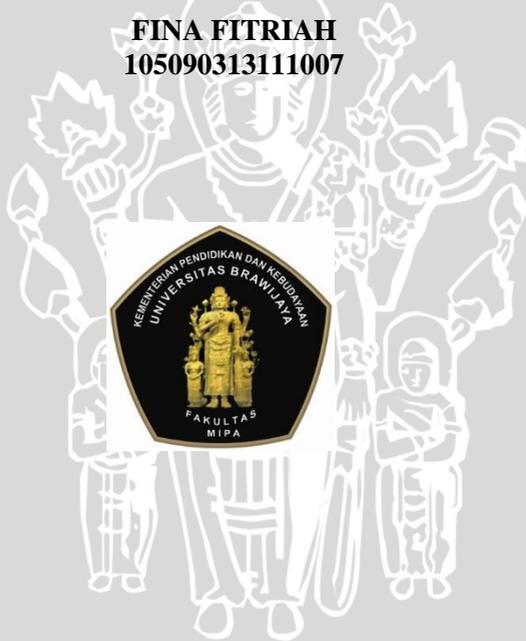


**ANALISIS DAERAH RAWAN LONGSOR
DI DUSUN PLETES/KRAJAN,
KECAMATAN SUMBERMANJING WETAN, MALANG
DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
BERDASARKAN MODEL *SCORING* PARAMETER**

SKRIPSI

oleh:

**FINA FITRIAH
105090313111007**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**ANALISIS DAERAH RAWAN LONGSOR
DI DUSUN PLETES/KRAJAN,
KECAMATAN SUMBERMANJING WETAN, MALANG
DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
BERDASARKAN MODEL *SCORING* PARAMETER**

SKRIPSI

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

oleh:

**FINA FITRIAH
105090313111007**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS DAERAH RAWAN LONGSOR
DI DUSUN PLETES/KRAJAN,
KECAMATAN SUMBERMANJING WETAN, MALANG
DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
BERDASARKAN MODEL *SCORING* PARAMETER**

oleh:

**FINA FITRIAH
105090313111007**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 11 Juli 2014
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Sunaryo, M.Si

NIP. 19671228 1994 12 1001

Drs. Wasis, M.AB

NIP. 19551109 1984 03 1001

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

Drs. Adi Susilo, Ph.D

NIP. 19670907 1992 03 1001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fina Fitriah
NIM : 105090313111007
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi berjudul : Analisis Daerah Rawan Longsor di Dusun Pletes/Krajan, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Malang dengan Metode Geolistrik Resistivitas Berdasarkan Model *Scoring* Parameter

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini,
2. apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran

Malang, 11 Juli 2014
Yang menyatakan,

(Fina Fitriah)
NIM.105090313111007

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**ANALISIS DAERAH RAWAN LONGSOR
DI DUSUN PLETES/KRAJAN,
KECAMATAN SUMBERMANJING WETAN, MALANG
DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
BERDASARKAN MODEL *SCORING* PARAMETER**

ABSTRAK

Tanah longsor adalah peristiwa runtuhnya bebatuan atau gumpalan tanah akibat adanya ketidakseimbangan geometri. Dusun Pletes/Krajan berada pada koordinat $08^{\circ}15'34,41''\text{S}$ - $08^{\circ}15'37,32''\text{S}$ dan $112^{\circ}40'49,34''\text{E}$ - $112^{\circ}40'50,00''\text{E}$ dan ketinggian 576-612 meter. Tanah longsor pernah terjadi di Dusun Pletes/Krajan pada tanggal 25 Januari 2013 sehingga memungkinkan terjadinya longsor kembali di sekitar lokasi kejadian. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk menganalisis potensi longsor menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi wenner alpha. Metode ini digunakan untuk menentukan litologi bawah permukaan dan pendugaan bidang gelincir longsor. Berdasarkan data yang diperoleh geolistrik, diketahui bahwa litologi bawah permukaan batuan Pletes terdiri atas sisipan batu lempung basah ($1,18 \Omega\text{m}$ - $6,61 \Omega\text{m}$), sisipan batu lempung kering ($>6,61 \Omega\text{m}$ - $88,2 \Omega\text{m}$) dan batu gamping ($>88,2 \Omega\text{m}$ - $496 \Omega\text{m}$). Bidang gelincir longsor ditemukan dalam bentuk batu gamping pada kedalaman 3,88 meter-21,5 meter. Berdasarkan analisis daerah rawan longsor, Dusun Pletes/Krajan tergolong beresiko tinggi.

