



**TUGAS AKHIR - RF141501**

**IDENTIFIKASI ZONA TERSATURASI AIR PADA DAERAH  
LONGSOR DESA OLAK ALEN, BLITAR DENGAN METODE  
POLARISASI TERINDUKSI (IP) DOMAIN WAKTU**

**HASIBATUL FARIDA RISMAYANTI**  
NRP - 3713 100 028

Dosen Pembimbing:  
Anik Hilyah, S.Si., MT  
Dr. Widya Utama, DEA

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



**TUGAS AKHIR - RF141501**

**IDENTIFIKASI ZONA TERSATURASI AIR PADA DAERAH  
LONGSOR DESA OLAK ALEN, BLITAR DENGAN METODE  
POLARISASI TERINDUKSI (IP) DOMAIN WAKTU**

**HASIBATUL FARIDA RISMAYANTI  
NRP. 371310028**

**Dosen Pembimbing:  
Anik Hilyah, S.Si., MT  
Dr. Widya Utama, DEA**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017**

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



**UNDERGRADUATE THESIS - RF141501**

**IDENTIFICATION OF WATER SATURATED ZONE AT  
SLIDING AREA DESA OLAK ALEN, BLITAR USING  
*POLARISASI TERINDUKSI (IP) DOMAIN WAKTU* METHODE**

HASIBATUL FARIDA RISMAYANTI  
NRP. 3713100028

Advisor Lecturer:  
Anik Hilyah, S.Si., MT  
Dr. Widya Utama, DEA

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

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

**IDENTIFIKASI ZONA TERSATURASI AIR PADA DAERAH  
LONGSOR DESA OLAK ALEN, BLITAR DENGAN METODE  
POLARISASI TERINDUKSI (IP) DOMAIN WAKTU**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 2017

Dosen Pembimbing 1



Anik Hilyah, S.Si., MT  
NIP. 1979 0813 2008 12 2002

Menyetujui



Dosen Pembimbing 2



Widya Utama, DEA  
NIP. 1961 1024 1988 03 1001

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Petrofisika  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya



Wien Lestari, ST. MT  
NIP. 19811002 201212 2003

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Identifikasi Zona Saturasi Air pada Daerah Longsor Desa Olak Alen, Blitar dengan Metode Polarisasi Terinduksi (IP) Domain Waktu**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan 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, 2017

Hasibatul Farida Rismayanti  
3713100028

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

# IDENTIFIKASI ZONA TERSATURASI AIR PADA DAERAH LONGSOR DESA OLAK ALEN, BLITAR DENGAN METODE POLARISASI TERINDUKSI (IP) DOMAIN WAKTU

Nama : Hasibatul Farida Rismayanti  
NRP : 3713100028  
Jurusan : Teknik Geofisika  
Pembimbing : Anik Hilyah, S.Si., MT  
Dr. Widya Utama, DEA

## ABSTRAK

Longsoran massa tanah dapat terjadi dalam waktu yang singkat dan dengan volume yang besar. Beberapa faktor yang memicu terjadinya longsor antara lain lereng yang curam, intensitas hujan yang tinggi, lapisan bawah permukaan yang *permeable*, dan adanya lapisan tersaturasi air di bawah permukaan. Salah satu daerah rawan longsor adalah Kabupaten Blitar, pada tahun 2014 terjadi 6 peristiwa longsor dan tahun 2015 terjadi 10 peristiwa longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi zona tersaturasi air serta hubungannya dengan longsor pada daerah longsor di Desa Olak Alen, Blitar. Penelitian dilakukan dengan metode IP (Polarisasi Terinduksi) domain waktu. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa zona tersaturasi air merupakan pasir kelanauan dengan respon *chargeability* -0,51 hingga 1,09 ms. Zona ini memiliki nilai derajat saturasi 99 %, kadar air 76,45 %, dan kandungan lempung 0,72 %. Zona tersaturasi air pada lintasan 5B (lintasan yang tepat berada di samping lereng yang mengalami longsor) terletak di permukaan dengan ketebalan sekitar 3 m. Adanya zona tersaturasi ini dapat mengganggu kestabilan tanah dan lokasi penelitian akan longsor jika volume zona tersaturasi air lebih dari 3,16 %.

**Kata Kunci : IP (Polarisasi Terinduksi), tersaturasi air, Olak Alen, dan pasir kelanauan.**

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

# IDENTIFICATION OF WATER SATURATED ZONE AT SLIDING AREA DESA OLAK ALEN, BLITAR USING INDUCED POLARIZATION (IP) TIME DOMAIN METHOD

**Name** : Hasibatul Farida Rismayanti  
**Student ID Number** : 3713100028  
**Department** : Geophysical Engineering  
**Advisor Lecture** : Anik Hilyah, S.Si., MT  
Dr. Widya Utama, DEA

## ABSTRACT

Soil mass sliding can occur in a short time and with a large volume. Some of the factors that trigger a landslide are steep slopes, high rainfall intensity, have a permeable subsurface, and a water-saturated layer in the subsurface. One of the areas prone to landslides is Blitar regency. In 2014 there are 6 landslide events and in 2015 there are 10 landslide events. This study aims to identify the water saturated zone and the relation with landslide in landslide area at Olak Alen Village, Blitar. The research was conducted by IP (Induced Polarization) time domain method. Based on the research that has been done known that the water saturated zone is silty sand with *chargeability* response - 0,51 to 1,09 ms. This zone has a degree of saturation of 99 %, water content of 76,45 %, and clay content of 0,72 %. The water saturated zone of track 5B (the precise trajectory beside the slope of landslide) lies on the surface with a thickness of about 3 m. The existence of this saturated zone can disrupt soil stability and in this area will slide if the volume of water saturated zone is more than 3,16 %.

**Keywords:** IP (Induced Polarization), Olak Alen, silty sand, and water saturated.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan rahmat, inayah, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “**IDENTIFIKASI ZONA TERSATURASI AIR PADA DAERAH LONGSOR DESA OLAK ALEN, BLITAR DENGAN METODE POLARISASI TERINDUKSI (IP) DOMAIN WAKTU**” ini dapat diselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu dan keluarga tercinta yang selalu memberikan semangat, inspirasi, dan do’a untuk penulis.
2. Kepala Desa Olak Alen beserta jajarannya dan Bapak Stephanus Alexander yang telah membantu mewujudkan penelitian ini.
3. Ibu Anik Hilyah, S.Si., MT dan Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku pembimbing pengerjaan tugas akhir.
4. Tim cracker (arin, andryan, meme, dan ais) dan teman-teman yang telah membantu dalam proses akuisisi data.
5. *Lovely Meme*, atas canda tawa serta cinta dan kasihnya dan telah mengikhlaskan kamarnya sebagai markas pengerjaan tugas akhir.
6. Segenap Bapak Ibu dosen beserta staf jurusan Teknik Geofisika ITS.
7. Teman-teman Teknik Geofisika angkatan 2013.
8. Serta pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Besar harapan penulis laporan ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca. Sangat disadari laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi isi maupun tata cara penulisan, sehubungan dengan keterbatasan pengalaman yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, diharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi kebaikan serta kesempurnaan penulisan berikutnya.

Surabaya, 2017

**Hasibatul Farida Rismayanti**

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah Penelitian .....	2
1.5 Manfaat .....	3
BAB II DASAR TEORI .....	5
2.1 Kajian Geologi Regional .....	5
2.2 Tanah Longsor .....	6
2.3 Metode Polarisasi Terinduksi (IP) .....	9
2.4 Pengukuran Metode Polarisasi Terinduksi (IP) .....	12
2.5 <i>Chargeability</i> Batuan dan Mineral.....	13
2.6 Konfigurasi Wenner - Schlumberger .....	14
2.7 Metode Inversi <i>Least Square with Smoothness Constraint</i> .....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	17
3.1 Lokasi Penelitian .....	17
3.2 Peralatan .....	17
3.3 Roadmap dan Diagram Alir Penelitian .....	19
3.4 Alur penelitian .....	21

3.5 Jadwal Penelitian.....	24
3.6 Keuangan.....	26
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Data .....	29
4.2 Perhitungan.....	30
4.3 Analisis Hasil .....	32
4.4 Pembahasan.....	47
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>61</b>
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>65</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta fisiografi Jawa Timur (Van Bemmelen, 1949).....	5
Gambar 2. 2 Peta geologi Blitar.....	6
Gambar 2. 3 Runtuhan (Varnes, 1978) .....	7
Gambar 2. 4 Robohan (Rahmawati, 2009) .....	7
Gambar 2. 5 Longsor (Rahmawati, 2009).....	8
Gambar 2. 6 Pencaran lateral (Rahmawati, 2009) .....	8
Gambar 2. 7 Aliran ( <a href="http://www.waikatoregion.govt.nz/">http://www.waikatoregion.govt.nz/</a> ) .....	9
Gambar 2. 8 Efek polarisasi membran dan elektroda (a) distribusi normal dari ion-ion batu pasir berpori, (b) polarisasi membran pada batu pasir berpori sehubungan dengan adanya arus dc yang dialirkan, dan (c) aliran arus listrik pada pori bagian atas dan polarisasi elektroda pada pori bagian bawah (Telford, 1990).....	11
Gambar 2. 9 Perbandingan posisi elektroda pada konfigurasi a) Wenner, dan b) Wenner – Schlumberger (Loke, 2004) .....	14
Gambar 2. 10 Susunan datum pada pseudosection untuk konfigurasi a) Wenner, dan b) Wenner – Schlumberger (Loke, 2004) .....	15
Gambar 2. 11 Alur pemodelan inversi (Supriyanto, 2007).....	16
Gambar 3. 1 Lokasi penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Alat resistivitas multichannel DUK-2A .....	18
Gambar 3. 3 (a) elektroda, (b) kabel .....	18
Gambar 3. 4 Palu .....	18
Gambar 3. 5 Kompas geologi .....	19
Gambar 3. 6 GPS .....	19
Gambar 3. 7 <i>Roadmap</i> penelitian (penelitian yang menjadi fokus dalam TA ini ditunjukkan dengan kotak merah).....	20
Gambar 3. 8 Diagram alir penelitian secara umum .....	21
Gambar 3. 9 Konfigurasi Wenner – Schlumberger (Loke, 2004).....	22
Gambar 3. 10 Diagram alir penelitian secara detail.....	23
Gambar 3. 11 Kurva S pekerjaan Tugas Akhir .....	25

Gambar 3. 12 Grafik pengeluaran keuangan pekerjaan Tugas Akhir.....	27
Gambar 4. 1 Stacking chart konfigurasi .....	29
Gambar 4. 2 Contoh output data .....	30
Gambar 4. 3 Grafik waktu – tegangan dalam IP domain waktu.....	31
Gambar 4. 4 Contoh data input software Res2Dinv .....	32
Gambar 4. 5 Lintasan 1 .....	34
Gambar 4. 6 Lintasan 2 .....	36
Gambar 4. 7 Lintasan 3 .....	38
Gambar 4. 8 Lintasan 4 .....	40
Gambar 4. 9 Lintasan 5 atas .....	42
Gambar 4. 10 Lintasan 5 bawah .....	43
Gambar 4. 11 Lintasan 6 atas .....	45
Gambar 4. 12 Lintasan 6 bawah .....	46
Gambar 4. 13 Grafik variasi perubahan nilai <i>chargeability</i> terhadap variasi kandungan air .....	49
Gambar 4. 14 Tampilan 2D gabungan semua lintasan .....	50
Gambar 4. 15 Tampilan 3D gabungan semua lintasan .....	51
Gambar 4. 16 Letak titik bor pada lintasan 4 tepatnya pada posisi elektroda ke-25 .....	52
Gambar 4. 17 Kondisi real lapangan dan penampang bawah permukaan pada lintasan 5B.....	54
Gambar 4. 18 Proses terjadinya longsor di daerah penelitian .....	55
Gambar 4. 19 Salah satu rekaman yang nampak di permukaan .....	56
Gambar 4. 20 Kation dan anion air di sekitar partikel lanau .....	57
Gambar 4. 21 Molekul air dipolar dalam lapisan ganda .....	58
Gambar 4. 22 Tampilan zona tersaturasi air dalam bentuk 3D pada lokasi penelitian .....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai <i>chargeability</i> mineral .....	13
Tabel 2. 2 Nilai <i>chargeability</i> variasi mineral dan batuan .....	13
Tabel 2. 3 Nilai <i>chargeability</i> berbagai material .....	14
Tabel 4. 1 Pembagian jenis litologi .....	47
Tabel 4. 2 Hasil percobaan skala laboratorium .....	48
Tabel 4. 3 Sifat fisis pada masing-masing interpretasi .....	52

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Longsor merupakan perpindahan massa tanah secara alami yang terjadi dalam waktu singkat dan dengan volume yang besar. Pengangkutan massa tanah terjadi sekaligus, sehingga tingkat kerusakan yang ditimbulkan besar (Anwar, 2012). Tanah longsor yang banyak terjadi di Indonesia terjadi pada topografi terjal dengan sudut lereng  $15^{\circ} - 45^{\circ}$  dan pada batuan vulkanik lapuk dengan curah hujan tinggi (Naryanto, 2012). Pada musim hujan, perubahan tegangan permukaan dalam pori tanah dan peningkatan bobot massa tanah akibat air yang meresap ke dalam tanah dapat memicu perpindahan (ketidakstabilan gravitasi). Ketidakstabilan gravitasi dapat terjadi pada suatu daerah yang memiliki bidang gelincir pada struktur bawah permukaan (Supeno, 2012).

Kabupaten Blitar merupakan salah satu wilayah di Jawa Timur yang termasuk dalam kabupaten dengan tingkat kerawanan terhadap bencana tanah longsor yang cukup tinggi. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh BPBD Kabupaten Blitar, dalam kurun waktu 2014 hingga 2015 telah terjadi 16 peristiwa bencana tanah longsor (BPBD Blitar, 2015). Desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo adalah salah satu desa di Kabupaten Blitar yang memiliki banyak titik longsor. Menurut keterangan dari kepala desa setempat, terdapat sembilan titik longsor di desa tersebut dengan tingkat kerusakan yang berbeda-beda dan puncaknya terjadi di musim hujan.

Adanya retakan-retakan di dalam tanah yang terinfiltrasi air atau biasa disebut zona tersaturasi air merupakan salah satu faktor penyebab longsor. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mochtar dalam kurun waktu 2010-2011, diketahui bahwa terdapat fenomena di lapangan dimana lapisan tanah di dalam tebing sudah terjadi retak-retak. Zona inilah yang menjadi penentu kestabilan lereng. Retakan yang terjadi dapat berupa retakan di permukaan, ataupun akibat adanya pergerakan massa tanah pada masa lampau. Retakan juga dapat timbul pada lapisan tanah sedimen yang berlapis-lapis, selang seling pada lapisan tanah pasir tipis untuk lapisan tanah lanau lempung yang lebih tebal. Saat terjadi hujan, retakan ini dapat menjadi jalur masuknya air sehingga terjadi pembobotan massa di atas bidang gelincir akibat lapisan tanah yang telah tersaturasi air.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian terkait penyebab bencana tanah longsor. Penelitian ini dilakukan pada salah satu titik dari ke-sembilan titik longsor di Desa Olak Alen. Berdasarkan keterangan dari warga setempat, lokasi ini telah mengalami tiga kali longsor. Objek dari penelitian ini adalah zona tersaturasi air yang menjadi salah satu faktor penyebab longsor. Penelitian ini dilakukan dengan mengaplikasikan metode geolistrik Polarisasi Terinduksi (IP) domain waktu dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Metode IP merupakan

salah satu metode geofisika untuk mengidentifikasi polarisasi listrik pada mineral-mineral di bawah permukaan. Prinsip dasar dari metode ini adalah seperti kapasitor, yaitu ketika arus diinjeksikan maka akan terjadi penyimpanan energi dalam bentuk energi kimia, dan sebaliknya ketika arus listrik diputus maka energi tersebut akan dilepaskan kembali dalam bentuk energi listrik secara perlahan.

Pemilihan metode ini didasarkan pada bahwa metode ini bagus dalam mendeteksi adanya mineral-mineral yang tersebar di bawah permukaan seperti mineral *clay* yang tersaturasi air (*soft clay*). Penggunaan metode IP dalam kasus kelongsoran telah dilakukan oleh *Federal Land Highway* (FLH) pada tahun 2011. Penelitian ini dilakukan di daerah longsor East Fork, Colorado, USA. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat anomali nilai *chargeability* yang rendah dan diinterpretasikan sebagai *slidemass*. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa metode IP dapat digunakan untuk mengidentifikasi material *slidemass* pada daerah longsor yang tanahnya memiliki kandungan *clay* yang cukup tinggi (Sirles, 2011).

Hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah dan BPBD setempat dalam melakukan mitigasi bencana tanah longsor di daerah Blitar khususnya, Desa Olak Alen.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengidentifikasi dan menganalisis persebaran zona tersaturasi air pada titik longsor di Desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar dengan menggunakan metode IP domain waktu?
2. Bagaimana hubungan zona tersaturasi air dengan terjadinya longsor di Desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi dan menganalisis persebaran zona tersaturasi air pada titik longsor di Desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar dengan menggunakan metode IP domain waktu.
2. Untuk mengetahui hubungan zona tersaturasi air dengan terjadinya longsor di Desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar.

## **1.4 Batasan Masalah Penelitian**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan dengan metode IP domain waktu konfigurasi Wenner-Schlumberger.
2. Penetrasi kedalaman maksimal  $\pm 7$  meter.

