihat pada gambar 4.14:

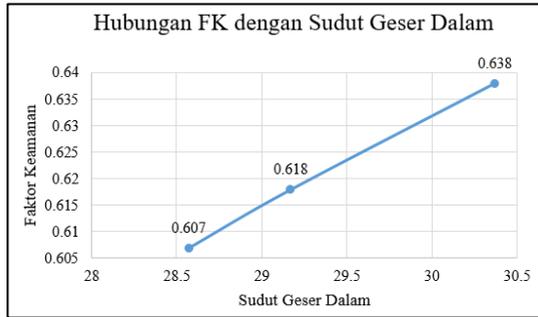


Gambar 4. 14 Grafik Hubungan antara Kohesi dengan Nilai Faktor Keamanan

Parameter ketiga adalah sudut geser dalam, merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara data tegangan normal dan tegangan geser pada suatu material, apabila suatu material terkena gaya yang melebihi tegangan gesernya. Dari hasil uji laboratorium, diperoleh nilai sudut geser dalam didaerah penelitian berkisar antara 28,27 – 30,34°. Apabila nilai sudut geser dalam suatu material besar, maka material tersebut akan kuat menerima tegangan luar. Hubungan kohesi dan sudut geser dalam adalah berbanding lurus, dilihat dari persamaan kuat geser Mohr-Coulomb:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

artinya semakin besar nilai kohesi dan sudut geser dalam suatu material, maka semakin besar kekuatan geser material tersebut untuk menahan longsoran. Sebaliknya semakin kecil nilai kohesi dan sudut geser dalam dalam suatu material maka semakin kecil kuat geser material tersebut untuk menahan longsoran, sehingga semakin besar nilai kohesi dan sudut geser dalam, maka nilai FK akan menjadi besar dan semakin kecil nilai bobot isi, nilai FK juga menjadi kecil.



Gambar 4. 15 Grafik Hubungan antara Sudut Geser Dalam dengan Nilai Faktor Keamanan

Dalam komputasi untuk menganalisis kestabilan lereng, tidak memasukan parameter *Water table* atau *piezometer* pada perangkat lunak. Karena untuk menentukan muka air tanah pada suatu model, didasarkan pada hasil data bor untuk mengetahui seberapa dalam letak air tanah, biasanya pada lapisan *clay* atau lempung letaknya cenderung lebih dalam. Tanah akan menurunkan sifat fisik dan mekanik tanah apabila dipengaruhi oleh air. Adanya air tanah dipengaruhi oleh curah hujan. Pada musim kemarau, tinggi muka air tanah cenderung mengalami penurunan karena hujan jarang terjadi, sebaliknya jika musim hujan tinggi muka air tanah dapat meningkat karena curah hujan yang relatif tinggi. Akibat pasang surutnya tinggi muka air tanah dapat mempengaruhi kestabilan suatu lereng. Semakin tinggi muka air tanah (lereng dalam keadaan tersaturasi) maka nilai faktor keamaannya semakin kecil, sebaliknya jika muka air tanah rendah (lereng dalam keadaan kering) maka nilai faktor keamanannya semakin meningkat. Oleh karena itu kondisi muka air tanah harus dijaga agar tetap stabil pada tinggi tertentu sehingga lereng yang ada tetap dalam kondisi stabil.

4.5 Integrasi Data geolistrik, Geologi, dan Kestabilan Lereng

Menurut data BPBD daerah penelitian termasuk kedalam golongan tingkat menengah pada gerakan tanah. Artinya pada daerah penelitian ini merupakan daerah yang rawan akan tanah longsor. Pada daerah penelitian terdapat beberapa penyebab longsor yang menyebabkan lereng menjadi tidak stabil dan terjadi longsor, salah satu diantaranya adalah adanya lereng yang curam. Pada lintasan 1,2, dan 3 kemiringan lereng antara 60° - 70° . Namun, tidak semua lahan dengan kondisi dengan topografi yang miring berpotensi terjadi longsor, hal ini tergantung pada karakter lereng terhadap respon pemicu

ketidakstabilan lereng seperti curah hujan. Selain itu penggunaan lahan untuk persawahan, kebun, maupun perumahan terutama pada daerah-daerah yang mempunyai kemiringan lereng terjal dapat menambah beban pada lereng sehingga lereng menjadikan tidak stabil.

Yang kedua adalah adanya kandungan air pada bawah permukaan atau zona saturasi air menyebabkan massa lereng semakin berat. Dari hasil keempat lintasan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D dapat mengidentifikasi zona tersaturasi air dengan baik melalui distribusi pola resistivitas. Apabila turun hujan air permukaan tersebut meresap ke dalam tanah akan mengakibatkan kandungan air dalam massa tanah akan lewat jenuh, massa tanah bertambah dan tahanan geser tanah menurun serta daya ikat tanah menurun sehingga gaya pendorong pada lereng bertambah yang dapat mengakibatkan lereng tersebut goyah dan bergerak menjadi longsor. Adanya retakan berperan penting pada suatu lereng, karena melalui celah tersebut air meteorik dari permukaan dapat terdistribusi kebawah permukaan. Retakan merupakan indikasi dipermukaan adanya tanah longsor.

