

**STUDI BIDANG GELINCIR SEBAGAI LANGKAH AWAL
MITIGASI BENCANA LONGSOR DI KAMPUNG LEDOK
KECAMATAN SUMBERPUCUNG KABUPATEN MALANG
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI
DIPOL-DIPOL**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

MUSLIHUDIN

0910933016-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI BIDANG GELINCIR SEBAGAI LANGKAH AWAL
MITIGASI BENCANA LONGSOR DI KAMPUNG LEDOK
KECAMATAN SUMBERPUCUNG KABUPATEN MALANG
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI
DIPOL-DIPOL**

Oleh :

MUSLIHUDIN
0910933016-93

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal _____
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Pemimbing I

Pembimbing II

Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D
NIP. 196312271991031002

Drs. A. M. Juwono, M.Sc.
NIP.196004211988021001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D
NIP. 196312271991031002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : MUSLIHUDIN

NIM : 0910933016

Jurusan : FISIKA

Penulis Tugas Akhir berjudul :

STUDI BIDANG GELINCIR SEBAGAI LANGKAH AWAL MITIGASI BENCANA LONGSOR DI KAMPUNG LEDOK KECAMATAN SUMBERPUCUNG KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOL-DIPOL

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam daftar pustaka TA ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi TA saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Januari 2014

Yang menyatakan,

(MUSLIHUDIN)

NIM. 0910933016

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



STUDI BIDANG GELINCIR SEBAGAI LANGKAH AWAL MITIGASI BENCANA LONGSOR DI KAMPUNG LEDOK KECAMATAN SUMBERPUCUNG KABUPATEN MALANG MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOL-DIPOL

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian terhadap keberadaan bidang gelincir di Kampung Ledok Sumberpucung-Malang. Letak bidang gelincir diidentifikasi dengan menggunakan metode resistivitas. Dalam penelitian ini, pengukuran resistivitas bawah permukaan dilakukan menggunakan konfigurasi dipol-dipol. Pengukuran dilakukan pada 5 lintasan berbeda dengan panjang bentangan lintasan 1 sepanjang 200 m, lintasan 2, lintasan 3, lintasan 4, dan lintasan 5 sepanjang 150 m, dengan jarak antar elektroda adalah sejauh 10 m untuk masing-masing lintasan.

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa resistivitas bidang gelincir berada pada kisaran 25 Ωm -50 Ωm yang diduga berupa lapisan lempung, dengan kemiringan bidang gelincir 8° , lapisan penutup bidang gelincir berupa lapisan tanah dan tanah berkerikil dengan ketebalan 4 m-10 m. Nilai resistivitas batuan bawah permukaan di daerah penelitian berada pada kisaran harga antara 6 Ωm hingga 731 Ωm dengan pendugaan litologi bawah permukaan yang terdiri tanah, tanah berkerikil, lempung, lempung berbatu, tuf lapili, dan endapan lava.

Kata kunci : *Kampung Ledok, Sumberpucung, bidang gelincir, geolistrik, dipol-dipol*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



STUDY OF THE SLIP SURFACE AS A FIRST STEP TOWARDS DISASTER MITIGATION AT KAMPONG LEDOK IN SUMBERPUCUNG SUB DISTRICT MALANG REGENCY USING GEOELECTRIC DIPOLE-DIPOLE CONFIGURATION

ABSTRACT

A research about slip surfaces in Kampung Ledok, Sumberpucung, Malang has been done. The locations of slip surfaces were discovered by using resistivity method. In this study, the subsurface resistivity measurement was done by utilizing dipole-dipole configuration. The measurement, was done on 5 different lines by the length of 200 m for the 1st line, and 150 m for the other lines. The distance between electrodes for each line was 10 m.

The results showed that the resistivities of the slip surfaces ranged between 25 Ωm and 50 Ωm , indicated as clay layer with 8° slope. Soil and gravel with 4 - 10 m thickness were also found on the top part of the shear surface. The resistivity values of subsurface rocks in the mentioned area ranged between 6 Ωm and 731 Ωm . The subsurface lithology on the area were estimated to be of soil, gravely soil, clay, clayey stone, tuff lapilli, and the last layer is deposition of lava.

Keywords : *Kampung Ledok, Sumberpucung, shear surface, geoelectric, dipole-dipole*



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim
Alhamdulillahrabbi'l alamin

Puji syukur atas Ridlo Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penelitian dan penulisan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Bidang Gelincir Sebagai Langkah Awal Mitigasi Bencana Longsor di Kampung Ledok Kec. Sumberpucung Kab. Malang Menggunakan Metode Geolistrik Dipol - Dipol ” dapat terselesaikan dengan baik sebagai jalan untuk mendapatkan gelar Sarjana di Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.

Penulis sadari bahwa terlaksananya penelitian dan terselesaikannya laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Muzaki dan Ibu Siti Rohmatillah sebagai orang tua dan segenap keluarga yang memberikan dukungan moral maupun spiritual yang sungguh luar biasa.
2. Istriku Liwaul Jannah dan segenap keluarga yang selalu mendukungku.
3. Bapak Adi Susilo selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya sekaligus Pembimbing I.
4. Bapak Alamsyah Mohammad Juwono selaku pembimbing II yang telah membimbing dengan tekun dan telaten.
5. Dosen-dosen dan staf Jurusan Fisika atas ilmu dan pelayanan akademis yang diberikan.
6. Pak Purnomo selaku Laboran Laboratorium Geofisika yang telah menjaga dan merawat alat-alat geofisika dengan baik.
7. A'am Saifudin, Ali Kentung, Izza Chumairoh, dan Efendi Kruger sebagai tim akuisisi data.
8. Mbak Umi Eka Sabrina yang telah memberikan fasilitas tempat dan waktu pada saat pengambilan data.
9. Sahabat-sahabatku seperjuangan di Fisika, khususnya angkatan 2009 yang selalu memberikan suasana hangat, canda dan tawa.
10. Semua pihak dan individu yang sedikit banyak telah membantu dalam terlaksananya penelitian dan penyusunan laporan.

Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan

kekurangan,. Untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan untuk perbaikan dalam penelitian-penelitian yang akan datang. Penulis berharap karya ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan kita semua.

Malang, Januari 2014

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Longsor.....	5
2.1.1 Pengertian.....	5
2.1.2 Pemicu gerakan tanah.....	6
2.2 Metode geolistrik tahanan jenis (Resistivitas).....	7
2.2.1 Sifat listrik batuan.....	9
2.2.2 Resistivitas batuan	10
2.3 Aliran listrik di dalam bumi.....	12
2.3.1 Elektrode berarus tunggal di dalam bumi.....	12
2.3.2 Elektroda berarus tunggal di permukaan bumi.....	13
2.3.3 Dua arus elektroda di permukaan bumi	14
2.4 Konfigurasi dipol-dipol	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Peralatan Penelitian	19
3.3 Prosedur Penelitian	20

3.3.1	Survei Lokasi.....	20
3.3.2	Akuisisi data	20
3.3.3	Pengolahan data.....	21
3.3.4	Interpretasi data	22
3.3.5	Skema Langkah-langkah Penelitian	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1	Hasil Penelitian.....	25
4.2	Pemodelan Penampang Resistivitas 2 Dimensi (2D)	25
4.2.1	Analisis model penampang lintasan 1	25
4.2.2	Analisis litologi lintasan 2	26
4.2.3	Analisis litologi lintasan 3	27
4.2.4	Analisis litologi lintasan 4	28
4.2.5	Analisis litologi lintasan 5	29
4.3	Interpretasi Keberadaan Bidang gelincir	30
4.3.1	Lintasan 2	30
4.3.2	Lintasan 3	31
4.3.3	Lintasan 4	32
4.3.4	Lintasan 5	33
4.3.5	Model dan tipe bidang gelincir	34
BAB V PENUTUP.....		37
5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN		41

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pembagian kemiringan lereng.	6
Tabel 2 Nilai resistivitas batuan	11
Tabel 3 Kisaran nilai resistivitas material	11
Tabel 4 Analisis lapisan tanah lintasan 1.....	26
Tabel 5 Analisis lapisan tanah lintasan 2.....	27
Tabel 6 Analisis lapisan tanah lintasan 3.....	28
Tabel 7 Analisis lapisan tanah lintasan 4.....	29
Tabel 8 Analisis lapisan tanah lintasan 5.....	30



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Silinder Konduktor	8
Gambar 2.2 Titik permukaan sumber arus yang terinjeksi pada tanah homogen (Telford, 1990).....	13
Gambar 2.3 Sumber titik arus pada permukaan sebuah medium homogen(Telford, 1990).....	14
Gambar 2.4 Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada permukaan tanah homogen isotropik pada resistivitas ρ	15
Gambar 2. 5 Konsep resistivitas semu.....	15
Gambar 2. 6 Konfigurasi dipol-dipol.....	16
Gambar 3. 1 Lokasi daerah penelitian	19
Gambar 3. 2 Peralatan akuisisi data geolistrik resistivitas.....	20
Gambar 3. 3 Posisi lintasan di daerah survei	21
Gambar 3. 4 Skema langkah-langkah dalam penelitian.	23
Gambar 4. 1 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 1.....	26
Gambar 4. 2 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 2.....	27
Gambar 4. 3 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 3.....	28
Gambar 4. 4 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 4.....	29
Gambar 4. 5 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 5.....	30
Gambar 4. 6 Pendugaan lokasi bidang gelincir pada lintasan 2	31
Gambar 4. 7 Pendugaan lokasi bidang gelincir pada lintasan 3	32
Gambar 4. 8 Pendugaan lokasi bidang gelincir pada lintasan 4	33
Gambar 4. 9 Pendugaan lokasi bidang gelincir pada lintasan 5	34
Gambar 4. 10 Model bidang gelincir	34
Gambar 4. 11 Kondisi fisik daerah penelitian	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Resistivitas Batuan.....	41
Lampiran 2 Peta Lokasi Daerah Penelitian	42
Lampiran 3 Data Hasil Akuisisi Survei Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Dipol-Dipol.....	43
Lampiran 4 Model 2D	59
Lampiran 5 Peta Geologi Lembar Malang	62
Lampiran 6 Struktur Tanah Daerah Penelitian	63



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam merupakan suatu bencana yang diakibatkan oleh peristiwa alam, yang berdasarkan penyebabnya dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu : bencana alam geologis, bencana alam klimatologis, dan bencana alam ekstraterestrial. Gerakan tanah, atau longsor, termasuk juga bencana alam. Walaupun pemicu utamanya adalah klimatologis (hujan), tetapi gejala awalnya bermula dari kondisi geologis (jenis dan karakteristik tanah). Bencana longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, yang tidak hanya menyebabkan kerugian materi, akan tetapi juga menyebabkan korban jiwa dan beban psikologis terhadap korban selamat.

Kabupaten Malang mempunyai 33 kecamatan, yang seluruhnya masuk kategori rawan bencana. Bencana tersebut di antaranya adalah banjir, puting beliung maupun longsor (tanah bergerak). Salah satu daerah yang masuk kawasan tanah bergerak adalah Kampung Ledok, Kecamatan Sumberpucung. Hal itu diakui oleh Koordinator Satuan Koordinasi dan Pelaksana (Satkorlak) penanggulangan bencana kota Malang (Wicaksono, 2009). Selain itu, bukti fisik menunjukkan bahwa rumah warga di Kampung Ledok banyak yang mengalami retakan. Begitu juga tanah dan kondisi jalannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi lebih lanjut akan kemungkinan longsor, sebagai langkah awal mitigasi pada wilayah tersebut.

Tanah longsor adalah peristiwa gerakan massa tanah, yang dapat didefinisikan sebagai perpindahan material pembentuk lereng, yang berupa batuan asli maupun bahan timbunan, yang bergerak ke arah bawah dan keluar lereng. Tanah longsor sering dikaitkan dengan datangnya musim hujan. Pada saat musim hujan air akan terakumulasi dalam lapisan tanah, yang mengakibatkan lemahnya daya ikat tanah. Salah satu faktor penyebab longsor yang sangat berpengaruh adalah bidang gelincir (*slip surface*). Hal ini karena bidang gelincir merupakan bidang yang menjadi landasan Bergeraknya massa tanah. Oleh karena itu diperlukan analisis bidang gelincir dan struktur tanah sebagai langkah awal mitigasi bencana longsor. Bidang gelincir sendiri merupakan bidang yang

kedap air dan licin yang biasanya berupa lapisan lempung (Sugito, dkk. 2010).