3. Panjang lintasan maksimum adalah 30 meter terkait dengan keterbatasan lahan.
4. Parameter penguapan air hujan diabaikan.
5. Kondisi tanah saat pengambilan data IP dan data bor diasumsikan tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

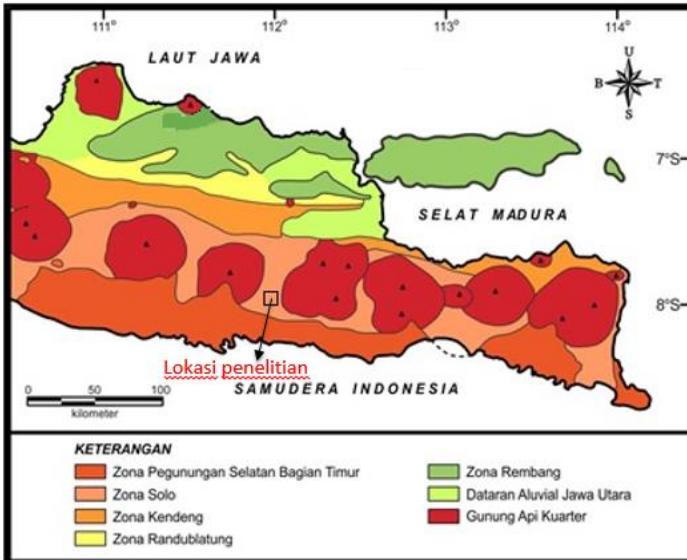
1. Bagi mahasiswa
  - a. Mengaplikasikan teori metode IP yang diperoleh di kegiatan perkuliahan di lapangan secara langsung.
  - b. Memperdalam kemampuan berpikir dalam menganalisis permasalahan khususnya kebencanaan dengan metode geofisika.
2. Bagi masyarakat dan pembaca
  - a. Hasil penelitian ini dapat menjadi informasi bagi setiap pembaca terkait penyebab bencana tanah longsor di Desa Olak Alen, Kecamatan Selorejo, Kabupaten Blitar.
3. Bagi pemerintah
  - a. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah dan BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Blitar dalam melakukan mitigasi bencana tanah longsor di daerah tersebut khususnya pemetaan daerah rawan longsor.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Kajian Geologi Regional

Van Bemmelen (1949) membagi Jawa Timur dan Madura menjadi tujuh zona fisiografi (Gambar 2.1). Dari selatan ke utara berturut-turut adalah Zona Pegunungan Selatan Bagian Timur, Zona Solo, Zona Kendeng, Zona Randublatung, Zona Rembang, Dataran Aluvial Jawa Utara, dan Gunung Api Kuarter. Sedangkan zona penelitian diketahui termasuk ke dalam Zona Solo seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut.

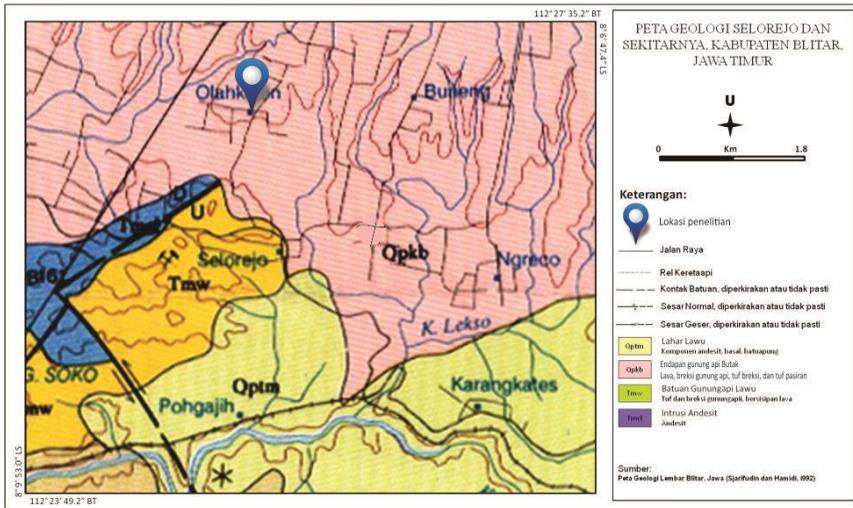


Gambar 2. 1 Peta fisiografi Jawa Timur (Van Bemmelen, 1949)

Zona Solo dapat dibagi menjadi tiga subzona, yaitu:

- Subzona Blitar pada bagian selatan. Subzona ini merupakan jalur depresi yang sempit, berhubungan dengan Pegunungan Selatan di bagian selatan dan ditutupi oleh endapan aluvial.
- Subzona Solo Bagian Tengah. Subzona ini dibentuk oleh deretan gunung api kuarter dan dataran antar gunung api. Gunung api tersebut adalah Gunung Lawu, Gunung Wilis, Gunung Kelud, Pegunungan Tengger, dan Gunung Ijen di ujung timur Pulau Jawa. Sedangkan dataran-dataran antar gunung apinya adalah Dataran Madiun, Dataran Ponorogo, dan Dataran Kediri. Dataran antar gunung api ini pada umumnya dibentuk oleh endapan lahar.

- Subzona Ngawi pada bagian utara. Subzona ini merupakan depresi yang berbatasan dengan Subzona Solo di bagian selatan dan Pegunungan Kendeng di bagian utara. Subzona ini pada umumnya dibentuk oleh endapan aluvial dan endapan gunung api.



Gambar 2. 2 Peta geologi Blitar

Berdasarkan peta geologi di atas, litologi daerah penelitian didominasi oleh endapan Gunung Butak. Batuanannya terdiri atas breksi polimik dengan selingan batu pasir, batu pasir kerikilan, batu lempung, dan batu lanau/serpih. Breksi polimik mempunyai fragmen yang berukuran kerikil sampai bongkah, berupa andesit, basal, batuan sedimen karbonat, dan kuarsa. Beberapa fragmen telah mengalami alterasi menjadi klorit yang berwarna hijau. Penampakan petrografis batu pasir Formasi Butak menunjukkan bahwa fragmennya didominasi oleh material vulkanik (basal, plagioklas, andesit, tuf dan kuarsa, serta sedikit batu lempung). Pengamatan mikroskopis menunjukkan batu pasir pada umumnya berupa batu pasir gunung api, dengan komposisi plagioklas berupa labradorit (15%), kuarsa (13%), mineral opak (25%), basal (20%), andesit (10%), tuf gelas (10%), dan lempung (7%) (Laksono, 2007).

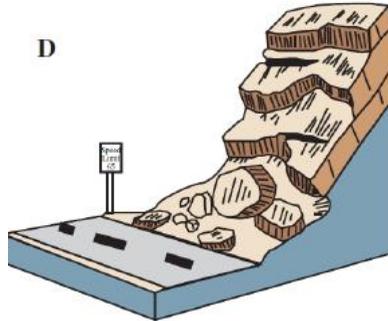
## 2.2 Tanah Longsor

Menurut Varnes (1978) istilah longsor juga digunakan untuk seluruh jenis gerakan tanah. Longsor adalah gerakan massa batuan induk dan lapisan-lapisan tanah pada bagian lereng atas dengan kemiringan landai sampai sangat curam ke arah kaki lereng sebagai akibat terlampauinya keseimbangan daya tahan lerengnya. Pergerakan tanah dapat diketahui dengan tanda-tanda seperti

munculnya retak tarik dan kerutan di permukaan lereng, miringnya pepohonan, hilangnya kelurusan fondasi bangunan, dan lainnya (Hardiyatmo, 2012).

Varnes (1978) mengklasifikasikan longsor didasarkan pada mekanisme gerakan dan material yang berpindah. Longsor dibagi menjadi 6 yaitu jatuhnya (*fall*), jungkiran (*topple*), luncuran (*slide*), nendatan (*slump*), gerak bentang lateral (*lateral spread*), dan aliran (*flow*). Berikut adalah penjelasan klasifikasi tersebut.

- a. Runtuhan (*falls*) adalah runtuhnya sebagian massa batuan pada lereng yang terjal.



Gambar 2. 3 Runtuhan (Varnes, 1978)

- b. Robohan (*topples*) adalah robohnya batuan umumnya bergerak melalui bidang-bidang diskontinyu yang sangat tegak pada lereng. Bidang diskontinyu ini berupa retakan pada batuan seperti pada runtuhan. Robohan ini biasanya terjadi pada batuan dengan kelerengn sangat terjal sampai tegak.



Gambar 2. 4 Robohan (Rahmawati,2009)

- c. Luncuran (*slide*) adalah gerakan menuruni lereng oleh material penyusun lereng melalui bidang gelincir pada lereng. Seringkali dijumpai tanda-tanda awal gerakan berupa retakan berbentuk lengkung

tapal kuda pada bagian permukaan lereng yang mulai bergerak. Longsoran ini dibedakan menjadi dua yaitu longsoran translasi dan rotasi, bergantung pada bidang gelincirnya. Jika bidang gelincir berupa bidang yang relatif lurus disebut translasi dan jika bidang gelincir relatif lengkung ke atas disebut rotasi.



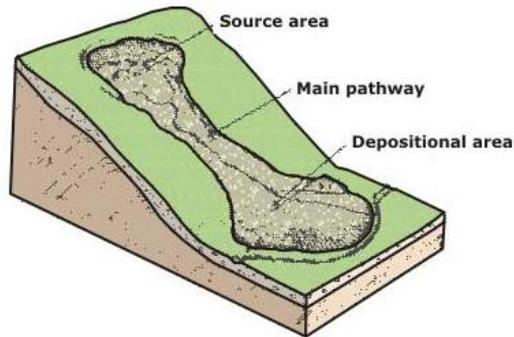
Gambar 2. 5 Longsoran translasi (kiri) dan rotasi (kanan) (Rahmawati, 2009)

- d. Nendatan (*slump*) adalah longsoran yang bergerak secara rotasi melalui bidang gelincir lengkung.
- e. Gerak bentang lateral (*lateral spread*) adalah material tanah atau batuan yang bergerak dengan cara perpindahan translasi pada bagian dengan kemiringan landai sampai datar. Pergerakan terjadi pada lereng yang tersusun atas tanah lunak dan terbebani oleh massa tanah di atasnya.



Gambar 2. 6 Pencaran Lateral (Rahmawati,2009)

- f. 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 tersaturasi air.



Gambar 2. 7 Aliran (<http://www.waikatoregion.govt.nz/>)

### 2.3 Metode Polarisasi terinduksi (IP)

Metode polarisasi terimbas atau biasa disebut dengan metode Polarisasi Terinduksi (IP) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam survei geolistrik. Target dari metode ini adalah untuk mengetahui dan mendeteksi terjadinya polarisasi listrik pada mineral-mineral maupun batuan yang ada di bawah permukaan bumi.

Apabila arus listrik dialirkan ke dalam medium, maka terjadi penyimpanan energi di dalam medium dalam bentuk energi mekanik, energi listrik, atau energi kimia. Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa penyimpanan energi dalam bentuk energi kimia adalah hal yang paling penting dalam metode polarisasi. Pada saat arus listrik diputus maka energi yang tersimpan dalam medium akan dilepaskan kembali dalam bentuk energi listrik yang dalam metode IP terukur sebagai tegangan peluruhan  $V(t)$ .

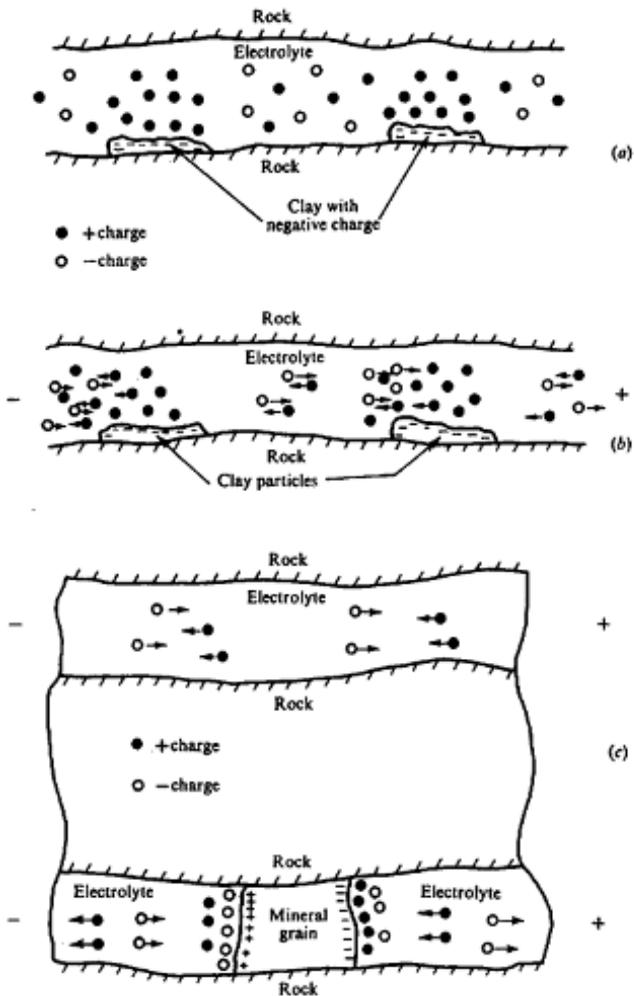
Energi yang tersimpan dalam medium mengakibatkan variasi mobilitas ion dalam larutan yang mengisi pori-pori batuan, atau variasi daya hantar listrik *ionic* dan elektronik bila dalam batuan terdapat mineral logam. Efek polarisasi yang pertama disebut polarisasi membran, sedang yang kedua disebut polarisasi elektroda atau *overvoltage*.

- Polarisasi membran

Polarisasi membran terjadi pada pori-pori batuan yang mengandung mineral lempung bermuatan negatif yang mengalami kontak dengan larutan. Karena muatannya negatif, mineral lempung akan menarik ion-ion positif sehingga membentuk awan positif di sekitar permukaannya dan meluas pada elektrolit. Penumpukan muatan ini akan menghambat jalannya arus listrik yang melaluinya sehingga terjadilah hambatan di sepanjang pori-pori batuan yang mengandung mineral lempung. Dengan terbentuknya hambatan-hambatan berupa membran-membran, maka mobilitas ion akan berkurang sehingga terbentuklah gradien konsentrasi ion-ion yang menentang arus listrik yang melaluinya. Gejala ini menunjukkan adanya polarisasi (Telford, 1990).

- Polarisasi elektroda

Polarisasi elektroda adalah polarisasi yang terjadi jika mineralnya konduktif dari batuan kontak dengan larutan didalam pori-pori batuan. Mineral batuan yang mengandung mineral konduktif dipandang sebagai suatu elektroda yang berada di dalam elektrolit, sehingga mula-mula akan terjadi proses oksidasi dan reduksi (reaksi redoks) karena timbulnya beda potensial antara mineral konduktif dengan larutan sampai terjadi keseimbangan. Dalam keadaan setimbang ini akan terjadi proses penggabungan dan pelepasan muatan antara logam dan larutan dalam jumlah yang sama, dan sama sekali tidak ada arus yang mengalir. Apabila ada gangguan luar, misalnya pengaruh arus yang dialirkan, maka keadaan setimbang akan terganggu sehingga akan timbul polarisasi pada elektrolit yang dikenal sebagai polarisasi elektroda (Telford, 1990).



Gambar 2. 8 Efek polarisasi membran dan elektroda (a) distribusi normal dari ion-ion batu pasir berpori, (b) polarisasi membran pada batu pasir berpori sehubungan dengan adanya arus dc yang dialirkan, dan (c) aliran arus listrik pada pori bagian atas dan polarisasi (Telford, 1990)

Pada umumnya, metode ini digunakan dalam eksplorasi mineral logam. Hal ini dilakukan karena adanya fenomena polarisasi pada suatu batuan yang menandakan pada batuan dan lapisannya tersebut terdapat kandungan logam. Namun metode ini juga dapat diaplikasikan pada kegiatan eksplorasi

hidrogeologi untuk memetakan dan mengetahui lokasi tanah liat, memetakan reaksi elektrokimia terhadap polutan yang berada di tanah, mempelajari sifat fisik tanah dan sedimen, dan mempelajari bio geofisika, serta mempelajari sifat tanah bawah permukaan pada aktivitas longsor.

#### 2.4 Pengukuran Metode Polarisasi Terinduksi (IP)

Pengukuran metode Polarisasi Terinduksi (IP) dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran dengan domain waktu dan domain frekuensi. Dalam kedua cara tersebut, tegangan digunakan dan dihitung sebagai fungsi waktu dan fungsi frekuensi.

##### a. Domain waktu

Sistem domain waktu digunakan untuk mengukur *overvoltage* sebagai fungsi waktu. Pada saat arus listrik di injeksikan ke dalam bumi melalui elektroda maka arus listrik akan mengalir ke dalam bumi, kemudian arus listrik dimatikan maka tegangan turun di dalam suatu material akan mengalami peluruhan sesuai dengan waktu. Peluruhan inilah yang kemudian diukur oleh alat geolistrik. Hasil pengukuran Polarisasi Terinduksi (IP) didasarkan pada domain waktu disebut sebagai *chargeability* dengan satuan msec yang merupakan perbandingan antara  $V_p/V_o$ . Nilai *chargeability* dalam domain waktu dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$M = \frac{V_p}{V_o} \quad (\text{true chargeability}) \quad (2.1)$$

$$M = \frac{1}{V_o} \int_{t_1}^{t_2} V_p(t) dt \quad (\text{apparent chargeability}) \quad (2.2)$$

Dengan M berupa *chargeability*,  $V_p$  menunjukkan tegangan polarisasi (tegangan yang terukur saat arus dihentikan),  $V_o$  berupa tegangan total (tegangan yang terukur saat arus masuk) serta  $t_1$  dan  $t_2$  merupakan sampel batas waktu (Telford, 1990).

##### b. Domain frekuensi

Pada pengukuran IP dengan menggunakan domain frekuensi atau *frequency domain* (F-D), pengukuran resistivitas semu akan dilakukan pada dua atau lebih frekuensi. Rumus frekuensi efek adalah:

$$FE = \frac{\rho_{dc} - \rho_{ac}}{\rho_{ac}} = \frac{\rho_{dc}}{\rho_{ac}} - 1 \quad (2.3)$$

Sementara rumus Efek Frekuensi Persen atau *Percent Frequency Effect* adalah sebagai berikut:

$$PFE = \frac{100(\rho_{dc} - \rho_{ac})}{\rho_{ac}} \quad (2.4)$$

Dengan  $\rho_{dc}$  dan  $\rho_{ac}$  merupakan resistivitas semu yang terukur dalam dc dan memiliki frekuensi yang sangat tinggi. Nilai  $\rho_{dc}$  hanya ditentukan oleh  $R_0$  dan nilai  $\rho_{ac}$  ditentukan oleh  $R_0$ ,  $R_1$ , dan  $Z_m$ . Frekuensi yang digunakan yaitu dua frekuensi atau lebih dengan besar antara 0.1 hingga 10 Hz (Telford, 1990).