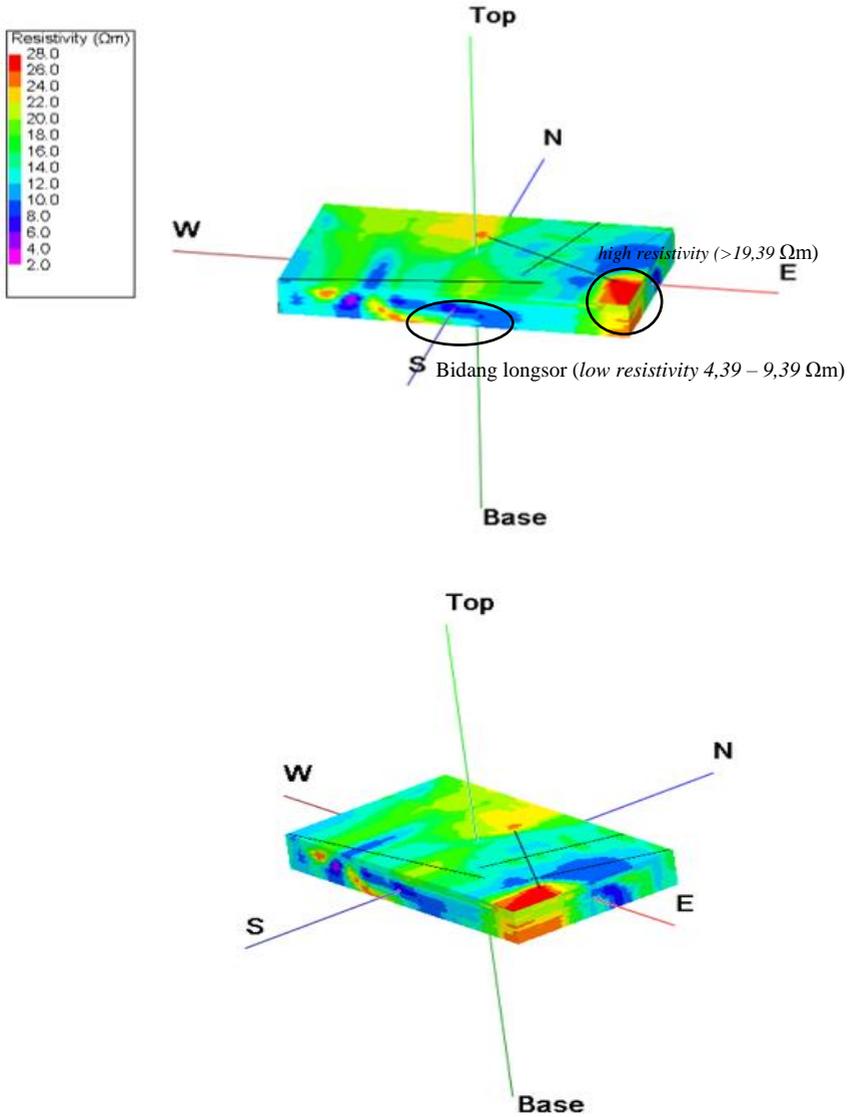
Penggunaan lahan juga mempengaruhi ketidakstabilan lereng, semakin padat bangunan dipermukaan maka beban akan semakin berat. Selain itu, adanya vegetasi (pepohonan) dipermukaan juga penting. Pada gambar 4.16 terlihat bahwa pada saat terjadi longsor, akar pohon masih menahan massa lereng. Jika tidak ada pohon, massa longSORan akan semakin banyak. Akar pohon berguna diantaranya adalah untuk mengikat partikel tanah sehingga menambah kuat geser tanah, memberikan dukungan pada tanah bagian atas karena berfungsi sebagai penyangga lereng, menghambat aliran permukaan dan membantu proses infiltrasi yaitu proses meresapnya air dari permukaan tanah melalui pori-pori tanah sehingga semakin baik infiltrasi akan meminimalkan lereng dalam keadaan jenuh karena air dari permukaan dapat dikontrol dengan baik. Pada lokasi penelitian terdapat salah satu pohon yang akarnya masih menyangga material pada lereng sedangkan material sekitarnya sudah jatuh. Pohon yang tertera digambar adalah pohon sengon, yaitu salah satu contoh vegetasi tanaman dengan perakaran intersif dan dalam. Adanya penanaman vegetasi yang baik pada daerah sekitar rawan longSOR adalah salah satu upaya mitigasi bencana pada tanah longSOR.



Gambar 4. 16 Akar pohon yang menggantung pada lereng (a) Longsor awal
(b) pasca sebulan longsor

Dalam menginterpretasi data hasil pengolahan geolistrik pada bab 4.1 di atas, diperlukan adanya data sekunder yaitu berupa hasil data bor. Data tersebut digunakan sebagai acuan dari hasil pengolahan data lapangan yang untuk pendekatan nilai tahanan jenis setiap lapisan batuan. Dari hasil data bor tersebut, menunjukkan bahwa material pada daerah penelitian pada kedalaman 0 - 30 meter terdiri dari material seragam yaitu lanau pasiran. Selain dari hasil beberapa uji laboratorium, hal tersebut didasari oleh geologi daerah penelitian merupakan hasil dari batuan hasil letusan endapan Gunung Butak dan juga batuan lepas hasil dari endapan Sungai Brantas. Termasuk kedalam tanah residual yaitu batuan yang sudah mengalami pelapukan serta masih pada tempat asalnya (tidak berpindah). Perbedaan lanau dan lempung adalah sifat plastisnya, lempung memiliki sifat keplastisan yang tinggi daripada lanau. Hal tersebut karena lempung akan berubah sifat mekanis dan fisisnya apabila terganggu oleh air. Ukuran butir lanau yang lebih

Pola bidang lemah dengan jarak yang sangat rapat kedudukannya (persebaran retakan diatas dan dibawah permukaan) yang terdapat pada tubuh lereng dapat digunakan untuk identifikasi jenis longsorannya. Jika dilihat dari pergerakan longsor dan material yang jatuh, daerah penelitan termasuk *slides rotational*. Salah satu metode geofisika yang baik digunakan untuk mengidentifikasi pola retakan yaitu metode resistivitas. Pada penelitian ini, diidentifikasi daerah saturasi air sebagai penyebab longsor. Zona saturasi pada longsor disebut bidang longsor dengan nilai resistivitas 4.39 – 9.89 Ωm . Dalam memudahkan menganalisis bidang longsor, maka dibuat model 3D berdasarkan data resistivitas seperti gambar 4.16 dibawah ini:



Gambar 4. 17 Penampang 3D sebaran Resistivitas Bawah Permukaan

Berdasarkan penampang secara vertikal pada gambar 4.5 diketahui bahwa bidang longsor terletak pada kedalaman sekitar 6 – 16 meter. Zona saturasi air merupakan daerah yang memiliki kandungan air lebih banyak. Kandungan air yang banyak akan menambah berat beban pada tubuh lereng, selain itu juga akan mengurangi kuat geser, mengurangi kohesi dan mengurangi sudut geser dari tanah dibawahnya, maka daerah saturasi merupakan bidang yang mudah longsor. Letaknya yang berada dekat dengan lereng longsor diperkirakan pada saat tanah tersaturasi air dalam keadaan maksimum dan tidak mampu menahan jumlah dan tekanan air, maka diperkirakan akan terjadi longsor. Nilai resistivitas yang tinggi ($>19,39 \Omega m$) merupakan material yang berada diatas bidang longsor, dengan kata lain material ini yang akan jatuh atau keluar lereng terlebih dahulu. Hal tersebut dikarenakan cenderung memiliki sifat yang lebih *loose*, butiran lebih kasar serta porinya yang lebih banyak terisi udara mengakibatkan batuan pecah dan membentuk *crack* atau retakan. Berikut ini adalah tabel integrasi dari geolistrik dengan parameter tanah sebagai analisis dalam kestabilan lereng:

Tabel 4. 5 Integrasi data Geolistrik dengan Parameter material

ρ	γ	c	Phi	<i>watertable</i>	kemiringan lereng	FK	Status
<i>Low</i> (4.39 – 9.89 Ωm)	>	<	<	>	>	< <i>low</i>	Kritis
<i>High</i> ($>19,39 \Omega m$)	<	>	>	<	<	> <i>high</i>	Aman

Dari data geolistrik, geologi, dan analisa FK saling berhubungan satu sama lain. Dari hasil geolistrik resistivitas mampu mengidentifikasi zona saturasi air penyebab tanah longsor dengan baik, dari data tersebut zona saturasi cenderung berarah *north east*, hal tersebut salah satunya dipengaruhi oleh pola stuktur retakan disekitar area longsor dan topografi pada daerah penelitian. Dibuktikan dengan data geologi, sehingga diketahui arah retakan dominan pada bawah permukaan, dari data ini dapat diketahui pergerakan material longsor cenderung kearah selatan N 191°E. Dari analisa kestabilan lereng, setelah dilakukan perhitungan, ketiga lereng pada daerah penelitian adalah kritis artinya sewaktu – waktu dapat terjadi longsor tergantung beberapa sebab salah satunya adalah intensitas hujan yang terjadi didaerah penelitian. Adanya zona saturasi air pada suatu lereng, sangat berpengaruh pada kestabilannya, metode geolistrik merupakan metode yang dianggap paling berhasil dalam penelitian ini, karena dengan teridentifikasinya zona saturasi air, maka suatu tubuh lereng akan diketahui letak kandungan airnya lebih banyak yang menjadi salah satu penyebab longsor sehingga upaya mitigasi akan terlaksana lebih cepat dan akurat.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Zona saturasi air terdapat pada kedalaman 6 – 16 meter dengan rentang nilai resistivitas 4,39 – 9,39 Ωm .
2. Berdasarkan data retakan dipermukaan, diperoleh arah pergerakan material debris longsor pada N 191° E, didukung oleh kondisi topografi yang semakin curam ke selatan.
3. Berdasarkan analisis kestabilan lereng, diperoleh nilai FK pada lintasan 1 sebesar 1,057 dengan daerah rawan pada jarak 0 – 26 meter dari titik longsor; lintasan dua sebesar 1.090 dengan daerah rawan pada jarak 0 – 12 meter dari titik longsor; dan lintasan 3 sebesar 1,181 dengan daerah rawan pada jarak 0 – 9 meter dari titik longsor.
4. Kestabilan suatu lereng tergantung dari sifat fisis dan mekanis materialnya (kohesi, bobot isi, dan phi), nilai resistivitas rendah (4,39 – 9,39 Ωm) memiliki kandungan air yang lebih banyak sehingga nilai FK cenderung lebih kritis karena material akan terganggu akibat penambahan air sehingga menurunkan nilai kuat gesernya. Sedangkan nilai resistivitas yang tinggi (> 19,36 Ωm) cenderung memiliki nilai FK lebih besar dan lereng akan relatif stabil atau aman.

5.2 Saran

Dari kesimpulan diatas, maka diperoleh saran dari penelitian ini yaitu:

1. Dilakukan pada dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan pada 9 titik longsor desa Olak-Alen secara berkala untuk mendapatkan perubahan pengaruh air meteorik pada tubuh lereng secara intensif yang berpotensi longsor sehingga hasil menjadi lebih akurat. Hal tersebut karena penelitian ini dilakukan pada musim hujan saja.
2. Sebagai *controlling* dalam upaya mitigasi bencana tanah longsor pada daerah penelitian.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Aleksander Stephanus. 2016. *Identifikasi Keberadaan dan Perubahan Cracks dalam Lereng Tanah Melalui Pengujian Tomographic Resistivity dan Induced Polarization Sebagai Upaya Pembuktian Hipotesa "The Concept Of Cracked Soil"*. Draft Laporan Disertasi.
- Anderson, M.G, Richards, K. S., 1987. *Slope Stability Geotechnical Engineering and Geomorphology*. John Wiley and Sons.
- Arsyad, Sitanala. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : IPB Press.
- Bowles, JE.,1989. *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*. Jakarta Erlangga.
- Darsoatmojo, A. Dan Soedradjat, G. M. 2002. *Bencana Tanah Longsor Tahun 2001*. Year Book Mitigasi Bencana Tahun 2001.
- Das, Braja M., 1998. *Mekanika Tanah Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah II*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hoek, E & J.W. Bray. 1881. *Rock Slope Engineering. Revised Third Edition*. London : The Institution Mining and Metallurgy.
- J. Krahenbuhl, A. Wagner. 1983. *Survey, Design, and Con-struction of Trail Suspension Bridges for Remote Areas, SKAT*. Swiss Center for Appropriate Technology.
- Lambe, T. W. dan Whitman, R.V.1969. *Soil Mechanics*. New York : John Wiley & Sons.
- Loke, M.H. 2000. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. A practical guide to 2-D and 3-D surveys.
- Nandi. 2007. *Longsor*. Jurusan Pendidikan Geografi. Bandung. FPIPS-UPI.
- Pangular, D., 1985. *Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan*. Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Sakka. 2001. *Diktat kuliah "Aplikasi Konfigurasi Dalam Metode Resistivitas"*. Bandung : Jurusan Geofisika ITB.

- Sjarifudin dan Hamid. 1992. *Peta Lembar Geologi Blitar*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, , R.E. Sheriff, dan D.A. Keys. 1982. *Applied Geophysic*. London : Cambridge University Press.
- Vernes. 1978. *Slope movement types and processes*. In: Schuster RL, Krizek RJ (eds) *Landslides, analysis and control*, special report 176: Transportation research board. Washington DC : National Academy of Sciences.
- Van Bemmelen. R.W. 1949. *The Geology of Indonesia* v. I.A Government Printing Office.
- Wesley, L. D., Pranyoto, S., 2010. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan & Residu*. Yogyakarta.
- Yuliana Encun, Dadan Dani Wardhana, Mimin Iryanti. 2015. *Analisis Potensi Longsoran Tanah Akhibat Zona Jenuh Air menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas di Daerah Pelabuhan Ratau Kabupaten Sukabumi*. Fibusi (JoF) Vol. 3 No. 2, September 2015
- Zakaria, Z. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Bandung : UNPAD.