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk menentukan struktur lapisan tanah dan dapat digunakan untuk mendeteksi bidang gelincir adalah metode resistivitas konfigurasi dipol-dipol. Metode ini bersifat tidak merusak lingkungan, biaya relatif murah, dan mampu mendeteksi sampai kedalaman beberapa meter pada perlapisan tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana struktur pembentuk bawah tanah daerah survei berdasarkan hasil konfigurasi dipol-dipol?
- b. Apakah dalam struktur tanah daerah survei terdapat bidang gelincir ?
- c. Berapa kedalaman bidang gelincir pada daerah penelitian?
- d. Bagaimana struktur pembentuk bidang gelincir?
- e. Bagaimana tipe gerakan tanah yang mungkin terjadi?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada beberapa hal berikut :

- a. Penelitian ini hanya dilakukan di Kampung Ledok Kecamatan Sumberpucung, Malang.
- b. Metode yang digunakan yaitu geolistrik konfigurasi dipol-dipol.
- c. Interpretasi data berdasarkan hasil pengolahan menggunakan *software Res2Dinv*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menentukan stuktur bawah permukaan daerah survei dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipol-dipol
- b. Menentukan keberadaan bidang gelincir pada daerah survei.
- c. Menentukan berapa kedalaman bidang gelincir pada daerah survei.
- d. Menggambarkan bidang gelincir berdasarkan penampang 2D, dan memperkirakan tipe gerakan tanah yang mungkin terjadi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan:

- a. Mampu memberikan informasi struktur pembentuk bawah tanah pada daerah survei.
- b. Mampu memberikan sumbangan pemikiran di bidang ilmu pengetahuan, terutama geofisika, tentang bidang gelincir dan keterkaitannya terhadap bencana longsor.
- c. Mampu memberikan informasi tentang bidang gelincir pada daerah survei.
- d. Mampu memberikan informasi sebagai pertimbangan peringatan dini akan kemungkinan longsor bagi instansi terkait.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Longsor

2.1.1 Pengertian.

Tanah longsor didefinisikan sebagai masa tanah yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng, yang terjadi secara mendadak atau perlahan. Menurut Sukandarrumidi (2010) gerakan tanah dibedakan menjadi beberapa jenis, berdasarkan atas cara berpindahnya massa batuan yang ada. Jenis gerakan tanah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Gerakan tanah tipe jatuhan (*rock fall*), terjadi apabila massa batuan berpindah dari daerah elevasi tinggi ke daerah elevasi rendah. Gerakan ini semata-mata terjadi karena pengaruh gravitasi. Gerakan tanah tipe ini terjadi di tebing yang terjal.
2. Gerakan tanah tipe rayapan (*creep soil*), yang terjadi apabila massa batuan yang terdiri dari pelapukan tanah yang cukup tebal bergerak secara perlahan-lahan diatas bidang gelincir. Gerakan tanah jenis ini umum terjadi pada musim hujan dan gerakannya akan bertambah cepat apabila dipicu hujan lebat. Gerakan tipe rayapan ini biasa terjadi di daerah yang agak curam.
3. Gerakan tanah tipe longsor (*rock slump*), yang terjadi apabila massa batuan secara besar-besaran bergerak sesuai dengan arah kemiringan pelapisan batuan. Massa batuan yang mengalami gerakan biasanya telah retak-retak.
4. Gerakan tanah tipe nendatan (*slump-earth flow*), mekanisme kejadiannya hampir sama dengan gerakan tanah tipe longsor, hanya bagian dalam dari bagian yang bergerak permukaannya agak turun sedikit. Gerakan tipe ini dipicu oleh hujan yang lebat, yang biasanya terjadi di daerah yang landai, dan mempunyai bidang dasar cekung.

Tabel 1 Pembagian kemiringan lereng berdasarkan klasifikasi USSM dan USLE (Purnomo, 2012).

Lereng (°)	Keterangan
<1	Datar – hampir datar
1-3	Sangat landai
3-6	Landai
6-9	Agak curam
9-25	Curam
25-26	Sangat curam
>65	Terjal

*USSM = United Stated Soil System Management

*USLE = Universal Soil Loss Equation

Pada umumnya, gerakan tanah terjadi pada malam hari menjelang pagi hari. Hal ini dikarenakan pada umumnya hujan mulai terjadi pada tengah hari. Tanah sudah mulai jenuh air hujan pada malam hingga menjelang pagi. Oleh karenanya, korban tanah longsor pada umumnya terkubur hidup-hidup atau tertimbun tanah longsor dan tidak ada kesempatan untuk menyelamatkan diri. Pada saat terjadinya gerakan tanah, biasanya orang-orang masih tidur nyenyak. (Sukandarrumidi, 2010).

2.1.2 Pemicu gerakan tanah

Gangguan yang merupakan pemicu gerakan tanah merupakan proses alamiah, atau non alamiah, ataupun kombinasi keduanya, yang secara aktif mempercepat proses hilangnya kestabilan pada suatu lereng (Pramuwijoyo, 2009). Jadi pemicu ini dapat berperan dalam mempercepat peningkatan gaya penggerak/peluncur/*driving force*, mempercepat pengurangan

gaya penahan gerakan/*resisting force*, ataupun sekaligus mengakibatkan keduanya.

Secara umum gangguan yang memicu gerakan tanah dapat dibedakan menjadi dua faktor, yaitu gangguan dari dalam dan gangguan dari luar (Tim Geologi, 2011).

- **Gangguan dari dalam (internal), meliputi :**

- Naiknya bobot massa tanah/batuan karena masuknya air ke dalam tubuh tanah/batuan yang menyebabkan terisinya rongga antar butir sehingga bobot massa tanah/batuan akan bertambah.
- Pelindihan (*leaching*) bahan perekat, karena kehadiran air di dalam tubuh tanah/batuan yang dapat melarutkan bahan-bahan pengikat butiran-butiran yang membentuk tubuh batuan sedimen maupun tanah pelapukan, sehingga daya rekat antar butir/materialnya menghilang.

- **Gangguan dari luar (eksternal), meliputi :**

- Getaran dan beban yang disebabkan oleh lalu lintas jalan raya yang frekuensi kendaraannya cukup tinggi
- Hilangnya penahan lateral yang disebabkan oleh aktifitas manusia berupa penggalian dan pemotongan tebing
- Tingginya curah hujan
- Aktivitas kegempaan (patahan)
- Lereng atau tebing yang terjal, yang akan memperbesar gaya pendorong.

Adanya pengaruh-pengaruh di atas sangat memungkinkan kondisi tanah mengalami ketidaksetabilan, sehingga pada suatu saat tanah bergerak menuju ke titik setimbang dan timbullah pergerakan tanah.

2.2 Metode geolistrik tahanan jenis (Resistivitas)

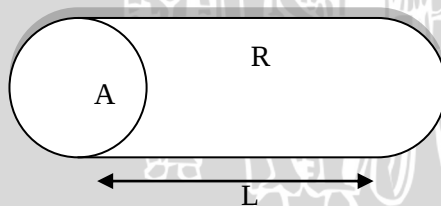
Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Metode geolistrik mempunyai banyak macam, yang salah satunya adalah metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas) (Hendrajaya dan Arif, 1990).

Metode geofisika umumnya digunakan untuk keperluan eksplorasi sumber daya alam (minyak dan gas bumi, geotermal, mineral, dan sejenisnya) dengan cara mengidentifikasi sifat dan

kondisi fisis bawah permukaan yang berasosiasi dengan struktur dan kondisi geologi tertentu (Reynold, 1997). Metode resistivitas sebagai salah satu metode geofisika untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan berdasarkan parameter kelistrikan berupa resistivitas batuan. Jenis batuan tertentu akan memiliki sifat kelistrikan yang tertentu pula. Sifat listrik batuan adalah karakteristik batuan ketika dialiri arus. Arus listrik dalam batuan dapat berasal dari alam akibat adanya ketidakseimbangan material dalam bumi, yang mengakibatkan pertukaran muatan. Selain itu bisa juga dari arus listrik yang sengaja diinjeksikan ke dalam lapisan tanah. Penelitian geolistrik banyak digunakan dalam eksplorasi mineral maupun dalam masalah lingkungan. Metode geolistrik tidak merusak lingkungan, biayanya relatif murah dan juga mampu mendeteksi sampai kedalaman beberapa meter (Reynold, 1997).

Tujuan dari survei geolistrik adalah untuk menentukan distribusi resistivitas di bawah permukaan dengan membuat pengukuran di permukaan tanah. Pengukuran resistivitas secara normal dibuat dengan cara menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus, dan mengukur beda tegangan yang dihasilkan pada dua elektroda potensial. Dari pengukuran ini resistivitas yang sebenarnya di bawah permukaan dapat diperkirakan. Resistivitas tanah berkaitan dengan berbagai parameter geologi, seperti mineral dan konten cairan, porositas, dan patahan (Singh, 2004).

Studi hambatan listrik pada geofisika dapat dipahami dalam konteks aliran arus pada suatu silinder (gambar 2.1).



Gambar 2. 1 Silinder Konduktor

Jika ditinjau silinder konduktor dengan panjang L , luas penampang A , dan resistansi R , maka dapat dirumuskan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.1)$$

di mana ρ adalah resistivitas (Ωm), L adalah panjang silinder konduktor (m), A adalah luas penampang silinder konduktor (m^2), dan R adalah resistansi (Ω). Sedangkan berdasar hukum Ohm, resistansi R adalah:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

di mana V adalah beda potensial (volt), I adalah kuat arus (ampere).

Dari kedua persamaan tersebut di atas didapatkan nilai resistivitas (ρ) sebesar:

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.3)$$

2.2.1 Sifat listrik batuan

Menurut Telford (1990) aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu:

1. Konduksi secara elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik dari masing-masing batuan yang salah satunya adalah *resistivitas* (tahanan jenis). Resistivitas merupakan karakteristik bahan yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghambat arus listrik.

2. Konduksi secara elektrolitik

Batuan merupakan konduktor yang buruk. Batuan biasanya bersifat porus dan pori-porinya terisi oleh fluida terutama air, sehingga batuan-batuan tersebut menjadi elektrolitik, di mana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya.

3. Konduksi secara dielektrik

Konduksi dielektrik menggambarkan bahwa batuan atau mineral merupakan konduktor lemah, yang disebabkan karena sedikitnya elektron bebas yang dimiliki.

2.2.2 Resistivitas batuan

Resistivitas batuan adalah daya hambat dari batuan terhadap aliran listrik (kebalikan dari konduktivitas batuan). Batuan di bumi ini umumnya mempunyai sifat kelistrikan berupa daya hantar listrik (konduktivitas dan resistivitas) dan sifat dielektrik. Konstanta dielektrik merupakan polarisasi material dalam suatu medium listrik. Konstanta dielektrik ditentukan oleh kapasitas induktif efektif dari suatu material batuan dan merupakan respon statik untuk medan listrik AC maupun DC (Dobrin, 1998).

Umumnya lapisan batuan tidak mempunyai sifat homogen, seperti yang menjadi syarat pada pengukuran geolistrik. Faktor yang dapat mempengaruhi homogenitas lapisan batuan adalah fragmen batuan lain yang tersisipkan pada lapisan batuan, ketidakseragaman dari pelapukan batuan induk, material yang terkandung, genangan air pada daerah setempat, pipa dari bahan logam yang tertanam di bawah permukaan tanah yang bisa menghantar arus listrik, pagar kawat yang terhubung ke tanah, dll (Verhoef, 1989).

Konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari $10^{-8} \Omega\text{m}$. Sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari $10^7 \Omega\text{m}$ dan di antara keduanya adalah bahan semikonduktor (Telford dkk, 1990). Di dalam konduktor terdapat banyak elektron bebas dengan mobilitas yang tinggi. Sedangkan pada semikonduktor, jumlah elektron bebasnya lebih sedikit. Isolator dicirikan oleh ikatan ionik sehingga elektron - elektron valensi tidak bebas bergerak.

Secara umum, berdasarkan harga resistivitas listriknnya batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

- Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
- Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
- Isolator : $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

(Telford dkk, 1990)

Tiap lapisan penyusun batuan merupakan suatu material batuan yang mempunyai hambatan jenis yang berbeda. Besar hambatan jenis batuan ditentukan oleh beberapa syarat antara lain:

1) Kandungan air

Kandungan air yang ada dalam batuan akan menurunkan harga resistivitas sehingga nilai daya hantar listrik pada batuan tersebut akan semakin besar.

2) Porositas batuan

Semakin besar volume poros suatu batuan, akan semakin besar nilai resistivitasnya.

3) Kelarutan garam dalam air dan dalam batuan

Kelarutan garam di dalam air dan di dalam batuan mengakibatkan meningkatnya kandungan ion dalam air, sehingga mengakibatkan hambatan jenis batuan menjadi rendah.

4) Suhu

Resistivitas suatu batuan berbanding terbalik dengan suhunya. Apabila suhu naik maka resistivitas akan turun secara eksponensial (Yatini, 2006).

Kisaran nilai resistivitas beberapa jenis batuan dan material dapat dilihat pada table 2, dan tabel 3.

Tabel 2 Nilai resistivitas batuan (Verhoef, 1994)

Jenis Batuan	Resistivitas ($\Omega.m$)
Gambut dan Lempung	8 – 50
Lempung Pasiran dan Lapisan Kerikil	40 – 250
Pasir dan Kerikil Jenuh	40 – 100
Pasir dan Kerikil Kering	100 – 3000
Batu Lempung, Napal dan Serpih	8 – 100
Batu Pasir dan Batu Kapur	100 – 4000

Tabel 3 Kisaran nilai resistivitas material bawah permukaan (Milsom, 2003)

Material	Resistivitas ($\Omega.m$)
Pirit (Phyrite)	0,01 – 100
Kwarsa (Quartz)	500 – 8×10^5
Topsoil (Tanah)	50 – 100
Galena	0,001 – 100
Granit	200 – 10^5

Magnetite	0,01 – 1000
Basal (Basalt)	200 – 10 ⁵
Gamping (Limestones)	500 – 10 ⁴
Batu Pasir (Sandstone)	200 – 8.000
Hematite	0,01 – 10 ⁶
Gabro	100 – 5 x 10 ⁵
Lempung (Clay)	1 – 100
Weathered bedrock	100 – 1000
Batu Hijau	500 – 2 x 10 ⁵
Kerikil (Gravel)	100 – 600

2.3 Aliran listrik di dalam bumi

2.3.1 Elektrode berarus tunggal di dalam bumi

Sebuah elektroda berdimensi kecil ditancapkan dalam medium homogen isotropik. Arus dialirkan melalui elektrode lain, biasanya terdapat pada permukaan (Telford, 1990).