## 2.5 Chargeability Batuan dan Mineral

Setiap batuan mempunyai daya *chargeability* tertentu. Hal ini berkaitan dengan kandungan mineralnya dan efek polarisasi membran yang terjadi pada batuan. Berikut adalah nilai *chargeability* beberapa mineral dan batuan.

Tabel 2.1 Nilai *chargeability* variasi mineral dan batuan

Material	Chargeability (ms)
20% sulfides	2,000 – 3,000
8 – 20% sulfides	1,000 – 2,000
2 – 8% sulfides	500 – 1,000
Volcanic tuffs	300 – 800
Sandstone, siltstone	100 – 500
Dense volcanic rocks	100 – 500
Shale	50 – 100
Granite, grandodiorite	10 – 50
Limestone, dolomite	10 – 20

Tabel 2.2 Nilai *chargeability* mineral

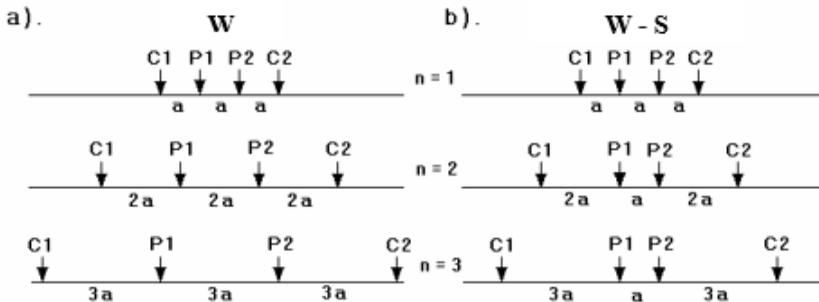
Mineral	Chargeability (ms)
Pyrite	13.4
Chalcocite	13.2
Copper	12.3
Graphite	11.2
Chalcopyrite	9.4
Bornite	6.3
Galena	3.7
Magnetite	2.2
Malachite	0.2
Hematite	0.0

Tabel 2.3 Nilai *chargeability* berbagai materi

Material	Chargeability (ms)
Ground water	0
Alluvium	1 – 4
Gravels	3 – 9
Precambrian volcanics	8 – 20
Precambrian gneisses	6 – 30
Schists	5 – 20
Sandstones	3 – 12
Argillites	3 – 10
Quartzites	5 – 12

### 2.6 Konfigurasi Wenner - Schlumberger

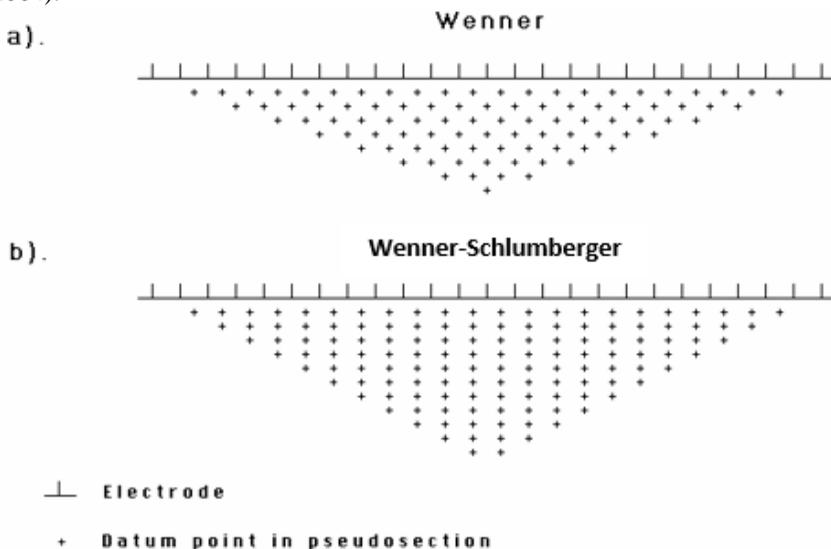
Konfigurasi Wenner – Schlumberger merupakan pengembangan dari konfigurasi Wenner. Konfigurasi ini biasanya dilakukan pada daerah survei yang terbatas, namun menginginkan penetrasi kedalaman yang lebih dalam. Posisi elektroda pada konfigurasi ini sama dengan Wenner, tetapi jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah  $n$  kali jarak kedua elektroda potensial, sebagaimana yang ditunjukkan oleh gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Perbandingan posisi elektroda pada konfigurasi a) Wenner, dan b) Wenner-Schlumberger (Loke, 2004)

Nilai faktor geometri untuk konfigurasi ini adalah  $k = \pi n (n+1)$ . Pada konfigurasi ini ketika nilai  $n$  sama dengan 1 maka merupakan konfigurasi Wenner yang memiliki sensitifitas terhadap ketidakhomogenan secara lateral tinggi. Dan ketika nilai  $n$  adalah lebih besar dari 2 maka merupakan konfigurasi Schlumberger. Sehingga sebenarnya konfigurasi ini merupakan kombinasi dari konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Selain sensitivitas secara lateral yang

bagus, konfigurasi ini juga memberikan penetrasi kedalaman yang maksimum, yaitu 15 % lebih besar dari konfigurasi Wenner. Berikut adalah contoh perbandingan datum dari konfigurasi Wenner dan Wenner-Schlumberger (Loke 2004).



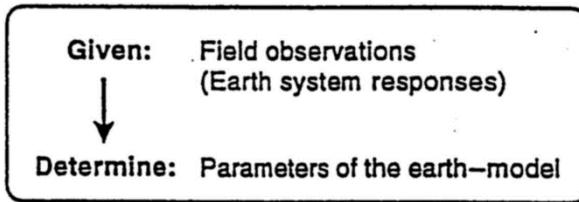
Gambar 2.10 Susunan datum pada pseudosection untuk konfigurasi a) Wenner, dan b) Wenner-Schlumberger (Loke, 2004)

## 2.7 Metode Inversi *Least Square with Smoothness Constraint*

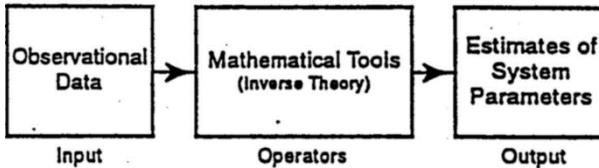
Proses inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi tentang distribusi sifat fisis batuan bawah permukaan. Di dalam proses inversi, dilakukan analisis terhadap data lapangan dengan cara melakukan *curve fitting* (pencocokan kurva) antara model matematika dan data lapangan. Tujuan dari proses inversi adalah untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya (*unknown parameter*).

Misalkan terdapat permasalahan sederhana yaitu variasi linier temperatur ( $T$ ) dengan kedalaman ( $z$ ), maka persamaan matematikanya adalah  $T=a+bz$ . Dengan  $a$  dan  $b$  adalah parameter model,  $T$  adalah respon model, dan  $z$  adalah variabel bebas. Maka dengan menggunakan model inversi, nilai  $a$  dan  $b$  akan diperkirakan berdasarkan data observasi  $T$  dan  $z$ . Secara sederhana alur pemodelan inversi dapat dilihat pada gambar berikut.

# Inverse Problem



## The Inversion Process



Gambar 2.11 Alur pemodelan inversi (Supriyanto, 2007)

Salah satu metode inversi adalah *least square inversion with smoothness constraint* yang dapat digunakan untuk menginversi data IP. Proses inversi ini bertujuan untuk memperoleh penampang bawah permukaan berdasarkan persebaran variasi nilai *chargeability* dan kedalaman. Persamaan dari metode inversi tersebut adalah sebagai berikut.

$$(J^T J + \mu I) \Delta m_k = J^T d \quad (2.5)$$

Dengan

$J$  = matriks jacobian  $m \times n$

$\mu$  = damping factor

$I$  = matriks identitas

$m$  = parameter model yang merupakan model tahanan jenis dan ketebalan batuan bawah permukaan yang dapat dituliskan dengan  $\Delta m_k = [\rho_k, h_k]$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$  dan  $n$  adalah jumlah lapisan.

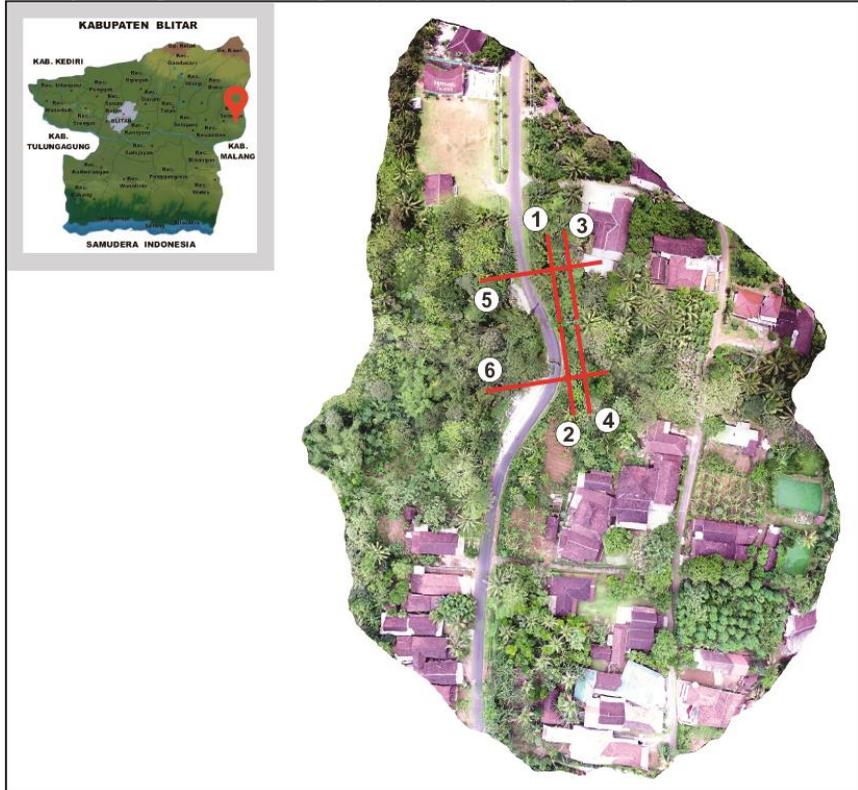
$d$  = data resistivitas semu yang dapat ditulis  $d = [d_1, d_2, \dots, d_m]$ ,  $m$  adalah jumlah pengukuran (Loke, 2004).

Istilah *damping* atau redaman untuk estimasi parameter model sebagaimana dinyatakan pada persamaan (2.5) berhubungan dengan proses meredam ketidakstabilan yang mungkin timbul akibat keterbatasan data pada inversi. *Damping factor* secara efektif membatasi nilai parameter model yang diperoleh. Jika *damping factor* yang digunakan sangat kecil atau mendekati nol maka kesalahan prediksi akan diminimumkan. Artinya, penambahan *damping factor* pada proses inversi dapat menstabilkan proses inversi pada proses inversi matriks tersebut (Grandis, 2009).

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini berada di Desa Olak Alen Kecamatan Selorejo Kabupaten Blitar, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

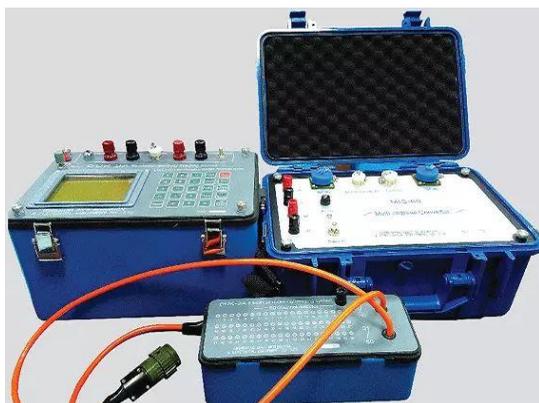


Gambar 3. 1 Lokasi penelitian

### 3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. *Alat Resistivitas Multichannel*



Gambar 3.2 Alat resistivitas multichannel DUK-2A

2. Elektroda
3. Kabel
4. *Power supply* (accu 12 V)



Gambar 3.3 (a) elektroda, (b) kabel

5. Palu



Gambar 3.4 Palu

## 6. Kompas Geologi



Gambar 3.5 Kompas geologi

## 7. GPS (*Global Positioning System*)

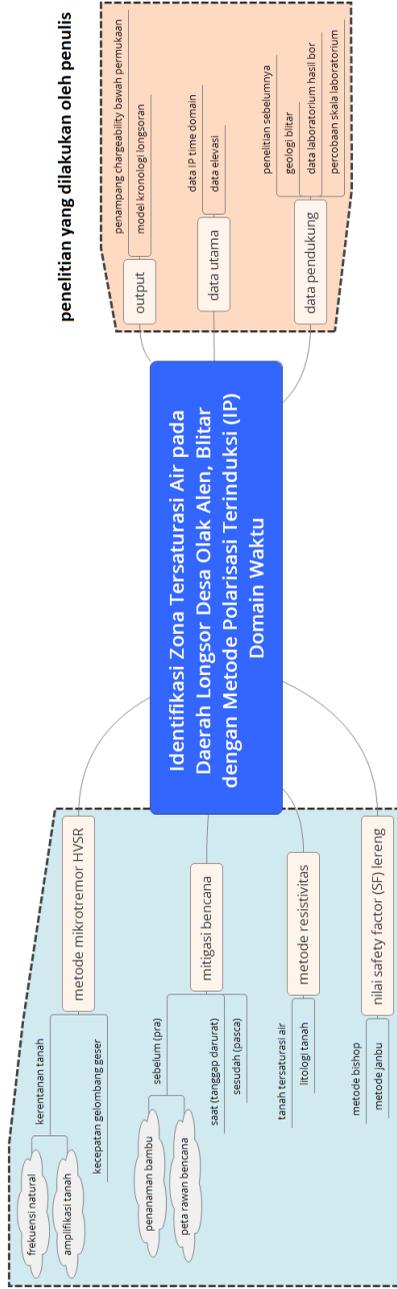


Gambar 3.6 GPS

8. Meteran 100 meter
9. Perangkat lunak Res2Dinv (pengolahan data)
10. *Handy talkie*
11. Alat tulis

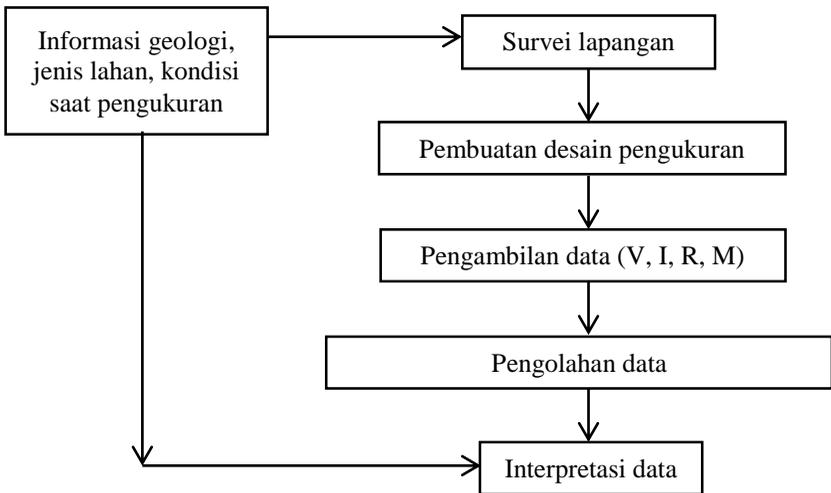
### 3.3 Roadmap dan Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini yang dilakukan merupakan identifikasi zona tersaturasi air pada daerah longsor menggunakan metode IP. Penelitian ini merupakan sebagian kecil dari serangkaian penelitian tanah longsor yang dilakukan di daerah Blitar. Penelitian ini dapat menjadi data pendukung terhadap penelitian lain seputar kajian tanah longsor, yakni meliputi nilai SF lereng, penyebab longsor, kerentanan tanah, kecepatan gelombang geser tanah, serta mitigasi bencana, dengan menggunakan berbagai metode seperti mikrotremor, resistivitas, dan analisis data bor. Roadmap dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.7 Roadmap penelitian (penelitian yang menjadi focus dalam TA ini ditunjukkan dengan kotak merah)

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



Gambar 3.8 Diagram alir penelitian secara umum

### 3.4 Alur penelitian

Diagram alir pada gambar 3.8 dijelaskan sebagai berikut.

1. Survei lapangan

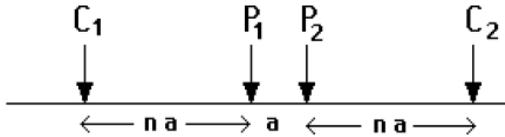
Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dari daerah yang akan dilakukan pengukuran. Informasi yang didapatkan dari kegiatan ini berupa informasi geologi, jenis lahan, dan estimasi panjang lintasan yang dapat diukur yang akan menjadi data awal penelitian.

2. Pembuatan desain pengukuran

Pengukuran dilakukan di Desa Olak Alen Kecamatan Selorejo Kabupaten Blitar seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.1. Adapun panjang lintasan yang digunakan untuk lintasan 1, 2, 3, 4, dan 5a adalah 30 m dengan spasi 1 m, sementara untuk line 5b, 6a, dan 6b spasi yang digunakan adalah 0.5 m dengan panjang lintasan 15 m.

3. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan resistivimeter beserta alat penunjang lainnya. Metode yang digunakan adalah IP domain waktu. Pengukuran ini dilakukan dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger, seperti gambar berikut.



Gambar 3.9 Konfigurasi Wenner- Schlumberger (Loke,1999)

Dari hasil pengukuran akan didapatkan nilai  $n$  (konstanta),  $a$  (spasi antar elektroda),  $V$  (beda potensial),  $I$  (kuat arus), *chargeability*, dan data elevasi. Selain itu juga dilakukan pengukuran skala laboratorium dengan media pasir dan variasi kadar air yang berbeda-beda yaitu 0, 10, 20, dan 30 ml.