LAMPIRAN

a. Spesifikasi alat

Tabel 1 Spesifikasi alat yang digunakan, yaitu Geolistrik Multichannel Duk-2A

RECEIVER PART

PARAMETER	TECHNICAL SPECIFICATION
Measuring Voltage Range	-6000 mV ~ +6000 mV
Measuring Voltage Accuracy	When $V_p \geq 5$ mV, $\pm 1 \% \pm 1$ digital
	When $0,1$ mV $\leq V_p \leq 5$ mV, $\pm 2 \% \pm 1$ digital
Apparent Polarizability Accaracy	$\pm 1 \% \pm 1$ digital
Measuring Current Range	0 ~ 5000 mA
Measuring Current Accarcy	When $I_p \geq 5$ mA, $\pm 1 \% \pm 1$ digital
	When $0.1 \leq I_p \leq 5$ mA, $\pm 2 \% \pm 1$ digital
Interference Suppression on 50 Hz power frequency	Better than 80 dB
SP compensation Range	± 1000 mV
Input Impedance	≥ 50 M Ω

TRANSMITTER PART

PARAMETER	TECHNICAL SPECIFICATION
Maximum Power Supply Voltage	900 V
Maximum Power Supply Current	5 A
Maximum Output Power	4500 W
Power Supply Pulse Width	1 ~ 59 s, Duty ratio 1:1
Over Current Protection	The Protective Tube fused when current reached to 5 A

INSTRUMENT PARAMETERS

PARAMETER	TECHNICAL SPECIFICATION
Working Temperature	- 10 ° C ~ 50 ° C, 95 % RH
Storage Temperature	- 20 ° C ~ 60 ° C
Power	DC 12 V (8 D batteries)

Continous Working Time	More than 10 hours
Static Power	Less than 0.9 W
Weight	8 kg (including batteries)
Volume	305 x 200 x 202 mm
Screen	128 x 160 Pixel, showing contrast ratio is adjustable

MULTICHANNEL ELECTRODE CONVERTER

PARAMETER	TECHNICAL DATA
Total number of conversion the electrode	60 channels
Electode distance interval coeffisient n	Minimum coefficient of isolation (MIN) and maximum coefficient of isolation (MAX) can be set
Type of unit	Wenner four - electrode (AM NB) , Schlumberger-1, Schlumberger-2, dipole-dipole, combined profiling method, differential (AMNB), dipolar resistivity imaging (CT) method, trielectrode rolling over continous prospecting, and single-sided trielectrode rolling over continous prospecting
Maximum current	2:00 AM
On resistance of contact:	< 0.1 Ω
Withstanding voltage	500V dc
Insulation property	500 MΩ
Operating temperature of whole unit	- 10 ° C ~ +50 ° C
Operating humidity of whole unit	95%
Monitor	Non
Volume	60 channel: 320x200x245 mm
Weight	60 Channel : 7.5 kg
Power supply	12V lithium battery
Whole set power consumption	50 mA(standby mode)

b. Data Hasil pengukuran geolistrik

Tabel 2 Datasheet pada lintasan 1 dan 2

LINTASAN 1				LINTASAN 2			
a	spasi	n	ρ_a	a	spasi	n	ρ_a
7.5	5	1	15.03	4.5	3	1	15.92
12.5	5	1	15.6	7.5	3	1	16.18
17.5	5	1	15.71	10.5	3	1	12.27
22.5	5	1	15.85	13.5	3	1	15.59
27.5	5	1	16.78	16.5	3	1	12.43
32.5	5	1	17.1	19.5	3	1	12.89
37.5	5	1	18.42	22.5	3	1	12.96
42.5	5	1	16.4	25.5	3	1	12.29
47.5	5	1	18.05	28.5	3	1	12.49
52.5	5	1	13.95	31.5	3	1	11.81
57.5	5	1	13.62	34.5	3	1	12.41
62.5	5	1	16.66	37.5	3	1	12.37
67.5	5	1	12.43	40.5	3	1	12.18
72.5	5	1	22.21	43.5	3	1	12.39
77.5	5	1	11.64	46.5	3	1	11.59
82.5	5	1	20.83	49.5	3	1	11.75
87.5	5	1	9.31	52.5	3	1	11.77
92.5	5	1	20.61	55.5	3	1	11.14
97.5	5	1	15.5	58.5	3	1	11.51
102.5	5	1	17.05	61.5	3	1	10.93
107.5	5	1	18.83	64.5	3	1	12.38
112.5	5	1	13.43	67.5	3	1	11.07
117.5	5	1	13.21	70.5	3	1	12.69
122.5	5	1	13.74	73.5	3	1	13.04
127.5	5	1	13.24	76.5	3	1	13.23
132.5	5	1	6.57	79.5	3	1	12.44

137.5	5	1	11.03	82.5	3	1	13.91
12.5	5	2	14.65	7.5	3	2	15.34
17.5	5	2	14.59	10.5	3	2	13.33
22.5	5	2	14.2	13.5	3	2	16.12
27.5	5	2	15.5	16.5	3	2	14.36
32.5	5	2	16.06	19.5	3	2	13.25
37.5	5	2	14.59	22.5	3	2	14.33
42.5	5	2	15.38	25.5	3	2	13.9
47.5	5	2	15.45	28.5	3	2	13.61
52.5	5	2	14.11	31.5	3	2	13
57.5	5	2	13.74	34.5	3	2	13.31
62.5	5	2	14.07	37.5	3	2	13.72
67.5	5	2	14.5	40.5	3	2	13.52
72.5	5	2	12.99	43.5	3	2	13.49
77.5	5	2	14.37	46.5	3	2	12.34
82.5	5	2	13.95	49.5	3	2	13.21
87.5	5	2	11.5	52.5	3	2	13.23
92.5	5	2	16.75	55.5	3	2	12.13
97.5	5	2	16.32	58.5	3	2	12.44
102.5	5	2	14.21	61.5	3	2	13.03
107.5	5	2	16.63	64.5	3	2	15.18
112.5	5	2	15.01	67.5	3	2	13.42
117.5	5	2	18.27	70.5	3	2	14.33
122.5	5	2	18.95	73.5	3	2	16.94
127.5	5	2	25.61	76.5	3	2	27.25
132.5	5	2	29.17	79.5	3	2	26.18
17.5	5	3	13.39	10.5	3	3	14.69
22.5	5	3	12.71	13.5	3	3	14.14
27.5	5	3	13.86	16.5	3	3	15.05
32.5	5	3	13.98	19.5	3	3	14.34
37.5	5	3	13.81	22.5	3	3	13.76