Dalam sistem simetri, potensial adalah fungsi r , di mana r adalah jarak dari elektroda pertama terhadap elektroda ke-2. Berdasarkan persamaan Laplace pada koordinat bola, potensial dinyatakan memenuhi persamaan:

$$\nabla^2 V = \frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV}{dr} = 0 \quad (2.4)$$

Dengan mengalikan persamaan 2.4 dengan r^2 dan mengintegalkannya, maka diperoleh:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (2.5)$$

Dan diintegalkan lagi diperoleh:

$$V = -\frac{A}{r} + B \quad (2.6)$$

Di mana A dan B adalah konstanta. Jika $V=0$, yaitu ketika $r \rightarrow \infty$, maka diperoleh $B = 0$. Arus mengalir secara radial keluar ke semua arah dari titik elektroda. Arus total yang melintas pada permukaan bola diberikan oleh persamaan:

$$I = 4\pi r^2 J = -4\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -4\pi \sigma A \quad (2.7)$$

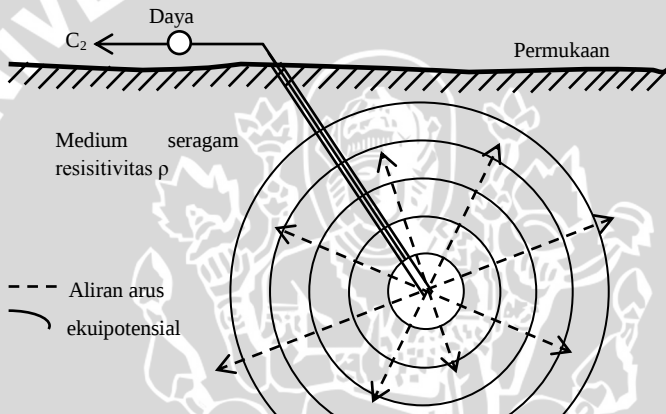
Di mana $J = -\sigma \nabla V$ dan $\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2}$ diperoleh:

$$A = -\frac{I\rho}{4\pi}$$

maka:

$$V = -\frac{I\rho}{4\pi r} \text{ atau } \rho = 4\pi r \frac{V}{I} \quad (2.8)$$

Gambar 2.2 memberikan ilustrasi aliran arus di dalam bumi. Garis aliran arus akan membentuk bidang equipotensial yang akan menjadi permukaan bola dengan jari-jari $r = \text{konstan}$:



Gambar 2. 2 Titik permukaan sumber arus yang terinjeksi pada tanah homogen (Telford, 1990).

2.3.2 Elektroda berarus tunggal di permukaan bumi

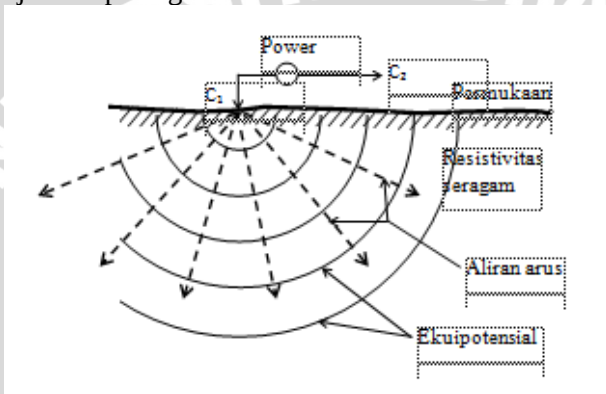
Menurut Telford (1990) Jika titik elektroda, yang di dalamnya mengalir I diletakkan pada permukaan medium homogen isotropik dan jika udara di atas permukaan memiliki konduktivitas 0 (nol), dan karena bentuk simetri, maka kembali lagi pada persamaan 2.6 dengan $B = 0$. Kondisi batas dipermukaan membutuhkan persamaan $E = \frac{dV}{dz} = 0$ pada $z = 0$ (saat $\sigma \text{ udara} = 0$), hal ini sudah terpenuhi karena :

$$\frac{\partial V}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{A}{r} \right) = -\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{A}{r} \right) \frac{\partial r}{\partial z} = \frac{Az}{r^3} = 0 \text{ saat } z = 0 \quad (2.9)$$

Pada semua arus yang mengalir melalui permukaan setengah bola atau $A = -\frac{I\rho}{2\pi}$, persamaan potensial berlaku menjadi:

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \text{ atau } \rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.10)$$

Potensial pada permukaan setengah bola di dalam tanah dapat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2. 3 Sumber titik arus pada permukaan sebuah medium homogen (Telford, 1990).

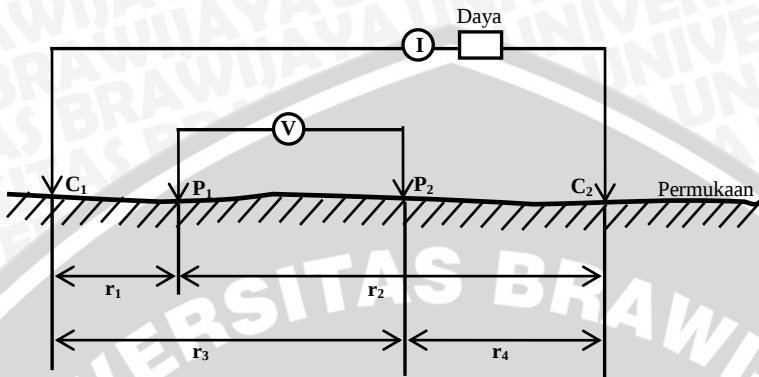
2.3.3 Dua arus elektroda di permukaan bumi

Saat jarak di antara dua elektroda arus terbatas, seperti pada gambar di bawah ini (Gambar 2.4), potensial yang dekat pada titik permukaan akan dipengaruhi oleh kedua arus elektroda tersebut, sehingga kita dapatkan:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

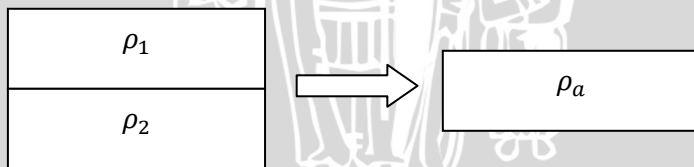
karena adanya potensial ke-2 pada elektroda P₂, didapatkan perbedaan potensial:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.11)$$



Gambar 2. 4 Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada permukaan tanah homogen isotropik pada resistivitas ρ (Telford, 1990).

Menurut Army Corp of Engineers (1995) pada pengukuran nilai resistivitas tidak mungkin didapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya, hal ini dikarenakan adanya lapisan-lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda, berdasarkan hal tersebut muncullah konsep resistivitas semu. Resistivitas semu bisa dimisalkan pada gambar 2.5 . Medium yang terdiri dari 2 lapis dan mempunyai nilai resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Pada pengukuran, medium ini dianggap sebagai satu lapisan homogen dengan satu harga resistivitas semu.



Gambar 2. 5 Konsep resistivitas semu

Nilai resistivitas semu tergantung pada tahanan jenis lapisan-lapisan pembentuk formasi geologi (*subsurface geology*) dan

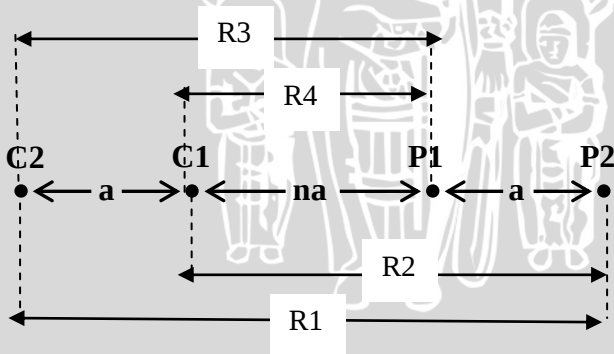
spasi serta geometrik elektroda. Bentuk umum resistivitas semu adalah:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.12)$$

Di mana K adalah besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus, yang disebut dengan faktor geometri (*geometrical factor*). Letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus mempengaruhi besarnya beda potensial di antara kedua elektroda potensial tersebut (Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990).

2.4 Konfigurasi dipol-dipol

Konfigurasi dipol-dipol merupakan salah satu konfigurasi dalam metode geolistrik yang memanfaatkan 4 (empat) elektroda logam yaitu dua elektroda arus dan dua elektroda potensial (sharma, 1997). Keempat elektroda tersebut ditempatkan secara seri pada satu lintasan, diawali dengan dipole arus berjarak a dan diikuti oleh dipole potensial yang juga berjarak a , sejauh na (dengan $n = 1, 2, 3, \dots$) (lihat gambar 2.5). Nilai n diubah sehingga akan diperoleh kumpulan data yang dapat digambarkan pada *pseudosection*. Hasil pengukuran ini adalah potensial yang kemudian dikonversikan menjadi tahanan jenis semu.



Gambar 2. 6 Konfigurasi dipol-dipol dengan jarak antar elektroda sejauh a dan antara elektoda arus dan potensial terpisah sejauh na . (Loke, 2004).

Dari susunan konfigurasi di atas maka didapatkan nilai faktor geometris (K) sebesar:

$$K = \pi n a (n+1) (n+2) \quad (2.14)$$

dengan resistivitas semu sebesar:

$$\rho_a = \frac{V}{I} \pi n a (n+1) (n+2) \quad (2.15)$$

persamaan 2.15 diturunkan dari gambar 2.5:

$$\begin{aligned} R_1 &= n a + 2 a = a(n+2) \\ R_2 &= R_3 = a + n a = a(n+1) \\ R_4 &= n a \end{aligned}$$

Maka besar beda potensial konfigurasi dipol-dipol menjadi:

$$\Delta V = V_1 - V_2$$

$$\Delta V = \frac{I \rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) - \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \right\}$$

di mana:

$$V_1 = \frac{I \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{I \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{a(n+2)} - \frac{1}{a(n+1)} \right)$$

$$V_2 = \frac{I \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) = \frac{I \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{a(n+1)} - \frac{1}{n a} \right)$$

sehingga ΔV dapat ditulis kembali menjadi:

$$\Delta V = \frac{I \rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{a(n+2)} - \frac{1}{a(n+1)} \right) - \left(\frac{1}{a(n+1)} - \frac{1}{n a} \right) \right\}$$

$$\Delta V = \frac{I \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{a(n+2)} - \frac{2}{a(n+1)} + \frac{1}{n a} \right)$$

$$\Delta V = \frac{I \rho}{2\pi a} \left(\frac{1}{n} - \frac{2}{(n+1)} + \frac{1}{(n+2)} \right)$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi a} \left(\frac{2}{n(n+1)(n+2)} \right)$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{\pi na(n+1)(n+2)}$$

Maka besarnya resistivitas semu (ρ_a) dapat ditulis menjadi:

$$\rho_a = \pi na(n+1)(n+2) \frac{\Delta V}{I}$$

Dengan faktor geometris (K) = $\pi na(n+1)(n+2)$



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Daerah penelitian berada di Kampung Ledok, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang bagian selatan, yang terletak pada sekitar koordinat $8^{\circ} 09' 22.21''$ S $112^{\circ} 27' 15.36''$ E, dengan ketinggian 285 m dpl. Penelitian dilakukan pada April 2013-Juni 2013.



Gambar 3. 1 Lokasi daerah penelitian

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses pengambilan data dan interpretasi adalah:

- | | |
|---|--------|
| • Resistivitymeter merk <i>OYO McOhm-EL</i> Model 2119D | 1 unit |
| • Elektroda | 4 unit |
| • Kabel | 4 roll |
| • Penjepit buaya | 4 buah |
| • <i>GPS</i> Garmin etrex | 1 unit |
| • Kompas Geologi | 1 unit |
| • Baterai (<i>Accu</i>) | 1 unit |

- Palu
- Meteran
- Alat tulis dan *Clipboard*

3 buah
2 roll
1 set



Gambar 3. 2 Peralatan akuisisi data geolistrik resistivitas

3.3 Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dapat digambarkan seperti pada skema penelitian (Gambar 3.4), dan secara garis besar bisa dijelaskan dengan beberapa tahap, sebagai berikut:

3.3.1 Survei Lokasi

Survei lokasi dilakukan sebagai tahapan awal sebelum pengambilan data, untuk mengetahui secara umum informasi daerah penelitian, dan untuk menentukan lintasan yang sesuai dengan kondisi lokasi penelitian.

3.3.2 Akuisisi data

Proses pengambilan data (akuisisi) dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipol-dipol, dengan jumlah lintasan sebanyak 5 lintasan.



Gambar 3. 3 Posisi lintasan di daerah survei

lintasan	Panjang	Arah
1	200 m	Utara → Selatan
2	150 m	Tenggara → Barat laut
3	150 m	Tenggara → Barat laut
4	150 m	Barat daya → Timur laut
5	150 m	Barat daya → Timur laut

Akuisisi konfigurasi dipol-dipol dilakukan dengan menggunakan 4 buah elektroda yang ditempatkan secara seri pada satu lintasan, diawali dengan elektroda arus berjarak $a = 10$ m dan diikuti oleh elektroda potensial yang juga berjarak $a = 10$ m, sejauh na (dengan $n = 1, 2, 3, \dots, 9$).

3.3.3 Pengolahan data

Data yang didapatkan merupakan data primer, yang kemudian didigitalisasi ke dalam *Microsoft Excel*.

Pada *Microsoft Excel* dilakukan perhitungan untuk menghitung besarnya nilai resistivitas semu (ρ) batuan bawah permukaan dengan faktor geometri (K). Selanjutnya data yang

terkait akan disimpan dalam file “.dat” dan diolah dengan *Software RES2DINV*.