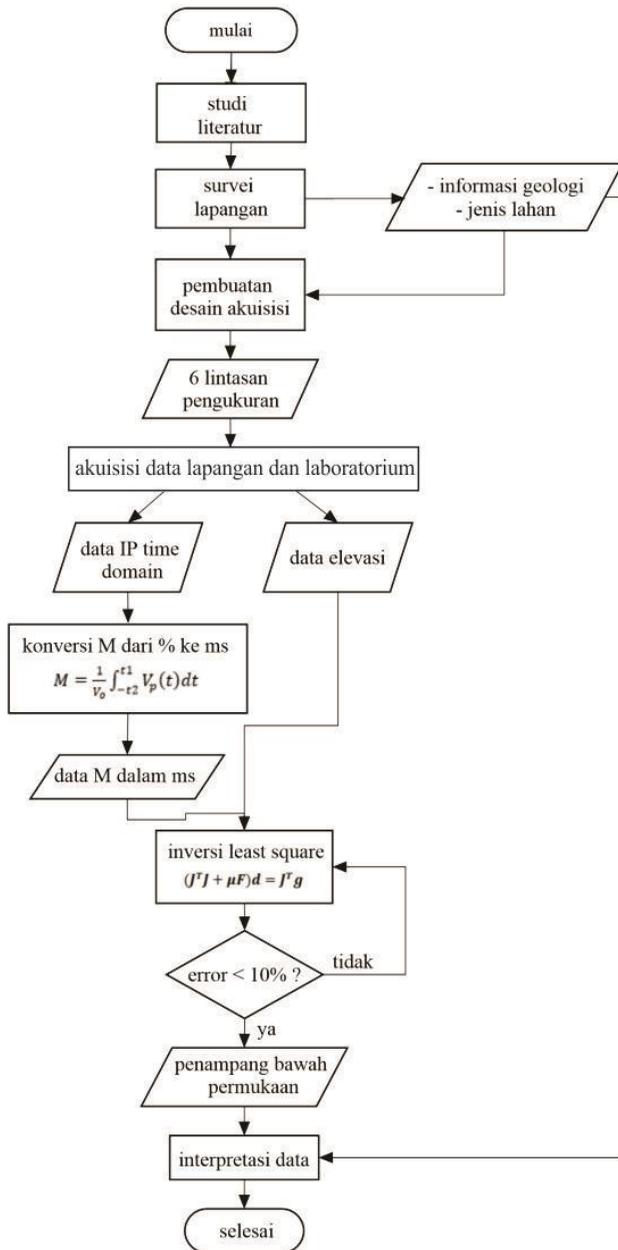
#### 4. Pengolahan data

Pada proses pengolahan data lapangan sampai didapatkan sayatan *chargeability* 2D digunakan perangkat lunak Res2Dinv dengan perangkat lunak pendukung lainnya seperti Microsoft Excel dan notepad. Perangkat lunak Res2Dinv membutuhkan *input* data nilai *chargeability* yang nantinya akan dilakukan proses inversi sehingga didapatkan kontur sebaran nilai *chargeability* vertikal di sepanjang lintasan akuisisi data. Nilai *chargeability* tersebut didapatkan dengan melakukan perhitungan dengan rumus pada persamaan (2.2).

#### 5. Interpretasi

Pada tahapan ini dilakukan pencocokan nilai *chargeability* yang diperoleh dengan literatur yang telah ada dan hasil percobaan skala laboratorium, sehingga dapat ditentukan lapisan batuan dan rongga yang merupakan zona tersaturasi air berdasarkan nilai *chargeability* tersebut.

Secara lebih jelas diagram alir yang lebih detail dapat dilihat pada gambar berikut.

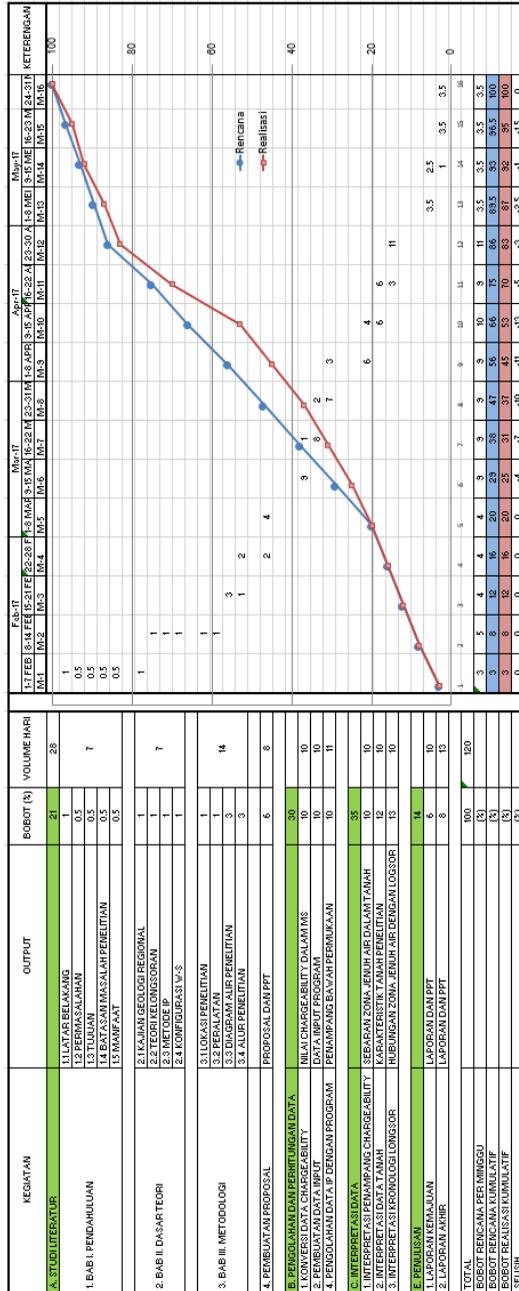


Gambar 3.10 Diagram alir penelitian secara detail

### 3.5 Jadwal Penelitian

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 dengan 5 hari kerja, sehingga total hari kerja untuk menyelesaikan pekerjaan tugas akhir ini adalah 80 hari. Dalam gambar 3.11 diperlihatkan pembagian hari kerja untuk setiap detail pekerjaan tugas akhir. Pembagian ini berdasarkan asumsi penulis dan standart rata-rata untuk mengerjakan pekerjaan tersebut.

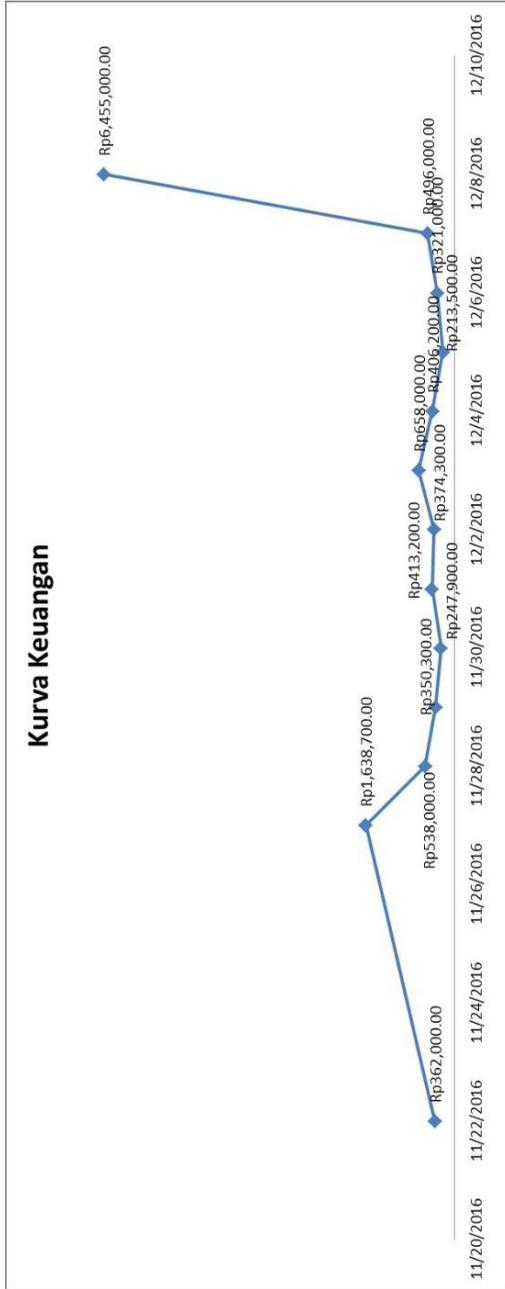
Pembuatan kurva S pekerjaan tugas akhir dilakukan berdasarkan konsep PDCA (*plan, do, check, action*). "*Plan*" dibuat terlebih dahulu untuk merancang jenis pekerjaan yang akan dilakukan selama 16 minggu, dalam gambar 3.11 digambarkan dengan grafik warna biru. Bobot pekerjaan dibuat kumulatif perminggu, 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 gambar 3.11 ditunjukkan dengan grafik warna merah. Setelah evaluasi dijalankan penulis melakukan intropeksi bagian mana saja yang perlu diperbaiki, selanjutnya penulis melakukan perbaikan atau "*action*" dibagian yang dianggap perlu.



Gambar 3.11 Kurva S pekerjaan Tugas Akhir

### **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 3.12 Graafik Pengeluaran Keuangan pekerjaan Tugas Akhir

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

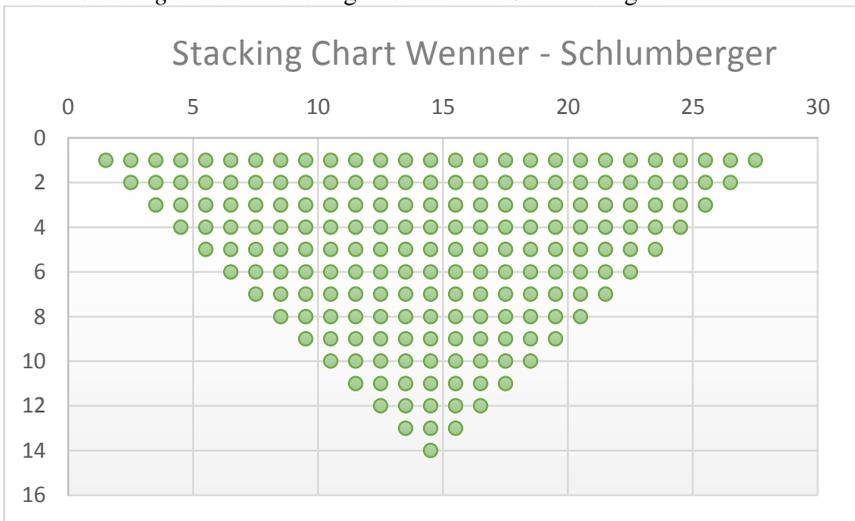
## BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data

Pengambilan data dilakukan selama 12 hari yaitu pada tanggal 27 November 2016 sampai 8 Desember 2016. Dalam proses pengambilan data digunakan 30 buah elektroda dengan alat utama adalah resistivitas multichannel DUK-2A High Density Electric Survey System. Terdapat 6 lintasan pengukuran yaitu:

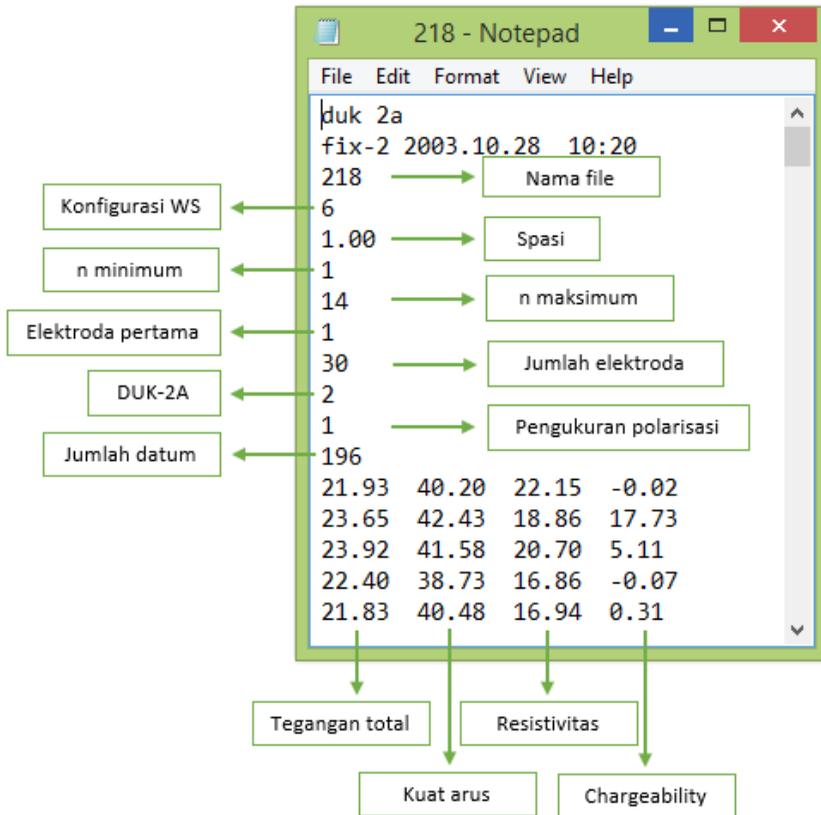
- Lintasan 1: panjang 29 m, spasi 1 m
- Lintasan 2: panjang 29 m, spasi 1 m
- Lintasan 3: panjang 29 m, spasi 1 m
- Lintasan 4: panjang 29 m, spasi 1 m
- Lintasan 5: panjang 14,5 m, spasi 0,5 m
- Lintasan 6: panjang 14,5 m, spasi 0,5 m

Konfigurasi yang digunakan adalah Wenner-Schlumberger dengan nilai  $n = 14$ , sehingga jumlah datum dalam setiap pengukuran adalah 196 datum. Berikut adalah *stacking chart* dari konfigurasi Wenner-Schlumberger.



Gambar 4. 1 Stacking chart konfigurasi Wenner-Schlumberger

*Output* dari pengukuran ini adalah *file* yang berisi data hasil pengukuran. Data hasil pengukuran antara lain tegangan total (mV), kuat arus (mA), resistivitas (Ohm.m), dan *chargeability* (%).



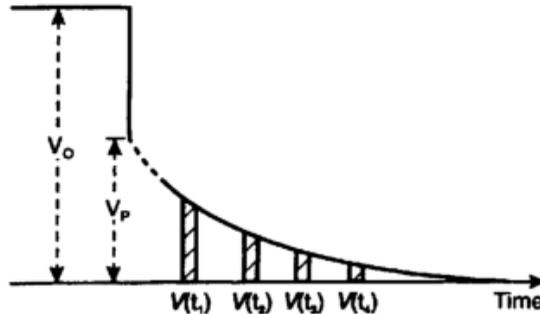
Gambar 4. 2 Contoh output data

## 4.2 Perhitungan

Data utama yang digunakan dalam metode IP adalah *chargeability*, yang mana pada *output* alat ini nilai *chargeability* dalam satuan %. Untuk dilakukan pengolahan data dengan perangkat lunak Res2Dinv maka satuan *chargeability* harus dirubah menjadi milisekon (ms).

Perhitungan nilai *chargeability* dapat diilustrasikan pada gambar 4.3. Grafik tersebut merupakan grafik peluruhan beda potensial ketika arus dilepaskan dari tanah. Ketika arus diinjeksikan maka tanah akan memiliki beda potensial yang relative konstan, dalam grafik tersebut dituliskan sebagai  $V_o$  (tegangan total). Kemudian ketika arus dilepaskan maka beda potensial akan berkurang, tetapi berkurangnya ini secara perlahan dalam kurun waktu tertentu hingga mencapai beda potensial nol. Pada grafik tersebut beda potensial peluruhan dituliskan sebagai  $V_p$  (tegangan polarisasi). Kemudian untuk

menghitung nilai *chargeability* maka grafik tegangan polarisasi tersebut dibuat partisi-partisi waktu. Partisi waktu yang digunakan alat dalam penelitian ini sebesar 40 ms.



Gambar 4. 3 Grafik waktu – tegangan dalam IP domain waktu

Perhitungan konversi *chargeability* dari persen ke mili second dilakukan dengan persamaan 2.1 dan 2.2 yang telah dijelaskan pada bab dasar teori. Berikut adalah contoh salah satu perhitungan merubah satuan *chargeability* dari % menjadi ms.

Diketahui:  $V_0 = 21,83 \text{ mV}$

$M = 0,31 \%$

$\Delta t = 40 \text{ ms}$

Ditanya:  $M$  dalam ms...?

Jawab:

$$M(\%) = \frac{V_p}{V_0} \times 100\%$$

$$0,31 = \frac{V_p}{21,83} \times 100$$

$$V_p = \frac{0,31 \times 21,83}{100}$$

$$V_p = 0,0067 \text{ mV}$$

$$M = \frac{1}{V_0} \int_{t_1}^{t_2} V_p(t) dt$$

$$M = \frac{1}{21,83} \int_0^{40} 0,0067(t) dt$$

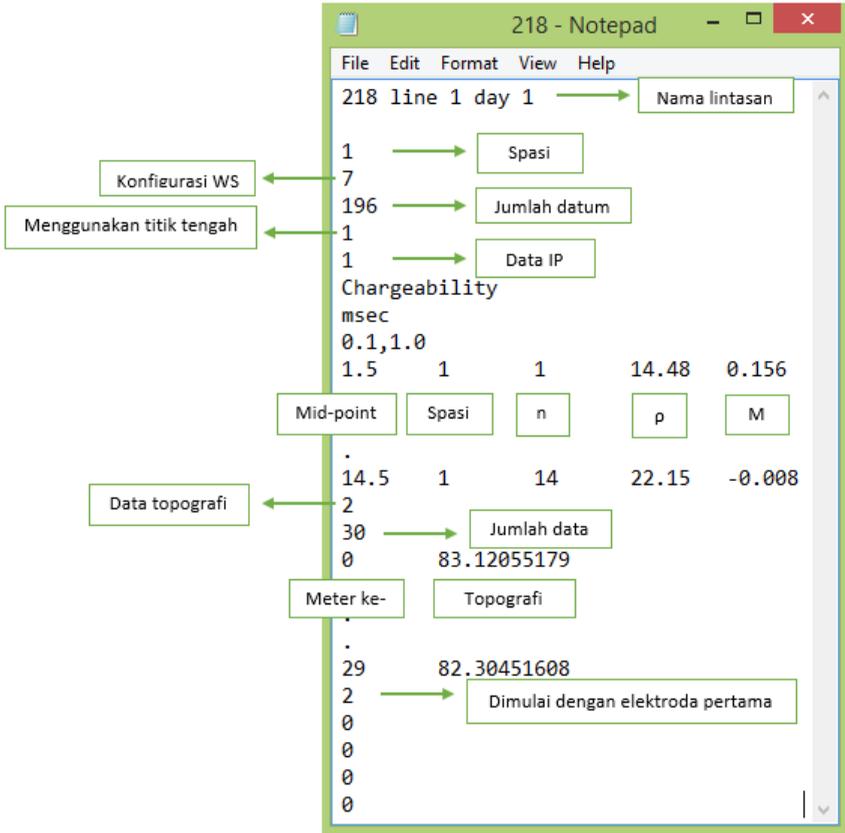
$$M = \frac{1}{21,83} (0,0067t)_0^{40}$$

$$M = \frac{1}{21,83} (0,0067 \cdot 40 - 0,0067 \cdot 0)$$

$$M = 0,124 \text{ ms}$$

### 4.3 Analisis Hasil

Data *chargeability* dalam satuan ms kemudian dilakukan proses inversi untuk mengetahui nilai *chargeability* sebenarnya lapisan bawah permukaan. Proses inversi dilakukan dengan perangkat lunak Res2Dinv. Berikut adalah tampilan *input* pengolahan data.