Kata kunci: metode geolistrik resistivitas, Pletes, tanah longsor, wenner alpha

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**ANALYSIS OF LANDSLIDES-PRONE AREA
IN PLETES/KRAJAN VILLAGE,
SUMBERMANJING WETAN DISTRICT, MALANG
WITH RESISTIVITY GEOELECTRIC METHOD
BASED ON MODEL OF SCORING PARAMETER**

ABSTRACT

Landslides are incident of the collapse of rocks or clumps of soil as a result of an imbalance of geometry. Pletes/Krajan located at $08^{\circ}15'34.41''S-08^{\circ}15'37.32''S$ and $112^{\circ}40'49.34''E-112^{\circ}40'50.00''E$ and altitude of 576-612 meters. On January 25,2013 occurred a landslides in Pletes/Krajan so it is possible that a landslides occure again in future. One of the geophysical methods that can be used to analyze the potential for landslides is resistivity geoelectric method with wenner alpha configuration. This method is used to determine subsurface lithology and prediction of landslide slip plane. Based on geoelectric data, known that subsurface rock lithology consists of wet clay stone intercalations ($1.18\Omega m- 6.61\Omega m$), dry clay stone intercalations ($>6.61\Omega m-88.2\Omega m$) and limestone ($>88.2\Omega m-496\Omega m$). Landslide slip plan found in limestone form at 3.88 meters-21,5 meters of depth. Based on landslide-prone area analysis, Pletes/Krajan at high risk .

Keywords: landslides, resistivity geoelectric method, wenner alpha, Pletes

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Daerah Rawan Longsor di Dusun Pletes/Krajan Desa Sumbermanjing Wetan Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang dengan Metode Geolistrik Resistivitas berdasarkan Model *Scoring Parameter*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Fisika.

Atas terselesaikannya Skripsi ini, penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs.Adi Susilo, Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika atas ijin pelaksanaan Skripsi yang telah diberikan.
2. Bapak Dr.Sunaryo, S.Si, M.Si dan Bapak Drs.Wasis, M.AB selaku Dosen Pembimbing atas segala arahan dan masukan kepada penulis selama pengerjaan dan penyusunan Skripsi ini.
3. Ayahanda Amran R Hasan dan Ibunda Nuristantinah serta saudara kembar Fira Fitriah atas do’a dan semangat yang tak pernah lelah
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya atas didikannya selama kuliah.
5. Teman-teman Fisika Angkatan 2010 untuk semua kebersamaan dan motivasinya
6. Sahabat dan saudara Ahmad Hanif, M.Rosan, Olfy Prasyas, Arismanto, Sania Cahya, Yuni untuk semangat dan do’anya.

Penulis menyadari bahwa pada Skripsi ini masih terdapat kekurangan mengingat keterbatasan kemampuan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran guna melengkapi Skripsi ini menjadi lebih baik yang dapat disampaikan melalui email penulis [fina.soa@gmail.com](mailto: fina.soa@gmail.com).

Akhir kata, penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya.

Malang, 11 Juli 2014

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
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. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 ..Tinjauan Daerah Penelitian	5
2.2 Metode Geolistrik	5
2.3 Geolistrik Resistivitas.....	5
2.4 Aliran Arus di dalam Bumi	7
2.5 Konfigurasi Wenner Alpha.....	11
2.6 Resistivitas Batuan	12
2.7 Longsor	15
2.8 Sistem GPS.....	25
2.9 Rujukan Penelitian.....	27
BAB III. METODE PENELITIAN	29
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	29
3.2 Peralatan Penelitian	29
3.3 Prosedur Penelitian.....	30
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	36
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil Penelitian	37
4.2 Pemodelan Penampang Resistivitas 2 Dimenensi.....	38
4.3 Interpretasi Keberadaan Bidang Gelincir	47
4.4 Interpretasi Terpadu	51