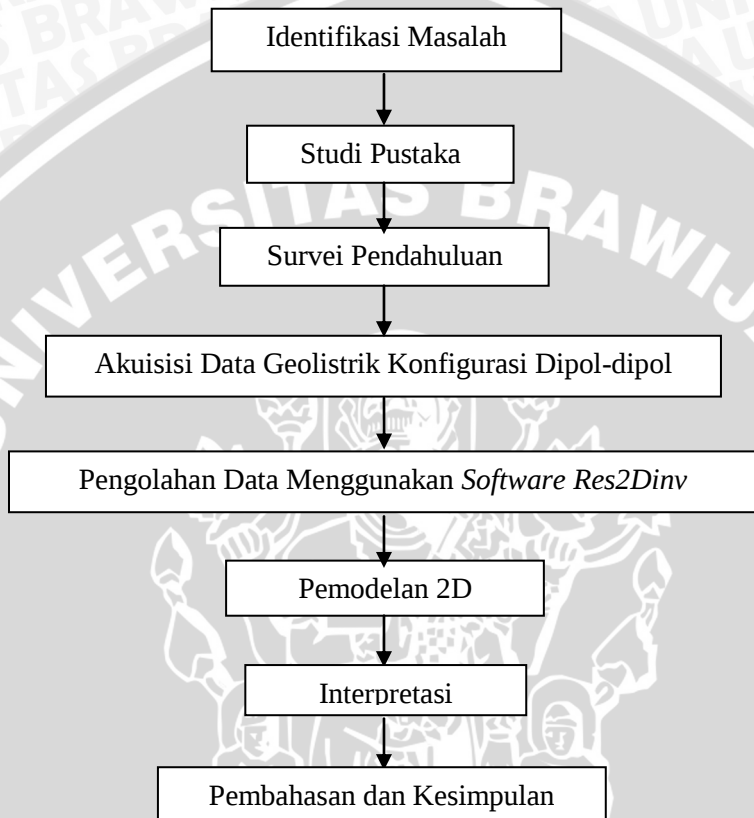
3.3.4 Interpretasi data

Interpretasi dilakukan dengan cara menganalisis penampang 2D yang dihasilkan dari *software RES2DINV*. Dari penampang tersebut akan tampak degradasi warna dengan skala nilai resistivitas tertentu., Selanjutnya, nilai resistivitas yang didapatkan dibandingkan dengan nilai resistivitas batuan dari referensi, sehingga struktur bawah tanah daerah penelitian bisa ditentukan.

Pada prinsipnya interpretasi dari pengolahan data ini dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan bidang gelincir sebagai langkah awal survei daerah rawan longsor.



3.3.5 Skema Langkah-langkah Penelitian



Gambar 3. 4 Skema langkah-langkah dalam penelitian.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan peta geologi (Lampiran 5), pada lokasi penelitian merupakan daerah endapan tuf, yang terdiri dari tuf lapili, tuf batu apung dan lava. Survei geologi daerah penelitian juga menunjukkan adanya endapan tuf tersebut (lampiran 6).

- Tuf lapili adalah batuan sedimen dari debu vulkanik yang dikeluarkan selama letusan gunung berapi, dengan diameter 2 mm - 64 mm.
- Tuf batu apung merupakan jenis batuan yang dihasilkan oleh letusan gunung berapi, yang mempunyai struktur berlubang-lubang.
- Lava merupakan cairan magma pijar yang mengalir keluar dari dalam bumi, melalui kawah gunung berapi atau melalui celah patahan yang kemudian membeku pada suatu tempat.

Pemodelan dan penggambaran struktur bawah permukaan berbentuk 2 dimensi (2D) merupakan salah satu cara untuk menentukan struktur bawah permukaan suatu lapisan tanah. Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipol-dipol.

Pengambilan data geolistrik konfigurasi dipol-dipol telah dilakukan di Kampung Ledok, Kecamatan Sumberpucung Kabupaten Malang bagian selatan. Pengolahan data menghasilkan penampang 2D yang bisa dianalisis di beberapa sub bab berikut:

4.2 Pemodelan Penampang Resistivitas 2 Dimensi (2D)

Berdasarkan masing-masing permodelan 2D yang didapatkan (Gambar 4.1 - Gambar 4.5) menunjukkan bahwa permodelan lapisan bawah permukaan terdeteksi hingga kedalaman 22,5 m, dengan struktur pembentuk lapisan bawah tanah masing-masing lintasan memiliki struktur yang sama, dengan nilai resistivitas 6 Ωm - 731 Ωm .

4.2.1 Analisis model penampang lintasan 1

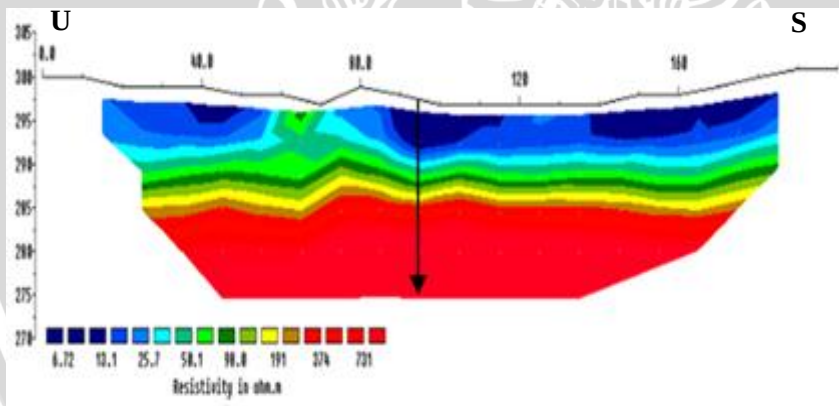
Berdasarkan hasil permodelan 2D untuk lintasan 1 (Gambar 4.1) didapatkan model lapisan bawah permukaan lokasi

penelitian, di mana pemodelan lapisan bawah permukaan terdeteksi hingga kedalaman 22,5 m pada bentangan pengukuran 200 m.

Dari hasil penampang 2D lintasan 1, diperkirakan lapisan permukaan tanah dari atas ke bawah adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 4 Analisis lapisan tanah lintasan 1

No	Resistivitas (Ωm)	Lapisan	Kedalaman (m)
1	6 - 13	Tanah	0 - 5
2	13 - 25	Tanah berkerikil	5 - 7,5
3	25 - 50	Lempung	7,5 - 9
4	50 - 98	Lempung berbatu	9 - 11
5	98 - 191	Tuf lapili	11 - 13
6	191 - 731	Endapan lava	13 - 22,5



Gambar 4. 1 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 1.

4.2.2 Analisis litologi lintasan 2

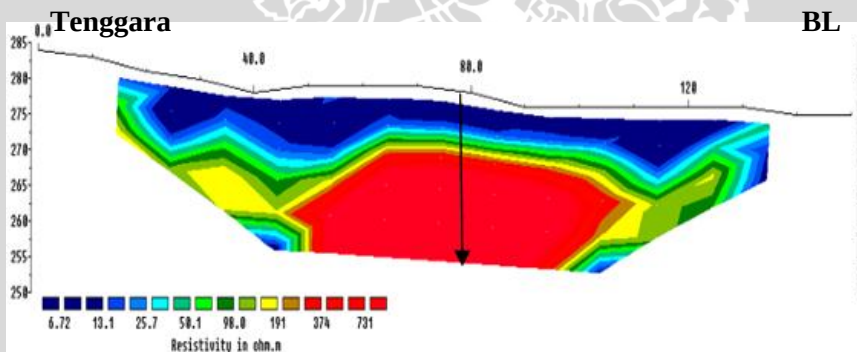
Berdasarkan hasil pemodelan 2D untuk lintasan 2 (Gambar 4.2) didapatkan model lapisan bawah permukaan lokasi penelitian

dengan kedalaman 22,5 m, pada bentangan pengukuran hingga 150 m.

Dari hasil penampang 2D lintasan 2, diperkirakan lapisan permukaan tanah dari atas ke bawah adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 5 Analisis lapisan tanah lintasan 2

No	Resistivitas (Ωm)	Lapisan	Kedalaman (m)
1	6 - 13	Tanah	0 - 5
2	13 - 25	Tanah berkerikil	5 - 6
3	25 - 50	Lempung	6 - 7
4	50 - 98	Lempung berbatu	7 - 8
5	98 - 191	Tuf lapili	8 - 10
6	191 - 731	Endapan lava	10 - 22,5



Gambar 4. 2 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 2.

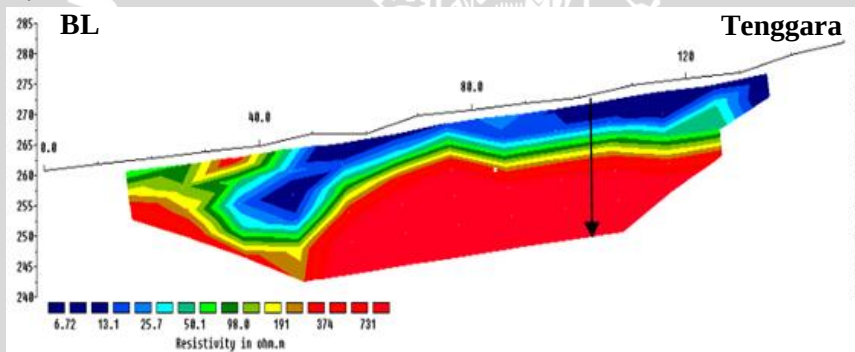
4.2.3 Analisis litologi lintasan 3

Berdasarkan hasil pemodelan 2D lintasan 3 (Gambar 4.3) didapatkan model lapisan bawah permukaan lokasi penelitian hingga kedalaman 22,5 m.

Dari hasil penampang 2D lintasan 3, diperkirakan lapisan permukaan tanah dari atas ke bawah adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 6 Analisis lapisan tanah lintasan 3

No	Resistivitas (Ωm)	Lapisan	Kedalaman (m)
1	6 - 13	Tanah	0 - 4
2	13 - 25	Tanah berkerikil	4 - 6
3	25 - 50	Lempung	6 - 7
4	50 - 98	Lempung berbatu	7 - 9,5
5	98 - 191	Tuf lapili	9,5 - 12
6	191 - 731	Endapan lava	12 - 22,5



Gambar 4. 3 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 3

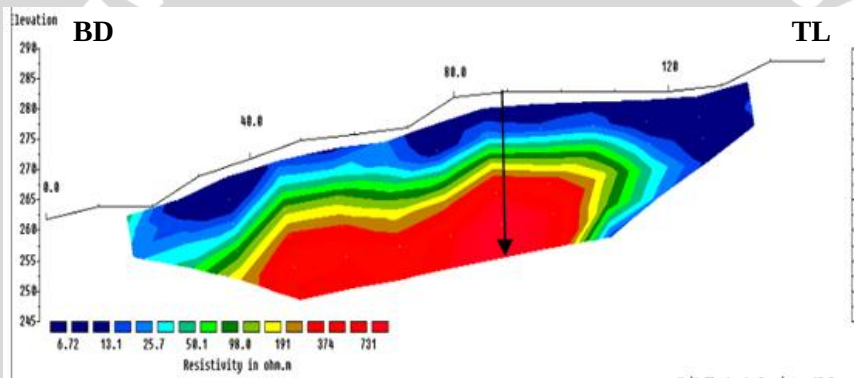
4.2.4 Analisis litologi lintasan 4

Berdasarkan hasil pemodelan 2D lintasan 4 (Gambar 4.4) didapatkan model lapisan bawah permukaan lokasi penelitian hingga kedalaman 22,5 m.

Dari hasil penampang 2D lintasan 4, diperkirakan lapisan permukaan tanah dari atas ke bawah adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 7 Analisis lapisan tanah lintasan 4

No	Resistivitas (Ωm)	Lapisan	Kedalaman (m)
1	6 - 13	Tanah	0 - 5
2	13 - 25	Tanah berkerikil	5 - 7,5
3	25 - 50	Lempung	7,5 - 9,5
4	50 - 98	Lempung berbatu	9,5 - 11,5
5	98 - 191	Tuf lapili	11,5 - 14
6	191 - 731	Endapan lava	14 - 22,5



Gambar 4. 4 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 4

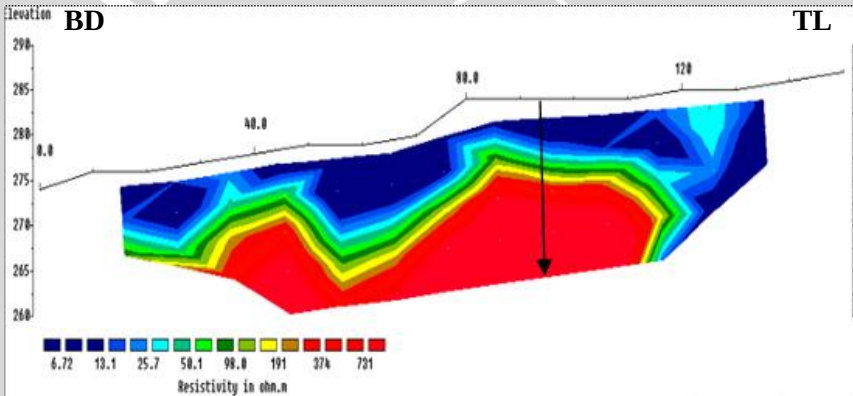
4.2.5 Analisis litologi lintasan 5

Berdasarkan hasil pemodelan 2D lintasan 5 (Gambar 4.5) didapatkan model lapisan bawah permukaan lokasi penelitian hingga kedalaman 22,5 m.