Gambar 4. 4 Contoh data input perangkat lunak Res2Dinv

Proses inversi ini bertujuan untuk memperoleh penampang bawah permukaan berdasarkan persebaran variasi nilai *chargeability* dan kedalaman. Metode inversi yang digunakan kali ini adalah metode *least square smoothness constraint* yang dinyatakan dengan persamaan 2.5. Dalam pengolahan data ini digunakan nilai *damping factor* 0,16.

Hasil dari inversi tersebut adalah penampang bawah permukaan yang merupakan fungsi dari persebaran nilai *chargeability* sebenarnya.

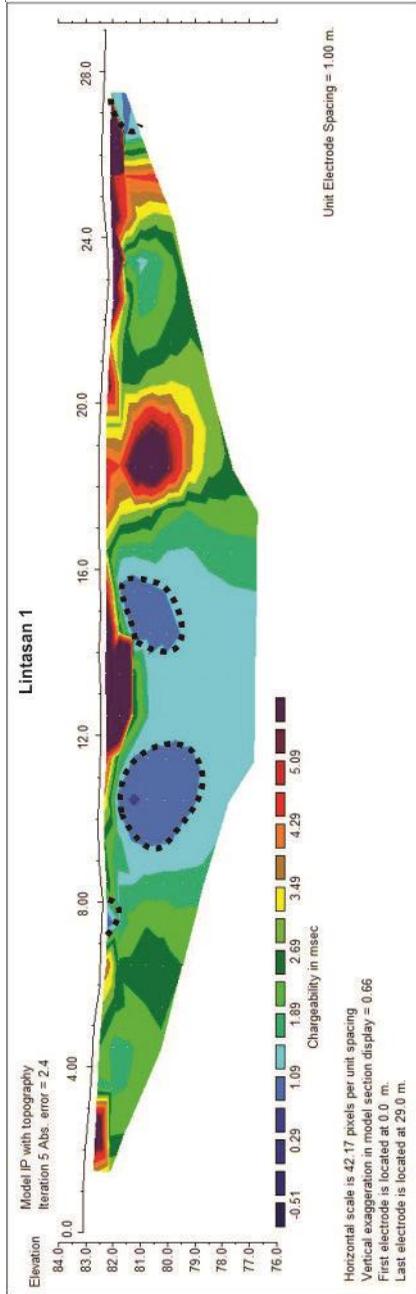
1. Lintasan 1

Lintasan 1 terletak pada koordinat 657756 mT 9101582 mU sampai 657746,08 mT 9101554,74 mU dan membentang pada arah utara – selatan. Panjang lintasan 1 adalah 29 m dengan spasi elektroda 1 m. Kondisi saat pengambilan data adalah gerimis ringan dan dilakukan setelah turun hujan sebesar 2 ml. Penampang model 2D lintasan 1 ditunjukkan seperti gambar 4.5.

Gambar tersebut memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang Lintasan 1 dengan ketinggian rata-rata adalah 83 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 7 m. Lintasan 1 memiliki rentangan nilai *chargeability* dari -0,51 hingga 5,09 ms dengan persentase kesalahan 2,4 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 5 kali. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 97,6 %.

Interpretasi merupakan proses menterjemahkan variasi nilai *chargeability* yang ditunjukkan oleh perbedaan warna menjadi jenis litologi batuan. Proses interpretasi didasarkan pada kondisi geologi setempat dan nilai *chargeability*. Lintasan 1 diidentifikasi memiliki 3 jenis litologi batuan penyusun. Seluruh rentang nilai *chargeability* pada hasil inversi ini diidentifikasi sebagai kelompok lanau - lempung, hal ini didasarkan pada data hasil pengeboran yang dilakukan di sekitar area pengukuran sedalam 20 m. Namun yang membedakan disini adalah sifat fisis dari lanau maupun lempung tersebut.

Nilai *chargeability* dengan rentang -0,51 hingga 1,09 ms diidentifikasi sebagai zona tersaturasi air yang menjadi target pengukuran dengan jenis litologi pasir kelanauan yang bercampur dengan air. Nilai *chargeability* dengan rentang 1,09 hingga 3,49 ms diidentifikasi sebagai pasir kelanauan. Lapisan dengan nilai *chargeability* lebih dari 3,49 juga diidentifikasi sebagai lapisan pasir kelanauan namun dengan nilai derajat saturasi (Sr) yang lebih kecil. Pada gambar 4.5 tampak bahwa lapisan tersaturasi air ditunjukkan dengan warna biru tua yang ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus dan terletak pada posisi elektroda 9 hingga 16 dan 26 hingga 27, pada kedalaman sekitar 1 meter di bawah permukaan.



Gambar 4.5 Lintasan 1

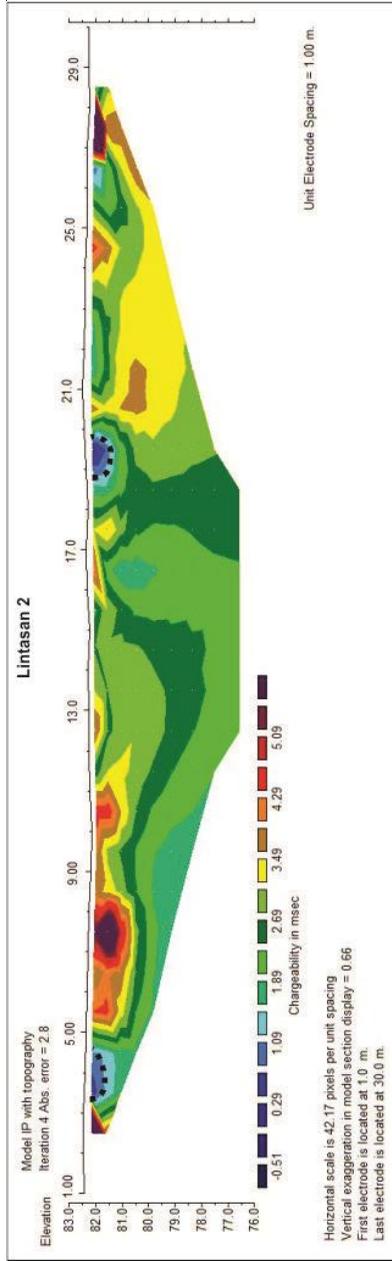
## 2. Lintasan 2

Lintasan 2 terletak pada Koordinat UTM 657746,26 mT 9101555,21 mU sampai 657736,34 mT 9101527,96 mU dan membentang pada arah utara – selatan. Panjang lintasan 2 adalah 29 m dengan spasi elektroda 1 m. Kondisi saat pengambilan data adalah gerimis ringan dan telah terjadi hujan di hari sebelumnya dengan curah hujan 2 ml. Penampang model 2D lintasan 2 ditunjukkan seperti gambar 4.6.

Gambar tersebut memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang lintasan 2 dengan ketinggian rata-rata adalah 83 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 7 m. Lintasan 2 memiliki rentang nilai *chargeability* dari -0,51 hingga 5,09 ms dengan persentase kesalahan 2,8 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 4 kali. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 97,2 %.

Lintasan 2 diidentifikasi memiliki 3 jenis litologi batuan penyusun. Seluruh rentang nilai *chargeability* pada hasil inversi ini diidentifikasi sebagai kelompok lanau - lempung, hal ini didasarkan pada data hasil pengeboran yang dilakukan di sekitar area pengukuran sedalam 20 m. Namun yang membedakan disini adalah sifat fisis dari lanau maupun lempung tersebut.

Nilai *chargeability* dengan rentang -0,51 hingga 1,09 ms diidentifikasi sebagai zona tersaturasi air yang menjadi target pengukuran dengan jenis litologi pasir kelanauan yang bercampur dengan air. Nilai *chargeability* dengan rentang 1,09 hingga 3,49 ms diidentifikasi sebagai pasir kelanauan. Lapisan dengan nilai *chargeability* lebih dari 3,49 juga diidentifikasi sebagai lapisan pasir kelanauan namun dengan nilai derajat saturasi (*Sr*) yang lebih kecil. Pada gambar 4.6 tampak bahwa lapisan tersaturasi air ditunjukkan dengan warna biru tua yang ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus dan terletak pada posisi elektroda 3 hingga 5 dan 19 hingga 20. Lapisan tersaturasi air yang hanya sedikit ini terdapat di permukaan.



Gambar 4.6 Lintasan 2

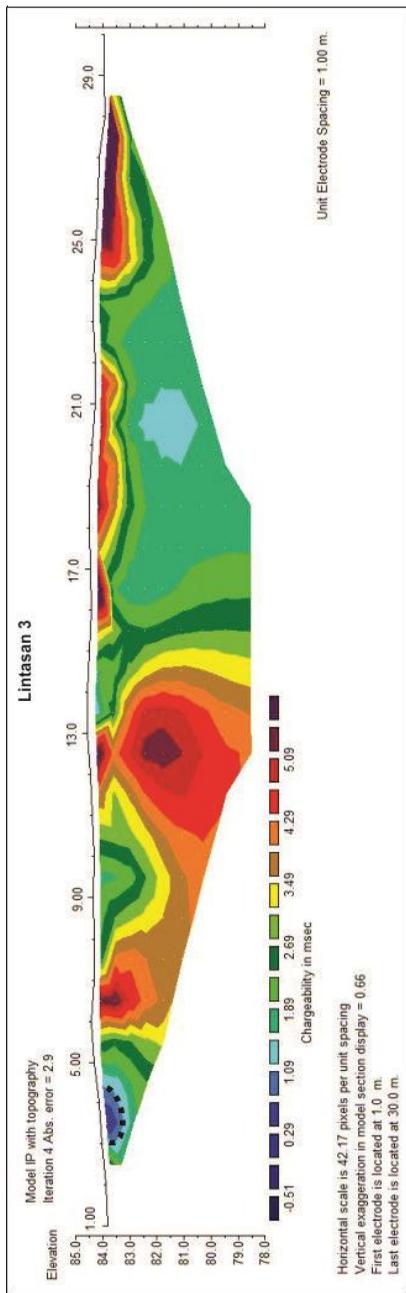
### 3. Lintasan 3

Lintasan 3 terletak pada Koordinat UTM 657761 mT 9101545 mU sampai 657771,94 mT 9101569,54 mU dan membentang pada arah selatan – utara. Panjang lintasan 3 adalah 29 m dengan spasi elektroda 1 m. Kondisi saat pengambilan data adalah gerimis ringan dan telah terjadi hujan di hari sebelumnya dengan curah hujan 2 ml. Penampang model 2D lintasan 3 ditunjukkan seperti gambar 4.7.

Gambar tersebut memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang lintasan 3 dengan ketinggian rata-rata adalah 84 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 7 m. Lintasan 3 memiliki rentangan nilai *chargeability* dari -0,51 hingga 5,09 ms dengan persentase kesalahan 2,9 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 4 kali. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 97,1 %.

Lintasan 3 diidentifikasi memiliki 3 jenis litologi batuan penyusun. Seluruh rentang nilai *chargeability* pada hasil inversi ini diidentifikasi sebagai kelompok lanau - lempung, hal ini didasarkan pada data hasil pengeboran yang dilakukan di sekitar area pengukuran sedalam 20 m. Namun yang membedakan disini adalah sifat fisis dari lanau maupun lempung tersebut.

Nilai *chargeability* dengan rentang -0,51 hingga 1,09 ms diidentifikasi sebagai zona tersaturasi air yang menjadi target pengukuran dengan jenis litologi pasir kelanauan yang bercampur dengan air. Nilai *chargeability* dengan rentang 1,09 hingga 3,49 ms diidentifikasi sebagai pasir kelanauan. Lapisan dengan nilai *chargeability* lebih dari 3,49 juga diidentifikasi sebagai lapisan pasir kelanauan namun dengan nilai derajat saturasi (*Sr*) yang lebih kecil. Pada gambar 4.7 tampak bahwa lapisan tersaturasi air ditunjukkan dengan warna biru tua yang ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus dan terletak pada posisi elektroda 3 hingga 5. Lapisan tersaturasi air pada lintasan ini hanya tampak sedikit dan terdapat di permukaan.



Gambar 4.7 Lintasan 3

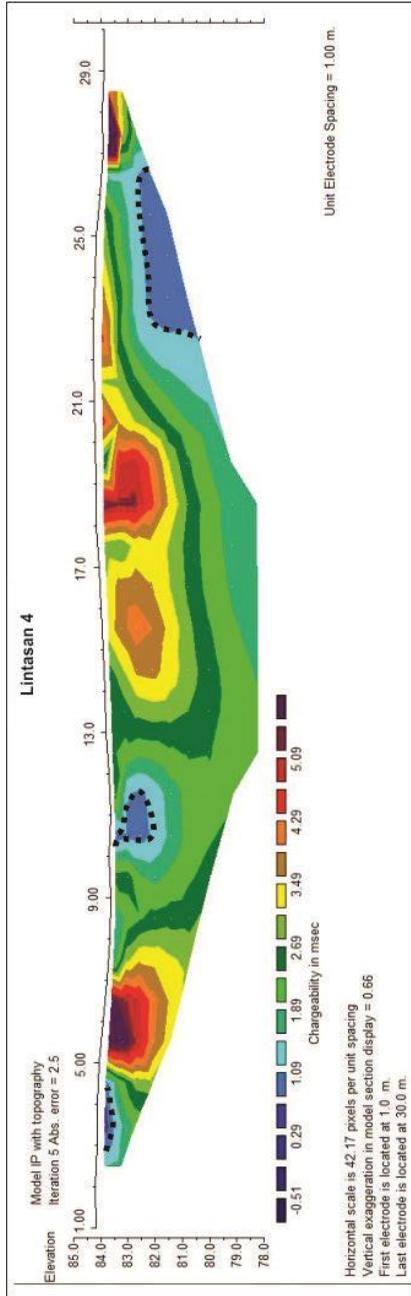
#### 4. Lintasan 4

Lintasan 4 terletak pada Koordinat UTM 657745 mT 9101522 mU sampai 657761,42 mT 9101543,84 mU dan membentang pada arah utara – selatan. Panjang lintasan 4 adalah 29 m dengan spasi elektroda 1 m. Kondisi saat pengambilan data adalah cerah dan telah terjadi hujan di hari sebelumnya dengan curah hujan 2 ml. Penampang model 2D lintasan 3 ditunjukkan seperti gambar 4.8.

Gambar tersebut memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang lintasan 4 dengan ketinggian rata-rata adalah 84,5 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 6,5 m. Lintasan 2 memiliki rentangan nilai *chargeability* dari -0,51 hingga 5,09 ms dengan persentase kesalahan 2,6 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 5 kali. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 97,4 %.

Lintasan 4 diidentifikasi memiliki 3 jenis litologi batuan penyusun. Seluruh rentang nilai *chargeability* pada hasil inversi ini diidentifikasi sebagai kelompok lanau - lempung, hal ini didasarkan pada data hasil pengeboran yang dilakukan di sekitar area pengukuran sedalam 20 m. Namun yang membedakan disini adalah sifat fisis dari lanau maupun lempung tersebut.

Nilai *chargeability* dengan rentang -0,51 hingga 1,09 ms diidentifikasi sebagai zona tersaturasi air yang menjadi target pengukuran dengan jenis litologi pasir kelanauan yang bercampur dengan air. Nilai *chargeability* dengan rentang 1,09 hingga 3,49 ms diidentifikasi sebagai pasir kelanauan. Lapisan dengan nilai *chargeability* lebih dari 3,49 juga diidentifikasi sebagai lapisan pasir kelanauan namun dengan nilai derajat saturasi (*Sr*) yang lebih kecil. Pada gambar 4.8 tampak bahwa lapisan tersaturasi air ditunjukkan dengan warna biru tua yang ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus dan terletak pada posisi elektroda 3 hingga 5, dan 11 hingga 13 yang terdapat di permukaan, serta di posisi elektroda 23 hingga 27 yang terdapat di kedalaman 1,5 meter di bawah permukaan. Lapisan tersaturasi air yang paling signifikan yaitu pada posisi elektroda 23 hingga 27 memiliki ketebalan sekitar 1,5 m.