42.5	5	3	13.87	25.5	3	3	14.39
47.5	5	3	14.03	28.5	3	3	13.88
52.5	5	3	13.86	31.5	3	3	13.44
57.5	5	3	13.4	34.5	3	3	13.52
62.5	5	3	13.94	37.5	3	3	13.79
67.5	5	3	13.92	40.5	3	3	13.73
72.5	5	3	14.8	43.5	3	3	13.05
77.5	5	3	12.66	46.5	3	3	13.2
82.5	5	3	11.91	49.5	3	3	13
87.5	5	3	12.35	52.5	3	3	13.15
92.5	5	3	14.34	55.5	3	3	12.53
97.5	5	3	13.5	58.5	3	3	12.56
102.5	5	3	14.89	61.5	3	3	13.81
107.5	5	3	11.52	64.5	3	3	13.57
112.5	5	3	14.82	67.5	3	3	14.32
117.5	5	3	12.85	70.5	3	3	15.28
122.5	5	3	24.38	73.5	3	3	17.5
127.5	5	3	25.13	76.5	3	3	19.02
22.5	5	4	13.36	13.5	3	4	14.18
27.5	5	4	12.91	16.5	3	4	13.35
32.5	5	4	12.46	19.5	3	4	14
37.5	5	4	12.61	22.5	3	4	14.42
42.5	5	4	11.82	25.5	3	4	14.2
47.5	5	4	11.87	28.5	3	4	13.68
52.5	5	4	12.01	31.5	3	4	13.79
57.5	5	4	11.87	34.5	3	4	13.34
62.5	5	4	12.3	37.5	3	4	13.43
67.5	5	4	13.3	40.5	3	4	13.55
72.5	5	4	11.98	43.5	3	4	13.3
77.5	5	4	3.65	46.5	3	4	12.75
82.5	5	4	1.31	49.5	3	4	12.95

87.5	5	4	10.7	52.5	3	4	12.38
92.5	5	4	1.82	55.5	3	4	12.46
97.5	5	4	1.04	58.5	3	4	11.96
102.5	5	4	8.05	61.5	3	4	12.53
107.5	5	4	9.465	64.5	3	4	12.78
112.5	5	4	10.88	67.5	3	4	12.81
117.5	5	4	9.93125	70.5	3	4	12.23
122.5	5	4	8.9825	73.5	3	4	12
27.5	5	5	13.29	16.5	3	5	13.88
32.5	5	5	12.99	19.5	3	5	14.72
37.5	5	5	12.63	22.5	3	5	14.48
42.5	5	5	12.26	25.5	3	5	14
47.5	5	5	12.03	28.5	3	5	13.75
52.5	5	5	12.48	31.5	3	5	14
57.5	5	5	13.2	34.5	3	5	13.79
62.5	5	5	13.52	37.5	3	5	13.35
67.5	5	5	12.48	40.5	3	5	13.43
72.5	5	5	12.61	43.5	3	5	13.56
77.5	5	5	11.58	46.5	3	5	13.54
82.5	5	5	11.65	49.5	3	5	12.42
87.5	5	5	11.99	52.5	3	5	12.62
92.5	5	5	11.48	55.5	3	5	12.65
97.5	5	5	12.52	58.5	3	5	12.93
102.5	5	5	12.57	61.5	3	5	12.93
107.5	5	5	11.93	64.5	3	5	12.94
112.5	5	5	12.68	67.5	3	5	12.93
117.5	5	5	11.82	70.5	3	5	12.9
32.5	5	6	12.69	19.5	3	6	14.19
37.5	5	6	13.39	22.5	3	6	14.25
42.5	5	6	13.1	25.5	3	6	14.53
47.5	5	6	13.27	28.5	3	6	14.53

52.5	5	6	13.13	31.5	3	6	14.21
57.5	5	6	13.84	34.5	3	6	14.1
62.5	5	6	13.33	37.5	3	6	13.71
67.5	5	6	13.99	40.5	3	6	14
72.5	5	6	14.03	43.5	3	6	14.06
77.5	5	6	13.12	46.5	3	6	13.85
82.5	5	6	13.22	49.5	3	6	13.84
87.5	5	6	13.71	52.5	3	6	13.33
92.5	5	6	13.4	55.5	3	6	13.73
97.5	5	6	16.17	58.5	3	6	14.2
102.5	5	6	14.99	61.5	3	6	14.19
107.5	5	6	17.99	64.5	3	6	15.62
112.5	5	6	27.26	67.5	3	6	15.28
37.5	5	7	12.68	22.5	3	7	13.8
42.5	5	7	13.62	25.5	3	7	14.03
47.5	5	7	13.21	28.5	3	7	14.58
52.5	5	7	14.48	31.5	3	7	14.26
57.5	5	7	13.03	34.5	3	7	14.09
62.5	5	7	13.27	37.5	3	7	14.11
67.5	5	7	13.17	40.5	3	7	13.61
72.5	5	7	13.23	43.5	3	7	14.23
77.5	5	7	14.06	46.5	3	7	13.73
82.5	5	7	13.69	49.5	3	7	14.15
87.5	5	7	13.22	52.5	3	7	14.28
92.5	5	7	14.25	55.5	3	7	13.76
97.5	5	7	14.46	58.5	3	7	14.25
102.5	5	7	18.26	61.5	3	7	14.64
107.5	5	7	17.13	64.5	3	7	14.82
42.5	5	8	12.75	25.5	3	8	13.35
47.5	5	8	16.73	28.5	3	8	14.55
52.5	5	8	14.32	31.5	3	8	13.56

57.5	5	8	12.87	34.5	3	8	13.99
62.5	5	8	14.17	37.5	3	8	13.33
67.5	5	8	11.59	40.5	3	8	12.98
72.5	5	8	11.89	43.5	3	8	13.38
77.5	5	8	11.11	46.5	3	8	12.82
82.5	5	8	20.45	49.5	3	8	13.18
87.5	5	8	12.6	52.5	3	8	12.85
92.5	5	8	11.94	55.5	3	8	12.91
97.5	5	8	11.32	58.5	3	8	12.57
102.5	5	8	12.255	61.5	3	8	12.36
47.5	5	9	13.19	28.5	3	9	13.32
52.5	5	9	17.22	31.5	3	9	14.73
57.5	5	9	16.17	34.5	3	9	13.87
62.5	5	9	12.11	37.5	3	9	13.63
67.5	5	9	11.8	40.5	3	9	13.31
72.5	5	9	11.32	43.5	3	9	12.86
77.5	5	9	20.33	46.5	3	9	13.38
82.5	5	9	12.9	49.5	3	9	12.98
87.5	5	9	11.61	52.5	3	9	12.8
92.5	5	9	11.67	55.5	3	9	13.19
97.5	5	9	10.01	58.5	3	9	12.61
52.5	5	10	33.55	31.5	3	10	13.33
57.5	5	10	24.39	34.5	3	10	16.77
62.5	5	10	13.84	37.5	3	10	15.05
67.5	5	10	13.33	40.5	3	10	14.11
72.5	5	10	21.62	43.5	3	10	13.53
77.5	5	10	27.32	46.5	3	10	15.01
82.5	5	10	15.66	49.5	3	10	14.52
87.5	5	10	18.17	52.5	3	10	14.72
92.5	5	10	16.43	55.5	3	10	16.8
57.5	5	11	12.59	34.5	3	11	13.25