Dari hasil penampang 2D lintasan 5, diperkirakan lapisan permukaan tanah dari atas ke bawah adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 8 Analisis lapisan tanah lintasan 5

No	Resistivitas (Ωm)	Lapisan	Kedalaman (m)
1	6 - 13	Tanah	0 - 5
2	13 - 25	Tanah berkerikil	5 - 7
3	25 - 50	Lempung	7 - 9
4	50 - 98	Lempung berbatu	9 - 11
5	98 - 191	Tuf lapili	11 - 13
6	191 - 731	Endapan lava	13 - 22,5



Gambar 4. 5 Penampang 2D resistivitas lapisan bawah permukaan lintasan 5

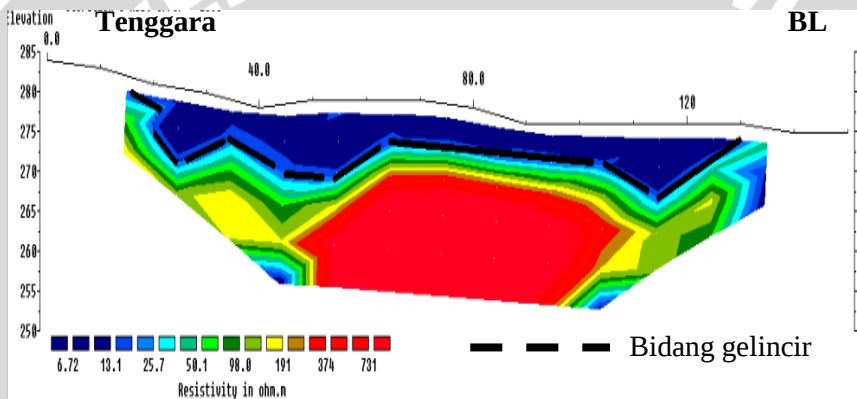
4.3 Interpretasi Keberadaan Bidang gelincir

Dari masing-masing hasil pemodelan 2D di atas, maka dapat dilakukan interpretasi dan analisis lebih lanjut mengenai bidang gelincir pada lokasi penelitian.

4.3.1 Lintasan 2

Berdasarkan penampang 2D lintasan 2 (Gambar 4.6) menunjukkan adanya bidang gelincir yang terdapat disepanjang lintasan 2, lintasan 2 ini merupakan lintasan yang membentang

dari arah tenggara menuju barat laut (horisontal) yang memotong lintasan 4 dan lintasan 5. Lintasan ini mempunyai panjang 150 m, titik 0 berada pada ketinggian 284 m dpl dan titik 150 berada pada ketinggian 275 m dpl. Keberadaan bidang gelincir pada lintasan 2 berupa lapisan lempung dengan nilai resistivitas $25 \Omega\text{m}$ - $50 \Omega\text{m}$, dari gambar menunjukkan bahwa bidang gelincir mempunyai kedalaman yang bervariasi, dengan kedalaman terendah kurang lebih 2 m, paling dalam 10 m dari permukaan tanah.



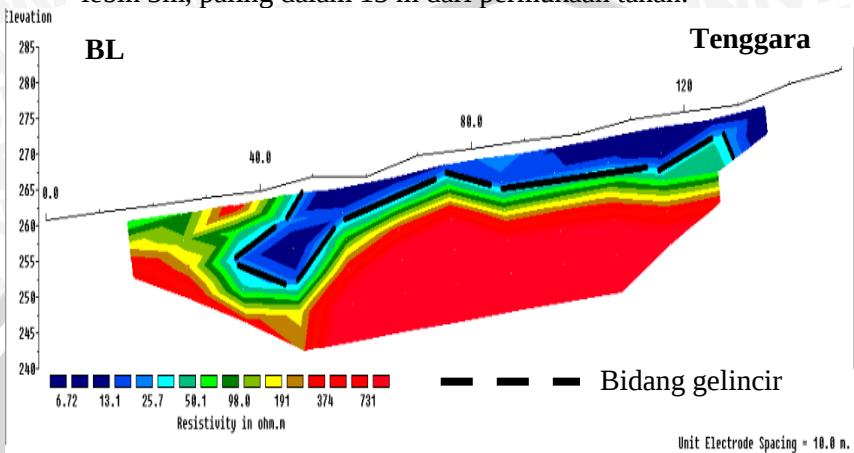
Gambar 4. 6 Pendugaan lokasi bidang gelincir pada lintasan 2

4.3.2 Lintasan 3

Berdasarkan penampang 2D lintasan 3 (Gambar 4.7) menunjukkan adanya bidang gelincir yang terdapat disepanjang lintasan 3. lintasan 3 merupakan lintasan yang membentang dari arah tenggara menuju barat laut (horisontal) yang memotong lintasan 4 dan lintasan 5. Panjang lintasan 3 adalah 150 m dengan titik 0 berada pada ketinggian 261 m dpl dan titik 150 berada pada ketinggian 282 m dpl.

Keberadaan bidang gelincir pada lintasan 3 berupa lapisan lempung dengan nilai resistivitas $25 \Omega\text{m}$ - $50 \Omega\text{m}$. Gambar 4.7 menunjukkan bahwa keberadaan bidang gelincir mempunyai

kedalaman yang bervariasi, dengan kedalaman terendah kurang lebih 3m, paling dalam 13 m dari permukaan tanah.

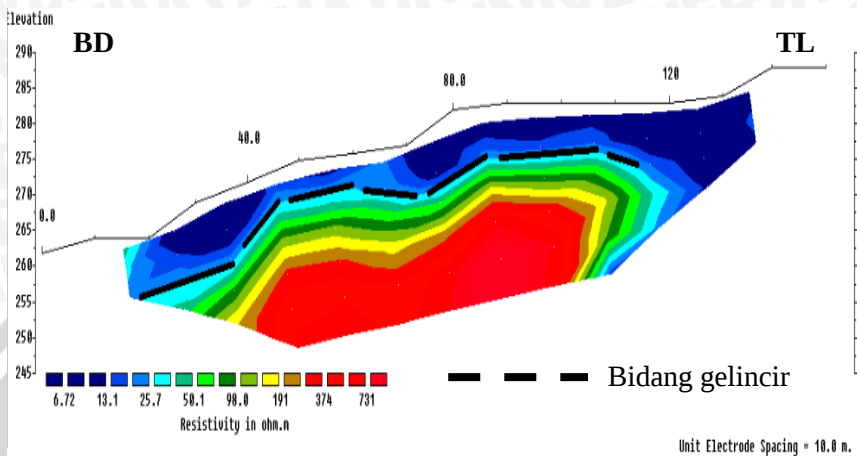


Gambar 4. 7 Pendugaan lokasi bidang gelincir pada lintasan 3

4.3.3 Lintasan 4

Berdasarkan penampang 2D lintasan 4 (Gambar 4.8) menunjukkan adanya bidang gelincir yang terdapat di sepanjang lintasan 4. Lintasan 4 ini merupakan lintasan yang membentang dari arah Barat daya menuju Timur laut (vertikal) yang memotong lintasan 2 dan lintasan 3. Panjang lintasan 4 adalah 150 m, dengan titik 0 berada pada ketinggian 262 m dpl, dan titik 150 m berada pada ketinggian 288 m dpl.

Bidang gelincir pada lintasan 2 berupa lapisan lempung dengan nilai resistivitas $25 \Omega\text{m}$ - $50 \Omega\text{m}$. Gambar 4.8 menunjukkan bahwa keberadaan bidang gelincir mempunyai kedalaman yang bervariasi, dengan kedalaman terendah kurang lebih 5 m, paling dalam 10 m dari permukaan tanah.

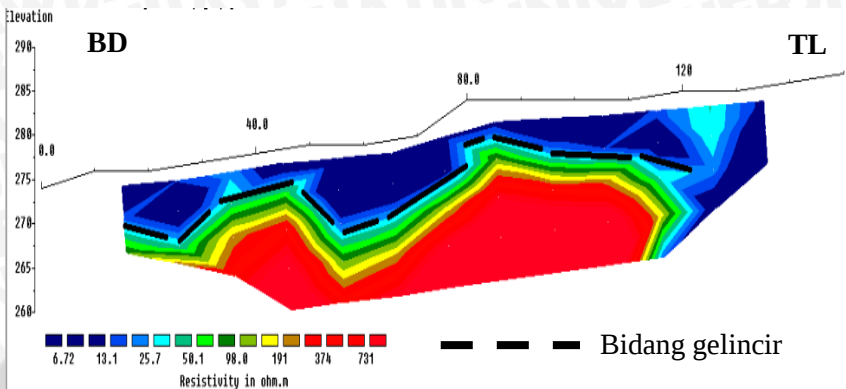


Gambar 4. 8 Pendugaan lokasi bidang gelincir pada lintasan 4

4.3.4 Lintasan 5

Berdasarkan penampang 2D lintasan 5 (Gambar 4.9) menunjukkan adanya bidang gelincir yang terdapat di sepanjang lintasan 5. Lintasan 5 ini merupakan lintasan yang membentang dari arah tenggara menuju barat laut (vertikal) yang memotong lintasan 2 dan lintasan 3. Lintasan 5 mempunyai panjang 150 m dengan titik 0 berada pada ketinggian 274 m dpl, dan titik 150 m berada pada ketinggian 287 m dpl.

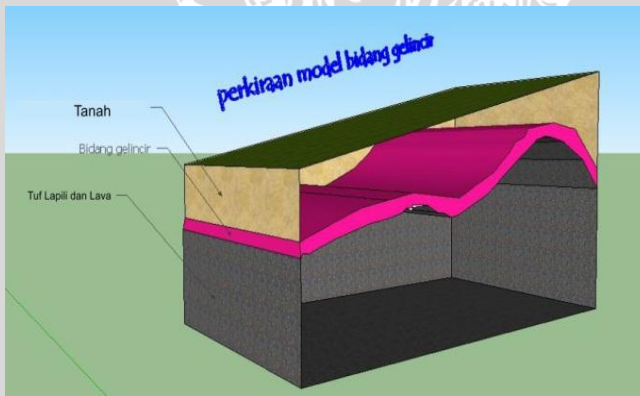
Bidang gelincir pada lintasan 5 berupa lapisan lempung dengan nilai resistivitas $25 \Omega\text{m}$ - $50 \Omega\text{m}$. Gambar 4.9 menunjukkan bahwa keberadaan bidang gelincir mempunyai kedalaman yang bervariasi, dengan kedalaman terendah kurang lebih 5 m, paling dalam 10 m dari permukaan tanah.



Gambar 4. 9 Pendugaan lokasi bidang gelincir pada lintasan 5

4.3.5 Model dan tipe bidang gelincir

Berdasarkan penampang lintasan 2D dari daerah survei, dapat dimodelkan gambaran dari bidang gelincir yang mungkin berada di daerah survei adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 10 Model bidang gelincir

Bidang di atas (Gambar 4.10) mempunyai *slope*/kemiringan 8° yang termasuk dalam kategori agak curam, dengan lapisan penutup bidang gelincir berupa tanah dan tanah berkerikil yang

mempunyai ketebalan 4 m - 10 m. Jika dihubungkan dengan tipe gerakan tanah, daerah seperti model tersebut gerakan tanah yang kemungkinan besar terjadi adalah longsor/gerakan tanah tipe rayapan, hal ini diperkuat dengan adanya retakan-retakan, dan gejala-gejala awal (Gambar 4.11) yang menunjukkan daerah tersebut merupakan daerah rawan gerakan tanah.





Retakan di dinding warga



Retakan penahan jalan

Gambar 4. 11 Kondisi fisik daerah penelitian



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Resistivitas batuan bawah permukaan di daerah penelitian bernilai antara $6 \Omega\text{m}$ - $731 \Omega\text{m}$, dengan dugaan litologi bawah permukaan yang terdiri dari tanah, tanah berkerikil, lempung, lempung berbatu, tuf lapili, dan endapan lava.
2. Keberadaan bidang gelincir yang berupa lapisan lempung dengan rentang nilai resistivitas $25 \Omega\text{m}$ - $50 \Omega\text{m}$ dapat ditemukan hampir disepanjang lintasan dengan variasi kedalaman berkisar 4 m - 10 m.
3. Tipe bidang gelincir yang ada pada daerah survei merupakan tipe agak curam dengan slope 8° . Diatas bidang gelincir didominasi oleh lapisan tanah dengan ketebalan 4 m - 10 m. Jika di gambarkan, bidang gelincir kurang lebih seperti pada gambar 4.10, dan tipe gerakan tanah yang kemungkinan besar terjadi merupakan tipe rayapan.

5.2 Saran

Analisis getaran menggunakan metode *microseismic* perlu dilakukan pada daerah penelitian, guna mendeteksi frekuensi getaran pada daerah tersebut. Sebaiknya lokasi tersebut tidak dijadikan sebagai lahan pemukiman, alangkah baiknya jika hanya digunakan sebagai lahan pertanian/perkebunan, guna menghindari korban jiwa saat terjadi longsor.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Dobrin, Milton B. 1998. *Introduction to Geophysical Prospecting*, edisi ke-4. Singapore: Mc Graw Hill Book.
- Hendrajaya, Lilik dan Arif, Idham. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis, Monografi: Metoda Eksplorasi*. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi, ITB.
- Loke, M.H. 2004. Tutorial : *2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*.
- Milsom, John. 2003. *Field geophysics Third Edition*. England: John Wiley & Sons
- Pramuwijoyo, S. 2009. *Penanganan Bencana Gerakan Tanah Di Indonesia*. Teknik Geologi UGM. Yogyakarta.
- Purnomo, Dony. 2012. *Klasifikasi Kemiringan Lereng*. <http://pinterdw.blogspot.com/2012/03/klasifikasi-kemiringan-lereng.html>. Akses Tanggal 2 November 2013.
- Reynolds, John M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley & Sons.
- Sapiie, B. Aziz, Handoyo dan Idham, C. 2011. *Geologi Fisik*. Bandung : ITB.
- Singh, K.B, Lokhande, R. D and Prakash, A. 2004. *Multielectrode resistivity imaging technique for the study of coal seam*. Central Mining Research Institute. Journal of Scientific and Industrial Research.
- Sugito, Zaroh I., dan Indra P. J. 2010. Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas. *Berkala Fisika*. Vol. 13, No. 2, hal 49 - 54.
- Sukandarrumidi. 2010. *Bencana alam dan Bencana Anthropogene*. Yogyakarta: Kanisius.
- Telford, W.M., L. P. Geldart, , R. E. Sheriff, dan D. A. Keys. 1982. *Applied Geophysic*. London: Cambridge University Press.
- Telford, W. M., L. P., Geldart. R. E. Sheriff dan D.A. Keys, 1990. *Applied Geophysic*. London: Cambridge University Press.
- Tim Geologi, 2011. *Zona Kerentanan Gerakan Tanah*. Dinas Pertambangan dan Energi. Kalimantan Timur.
- US. Army Corps of Engineers, 1995. *Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations*. Washington.
- Verhoef, 1989. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Jakarta: Erlangga.