Gambar 4.8 Lintasan 4

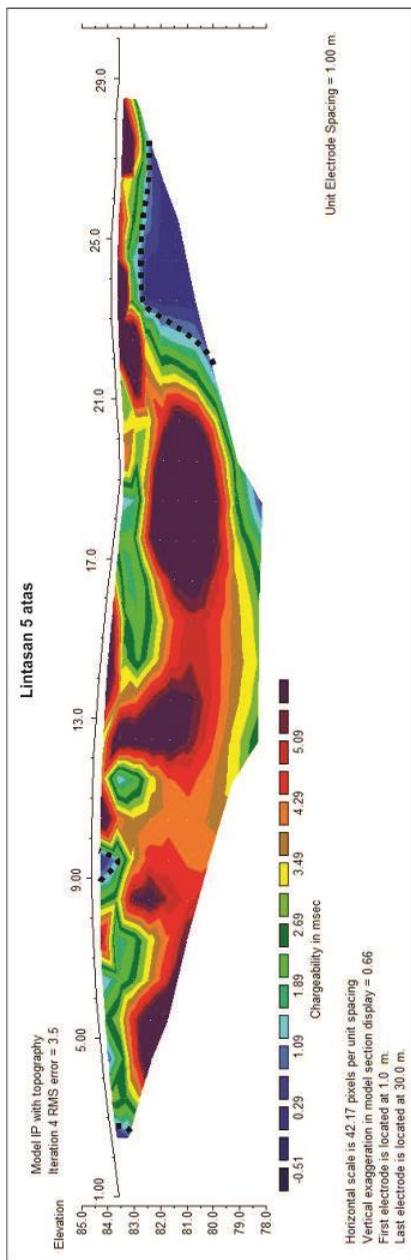
## 5. Lintasan 5

Lintasan 5 terbagi menjadi dua lintasan yang dipisahkan oleh jalan raya, yaitu lintasan 5 atas dan lintasan 5 bawah. Lintasan 5 atas terletak pada koordinat 657770 mT 9101559,33 mU sampai 657759,704 mT 9101566,07 mU dan membentang pada arah barat - timur. lintasan 5 bawah terletak pada koordinat 657770 mT 9101564 mU sampai 657751,18 mT 9101568,25 mU dan membentang pada arah barat – timur. Panjang lintasan 5 atas adalah 29 m dengan spasi elektroda 1 m, sedangkan lintasan 5 bawah memiliki panjang 14,5 m dengan spasi elektroda 0,5 m. Kondisi saat pengambilan data adalah mendung dan telah terjadi hujan di hari sebelumnya dengan curah hujan 9,5 ml. Penampang model 2D lintasan 5 atas dan bawah ditunjukkan seperti gambar 4.9 dan 4.10.

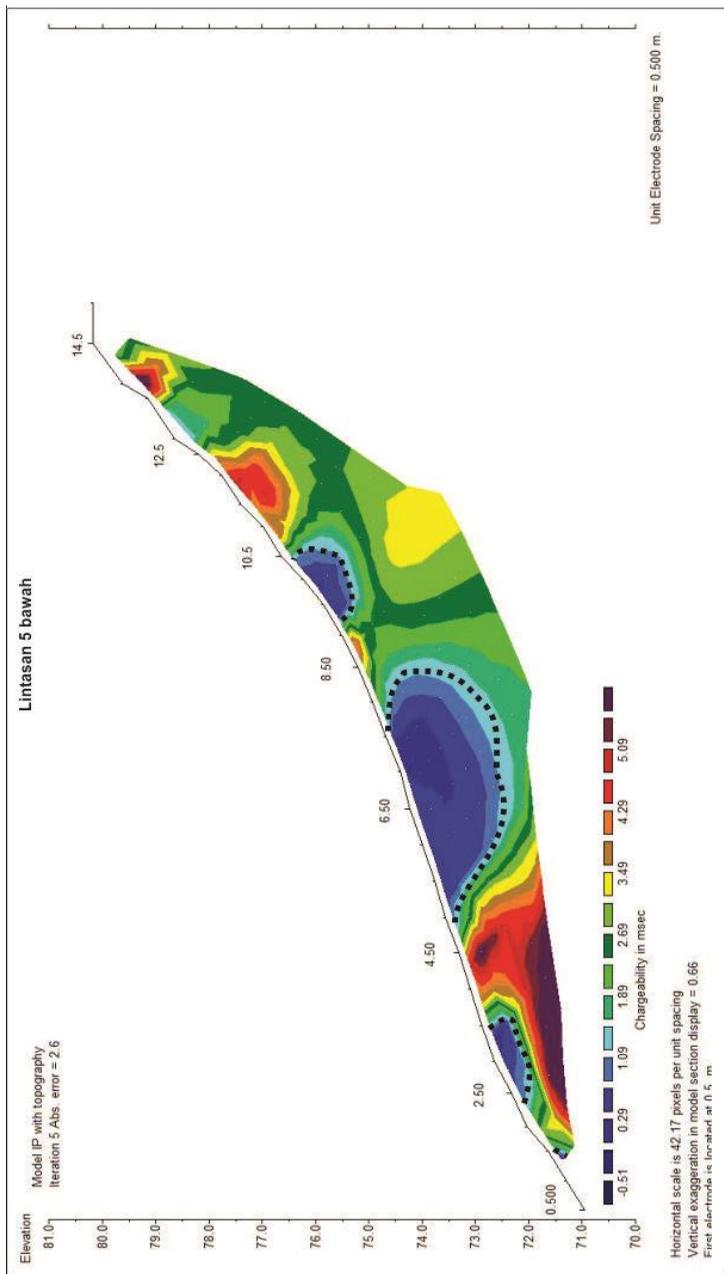
Kedua gambar tersebut memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang lintasan 5. Lintasan 5 atas memiliki ketinggian rata-rata adalah 84,5 mdp1 dan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 6,5 m. Lintasan 5 bawah memiliki topografi yang curam karena lintasan tersebut tepat berada di area bekas longsor. kedua lintasan memiliki rentangan nilai *chargeability* dari - 0,51 hingga 5,09 ms. Lintasan 5 atas memiliki persentase kesalahan 3,5 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 4 kali, sehingga menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 96,5 %. Lintasan 5 bawah memiliki presentase kesalahan 2,6 % setelah dilakukan iterasi 5 kali, sehingga menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 97,4 %.

Lintasan 5 diidentifikasi memiliki 3 jenis litologi batuan penyusun. Seluruh rentang nilai *chargeability* pada hasil inversi ini diidentifikasi sebagai kelompok lanau - lempung, hal ini didasarkan pada data hasil pengeboran yang dilakukan di sekitar area pengukuran sedalam 20 m. Namun yang membedakan disini adalah sifat fisis dari lanau maupun lempung tersebut.

Nilai *chargeability* dengan rentang -0,51 hingga 1,09 ms diidentifikasi sebagai zona tersaturasi air yang menjadi target pengukuran dengan jenis litologi pasir kelanauan yang bercampur dengan air. Nilai *chargeability* dengan rentang 1,09 hingga 3,49 ms diidentifikasi sebagai pasir kelanauan. Lapisan dengan nilai *chargeability* lebih dari 3,49 juga diidentifikasi sebagai lapisan pasir kelanauan namun dengan nilai derajat saturasi (Sr) yang lebih kecil. Pada gambar 4.9 tampak bahwa lapisan tersaturasi air ditunjukkan dengan warna biru tua yang ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus dan terletak pada posisi elektroda 3 dan 9 yang terdapat di permukaan, serta di posisi elektroda 22 hingga 27 yang terdapat di kedalaman 1 meter di bawah permukaan. Lapisan tersaturasi air yang paling signifikan yaitu pada posisi elektroda 22 hingga 27 memiliki ketebalan sekitar 2 m. Kemudian pada gambar 4.10 lapisan tersaturasi air terletak pada posisi elektroda 5 hingga 7, 10 hingga 16, dan 18 hingga 21, yang semuanya tampak di permukaan. Lapisan tersaturasi air yang cukup signifikan yaitu pada posisi elektroda 10 hingga 16 yang memiliki ketebalan sekitar 3 m.



Gambar 4.9 Lintasan 5 atas



Gambar 4.10 Lintasan 5 bawah

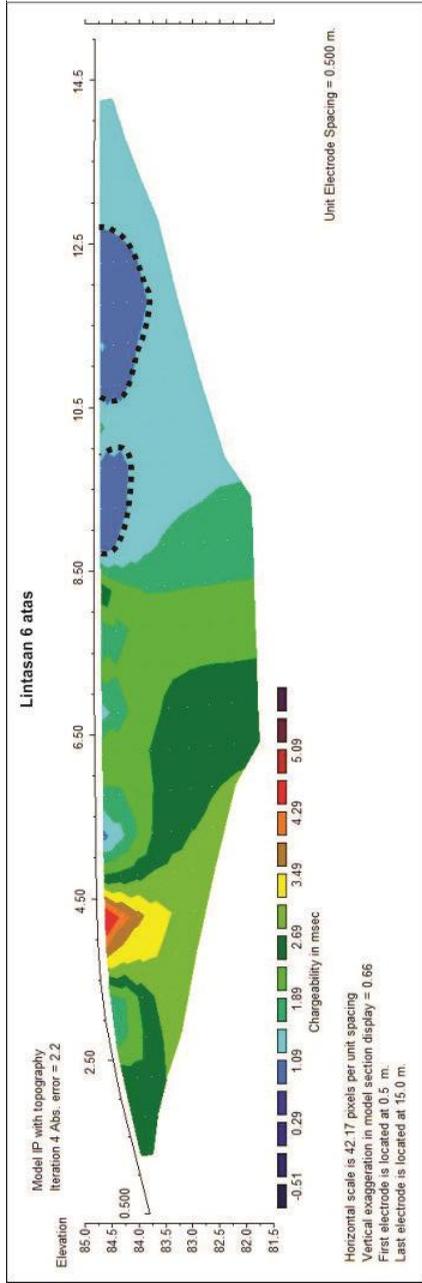
## 6. Lintasan 6

Lintasan 6 terbagi menjadi dua lintasan yang dipisahkan oleh jalan raya, yaitu lintasan 6 atas dan lintasan 6 bawah. Lintasan 6 atas terletak pada koordinat 657757 mT 9101525 mU sampai 657742,86 mT 9101527,95 mU dan membentang pada arah barat - timur. Lintasan 6 bawah terletak pada koordinat 657757 mT 9101525 mU sampai 657736,13 mT 9101530,04 mU dan membentang pada arah barat – timur. Panjang lintasan 6 atas adalah 14,5 m dengan spasi elektroda 0,5 m, sedangkan lintasan 5 bawah memiliki panjang 14,5 m dengan spasi elektroda 0,5 m. Kondisi saat pengambilan data adalah mendung dan telah terjadi hujan di hari sebelumnya dengan curah hujan 9,5 ml. Penampang model 2D lintasan 5 atas dan bawah ditunjukkan seperti gambar 4.11 dan 4.12.

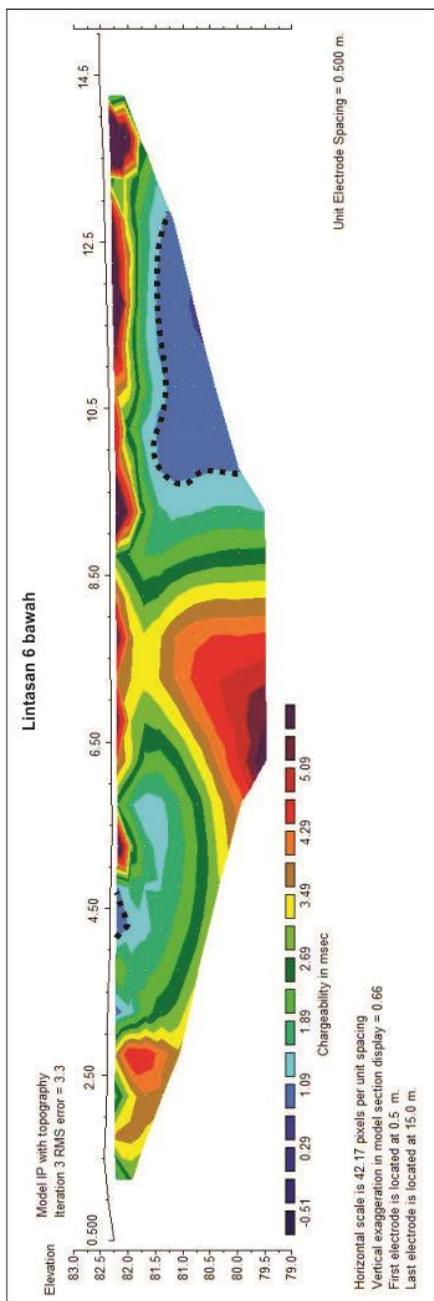
Kedua gambar tersebut memperlihatkan penampang 2D bawah permukaan sepanjang lintasan 6. Lintasan 6 atas memiliki ketinggian rata-rata adalah 84,75 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 3,25 m. Sedangkan lintasan 6 bawah memiliki ketinggian rata-rata adalah 82,5 mdpl dan kedalaman yang dicapai adalah sekitar 3 m. Kedua lintasan memiliki rentangan nilai *chargeability* dari -0,51 hingga 5,09 ms. Lintasan 6 atas memiliki persentase kesalahan 2,2 % setelah dilakukan iterasi sebanyak 4 kali, sehingga menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 97,8 %. Lintasan 6 bawah memiliki presentase kesalahan 3,3 % setelah dilakukan iterasi 3 kali, sehingga menunjukkan bahwa tingkat keakuratan hasil penelitian sekitar 96,7 %.

Lintasan 6 diidentifikasi memiliki 3 jenis litologi batuan penyusun. Seluruh rentang nilai *chargeability* pada hasil inversi ini diidentifikasi sebagai kelompok lanau - lempung, hal ini didasarkan pada data hasil pengeboran yang dilakukan di sekitar area pengukuran sedalam 20 m. Namun yang membedakan disini adalah sifat fisis dari lanau maupun lempung tersebut.

Nilai *chargeability* dengan rentang -0,51 hingga 1,09 ms diidentifikasi sebagai zona tersaturasi air yang menjadi target pengukuran dengan jenis litologi pasir kelanauan yang bercampur dengan air. Nilai *chargeability* dengan rentang 1,09 hingga 3,49 ms diidentifikasi sebagai pasir kelanauan. Lapisan dengan nilai *chargeability* lebih dari 3,49 juga diidentifikasi sebagai lapisan pasir kelanauan namun dengan nilai derajat saturasi (Sr) yang lebih kecil. Pada gambar 4.11 tampak bahwa lapisan tersaturasi air ditunjukkan dengan warna biru tua yang ditunjukkan dengan garis hitam putus-putus dan terletak pada posisi elektroda 17 hingga 20 dan 21 hingga 25 yang terdapat di permukaan. Lapisan tersaturasi air tersebut memiliki ketebalan sekitar 1 m. Kemudian pada gambar 4.12 lapisan tersaturasi air terletak pada posisi elektroda 9 dan 19 hingga 26. Lapisan tersaturasi air yang cukup signifikan yaitu pada posisi elektroda 19 hingga 26 yang memiliki ketebalan sekitar 2 m dan terletak 2 m di bawah permukaan.



Gambar 4.11 Lintasan 6 atas



Gambar 4.12 Lintasan 6 bawah

#### 4.4 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi zona tersaturasi air pada salah satu titik bekas longsor yang telah memiliki sejarah kelongsoran tiga kali di Desa Olak Alen. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode Polarisasi Terinduksi (IP) domain waktu konfigurasi Wenner-Schlumberger. Hasil akhir dari pengukuran ini berupa penampang bawah permukaan yang merupakan fungsi dari *chargeability* dan kedalaman. Gabungan semua hasil pengukuran ditunjukkan seperti pada gambar 4.13. Interpretasi terhadap gambar tersebut ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 4.1 Pembagian Jenis Litologi

Nilai	Litologi	Warna
< 1.09 ms	Pasir kelanauan (zona tersaturasi air)	Biru
1.09 - 3.49 ms	Pasir kelanauan	Hijau
> 3.49 ms	Pasir kelanauan (kadar air paling kecil)	Merah

Pada tabel di atas tampak bahwa semua jenis litologi adalah dalam lingkup lempung - lanau. Sebab nilai *chargeability* maksimum yang diperoleh adalah sekitar 5,89 ms. Sehingga seluruhnya masih dalam lingkup lempung – lanau. Hal ini didasarkan pada penelitian dengan metode IP domain waktu yang telah dilakukan di daerah TPA (Tempat Pembuangan Akhir) di Hørløkke, Denmark, untuk memetakan endapan sampah dan membedakan unit geologi yang penting yang mengontrol hidrologi di sekitar area. Diketahui bahwa endapan sampah dan lempung memiliki tanda yang jelas dalam data TDIP, sehingga memungkinkan untuk meningkatkan resolusi dari struktur geologi. Hasil inversi menunjukkan bahwa lapisan dengan nilai *chargeability* < 10 mV/V diinterpretasikan sebagai lapisan *clay soil* sedangkan lapisan dengan nilai *chargeability* > 1000 mV/V merupakan endapan sampah. Hasil ini sesuai dengan data bor yang di ambil di lokasi penelitian. (Gazoty, 2012).

Kemudian nilai *chargeability* lebih kecil dari 1,09 ms didefinisikan sebagai lapisan lanau yang tersaturasi air. Hal ini didasarkan pada beberapa penelitian. Pertama, penelitian yang dilakukan di daerah longsor pada lingkungan *clay-rich*, yaitu di Perancis, La Valette di South East Alps dan Lodève di batas selatan dari Massif Central Massif. Berdasarkan penelitian, IP memiliki respon yang kuat terhadap mineral *clay*. Metode ini dapat menjelaskan delineasi struktur dan heterogenitas sirkulasi aliran air pada longsor lempungan. Mineral kaya lempung ditunjukkan dengan respon IP yang rendah pada bidang longsor (Gallistl, 2017).

Kedua, penggunaan metode IP dalam kasus kelongsoran telah dilakukan oleh *Federal Land Highway* (FLH) pada tahun 2011. Penelitian ini dilakukan di daerah longsor East Fork, Colorado, USA. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat anomali nilai *chargeability* yang rendah ( $< 1$  ms) dan diinterpretasikan sebagai *slidemass*. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa metode IP dapat digunakan untuk mengidentifikasi material *slidemass* pada daerah longsor yang tanahnya memiliki kandungan *clay* yang cukup tinggi. (Sirles, 2011).

Ketiga, penelitian dengan metode IP domain waktu juga dilakukan ketika acara Workshop IP International ke-3 di Ile d'Oléron pada April 2014, menunjukkan bahwa nilai *chargeability* yang negatif atau kecil disebabkan oleh adanya lapisan tipis yang *chargeable* di permukaan. Lapisan *chargeable* ini merupakan litologi *soft clay* atau lempung yang bercampur dengan air (Dahlin, 2015).