BAB V. PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konduktor berbentuk silinder.....	6
Gambar 2.2 Medan Potensial dan Arah Arus dari Sumber Titik di Permukaan.....	8
Gambar 2.3 Distribusi Potensial dan Aliran Arus dari Sumber Arus Ganda di Permukaan	10
Gambar 2.4 Susunan Elektroda Ganda di Permukaan Homogen.....	10
Gambar 2.5 Konfigurasi Wenner Alpha.....	11
Gambar 2.6 Proses terjadinya tanah longsor	15
Gambar 2.7 Jenis tanah longsor	19
Gambar 2.8 Geometri Elipsoid Referensi	26
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	29
Gambar 3.2 Peralatan Akuisisi Data Geolistrik	30
Gambar 3.3 Peta Kontur 2D Desain Akuisisi Data Daerah Penelitian	33
Gambar 3.4 Peta Kontur 3D Desain Akuisisi Data Daerah Penelitian	34
Gambar 3.5 Desain Akuisisi Citra Satelit.....	35
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 4.1 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan Line 1.....	40
Gambar 4.2 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan Line 2.....	41
Gambar 4.3 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan Line 3.....	44
Gambar 4.4 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan Line 4.....	45
Gambar 4.5 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan Line 5.....	46
Gambar 4.6 Dugaan bidang gelincir longsor line 1.....	47
Gambar 4.7 Dugaan bidang gelincir longsor line 2.....	48
Gambar 4.8 Dugaan bidang gelincir longsor line 3.....	49
Gambar 4.9 Dugaan bidang gelincir longsor line 4.....	50
Gambar 4.10 Dugaan bidang gelincir longsor line 5.....	51
Gambar 4.11 Interpretasi terpadu semua line.....	55

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kisaran Nilai Resistivitas Material Bawah Permukaan (Telford,1982).....	13
Tabel 2.2 Kisaran Nilai Resistivitas Material Bawah Permukaan (Loke,2000).....	14
Tabel 2.3 Kisaran Nilai Resistivitas Material Bawah Permukaan (Verhoef).....	14
Tabel 2.4 Klasifikasi bentuk lereng.....	20
Tabel 2.5 Klasifikasi intensitas curah hujan.....	21
Tabel 2.6 Klasifikasi jenis batuan	22
Tabel 2.7 Permeabilitas tanah	23
Tabel 2.8 Klasifikasi permeabilitas tanah	23
Tabel 2.9 Klasifikasi tutupan lahan	24
Tabel 2.10 Klasifikasi Ketinggian.....	24
Tabel 2.11 Klasifikasi keberadaan sesar/patahan.....	24
Tabel 2.12 Klasifikasi ketebalan tanah.....	25
Tabel 2.13 Parameter dan Konstanta Datum Global WGS84 ..	27
Tabel 4.1 Data Curah Hujan Sitarjo (Malang) tahun 2010-2014.....	54
Tabel 4.2 Parameter Daerah Rawan Longsor.....	56
Tabel 4.3 <i>Scoring</i> Paramater Daerah Rawan Longsor Untuk Daerah Penelitian.....	57

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Akuisisi Geolistrik <i>Line 1</i>	63
Lampiran 2 Dokumentasi Akuisi Data.....	66

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang kebumihan ditinjau dari aspek fisika berdasarkan fenomena-fenomena fisis yang terjadi di alam. Geofisika memiliki banyak metode yang digunakan untuk mengetahui tentang bagian dalam bumi dengan memanfaatkan sifat-sifat fisis batuan bawah permukaan bergantung parameter yang digunakan. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah metode geolistrik. Metode Geolistrik bekerja berdasarkan sifat kelistrikan bumi. Banyak sekali konfigurasi yang digunakan dalam pemanfaatan metode ini diantaranya konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner, dan konfigurasi Dipole-dipole. Menurut Asra (2012), ada beberapa keunggulan metode geolistrik yaitu harga peralatannya yang relatif murah, biaya survei relatif murah, waktu yang dibutuhkan relatif sangat cepat, analisa data yang secara global dapat diprediksi saat di lapangan, dan kesalahan pengukuran dapat segera diketahui. Namun, metode ini juga memiliki kekurangan yaitu tidak dapat digunakan jika daerah tergenang oleh air. Konfigurasi yang digunakan bergantung dengan target yang akan dicapai karena setiap konfigurasi memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing. Salah satunya adalah konfigurasi wenner alpha yang memiliki keunggulan yaitu ketelitian pembacaan tegangan, sensitif terhadap perubahan lateral setempat yang dangkal, banyak digunakan untuk eksplorasi resistivitas dalam, dan memiliki error yang kecil. Namun, konfigurasi wenner alpha juga memiliki kekurangan yaitu waktu yang dibutuhkan lebih lama dibandingkan konfigurasi yang lain karena pemindahan elektroda cukup banyak.