- Waluyo. 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi geofisika (Teori & Aplikasi). Metode Resistivitas*. Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, UGM. Jogjakarta.
- Wicaksono, Bagus. 2009. *Kampung Ledok Dihantui Tanah Bergerak*. <http://malangraya.web.id/2009/02/01/kampung-ledok-dihantui-tanah-bergerak/>. Akses Tanggal 2 Januari 2012.
- Yatini. 2006. *Penerapan Metode Geolistrik Sounding untuk Mengatasi Persoalan Air Bersih Di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta pasca Gempa Tektonik 27 Mei 2006*. Penelitian. Jurusan Tekni Geofisika-FTM. UPN“Veteran” Yogyakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Resistivitas Batuan

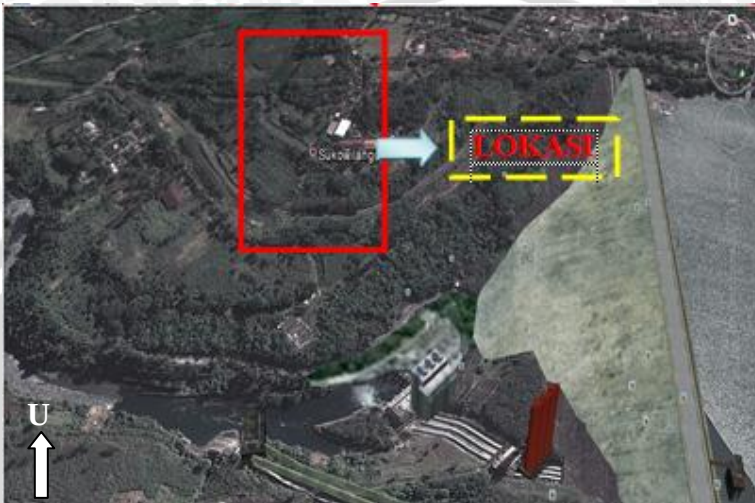
Tabel L1. 1 Nilai resistivitas batuan (Verhoef, 1994)

Jenis Batuan	Resistivitas ($\Omega.m$)
Gambut dan Lempung	8 – 50
Lempung Pasiran dan Lapisan Kerikil	40 – 250
Pasir dan Kerikil Jenuh	40 – 100
Pasir dan Kerikil Kering	100 – 3000
Batu Lempung, Napal dan Serpih	8 – 100
Batu Pasir dan Batu Kapur	100 – 4000

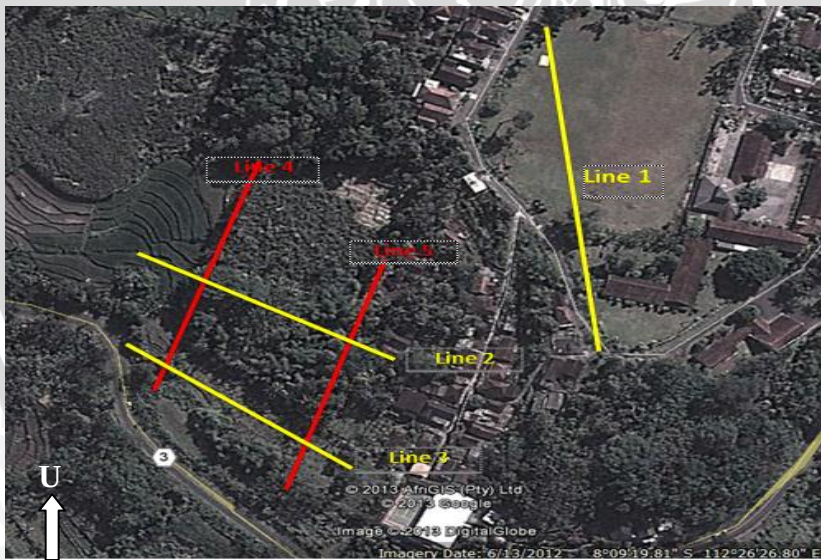
Tabel L1. 2 Kisaran nilai resistivitas material bawah permukaan
(Milsom, 2003)

Material	Resistivitas ($\Omega.m$)
Pirit (Pyrite)	0,01 – 100
Kwarsa (Quartz)	500 – 8×10^5
Topsoil (Tanah)	50 – 100
Galena	0,001 – 100
Granit	200 – 10^5
Magnetite	0,01 – 1000
Basal (Basalt)	200 – 10^5
Gamping (Limestones)	500 – 10^4
Batu Pasir (Sandstone)	200 – 8.000
Hematite	0,01 – 10^6
Gabro	100 – 5×10^5
Lempung (Clay)	1 – 100
Weathered bedrock	100 – 1000
Batu Hijau	500 – 2×10^5
Kerikil (Gravel)	100 – 600

Lampiran 2 Peta Lokasi Daerah Penelitian



Gambar L2.1 Lokasi daerah penelitian



Gambar L2.2 Lintasan pengambilan data

Lampiran 3 Data Hasil Akuisisi Survei Geolistrik Resistivitas Konfigurasi dipol-dipol

Lintasan I

Lokasi : Kampung Ledok

Arah bentangan : Utara → Selatan

Spasi : 10 meter

Panjang bentangan : 200 meter

Waktu penelitian : -

Tabel L3.1 Data resistivitas lintasan 1

No	C2	C1	P1	P2	a (m)	I (mA)	R rata2(Ω)	n
1	0	10	20	30	10	20	0.089	1
2	10	20	30	40	10	20	0.065	1
3	20	30	40	50	10	20	0.066	1
4	30	40	50	60	10	20	0.092	1
5	40	50	60	70	10	20	0.170	1
6	50	60	70	80	10	20	0.073	1
7	60	70	80	90	10	20	0.058	1
8	70	80	90	100	10	20	0.054	1
9	80	90	100	110	10	20	0.052	1
10	90	100	110	120	10	20	0.055	1
11	100	110	120	130	10	20	0.063	1
12	110	120	130	140	10	20	0.072	1
13	120	130	140	150	10	20	0.059	1
14	130	140	150	160	10	20	0.103	1
15	140	150	160	170	10	20	0.062	1
16	150	160	170	180	10	20	0.063	1
17	160	170	180	190	10	20	0.068	1
18	170	180	190	200	10	20	0.063	1
19	0	10	30	40	10	20	0.155	2
20	10	20	40	50	10	20	0.024	2
21	20	30	50	60	10	20	0.039	2

22	30	40	60	70	10	20	0.075	2
23	40	50	70	80	10	20	0.124	2
24	50	60	80	90	10	20	0.041	2
25	60	70	90	100	10	20	0.052	2
26	70	80	100	110	10	20	0.040	2
27	80	90	110	120	10	20	0.040	2
28	90	100	120	130	10	20	0.027	2
29	100	110	130	140	10	20	0.043	2
30	110	120	140	150	10	20	0.028	2
31	120	130	150	160	10	20	0.039	2
32	130	140	160	170	10	20	0.039	2
33	140	150	170	180	10	20	0.017	2
34	150	160	180	190	10	20	0.027	2
35	160	170	190	200	10	20	0.053	2
36	0	10	40	50	10	20	0.038	3
37	10	20	50	60	10	20	0.032	3
38	20	30	60	70	10	20	0.042	3
39	30	40	70	80	10	20	0.096	3
40	40	50	80	90	10	20	0.158	3
41	50	60	90	100	10	20	0.046	3
42	60	70	100	110	10	20	0.039	3
43	70	80	110	120	10	20	0.054	3
44	80	90	120	130	10	20	0.028	3
45	90	100	130	140	10	20	0.019	3
46	100	110	140	150	10	20	0.040	3
47	110	120	150	160	10	20	0.023	3
48	120	130	160	170	10	20	0.038	3
49	130	140	170	180	10	20	0.043	3
50	140	150	180	190	10	20	0.025	3
51	150	160	190	200	10	20	0.119	3
52	0	10	50	60	10	20	0.013	4
53	10	20	60	70	10	20	0.032	4

54	20	30	70	80	10	20	0.040	4
55	30	40	80	90	10	20	0.031	4
56	40	50	90	100	10	20	0.035	4
57	50	60	100	110	10	20	0.021	4
58	60	70	110	120	10	20	0.041	4
59	70	80	120	130	10	20	0.021	4
60	80	90	130	140	10	20	0.026	4
61	90	100	140	150	10	20	0.034	4
62	100	110	150	160	10	20	0.028	4
63	110	120	160	170	10	20	0.016	4
64	120	130	170	180	10	20	0.021	4
65	130	140	180	190	10	20	0.026	4
66	140	150	190	200	10	20	0.044	4
67	0	10	60	70	10	20	0.029	5
68	10	20	70	80	10	20	0.025	5
69	20	30	80	90	10	20	0.062	5
70	30	40	90	100	10	20	0.030	5
71	40	50	100	110	10	20	0.031	5
72	50	60	110	120	10	20	0.045	5
73	60	70	120	130	10	20	0.039	5
74	70	80	130	140	10	20	0.026	5
75	80	90	140	150	10	20	0.037	5
76	90	100	150	160	10	20	0.035	5
77	100	110	160	170	10	20	0.021	5
78	110	120	170	180	10	20	0.054	5
79	120	130	180	190	10	20	0.016	5
80	130	140	190	200	10	20	0.003	5
81	0	10	70	80	10	20	0.042	6
82	10	20	80	90	10	20	0.048	6
83	20	30	90	100	10	20	0.035	6
84	30	40	100	110	10	20	0.057	6
85	40	50	110	120	10	20	0.041	6

86	50	60	120	130	10	20	0.040	6
87	60	70	130	140	10	20	0.054	6
88	70	80	140	150	10	20	0.024	6
89	80	90	150	160	10	20	0.002	6
90	90	100	160	170	10	20	0.029	6
91	100	110	170	180	10	20	0.021	6
92	110	120	180	190	10	20	0.028	6
93	120	130	190	200	10	20	0.040	6
94	0	10	80	90	10	20	0.034	7
95	10	20	90	100	10	20	0.040	7
96	20	30	100	110	10	20	0.019	7
97	30	40	110	120	10	20	0.059	7
98	40	50	120	130	10	20	0.058	7
99	50	60	130	140	10	20	0.052	7
100	60	70	140	150	10	20	0.039	7
101	70	80	150	160	10	20	0.064	7
102	80	90	160	170	10	20	0.035	7
103	90	100	170	180	10	20	0.033	7
104	100	110	180	190	10	20	0.033	7
105	110	120	190	200	10	20	0.007	7
106	0	10	90	100	10	20	0.050	8
107	10	20	100	110	10	20	0.035	8
108	20	30	110	120	10	20	0.020	8
109	30	40	120	130	10	20	0.055	8
110	40	50	130	140	10	20	0.068	8
111	50	60	140	150	10	20	0.049	8
112	60	70	150	160	10	20	0.030	8
113	70	80	160	170	10	20	0.039	8
114	80	90	170	180	10	20	0.017	8
115	90	100	180	190	10	20	0.016	8
116	100	110	190	200	10	20	0.025	8
117	0	10	100	110	10	20	0.054	9

118	10	20	110	120	10	20	0.042	9
119	20	30	120	130	10	20	0.015	9
120	30	40	130	140	10	20	0.074	9
121	40	50	140	150	10	20	0.032	9
122	50	60	150	160	10	20	0.030	9
123	60	70	160	170	10	20	0.019	9
124	70	80	170	180	10	20	0.038	9
125	80	90	180	190	10	20	0.010	9
126	90	100	190	200	10	20	0.021	9

Lintasan 2

Lokasi : Kampung Ledok
 Arah bentangan : Tenggara → Barat laut
 Spasi : 10 meter
 Panjang bentangan : 150 meter
 Waktu Penelitian : -

Tabel L3.2 Data resistivitas lintasan 2

No	C2	C1	P1	P2	a(m)	I (mA)	R rata2(Ω)	n
1	0	10	20	30	10	20	0.098	1
2	10	20	30	40	10	20	0.050	1
3	20	30	40	50	10	20	0.052	1
4	30	40	50	60	10	20	0.026	1
5	40	50	60	70	10	20	0.060	1
6	50	60	70	80	10	20	0.042	1
7	60	70	80	90	10	20	0.043	1
8	70	80	90	100	10	20	0.052	1
9	80	90	100	110	10	20	0.029	1
10	90	100	110	120	10	20	0.113	1
11	100	110	120	130	10	20	0.019	1
12	110	120	130	140	10	20	0.126	1