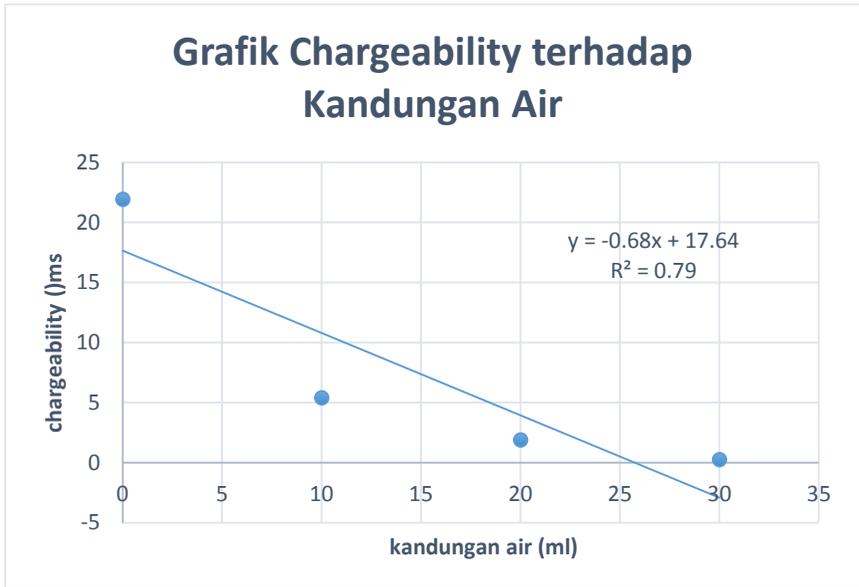
Kemudian nilai *chargeability* 1,09 – 3,49 ms didefinisikan sebagai lempung kelanauan dan *chargeability*  $> 3,49$  ms didefinisikan sebagai lempung yang cenderung kering. Hal ini didasarkan pada penelitian dengan metode IP domain waktu dan domain frekuensi telah dilakukan di Tournemire Underground Research Laboratory (URL, Aveyron, France), untuk mengidentifikasi adanya rekahan (*cracks*) yang berhubungan dengan tektonik. Dari penelitian ini diketahui bahwa *crack* yang terisi oleh udara berupa *drying clay rock* memiliki *chargeability*  $< 4$  mV/V. Selain itu disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *chargeability* maka saturasi air akan semakin menurun. (Okay, 2013)

Selain itu untuk memvalidasi perubahan nilai *chargeability* terhadap kandungan air pada suatu medium, maka dilakukan percobaan skala laboratorium. Medium yang digunakan dalam percobaan ini adalah pasir dengan variasi kandungan air sebesar 0 ml (keadaan kering), 10 ml, 20 ml, dan 30 ml. Masing-masing variasi kandungan air dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali guna memperoleh nilai rata-rata yang lebih presisi. Data nilai *chargeability* yang diperoleh ditunjukkan seperti tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil percobaan skala laboratorium

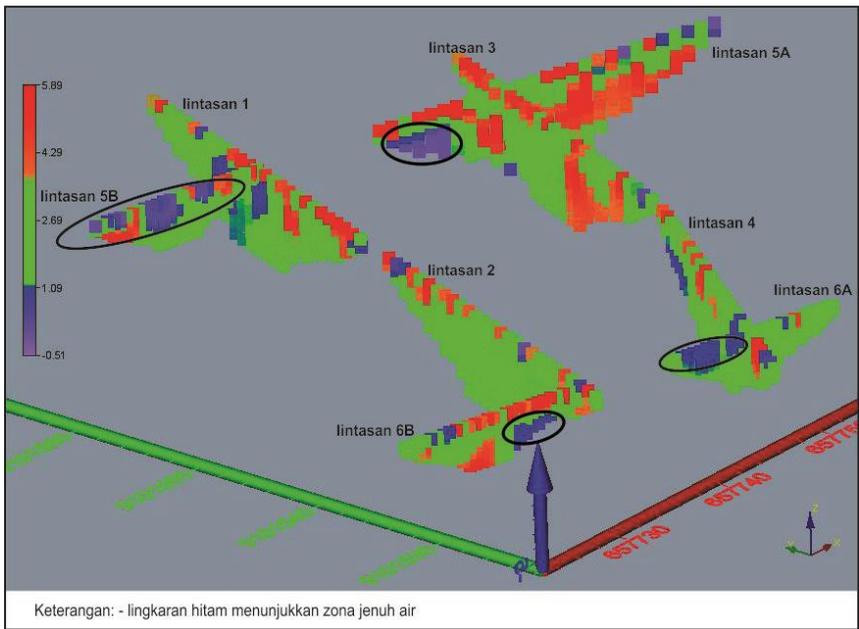
Kandungan air (ml)	<i>Chargeability</i> (ms)
0	21.92
10	5.39
20	1.88
30	0.24

Dan berikut adalah grafik yang menunjukkan hasil pengukuran dalam skala laboratorium.

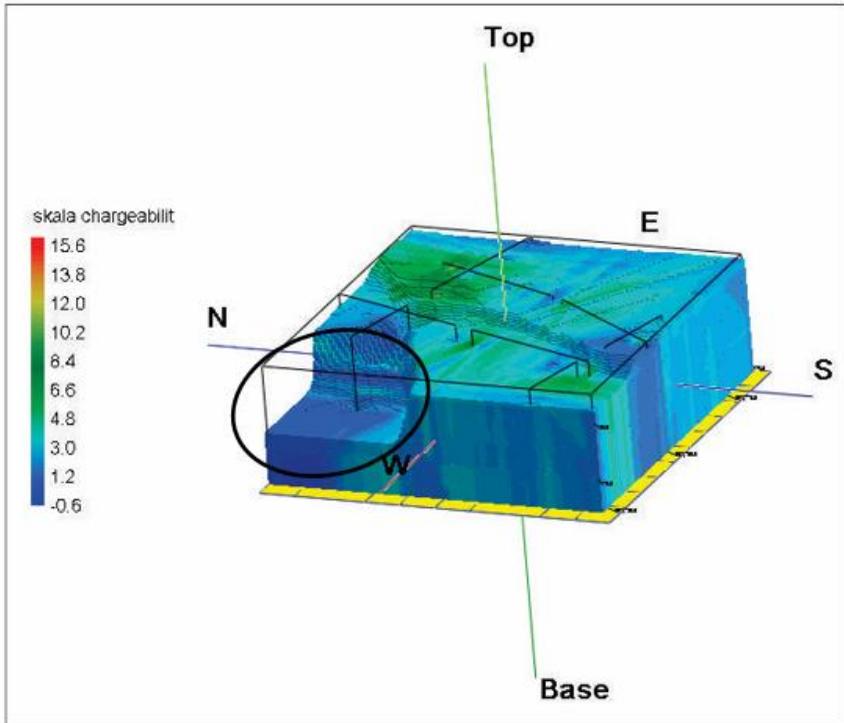


Gambar 4.13 Grafik variasi perubahan nilai *chargeability* terhadap variasi kandungan air

Pada grafik di atas tampak bahwa semakin besar kandungan air maka nilai *chargeability* semakin kecil. Hal ini ditunjukkan dengan garis linier yang miring ke kiri dan memiliki gradien negatif yaitu  $-0,68$  dan nilai koefisien korelasi sebesar  $0,79$  yang mana nilai ini menunjukkan korelasi antar data yang semakin baik ketika nilainya mendekati 1. Keadaan ini disebabkan oleh bahwa semakin banyak kandungan air maka medium tersebut akan semakin bersifat sebagai konduktor bukan sebagai kapasitor. Hasil dari percobaan laboratorium sesuai dengan berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya seperti yang telah dijelaskan di atas. Sehingga hasil percobaan skala lab ini dapat menjadi data penunjang dalam melakukan interpretasi terhadap data IP yang diambil dari lapangan longsor.



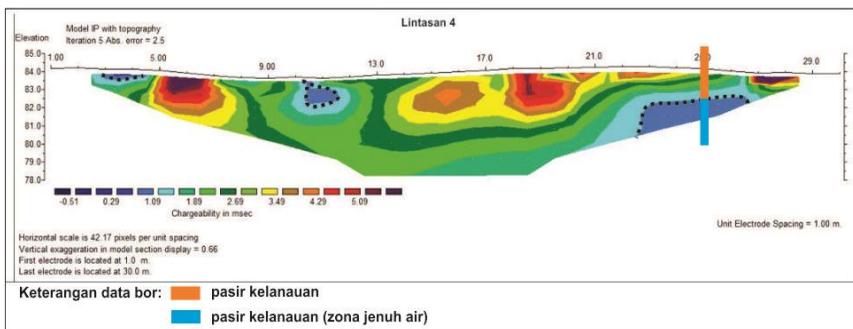
Gambar 4.14 Tampilan 2D gabungan semua lintasan



Gambar 4.15 Tampilan 3D gabungan semua lintasan

Gambar di atas merupakan tampilan 2D dan 3D gabungan dari semua hasil penampang bawah permukaan pada lintasan pengukuran. Dari kedua gambar tersebut terdapat kecocokan yaitu lapisan tersaturasi air yang ditunjukkan dengan lingkaran warna hitam dominan terletak di lintasan 5B yaitu lintasan yang berada tepat di samping lereng yang mengalami longsor. Lintasan 5B ini juga searah dengan bidang longsor. Secara umum seluruh penampang menunjukkan litologi jenis lempung-lanau dan lapisan ini merupakan endapan vulkanik, mengingat geologi daerah penelitian merupakan endapan Gunung Butak (lihat gambar 2.1). Hanya saja, disini terdapat perbedaan sifat-sifat fisis pada rentang interpretasi tertentu.

Berikut adalah pemaparan sifat-sifat fisis pada tiap-tiap interpretasi yang diperoleh dari data hasil bor di lokasi penelitian. Data bor diambil di atas lintasan 4 yang ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 4.16 Letak titik bor pada lintasan 4 tepatnya pada posisi elektroda ke-25

Tabel 4.3 Sifat fisis pada masing-masing interpretasi

Parameter	Interpretasi 1	Interpretasi 2	Interpretasi 3
Chargeability (ms)	-0,51 s.d 1,09	1,09 s.d 3,49	3,49 s.d 5,09
Deskripsi	Pasir kelanauan (zona tersaturasi air)	Pasir kelanauan	Pasir kelanauan (kadar air lebih kecil)
Warna	Biru	Hijau	Merah
Keadaan tanah	Medium dense	Loose	Dense
Kandungan clay (%)	0,72	1,06	-
Derajat saturasi (%)	99	98	< 98
Kadar air (%)	76,45	53,7	< 53,7
Porositas	0,994	0,992	< 0,992
Berat volume kering (gr/cm <sup>3</sup> )	0,74	0,94	> 0,94

Dengan asumsi bahwa kondisi tanah saat pengambilan data IP dan data bor tidak jauh berbeda maka diperoleh nilai parameter-parameter fisis pada rentang tertentu seperti pada tabel 4.3. Nilai dari parameter fisis ini selanjutnya dijadikan acuan untuk menjelaskan kondisi tanah serta kronologi longsor yang terjadi di daerah penelitian.

Pengukuran yang dilakukan tepat di samping lereng yang mengalami longsor adalah lintasan 5B. Sehingga tampak pada gambar 4.14 bahwa zona tersaturasi air paling banyak terdapat pada lintasan 5 yang ditunjukkan oleh lingkaran hitam. Zona tersaturasi air merupakan suatu zona di bawah permukaan yang memiliki konsentrasi air yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan

lainnya dan sukar untuk meloloskan air. Air yang berada di zona ini merupakan air tanah yang berasal dari air meteorik yang masuk ke permukaan tanah melalui pori-pori batuan kemudian tersimpan di bawah permukaan. Adapun faktor yang mempengaruhi tersebarnya zona tersaturasi air di suatu daerah adalah kondisi litologi dan curah hujan dari daerah tersebut.

Berdasarkan tabel 4.3, zona tersaturasi air memiliki nilai derajat saturasi dan kadar air paling tinggi dibandingkan dengan lapisan-lapisan lain, yaitu derajat saturasi 99 % dan kadar air 76,45 %. Derajat saturasi merupakan banyaknya volume air yang menempati pori-pori batuan atau perbandingan volume air ( $V_w$ ) dengan volume total rongga pori tanah ( $V_v$ ).

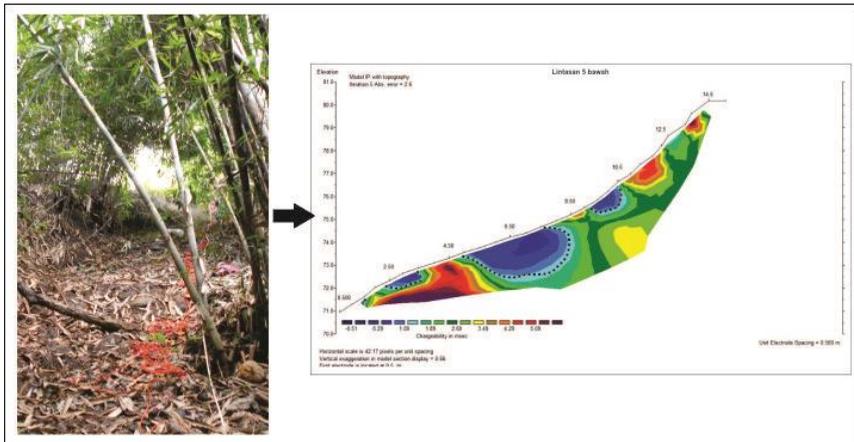
Sedangkan kadar air merupakan perbandingan berat air dengan berat butir pada suatu lapisan tanah. Sehingga nilai derajat saturasi maupun kadar air yang tinggi menunjukkan kandungan air yang tinggi pada suatu lapisan tanah. Hal ini sesuai dengan lapisan yang diidentifikasi sebagai zona tersaturasi air pada daerah penelitian.

Selain nilai derajat saturasi dan kadar air, zona tersaturasi air ini juga ditunjukkan dengan nilai porositas yang tinggi, 0,994 dan berat volume butir yang rendah, 0,74 gr/cm<sup>3</sup> dibandingkan dengan lapisan lainnya. Nilai porositas yang tinggi menunjukkan banyaknya pori-pori pada suatu lapisan tanah yang memungkinkan untuk terisi oleh air. Porositas ( $n$ ) merupakan perbandingan antara volume rongga ( $V_v$ ) dengan volume total ( $V$ ).

Sedangkan nilai berat volume kering menunjukkan berat butiran tiap satuan volume tanah. Berat volume kering ( $\gamma_d$ ) adalah perbandingan antara berat butiran ( $W_s$ ) dengan volume total ( $V$ ) tanah. Sehingga semakin kecil nilai berat volume kering, artinya semakin sedikit butiran yang mengisi pada volume tersebut dan memungkinkan pori batuan tersebut terisi oleh air.

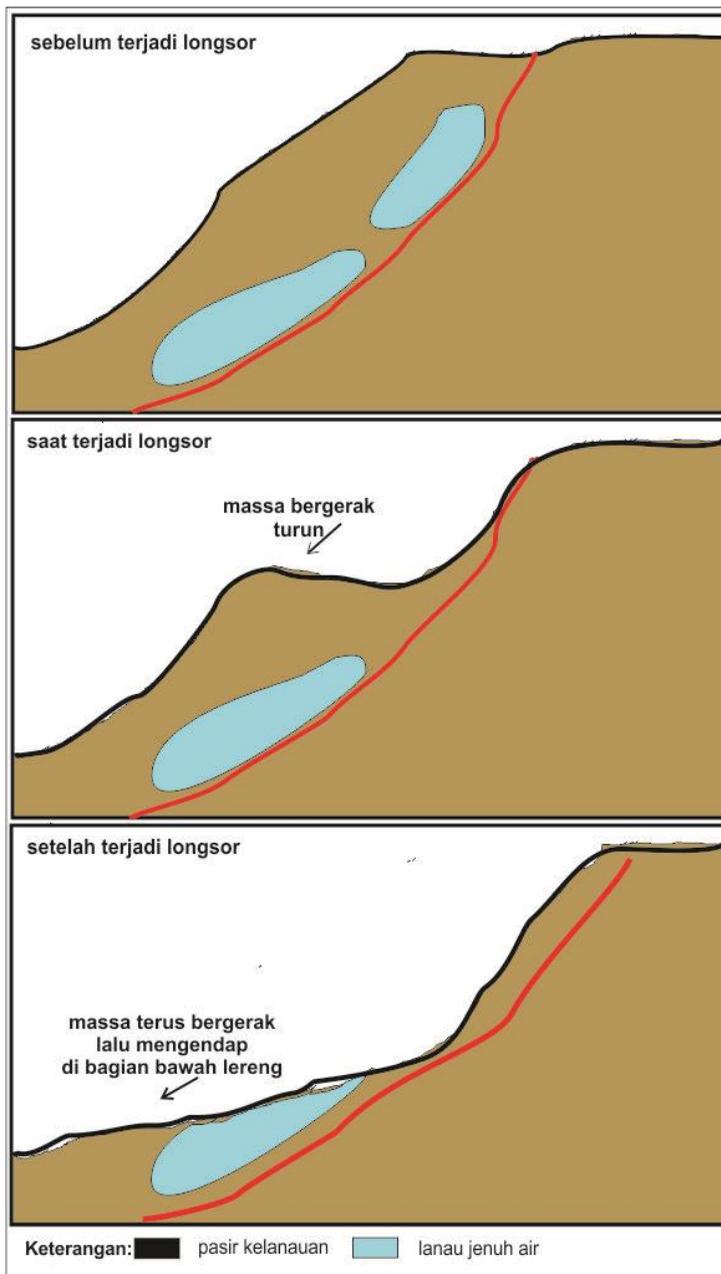
Longsor di daerah penelitian tergolong longsor translasi, yaitu Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir yang berbentuk rata atau menggelombang landai. Jenis longsor ini paling banyak terjadi di Indonesia. Kronologi longsor yang terjadi di daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 4.17. Bidang gelincir pada kasus longsor ini terletak di bawah zona tersaturasi air sebab tanah di lokasi penelitian ini merupakan tanah residual yang memiliki muka air tanah yang cukup dalam (lebih dari 20 m). Muka air tanah ini dapat diketahui melalui data bor. Bidang gelincir ini terletak pada zona yang memiliki derajat saturasi mendekati 100 %.

Pada awalnya tanah berada dalam kondisi stabil. Berdasarkan penampang bawah permukaan lintasan 5B, tampak bahwa lapisan tersaturasi air berada di permukaan, yang mana ini merupakan kondisi setelah terjadi longsor. Sehingga dapat diprediksikan bahwa sebelum terjadinya longsor terdapat lapisan penutup yang juga berupa lapisan pasir kelanauan yang berada di atas lapisan tersaturasi air tersebut, sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 4.18.