62.5	5	11	24.95	37.5	3	11	17.41
67.5	5	11	21.91	40.5	3	11	15.7
72.5	5	11	25.45	43.5	3	11	14.34
77.5	5	11	13.45	46.5	3	11	13.68
82.5	5	11	14.89	49.5	3	11	15.57
87.5	5	11	21.25	52.5	3	11	14.97
62.5	5	12	12.04	37.5	3	12	13.3
67.5	5	12	11.41	40.5	3	12	13
72.5	5	12	11.95	43.5	3	12	13.6
77.5	5	12	10.59	46.5	3	12	12.61
82.5	5	12	11.69	49.5	3	12	12.68
67.5	5	13	15.15				
72.5	5	13	11.42				
77.5	5	13	12.1				
72.5	5	14	12.19				

Tabel 3. Datasheet pada lintasan 3 dan 4

LINTASAN 3				LINTASAN 4			
a	spasi	n	ρ_a	a	spasi	n	ρ_a
4.5	3	1	14.09	4.5	3	1	15.78
7.5	3	1	14.06	7.5	3	1	15.86
10.5	3	1	13.22	10.5	3	1	16.35
13.5	3	1	15.44	13.5	3	1	14.4
16.5	3	1	12.8	16.5	3	1	16.43
19.5	3	1	14.99	19.5	3	1	14.79
22.5	3	1	14.7	22.5	3	1	16.14
25.5	3	1	13.3	25.5	3	1	15.47
28.5	3	1	15.07	28.5	3	1	15.55
31.5	3	1	14.16	31.5	3	1	16.19
34.5	3	1	13.89	34.5	3	1	14.23
37.5	3	1	15.24	37.5	3	1	16.7

40.5	3	1	14.22	40.5	3	1	13.68
43.5	3	1	15.6	43.5	3	1	15.73
46.5	3	1	14.11	46.5	3	1	15.05
49.5	3	1	14.95	49.5	3	1	14.88
52.5	3	1	16.77	52.5	3	1	15.96
55.5	3	1	11.1	55.5	3	1	14.56
58.5	3	1	17.41	58.5	3	1	14.21
61.5	3	1	11.97	61.5	3	1	16.31
64.5	3	1	13.07	64.5	3	1	14.85
67.5	3	1	14.07	67.5	3	1	16.19
70.5	3	1	15.32	70.5	3	1	16
73.5	3	1	22.31	73.5	3	1	15.47
76.5	3	1	30.48	76.5	3	1	15.42
79.5	3	1	11.81	79.5	3	1	13.16
82.5	3	1	34	82.5	3	1	13.61
7.5	3	2	14.08	7.5	3	2	16.06
10.5	3	2	14.32	10.5	3	2	15.91
13.5	3	2	15.21	13.5	3	2	14.35
16.5	3	2	13.76	16.5	3	2	15.52
19.5	3	2	15	19.5	3	2	15.63
22.5	3	2	14.61	22.5	3	2	15.84
25.5	3	2	13.7	25.5	3	2	14.83
28.5	3	2	15.84	28.5	3	2	15.26
31.5	3	2	15.08	31.5	3	2	15.32
34.5	3	2	13.84	34.5	3	2	15.05
37.5	3	2	14.86	37.5	3	2	16.54
40.5	3	2	15.38	40.5	3	2	14.17
43.5	3	2	15.89	43.5	3	2	15.43
46.5	3	2	14.99	46.5	3	2	15.56
49.5	3	2	16.56	49.5	3	2	15.77
52.5	3	2	14.87	52.5	3	2	17.25

55.5	3	2	11.83	55.5	3	2	14.44
58.5	3	2	18.85	58.5	3	2	16.48
61.5	3	2	14.79	61.5	3	2	18.24
64.5	3	2	15.85	64.5	3	2	19.96
67.5	3	2	17.12	67.5	3	2	16.57
70.5	3	2	22.91	70.5	3	2	17.25
73.5	3	2	33.96	73.5	3	2	18.5
76.5	3	2	20.64	76.5	3	2	28.59
79.5	3	2	23.07	79.5	3	2	28.53
10.5	3	3	14.62	10.5	3	3	15.36
13.5	3	3	14.39	13.5	3	3	15.06
16.5	3	3	14.79	16.5	3	3	14.89
19.5	3	3	14.18	19.5	3	3	15.75
22.5	3	3	14.13	22.5	3	3	15.56
25.5	3	3	14.92	25.5	3	3	15.23
28.5	3	3	15.03	28.5	3	3	14.41
31.5	3	3	15.06	31.5	3	3	14.93
34.5	3	3	14.33	34.5	3	3	15.82
37.5	3	3	14.12	37.5	3	3	15.16
40.5	3	3	15.33	40.5	3	3	15.32
43.5	3	3	15.78	43.5	3	3	14.45
46.5	3	3	16.65	46.5	3	3	15.35
49.5	3	3	14.63	49.5	3	3	15.93
52.5	3	3	13.29	52.5	3	3	14.94
55.5	3	3	15.12	55.5	3	3	15.77
58.5	3	3	14.97	58.5	3	3	15.45
61.5	3	3	17.85	61.5	3	3	17.37
64.5	3	3	17	64.5	3	3	17.43
67.5	3	3	20.53	67.5	3	3	20
70.5	3	3	28.95	70.5	3	3	16.56
73.5	3	3	19.01	73.5	3	3	19.48