13	120	130	140	150	10	20	0.047	1
14	0	10	30	40	10	20	0.047	2
15	10	20	40	50	10	20	0.081	2
16	20	30	50	60	10	20	0.012	2
17	30	40	60	70	10	20	0.027	2
18	40	50	70	80	10	20	0.018	2
19	50	60	80	90	10	20	0.028	2
20	60	70	90	100	10	20	0.063	2
21	70	80	100	110	10	20	0.037	2
22	80	90	110	120	10	20	0.685	2
23	90	100	120	130	10	20	0.020	2
24	100	110	130	140	10	20	0.023	2
25	110	120	140	150	10	20	1.304	2
26	0	10	40	50	10	20	0.027	3
27	10	20	50	60	10	20	0.014	3
28	20	30	60	70	10	20	0.020	3
29	30	40	70	80	10	20	0.022	3
30	40	50	80	90	10	20	0.036	3
31	50	60	90	100	10	20	0.023	3
32	60	70	100	110	10	20	0.048	3
33	70	80	110	120	10	20	0.032	3
34	80	90	120	130	10	20	0.015	3
35	90	100	130	140	10	20	0.028	3
36	100	110	140	150	10	20	0.895	3
37	0	10	50	60	10	20	0.007	4
38	10	20	60	70	10	20	0.026	4
39	20	30	70	80	10	20	0.032	4
40	30	40	80	90	10	20	0.038	4
41	40	50	90	100	10	20	0.018	4
42	50	60	100	110	10	20	0.022	4
43	60	70	110	120	10	20	0.019	4
44	70	80	120	130	10	20	0.005	4

45	80	90	130	140	10	20	0.486	4
46	90	100	140	150	10	20	0.008	4
47	0	10	60	70	10	20	0.002	5
48	10	20	70	80	10	20	0.014	5
49	20	30	80	90	10	20	0.026	5
50	30	40	90	100	10	20	0.028	5
51	40	50	100	110	10	20	0.042	5
52	50	60	110	120	10	20	0.028	5
53	60	70	120	130	10	20	0.007	5
54	70	80	130	140	10	20	0.019	5
55	80	90	140	150	10	20	0.003	5
56	0	10	70	80	10	20	0.019	6
57	10	20	80	90	10	20	0.118	6
58	20	30	90	100	10	20	0.004	6
59	30	40	100	110	10	20	0.026	6
60	40	50	110	120	10	20	0.003	6
61	50	60	120	130	10	20	0.006	6
62	60	70	130	140	10	20	0.020	6
63	70	80	140	150	10	20	0.081	6
64	0	10	80	90	10	20	0.023	7
65	10	20	90	100	10	20	0.035	7
66	20	30	100	110	10	20	0.040	7
67	30	40	110	120	10	20	0.836	7
68	40	50	120	130	10	20	0.009	7
69	50	60	130	140	10	20	0.019	7
70	60	70	140	150	10	20	0.087	7
71	0	10	90	100	10	20	0.019	8
72	10	20	100	110	10	20	0.037	8
73	20	30	110	120	10	20	0.025	8
74	30	40	120	130	10	20	0.042	8
75	40	50	130	140	10	20	0.018	8
76	50	60	140	150	10	20	0.003	8

77	0	10	100	110	10	20	0.550	9
78	10	20	110	120	10	20	0.002	9
79	20	30	120	130	10	20	0.004	9
80	30	40	130	140	10	20	0.015	9
81	40	50	140	150	10	20	0.004	9

Lintasan 3

Lokasi : Kampung Ledok
 Arah bentangan : Tenggara → Barat laut
 Spasi : 10 meter
 Panjang bentangan : 150 meter
 Waktu Penelitian : -

Tabel L3.3 Data resistivitas lintasan 3

No	C2	C1	P1	P2	a(m)	I(mA)	Rrata2(Ω)	n
1	0	10	20	30	10	20	0.62	1
2	10	20	30	40	10	20	0.68	1
3	20	30	40	50	10	20	0.09	1
4	30	40	50	60	10	20	0.07	1
5	40	50	60	70	10	20	1.59	1
6	50	60	70	80	10	20	0.06	1
7	60	70	80	90	10	20	0.14	1
8	70	80	90	100	10	20	0.05	1
9	80	90	100	110	10	20	0.07	1
10	90	100	110	120	10	20	0.06	1
11	100	110	120	130	10	20	0.06	1
12	110	120	130	140	10	20	0.08	1
13	120	130	140	150	10	20	0.05	1
14	0	10	30	40	10	20	0.31	2
15	10	20	40	50	10	20	1.64	2
16	20	30	50	60	10	20	0.45	2
17	30	40	60	70	10	20	0.03	2

18	40	50	70	80	10	20	0.04	2
19	50	60	80	90	10	20	0.04	2
20	60	70	90	100	10	20	0.05	2
21	70	80	100	110	10	20	0.04	2
22	80	90	110	120	10	20	0.03	2
23	90	100	120	130	10	20	0.04	2
24	100	110	130	140	10	20	0.08	2
25	110	120	140	150	10	20	0.18	2
26	0	10	40	50	10	20	0.16	3
27	10	20	50	60	10	20	0.01	3
28	20	30	60	70	10	20	0.02	3
29	30	40	70	80	10	20	1.89	3
30	40	50	80	90	10	20	0.03	3
31	50	60	90	100	10	20	0.12	3
32	60	70	100	110	10	20	0.05	3
33	70	80	110	120	10	20	0.04	3
34	80	90	120	130	10	20	0.04	3
35	90	100	130	140	10	20	0.11	3
36	100	110	140	150	10	20	0.73	3
37	0	10	50	60	10	20	0.03	4
38	10	20	60	70	10	20	0.03	4
39	20	30	70	80	10	20	0.37	4
40	30	40	80	90	10	20	0.03	4
41	40	50	90	100	10	20	0.05	4
42	50	60	100	110	10	20	0.15	4
43	60	70	110	120	10	20	0.06	4
44	70	80	120	130	10	20	0.03	4
45	80	90	130	140	10	20	0.01	4
46	90	100	140	150	10	20	0.01	4
47	0	10	60	70	10	20	0.03	5
48	10	20	70	80	10	20	0.41	5
49	20	30	80	90	10	20	0.51	5

50	30	40	90	100	10	20	0.04	5
51	40	50	100	110	10	20	0.08	5
52	50	60	110	120	10	20	0.02	5
53	60	70	120	130	10	20	0.04	5
54	70	80	130	140	10	20	0.03	5
55	80	90	140	150	10	20	0.04	5
56	0	10	70	80	10	20	0.03	6
57	10	20	80	90	10	20	0.04	6
58	20	30	90	100	10	20	0.56	6
59	30	40	100	110	10	20	0.02	6
60	40	50	110	120	10	20	0.03	6
61	50	60	120	130	10	20	0.02	6
62	60	70	130	140	10	20	0.03	6
63	70	80	140	150	10	20	0.03	6
64	0	10	80	90	10	20	1.47	7
65	10	20	90	100	10	20	0.05	7
66	20	30	100	110	10	20	0.33	7
67	30	40	110	120	10	20	0.12	7
68	40	50	120	130	10	20	0.04	7
69	50	60	130	140	10	20	0.04	7
70	60	70	140	150	10	20	0.05	7
71	0	10	90	100	10	20	0.01	8
72	10	20	100	110	10	20	1.99	8
73	20	30	110	120	10	20	0.01	8
74	30	40	120	130	10	20	0.03	8
75	40	50	130	140	10	20	0.02	8
76	50	60	140	150	10	20	0.00	8
77	0	10	100	110	10	20	0.21	9
78	10	20	110	120	10	20	0.00	9
79	20	30	120	130	10	20	0.03	9
80	30	40	130	140	10	20	0.01	9
81	40	50	140	150	10	20	0.02	9

Lintasan 4

Lokasi : Kampung Ledok
 Arah bentangan : Barat daya → Timur laut
 Spasi : 10 meter
 Panjang bentangan : 150 meter
 Waktu Penelitian : -

Tabel L3.4 Data resistivitas lintasan 4

No	C2	C1	P1	P2	a(m)	I (mA)	R rata2 (Ω)	n
1	0	10	20	30	10	20	0.07	1
2	10	20	30	40	10	20	0.07	1
3	20	30	40	50	10	20	0.05	1
4	30	40	50	60	10	20	0.05	1
5	40	50	60	70	10	20	0.05	1
6	50	60	70	80	10	20	0.04	1
7	60	70	80	90	10	20	0.06	1
8	70	80	90	100	10	20	0.05	1
9	80	90	100	110	10	20	0.03	1
10	90	100	110	120	10	20	0.04	1
11	100	110	120	130	10	20	0.06	1
12	110	120	130	140	10	20	0.03	1
13	120	130	140	150	10	20	0.07	1
14	0	10	30	40	10	20	0.01	2
15	10	20	40	50	10	20	0.05	2
16	20	30	50	60	10	20	0.02	2
17	30	40	60	70	10	20	0.03	2
18	40	50	70	80	10	20	0.04	2
19	50	60	80	90	10	20	0.03	2
20	60	70	90	100	10	20	0.04	2
21	70	80	100	110	10	20	0.03	2
22	80	90	110	120	10	20	0.05	2
23	90	100	120	130	10	20	0.02	2

24	100	110	130	140	10	20	0.03	2
25	110	120	140	150	10	20	0.01	2
26	0	10	40	50	10	20	0.03	3
27	10	20	50	60	10	20	0.03	3
28	20	30	60	70	10	20	0.03	3
29	30	40	70	80	10	20	0.01	3
30	40	50	80	90	10	20	0.04	3
31	50	60	90	100	10	20	0.02	3
32	60	70	100	110	10	20	0.04	3
33	70	80	110	120	10	20	0.03	3
34	80	90	120	130	10	20	0.05	3
35	90	100	130	140	10	20	0.01	3
36	100	110	140	150	10	20	0.10	3
37	0	10	50	60	10	20	0.02	4
38	10	20	60	70	10	20	0.03	4
39	20	30	70	80	10	20	0.03	4
40	30	40	80	90	10	20	0.04	4
41	40	50	90	100	10	20	0.05	4
42	50	60	100	110	10	20	0.04	4
43	60	70	110	120	10	20	0.03	4
44	70	80	120	130	10	20	0.03	4
45	80	90	130	140	10	20	0.04	4
46	90	100	140	150	10	20	0.33	4
47	0	10	60	70	10	20	0.01	5
48	10	20	70	80	10	20	0.04	5
49	20	30	80	90	10	20	0.03	5
50	30	40	90	100	10	20	0.04	5
51	40	50	100	110	10	20	0.03	5
52	50	60	110	120	10	20	0.04	5
53	60	70	120	130	10	20	0.04	5
54	70	80	130	140	10	20	0.03	5
55	80	90	140	150	10	20	0.04	5

56	0	10	70	80	10	20	0.04	6
57	10	20	80	90	10	20	0.03	6
58	20	30	90	100	10	20	0.04	6
59	30	40	100	110	10	20	0.03	6
60	40	50	110	120	10	20	0.03	6
61	50	60	120	130	10	20	0.03	6
62	60	70	130	140	10	20	0.03	6
63	70	80	140	150	10	20	0.00	6
64	0	10	80	90	10	20	0.02	7
65	10	20	90	100	10	20	0.03	7
66	20	30	100	110	10	20	0.02	7
67	30	40	110	120	10	20	0.01	7
68	40	50	120	130	10	20	0.06	7
69	50	60	130	140	10	20	0.02	7
70	60	70	140	150	10	20	0.02	7
71	0	10	90	100	10	20	0.00	8
72	10	20	100	110	10	20	0.04	8
73	20	30	110	120	10	20	0.02	8
74	30	40	120	130	10	20	0.01	8
75	40	50	130	140	10	20	0.02	8
76	50	60	140	150	10	20	0.00	8
77	0	10	100	110	10	20	0.02	9
78	10	20	110	120	10	20	0.06	9
79	20	30	120	130	10	20	0.00	9
80	30	40	130	140	10	20	0.01	9
81	40	50	140	150	10	20	0.10	9

Lintasan 5

Lokasi : Kampung Ledok
 Arah bentangan : Barat daya → Timur laut
 Spasi : 10 meter
 Panjang bentangan : 150 meter
 Waktu Penelitian : -

Tabel L3.5 Data resistivitas lintasan 5

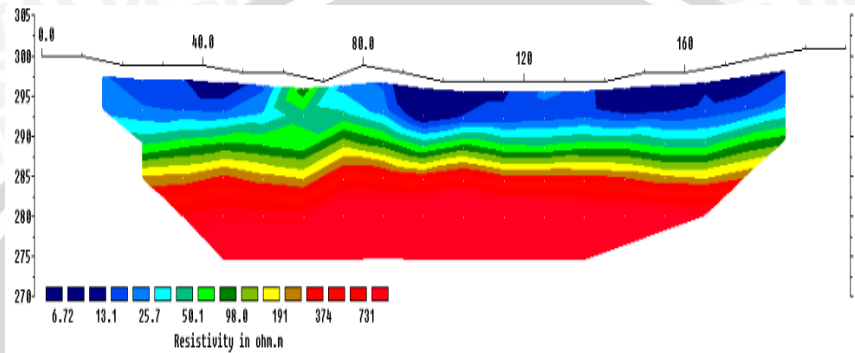
No	C2	C1	P1	P2	a(m)	I (mA)	Rrata2 (Ω)	n
1	0	10	20	30	10	20	0.70	1
2	10	20	30	40	10	20	0.06	1
3	20	30	40	50	10	20	0.06	1
4	30	40	50	60	10	20	0.11	1
5	40	50	60	70	10	20	0.03	1
6	50	60	70	80	10	20	0.04	1
7	60	70	80	90	10	20	0.04	1
8	70	80	90	100	10	20	0.06	1
9	80	90	100	110	10	20	0.04	1
10	90	100	110	120	10	20	0.04	1
11	100	110	120	130	10	20	0.05	1
12	110	120	130	140	10	20	0.04	1
13	120	130	140	150	10	20	0.05	1
14	0	10	30	40	10	20	0.06	2
15	10	20	40	50	10	20	0.02	2
16	20	30	50	60	10	20	0.15	2
17	30	40	60	70	10	20	0.06	2
18	40	50	70	80	10	20	0.02	2
19	50	60	80	90	10	20	0.04	2
20	60	70	90	100	10	20	0.04	2
21	70	80	100	110	10	20	0.05	2
22	80	90	110	120	10	20	0.05	2
23	90	100	120	130	10	20	0.02	2