Gambar 4.17 Kondisi real lapangan dan penampang bawah permukaan di sepanjang lintasan 5B

Ketika hujan turun maka sebagian air hujan akan mengalir di permukaan (*run off*) dan sebagian lagi akan meresap ke dalam tanah. Hal ini didukung oleh kemampuan infiltrasi suatu lapisan. Infiltrasi merupakan proses masuknya air hujan ke permukaan tanah melalui pori-pori tanah. Lapisan yang terletak di permukaan ini diperkirakan memiliki laju infiltrasi yang cukup tinggi, sebab lapisan ini mampu meloloskan air ke lapisan di bawahnya. Selain melalui pori pada lapisan pasir kelanauan, air juga dapat meresap melalui rekahan-rekahan yang terbentuk di dalam maupun di permukaan tanah, seperti yang ditunjukkan gambar 4.19.



Gambar 4.18 Proses terjadinya longsor di daerah penelitian

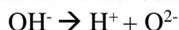


Gambar 4.19 Salah satu rekahan yang nampak di permukaan

Kemudian ketika air sampai pada lapisan kedap air maka air akan terakumulasi di dalamnya. Lapisan ini diperkirakan memiliki laju infiltrasi yang lebih kecil, sehingga pada lapisan ini terbentuk zona tersaturasi air. Pada tanah ini biasanya porositasnya tinggi yaitu  $> 60\%$ , tetapi sebagian besar pori berukuran kecil. Sehingga ketika air masuk ke dalam lapisan ini, maka air akan terakumulasi dan akan menjadi tersaturasi air. Lapisan ini memiliki kandungan lempung sekitar  $0,72\%$ .

Akumulasi air dalam tanah yang mengandung lempung disebabkan oleh kemudahan dari lempung tersebut untuk menarik ion-ion yang berasal dari air. Sebab partikel-partikel lempung memiliki muatan listrik negatif pada permukaannya. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

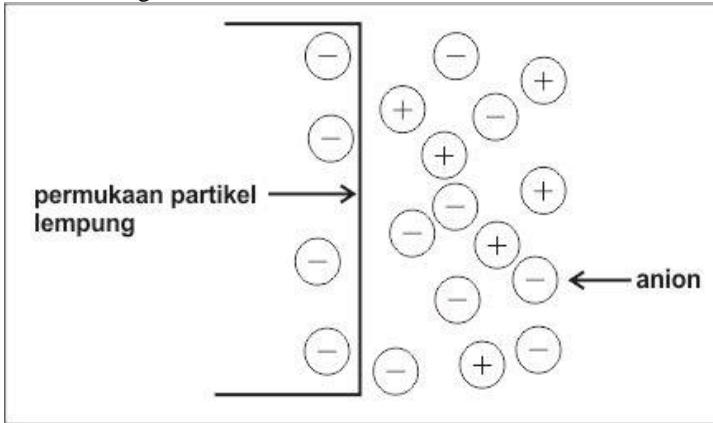
1. Kelebihan muatan negatif pada ujung-ujung patahan kristal baik pada Si-tetrahedron maupun Al-oktahedron.
2. Disosiasi  $H^+$  dari gugus  $OH^-$  yang terdapat pada tepi atau ujung kristal. Pada pH rendah (asam) ion  $H^+$  terikat erat tetapi bila pH naik, Ion  $H^+$  menjadi mudah lepas sehingga muatan unsur meningkat, muatan ini disebut muatan tergantung pH. Lepasnya ion  $H^+$  dari gugus  $OH^-$  ditunjukkan oleh persamaan reaksi berikut.



3. Substitusi isomorfik, yaitu penggantian kation dalam struktur kristal oleh kation lain yang mempunyai ukuran yang sama dengan muatan

(valensi) berbeda. Pada umumnya kation yang menggantikan mempunyai valensi lebih rendah daripada yang digantikannya. Misalnya unsur  $Mg^{2+}$  menggantikan  $Al^{3+}$  dalam Al-oktahedron atau  $Al^{3+}$  menggantikan  $Si^{4+}$  dalam Si-tetrahedron. Sehingga terjadi kelebihan muatan unsur pada partikel lempung.

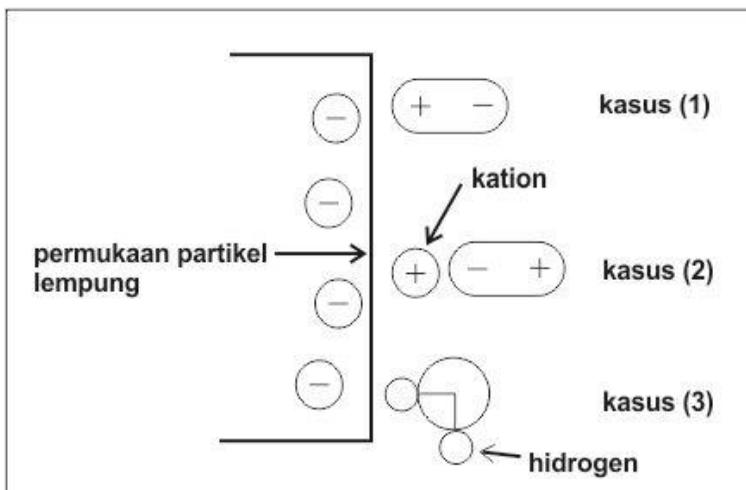
Ketika air ditambahkan ke dalam tanah lempung maka kation-kation dan anion-anionnya akan mengapung di sekitar partikel lempung, seperti yang diilustrasikan oleh gambar berikut.



Gambar 4.20 Kation dan anion air di sekitar partikel lanau

Molekul air merupakan molekul yang dipolar, yaitu atom hidrogen yang tidak tersusun simetri di sekitar atom-atom oksigen. Hal ini berarti bahwa satu molekul air merupakan batang yang mempunyai muatan positif dan negatif pada ujung yang berlawanan atau dipolar (dibel kutub).

Interaksi antara molekul-molekul air dengan partikel lempung dapat melalui tiga proses. **Pertama**, kutub positif molekul dipolar air akan saling tarik-menarik dengan muatan negatif permukaan partikel lempung. **Kedua**, penarikan molekul air oleh muatan negatif permukaan lempung secara berantai melalui kation yang mengapung dalam larutan air. **Proses ketiga**, molekul air diikat oleh partikel lempung melalui ikatan Hidrogen. Hidrogen air ditarik oksigen atau hidroksil lain yang ada pada permukaan partikel lempung. Faktor paling dominan adalah proses ikatan hidrogen.

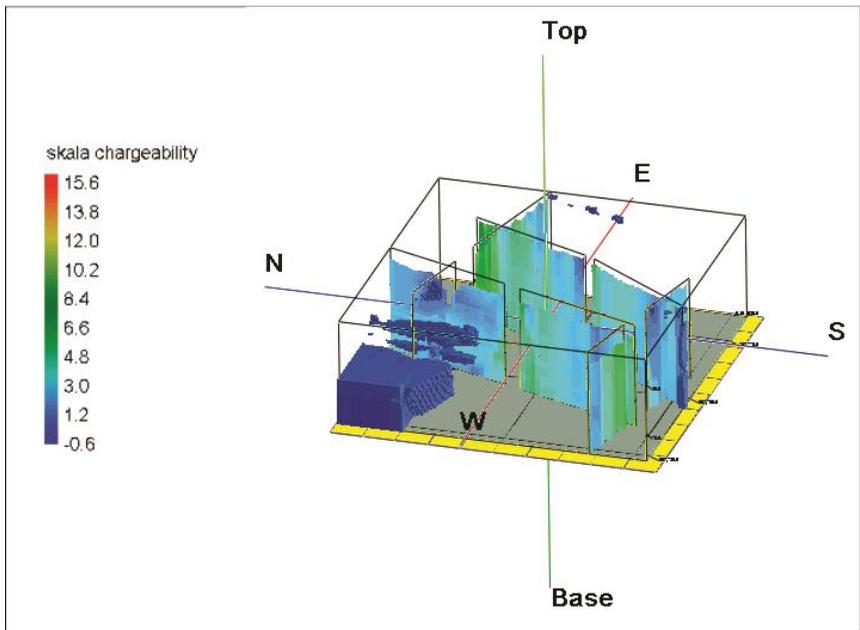


Gambar 4.21 Molekul air dipolar dalam lapisan ganda

Seiring dengan adanya intensitas hujan yang terus menerus, maka lapisan tersaturasi air ini akan menjadi semakin jenuh. Kondisi tersebut sangat berpotensi terjadi longsoran dikarenakan batuan alluvium seperti lempung dan pasir sangat mudah dalam menyerap air yang dapat mengakibatkan batuan tersebut menjadi lunak, yang berpengaruh pada kestabilan tanah.

Lapisan tersaturasi air ini akan mempengaruhi kestabilan tanah yang ada di atasnya. Ketika lapisan tersaturasi air tidak mampu lagi menahan beban yang ada di atasnya maka lapisan tersebut akan amblas ke bawah dengan bidang gelincir di bawah zona tersaturasi air yang kemudian turunnya tanah ini dikenal sebagai bencana tanah longsor, sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 4.18 bagian saat dan setelah terjadi longsor.

Pada lintasan 5B tampak lapisan tersaturasi air dominan berada di bawah permukaan. Hal ini menjadi petunjuk bahwa sebelum terjadi longsor terdapat lapisan tanah di atas lapisan tersaturasi air. Namun saat ini lapisan tersebut sudah hilang akibat longsoran. Pada saat musim hujan diketahui lereng di lokasi penelitian dalam kondisi aman yaitu tidak terjadi longsor dan volume dari zona tersaturasi air ini adalah  $2460,06 \text{ m}^3$  (3,16% dari volume keseluruhan). Sehingga dapat diperkirakan bahwa lereng tersebut akan mengalami longsor jika volume zona tersaturasi air lebih dari 3,16 % dan juga didukung oleh faktor-faktor lain seperti tingginya curah hujan. Zona tersaturasi air pada lokasi penelitian ditunjukkan oleh gambar 4.22 berikut.



Gambar 4.22 Tampilan zona tersaturasi air dalam bentuk 3D pada lokasi penelitian

HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Zona tersaturasi air pada daerah longsor di Desar Olak Alen, Blitar ditunjukkan dengan respon *chargeability* -0,51 hingga 1,09 ms. Zona ini merupakan lanau yang memiliki nilai derajat saturasi 0,99 dan kadar air 76,45 %. Dan pada lintasan 5B zona tersaturasi air terletak di permukaan dengan ketebalan sekitar 3 m.
2. Pada tanah residual, bidang gelincir terletak pada zona dengan nilai derajat saturasi mendekati 100 %. Adanya zona tersaturasi air pada lereng pada kedalaman sekitar 2 m dengan volume lebih dari 3,16 % dapat mengganggu kestabilan tanah, dan akan longsor ketika zona tersaturasi air ini tidak mampu lagi menahan beban massa yang ada di atasnya.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat dilakukan untuk tindak lanjut dari penelitian ini antara lain.

1. Pengukuran dilakukan di daerah yang lebih luas, misalnya di area pemukiman warga yang dekat dengan lereng. Hal ini dapat berguna untuk mengetahui apakah pemukiman tersebut berada di titik aman atau tidak.

HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A. 2012. *Pemetaan Daerah Rawan Longsor Di Lahan Pertanian Kecamatan Sinjai Barat Kabupaten Sinjai*. Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanudin Makassar.
- Bemmelen, van, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Martinus Nyhoff. The Haque, Nederland.
- BPBD Blitar. 2015. *Rekapitulasi Kejadian Bencana Kabupaten Blitar Tahun 2015*. [www.bpbdkabblitar.info](http://www.bpbdkabblitar.info), diakses pada tanggal 17 Februari 2017.
- Dahlin, T. dan M.H. Loke. 2015. *Negative Apparent Chargeability in Time-Domain Induced Polarisation Data*. Journal of Applied Geophysics 123 (2015) 322–332.
- Gallistl, Jacob, dkk. 2017. *Induced Polarization (IP) Imaging for the Improved Characterization of Clay-Rich Landslides*. EGU General Assembly Vol. 19, EGU2017-6441, 2017
- Gazoty, A., dkk. 2012. *Application of Domain waktu Polarisasi terinduksi to the Mapping of Lithotypes in a Landfill Site*. Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 1793–1804, 2012.
- Grandis, Hendra. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Laksono, P.B., 2007. *Geologi dan petrogenesa batuan vulkanik Formasi Kebo-Butak, daerah Trembono dan sekitarnya, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi S1, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta, 80h.
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Diunduh dari: [www.geometrics.com](http://www.geometrics.com)
- Mochtar, Indrasurya B. 2010. *Masalah Pergerakan Tanah dan Turap Baja di Lereng Tebing Dekat Gedung Squash, Kota Balikpapan*. Laporan Penyelidikan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat LPPM ITS untuk Pemda Kota Balikpapan.
- Mochtar, Indrasurya B., 2011. *Investigasi Longsoran Bagian Belakang Kantor Walikota Kota Bontang, Kalimantan Timur*. Laporan Penyelidikan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat LPPM, ITS untuk Pemda kota Bontang.
- Naryanto, H.S. 2011. *Analisis Kondisi Bawah Permukaan Dan Resiko Bencana Tanah Longsor Untuk Arahan Penataan Kawasan Desa Tengkluk*

*Keamatan Tawangmangu Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia.*

- Okay, G., dkk. 2011. *Localization and Characterization of Cracks in Clay-Rocks Using Frequency and Time-Domain Polarisasi terinduksi*. European Association of Geoscientist and Engineers (EAGE) Geophysical Prospecting, 2013, 61, 134–152.
- Pringgoprawiro, H. 1983. *Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara: Suatu Pendekatan Baru*. Disertasi Doktor. ITB, Bandung (tidak diterbitkan).
- Priyantari, N. dan C. Wahyono. 2005. *Penentuan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi (Determination Of Slip Surface Based On Geoelectricity Properties)*.
- Supeno, Nurul, P., Gusfan, H. 2008. *Penentuan Struktur Bawah Permukaan Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Interpretasi Data Resistivitas*. Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember.
- W. M. Telford, L. P. Geldart, dan R. E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University: Press New York.
- Hardiyatmo, H.C. 2012. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Rahmawati, Arifah. 2009. *Pendugaan bidang gelincir tanah longsor berdasarkan sifat kelistrikan bumi dengan aplikasi geolistrik metode tahanan jenis konfigurasi schlumberger (Studi Kasus di Daerah Karangasambung dan Sekitarnya, Kabupaten Kebumen)*. Skripsi.Semarang : Fakultas FMIPA Unnes
- Sirles, Phil., James Schofield, dan David Butler. 2011. *Polarisasi terinduksi and Seismic 3D Imaging of Landslides*. Federal Land Highway (FLH) Publication No. FHWA-CFL/TD-11-006.
- Smyth, H., Hall, R., Hamilton, J., Kinny, P. 2005. *East Java: Cenozoic Basins Volcanoes and Ancient Basement*. Indonesian Petroleum Association, Proceedings 30<sup>th</sup> Annual Convention. Jakarta, 251-266. Vernes. 1978. *Slope movement types and processes*. In: Schuster RL, Krizek RJ (eds) Landslides, analysis and control, special report 176: Transportation research board, National Academy of Sciences, Washington, DC., pp. 11.

## LAMPIRAN

### Spesifikasi alat

- Receiver Part

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

- Transmitter Part

PARAMETER	TECHNCAL 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

- Multi – Channel

<b>PARAMETER</b>	<b>TECHNICAL DATA</b>
Total number of conversion the electrode	60 channels
Electode distance interval coffisient 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 $\Omega$
Withstanding voltage	500V dc
Insulation property	500 M $\Omega$
Operating temperature of whole unit	- 10 $^{\circ}$ C ~ +50 $^{\circ}$ 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)

Foto ketika pengambilan data





## BIODATA PENULIS



Penulis yang akrab dengan sapaan Farida, lahir di Probolinggo pada 3 Juni 1995. Pendidikan dasar hingga menengah atas, penulis tempuh di kota kelahirannya. Kemudian penulis menyelesaikan studi pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan jurusan teknik geofisika. Selama perkuliahan penulis tidak hanya aktif dalam perkuliahan, tetapi penulis juga mengasah kemampuan *soft skill* di luar perkuliahan. Salah satu bidang yang sangat diminati adalah kerohanian dan jurnalistik. Di bidang kerohanian, penulis aktif di JMMI ITS.

Sedangkan di bidang jurnalistik, penulis aktif membuat tulisan berupa opini maupun artikel ilmiah. Beberapa tulisannya pernah dimuat di media cetak, seperti majalah media kampus. Penulis juga aktif sebagai editor dalam redaksi majalah HMGZINE (majalah yang dikeluarkan oleh Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia).

Selain itu penulis juga cukup aktif membuat karya ilmiah, tulisannya yang berjudul “*Groundwater Analysis Using Vertical Electrical Sounding and Water Quality Tester in Sukolilo Area, Surabaya, East Java: Significant Information for Groundwater and Water Resources*” pernah dipublikasikan di *The 2<sup>nd</sup> International Seminar on Science and Technology (ISST 2016)*. Sedangkan tulisannya yang berjudul “Eksplorasi Geomagnetik untuk Penentuan Keberadaan Pipa air di Bawah Permukaan” dipublikasikan di *Jurnal Geosaintek Volume 3 – Nomor 3 September – Desember 2016*.

Penulis yang memiliki hobi lari ini juga pernah memenangkan *paper competition* sebagai *1<sup>st</sup> place* dan *best output* pada acara Megathrust (*Mitigation of Earth Disaster Through Student Competition*) “*Flood Disaster*” yang diselenggarakan oleh jurusan teknik geologi, Universitas Diponegoro pada tahun 2016. Dan juga berhasil lolos sebagai *finalist* pada *poster competition* pada acara SRPC (*Student Research Poster Competition*) yang diselenggarakan oleh MGEI (Masyarakat Geologi Ekonomi Indonesia) pada tahun 2016.

Buku ini merupakan tugas akhir penulis sebagai syarat untuk memenuhi kelulusan S1. Jika ingin mengetahui lebih lanjut terkait tugas akhir ini dapat menghubungi penulis via email [hasibatulfarida@gmail.com](mailto:hasibatulfarida@gmail.com).