76.5	3	3	17.16	76.5	3	3	22.09
13.5	3	4	14.57	13.5	3	4	14.73
16.5	3	4	14.27	16.5	3	4	14.75
19.5	3	4	13.89	19.5	3	4	15.19
22.5	3	4	14.28	22.5	3	4	14.91
25.5	3	4	14.65	25.5	3	4	14.74
28.5	3	4	14.78	28.5	3	4	14.22
31.5	3	4	14.36	31.5	3	4	14.38
34.5	3	4	13.93	34.5	3	4	15.16
37.5	3	4	14.19	37.5	3	4	14.44
40.5	3	4	14.8	40.5	3	4	14.34
43.5	3	4	16.07	43.5	3	4	13.97
46.5	3	4	15.24	46.5	3	4	14.11
49.5	3	4	13.97	49.5	3	4	14.78
52.5	3	4	13.29	52.5	3	4	14.05
55.5	3	4	14.4	55.5	3	4	14.03
58.5	3	4	13.85	58.5	3	4	12.41
61.5	3	4	17.6	61.5	3	4	14.72
64.5	3	4	18.54	64.5	3	4	15.31
67.5	3	4	23.29	67.5	3	4	15.77
70.5	3	4	16.64	70.5	3	4	14.23
73.5	3	4	10.64	73.5	3	4	14.62
16.5	3	5	14.31	16.5	3	5	15.17
19.5	3	5	14.1	19.5	3	5	14.91
22.5	3	5	14.2	22.5	3	5	14.7
25.5	3	5	14.66	25.5	3	5	14.9
28.5	3	5	14.1	28.5	3	5	14.96
31.5	3	5	14.2	31.5	3	5	14.74
34.5	3	5	14.47	34.5	3	5	14.5
37.5	3	5	14.55	37.5	3	5	14.34
40.5	3	5	15.47	40.5	3	5	14.41

43.5	3	5	14.75	43.5	3	5	14.5
46.5	3	5	14.66	46.5	3	5	14.09
49.5	3	5	14.1	49.5	3	5	13.86
52.5	3	5	14.48	52.5	3	5	14.25
55.5	3	5	14.31	55.5	3	5	13.22
58.5	3	5	15.83	58.5	3	5	14.99
61.5	3	5	18.16	61.5	3	5	15.14
64.5	3	5	23.76	64.5	3	5	15.65
67.5	3	5	17.58	67.5	3	5	15.71
70.5	3	5	12.24	70.5	3	5	16.23
19.5	3	6	14.26	19.5	3	6	14.58
22.5	3	6	14.34	22.5	3	6	15.03
25.5	3	6	14.59	25.5	3	6	15.04
28.5	3	6	14.28	28.5	3	6	14.97
31.5	3	6	14.29	31.5	3	6	14.93
34.5	3	6	15.24	34.5	3	6	14.44
37.5	3	6	15.35	37.5	3	6	14.6
40.5	3	6	14.9	40.5	3	6	14.84
43.5	3	6	15.57	43.5	3	6	14.46
46.5	3	6	15.4	46.5	3	6	14.6
49.5	3	6	14.57	49.5	3	6	14.81
52.5	3	6	15.57	52.5	3	6	15.46
55.5	3	6	16.04	55.5	3	6	15.5
58.5	3	6	18.43	58.5	3	6	18.35
61.5	3	6	22.81	61.5	3	6	16.77
64.5	3	6	20.2	64.5	3	6	22.24
67.5	3	6	15.97	67.5	3	6	20.2
22.5	3	7	14.2	22.5	3	7	14.78
25.5	3	7	14.06	25.5	3	7	14.99
28.5	3	7	14.28	28.5	3	7	15.23
31.5	3	7	14.4	31.5	3	7	14.63

34.5	3	7	15.17	34.5	3	7	14.11
37.5	3	7	15.26	37.5	3	7	14.69
40.5	3	7	14.77	40.5	3	7	14.05
43.5	3	7	14.89	43.5	3	7	14.55
46.5	3	7	14.73	46.5	3	7	14.45
49.5	3	7	15.88	49.5	3	7	14.67
52.5	3	7	16.25	52.5	3	7	14.93
55.5	3	7	18.36	55.5	3	7	16.13
58.5	3	7	21.59	58.5	3	7	16.24
61.5	3	7	18.45	61.5	3	7	20.71
64.5	3	7	16.48	64.5	3	7	17.81
25.5	3	8	13.69	25.5	3	8	14.7
28.5	3	8	13.36	28.5	3	8	14.39
31.5	3	8	14.14	31.5	3	8	14.1
34.5	3	8	14.06	34.5	3	8	13.54
37.5	3	8	14.37	37.5	3	8	13.59
40.5	3	8	14.26	40.5	3	8	13.06
43.5	3	8	14.19	43.5	3	8	13.27
46.5	3	8	14.24	46.5	3	8	13.16
49.5	3	8	15.38	49.5	3	8	13.2
52.5	3	8	15.75	52.5	3	8	13.42
55.5	3	8	18.85	55.5	3	8	14.71
58.5	3	8	16.53	58.5	3	8	14.63
61.5	3	8	13.72	61.5	3	8	15.35
28.5	3	9	14.17	28.5	3	9	14.52
31.5	3	9	13.88	31.5	3	9	13.92
34.5	3	9	13.99	34.5	3	9	13.6
37.5	3	9	14.23	37.5	3	9	13.08
40.5	3	9	14.17	40.5	3	9	13.53
43.5	3	9	14.03	43.5	3	9	12.9
46.5	3	9	15.1	46.5	3	9	13.45

49.5	3	9	16.13	49.5	3	9	13.6
52.5	3	9	18.96	52.5	3	9	13.99
55.5	3	9	16.58	55.5	3	9	14.25
58.5	3	9	14.24	58.5	3	9	14.97
31.5	3	10	13.98	31.5	3	10	13.96
34.5	3	10	14.54	34.5	3	10	14.39
37.5	3	10	14.6	37.5	3	10	14.39
40.5	3	10	15.27	40.5	3	10	15.21
43.5	3	10	14.8	43.5	3	10	14.66
46.5	3	10	17.23	46.5	3	10	15.19
49.5	3	10	19.65	49.5	3	10	15.27
52.5	3	10	18.66	52.5	3	10	15.72
55.5	3	10	16.41	55.5	3	10	16.54
34.5	3	11	14.08	34.5	3	11	14.04
37.5	3	11	14.97	37.5	3	11	14.83
40.5	3	11	14.91	40.5	3	11	14.71
43.5	3	11	17.21	43.5	3	11	15.68
46.5	3	11	18.66	46.5	3	11	14.6
49.5	3	11	17.51	49.5	3	11	15.75
52.5	3	11	16.36	52.5	3	11	16.12
37.5	3	12	14.58	37.5	3	12	13.78
40.5	3	12	14.74	40.5	3	12	12.63
43.5	3	12	16.54	43.5	3	12	13.03
46.5	3	12	14.82	46.5	3	12	12.27
49.5	3	12	14.32	49.5	3	12	13.7
67.5	5	13	15.15	40.5	3	13	13.85
72.5	5	13	11.42	43.5	3	13	12.76
77.5	5	13	12.1	46.5	3	13	13.68
72.5	5	14	12.19	43.5	3	14	13.86