24	100	110	130	140	10	20	0.05	2
25	110	120	140	150	10	20	0.01	2
26	0	10	40	50	10	20	0.04	3
27	10	20	50	60	10	20	0.10	3
28	20	30	60	70	10	20	0.12	3
29	30	40	70	80	10	20	0.03	3
30	40	50	80	90	10	20	0.02	3
31	50	60	90	100	10	20	0.01	3
32	60	70	100	110	10	20	0.01	3
33	70	80	110	120	10	20	0.02	3
34	80	90	120	130	10	20	0.06	3
35	90	100	130	140	10	20	0.07	3
36	100	110	140	150	10	20	0.03	3
37	0	10	50	60	10	20	0.06	4
38	10	20	60	70	10	20	0.10	4
39	20	30	70	80	10	20	0.02	4
40	30	40	80	90	10	20	0.03	4
41	40	50	90	100	10	20	0.02	4
42	50	60	100	110	10	20	0.03	4
43	60	70	110	120	10	20	0.04	4
44	70	80	120	130	10	20	0.04	4
45	80	90	130	140	10	20	0.42	4
46	90	100	140	150	10	20	0.36	4
47	0	10	60	70	10	20	0.05	5
48	10	20	70	80	10	20	0.02	5
49	20	30	80	90	10	20	0.03	5
50	30	40	90	100	10	20	0.03	5
51	40	50	100	110	10	20	0.03	5
52	50	60	110	120	10	20	0.01	5
53	60	70	120	130	10	20	0.01	5
54	70	80	130	140	10	20	0.03	5
55	80	90	140	150	10	20	0.71	5

56	0	10	70	80	10	20	0.07	6
57	10	20	80	90	10	20	0.03	6
58	20	30	90	100	10	20	0.04	6
59	30	40	100	110	10	20	0.03	6
60	40	50	110	120	10	20	0.05	6
61	50	60	120	130	10	20	0.09	6
62	60	70	130	140	10	20	0.04	6
63	70	80	140	150	10	20	0.00	6
64	0	10	80	90	10	20	0.03	7
65	10	20	90	100	10	20	0.03	7
66	20	30	100	110	10	20	0.03	7
67	30	40	110	120	10	20	0.02	7
68	40	50	120	130	10	20	0.03	7
69	50	60	130	140	10	20	0.05	7
70	60	70	140	150	10	20	0.03	7
71	0	10	90	100	10	20	0.03	8
72	10	20	100	110	10	20	0.03	8
73	20	30	110	120	10	20	0.02	8
74	30	40	120	130	10	20	0.03	8
75	40	50	130	140	10	20	0.03	8
76	50	60	140	150	10	20	0.03	8
77	0	10	100	110	10	20	0.06	9
78	10	20	110	120	10	20	0.01	9
79	20	30	120	130	10	20	0.03	9
80	30	40	130	140	10	20	0.01	9
81	40	50	140	150	10	20	0.01	9

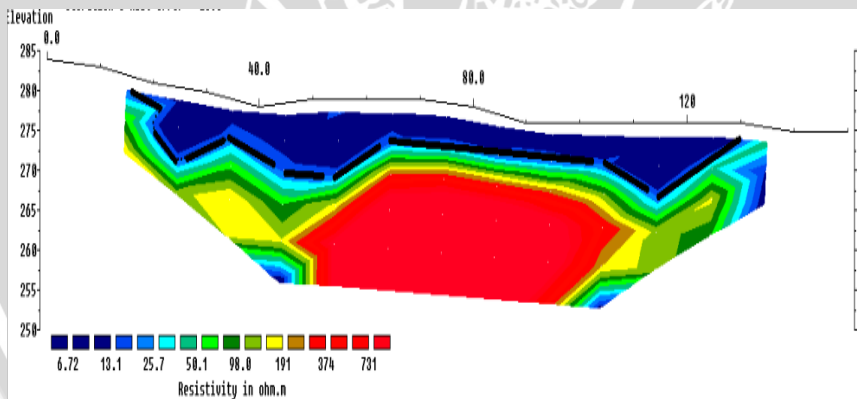
Lampiran 4 Model 2D

Gambar 4.1



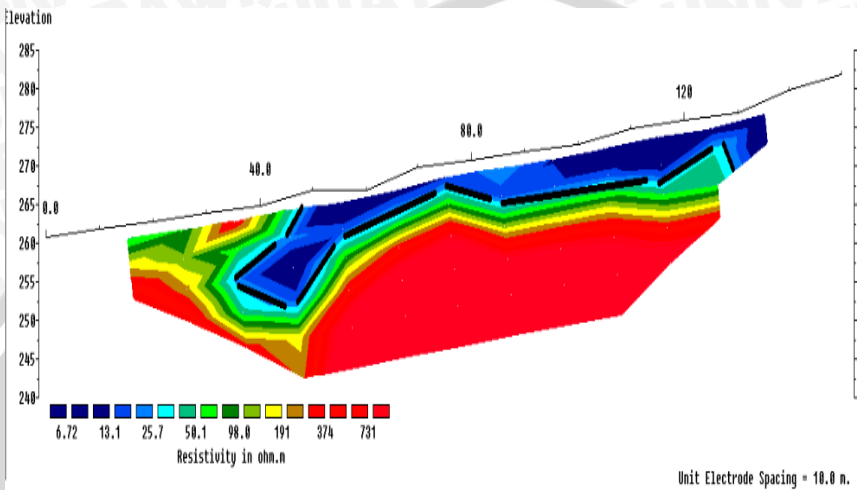
Gambar 4.1 model 2D pada lintasan 1

Gambar 4.6



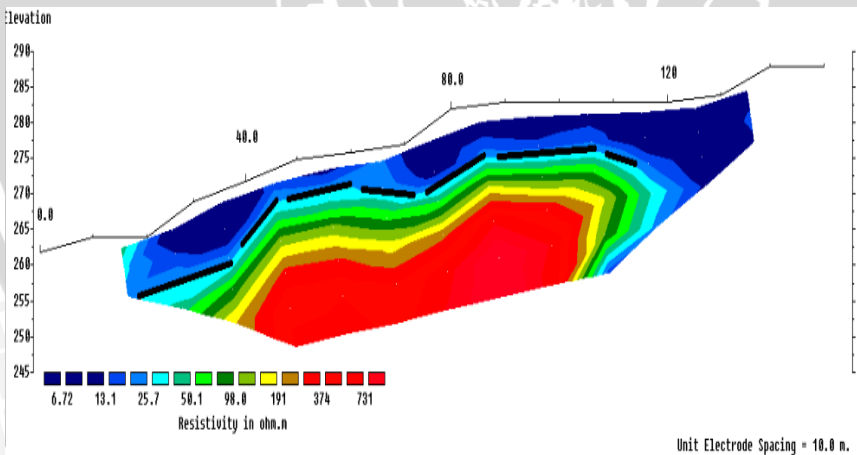
Gambar 4.6 model 2D pada lintasan 2
(Ket : Garis hitam tebal: Bidang gelincir)

Gambar 4.7



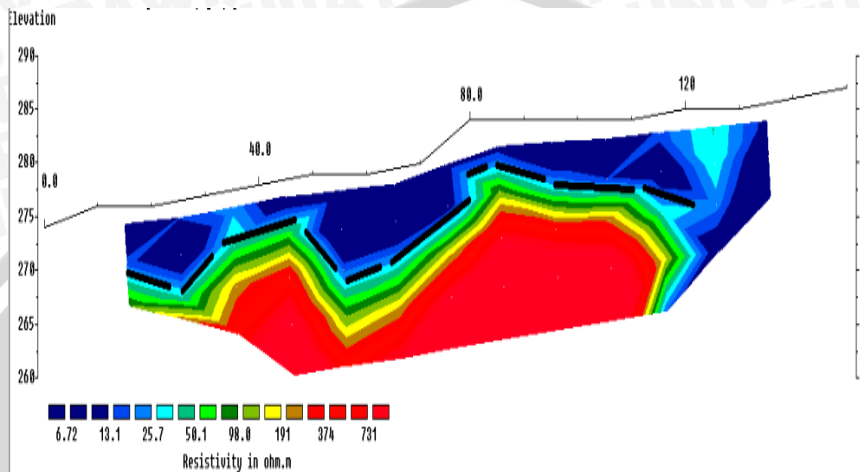
Gambar 4.7 model 2D pada lintasan 3
(Ket : Garis hitam tebal: Bidang gelincir)

Gambar 4.8



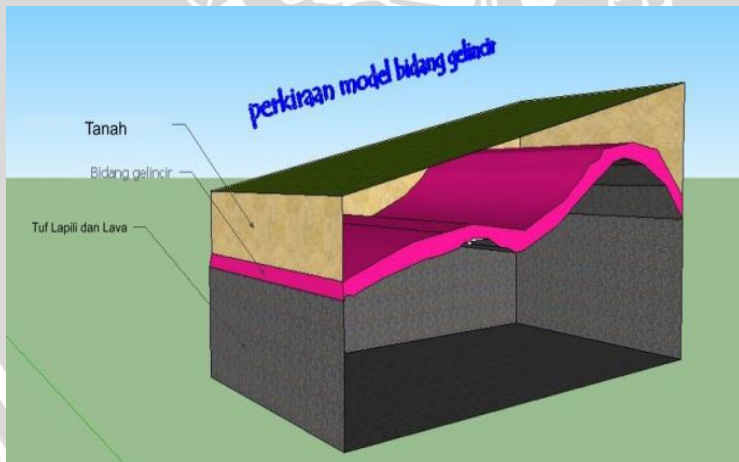
Gambar 4.8 model 2D pada lintasan 4
(Ket : Garis hitam tebal: Bidang gelincir)

Gambar 4.9



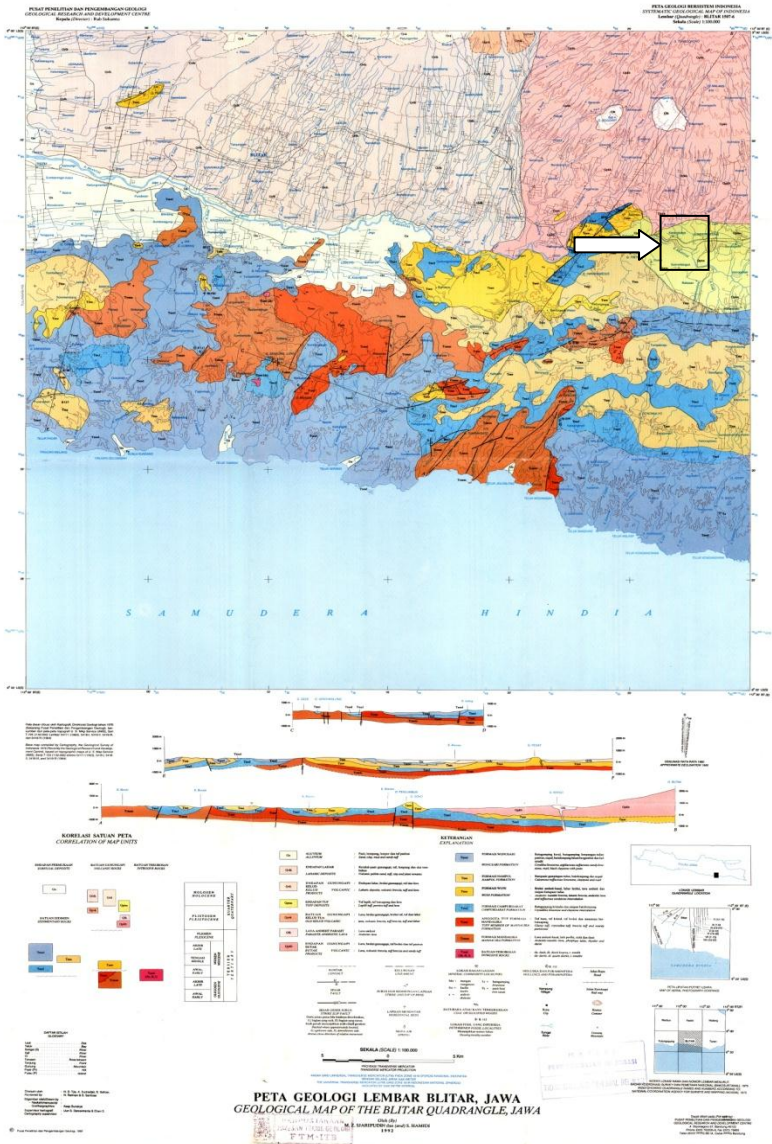
Gambar 4.9 model 2D pada lintasan 5
(Ket : Garis hitam tebal: Bidang gelincir)

Gambar 4.10



Gambar 4.10 Gambaran bidang gelincir pada daerah survei.

Lampiran 5 Peta Geologi Lembar Malang



Gambar L5.1 Peta Geologi Lembar Malang
(keterangan = Lokasi penelitian)

Lampiran 6 Struktur Tanah Daerah Penelitian



Gambar L6.1 Endapan tuf



Gambar L6.2 Lapisan tanah dan tanah berkerikil

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