Dusun Pletes/Krajan, Desa Sumbermanjing Wetan, Kecamatan Sumbermanjing Wetan merupakan daerah yang rawan bencana tanah longsor di Kabupaten Malang. Kejadian tanah longsor pernah terjadi di Dusun Pletes/Krajan pada 25 Januari 2013 hingga menyebabkan satu rumah tertimbun material longsor (www.lensaIndonesia.com).

Oleh karena itu, menarik jika dilakukan penelitian di daerah Dusun Pletes/Krajan untuk mengetahui litologi bawah permukaan daerah tersebut dalam penentuan tingkat kerawanan longsor

berdasarkan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner alpha (Asra, 2012; www.lensaindonesia.com, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi litologi bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan interpretasi pemodelan 2D metode geolistrik konfigurasi wenner alpha?
2. Bagaimana tingkat kerawanan daerah penelitian terhadap bahaya longsor?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya dilaksanakan di daerah sekitar Dusun Pletes/Krajan, Desa Sumbermanjing Wetan, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Malang,
2. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner alpha,
3. Interpretasi data berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *software Res2dinv* dengan melakukan korelasi terhadap Peta Geologi Lembar Turen.
4. Parameter rawan longsor yang digunakan dalam penelitian ini adalah ketinggian, kelerengan, intensitas curah hujan, jenis batuan, permeabilitas tanah, tutupan lahan, dan ketebalan tanah hingga lapisan kedap air.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kondisi litologi bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan interpretasi pemodelan 2D metode geolistrik konfigurasi wenner alpha,
2. Mengetahui tingkat kerawanan daerah penelitian terhadap bahaya longsor.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian lapangan ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai litologi daerah Dusun Krajan/Pletes untuk pihak-pihak yang membutuhkan serta tambahan referensi untuk perguruan tinggi,
2. Memberikan informasi tingkat kerawanan daerah penelitian terhadap tanah longsor sehingga dapat dilakukan peringatan dini (*early warning*) sebagai antisipasi bencana alam,
3. Bermanfaat untuk peringatan dini dalam mitigasi tanah longsor.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Daerah Penelitian

Penelitian dilakukan di Kecamatan Sumbermanjing Wetan, tepatnya disekitar Dusun Pletes/Krajan RT 16 RW 04 Desa Sumbermanjing Wetan. Daerah penelitian berada di wilayah sedimentasi dengan Formasi Wonosari (*Wonosari Formation*). Berdasarkan Peta Geologi Lembar Turen daerah Dusun Pletes/Krajan didominasi oleh batu gamping, napal pasiran, dan sisipan batu lempung.

2.2 Metode Geolistrik

Metode geolistrik adalah salah satu metode dalam bidang geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Tujuan metode geolistrik adalah untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan di bawah permukaan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (konduktivitas atau resistivitas). Terdapat beberapa macam metode geolistrik tergantung variabel yang akan digunakan dalam interpretasi. Menurut Reynold (1997), menyatakan bahwa metode geolistrik dibagi menjadi 3 yaitu:

1. metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas),
2. metode geolistrik potensial diri,
3. metode geolistrik polarisasi induksi.

2.3 Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode dalam bidang geofisika yang digunakan untuk menyelidiki lapisan bawah permukaan dangkal berdasarkan tingkat resistivitas batuan di bawah permukaan bumi. Melalui pengukuran dengan metode geolistrik resistivitas dapat diketahui keadaan lapisan geologi bawah permukaan. Besarnya tahanan jenis diukur dengan mengalirkan arus listrik dan memperlakukan lapisan batuan sebagai media pengantar arus. Resistivitas yang dihasilkan bukanlah nilai sebenarnya melainkan resistivitas semu. Semakin besar tingkat resistivitas, maka semakin sukar untuk menghantarkan arus listrik dan bersifat isolator

begitu pula sebaliknya. Oleh karena itu, resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas atau daya hantar listrik. Metode resistivitas sering digunakan untuk pendugaan lapisan bawah tanah karena cukup sederhana dan murah, walaupun jangkauan ke dalamnya tidak terlalu dalam, tetapi sudah mencapai target yang diinginkan untuk eksplorasi. Dalam pengukuran geolistrik, resistansi yang terukur tidak dapat digunakan untuk memperkirakan jenis lapisan batuan karena hasil pengukuran tersebut masih tergantung dari faktor geometri. Oleh karena itu, harus dilakukan pengolahan data geolistrik untuk mendapatkan nilai resistivitas tiap lapisan batuan.