Tabel 4 Nilai Topografi masing – masing Lintasan

Elektroda	Lintasan 1	Lintasan 2	Lintasan 3	Lintasan 4
1	97.0937	100.537	103.3733	104.37
2	97.43045	100.5406	103.4381	104.1796
3	97.77141	100.6194	103.5028	103.7174
4	97.7124	100.4852	103.7221	103.7872
5	97.91021	100.3511	103.9413	103.3733
6	98.23801	100.2818	104.3409	103.4381
7	98.66942	100.2125	104.7406	103.5028
8	99.26301	100.1532	104.2168	103.7221
9	99.7496	100.1253	104.4537	103.9413
10	100	100.0974	104.6906	104.3409
11	100.0673	100.0728	104.9162	104.7406
12	100.2044	100.0481	105.1418	104.2168
13	100.3551	100.024	105.2407	104.4537
14	100.5921	99.97881	105.0289	104.6906
15	100.9568	99.93358	104.8171	104.9162
16	101.8552	99.96679	104.5603	105.1418
17	102.055	100	104.37	105.2407
18	99.98715	99.98124	104.1796	105.0289
19	100.2157	99.98458	103.7174	104.8171
20	100.0199	99.98793	103.7872	104.5603
21	100.1633	99.98942	103.2551	104.37
22	100.2802	99.99091	102.7231	104.1796
23	100.4621	99.72829	102.6818	103.7174
24	100.6822	99.56726	102.6132	103.7872
25	100.6615	99.40623	102.5445	103.2551
26	100.7499	99.27278	102.2723	102.7231
27	100.0938	99.13932	102	102.6818
28	100.3306	98.36441	98.59828	102.6132
29	100.6615	98.59027	98.40453	102.5445
30	101.2085	98.81613	98.21078	102.2723

c. Data hasil pengeboran pada daerah penelitian (lokasi pada lintasan 3)

Kedalaman (meter)	Soil Deskripsi	Klasifikasi "USCS"	Beret Isi Tanah		Index Plastisitas	Direct Shear	
			Moist ($\frac{g}{gram}$)	Dry ($\frac{g}{gram}$)		phi	C kg/cm ²
1.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.40	0.98	10.72	29.17	0.14
3.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.48	0.99	9.44	28.87	0.14
5.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.14	0.71	-	28.27	0.13
7.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.28	0.72	-	28.57	0.13
9.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.16	0.67	12.35	29.46	0.12
11.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.32	0.82	16.96	29.76	0.13
13.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.17	0.67	-	30.63	0.12
15.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.50	1.00	11.54	30.34	0.14
17.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.41	0.83	14.27	30.92	0.12
19.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.41	0.95	14.75	31.77	0.12
21.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.35	0.81	18.96	30.05	0.12
23.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.55	0.95	23.52	31.49	0.16
25.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.41	0.81	13.20	32.61	0.13
27.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.70	1.11	16.24	33.43	0.14
29.50	Landau Pasiran	SP-SM (Poorly graded sand with Salty)	1.45	0.93	50.07	33.70	0.12

Tabel 5 Ketinggian dan Sudut kemiringan lereng masing – masing lintasan

	Tinggi lereng(m)	Sudut Lereng (°)
LINTASAN 3	25	68
LINTASAN 2	26	70
LINTASAN 1	30	73

Tabel 6 Hubungan FK dengan parameter tanah

Berai isi tanah (γ / KN/m ³)	FK	NB: nilai c dan phi dianggap sama
11.1795	1.765	
12.5525	1.646	
14.5138	1.515	NB: nilai bobot isi dan phi dianggap sama
Kohesi (c / KN/m ²)		
11.76798	1.765	
12.7486	1.857	NB: nilai bobot isi dan c dianggap sama
13.7293	1.949	
Phi		
28.57	0.607	
29.17	0.618	
30.37	0.638	

d. Data strike dan dip retakan

Tabel 7 Strike dan Dip retakan

Strike	Dip (°)	Strike	Dip (°)
N 26° E	72	N 105° E	34
N 75° E	5	N 123° E	10
N 78° E	10	N 71° E	56
N 102° E	34	N 111° E	37
N 124° E	65	N 126° E	44
N 205° E	54	N 142° E	72
N 95° E	40	N 56° E	64

N 205° E	80	N 75° E	75
N 120° E	24	N 102° E	54

e. Foto pada saat akuisisi data



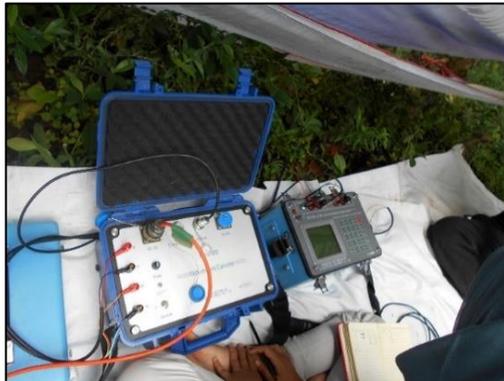
Gambar 1 Pengambilan data pada lintasan 1



Gambar 2 Pengambilan data pada lintasan 2



Gambar 3 Lokasi Penelitian Dusun Sumberejo, Ds. Olak - alen



Gambar 4 Alat untuk akuisisi data



Gambar 5 Proses pengeboran pada lokasi penelitian

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Sumenep, 30 Maret 1995 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di MI Islamiyah Rejomulyo Madiun (2001-2007), MTsN Sewulan Dagangan Madiun (2007-2010) dan SMAN 1 Geger, Madiun (2010-2013). Penulis masuk di Departemen Teknik Geofisika ITS melalui jalur Undangan atau SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3713100013. Selama menempuh pendidikan S1, penulis aktif dalam beberapa organisasi kemahasiswaan antara lain Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS (HMTG ITS) sebagai staff Sosial Masyarakat (SOSMAS) periode 2015-2016, serta UKM Persaudaraan Setia Hati Teratai (PSHT) periode 2015-2015. Travelling, kuliner makanan, dan musik adalah hobi penulis. Selain itu, penulis pernah melaksanakan kerja praktik di PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta Kalimantan Timur (PT. KPC) *Section* Geoteknik, penulis belajar mengenai Aplikasi Geofisika untuk Struktur Geologi Kompleks menggunakan metode GPR, Geolistrik, dan *Logging* Geofisika pada tambang terbuka. Apabila ingin berdiskusi lebih lanjut terkait Tugas Akhir dapat menghubungi melalui email: mellasurya31@gmail.com

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”