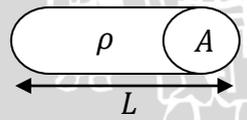
Prinsip fisis dalam metode geolistrik resistivitas adalah Hukum Ohm. Arus listrik searah dialirkan melalui suatu medium maka perbandingan antara beda potensial (ΔV) yang terjadi dengan arus (I) yang diberikan adalah tetap, dan besarnya tetapan ini tergantung medium yang dilewati oleh arus tersebut. Tetapan ini disebut sebagai hambatan listrik yang disimbolkan dengan “ R ”, di mana besarnya adalah:

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

di mana R adalah hambatan (ohm), ΔV adalah beda potensial (volt) dan I adalah arus listrik (ampere).

Untuk silinder konduktor dengan panjang L dan luas penampang A yang mempunyai konduktivitas bahan σ seperti pada gambar 2.1 dengan medan listrik E , maka tahanan yang muncul dirumuskan sebagai:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$



Gambar 2.1 Konduktor Berbentuk Silinder

di mana ρ adalah hambatan jenis (ohm.m), L adalah panjang konduktor, dan A adalah luas penampang konduktor (m^2).

Asumsi dasar yang digunakan dalam metode geolistrik resistivitas antara lain adalah bahwa permukaan tanah terdiri dari

beberapa lapisan yang dibatasi oleh bidang batas horizontal serta terdapat kontras resistivitas antara bidang batas per lapisan tersebut, tiap lapisan mempunyai ketebalan tertentu kecuali lapisan terbawah memiliki ketebalan tak berhingga, tiap lapisan dianggap bersifat homogen isotropik, tidak ada sumber arus selain arus yang diinjeksikan di atas permukaan bumi, dan arus listrik yang diinjeksikan adalah arus listrik searah (Robinson, 1988).

Arus listrik dapat mengalir pada batuan atau mineral melalui 3 cara yaitu sebagai berikut.

1. Konduksi elektronik

Konduksi elektronik adalah aliran elektron bebas yang terdapat pada batuan atau mineral. Karena pada batuan atau mineral terdapat banyak electron bebas sehingga arus listrik dalam batuan atau mineral dialirkan oleh elektron bebas tersebut.

2. Konduksi Elektrolitik

Konduksi elektrolitik terjadi ketika pori-pori batuan terisi oleh fluida elektrolitik, di mana aliran muatan terjadi melalui aliran ion-ion larutan elektrolit. Intinya adalah arus listrik dialirkan oleh ion elektrolit

3. Konduksi Dielektrik

Konduksi dielektrik terjadi bila batuan atau mineral bertindak sebagai dielektrik ketika dialiri arus listrik sehingga terjadi polarisasi pada batuan atau mineral tersebut (Telford,1976).

2.4 Aliran Arus di dalam Bumi

2.4.1 Potensial Medium Homogen

Apabila suatu medium homogen dialiri arus listrik dengan rapat arus \vec{J} dan kuat medan listrik \vec{E} , maka menurut Hukum Ohm:

$$\vec{J} = \frac{1}{\rho} \vec{E}, \quad (2.1)$$

dengan \vec{E} dalam volt/meter, ρ adalah resistivitas medium. Diketahui bahwa medan listrik E merupakan gradien potensial skalar sebagai berikut:

$$\vec{E} = -\nabla V. \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.1) diperoleh:

$$\vec{J} = -\frac{1}{\rho} \nabla V. \quad (2.3)$$

Mengingat syarat batas bahwa arus yang memasuki suatu luasan tertentu sama dengan arus yang meninggalkannya, kecuali di tempat sumber arus dan lubang arus, maka:

$$\nabla \cdot \vec{J} = 0,$$

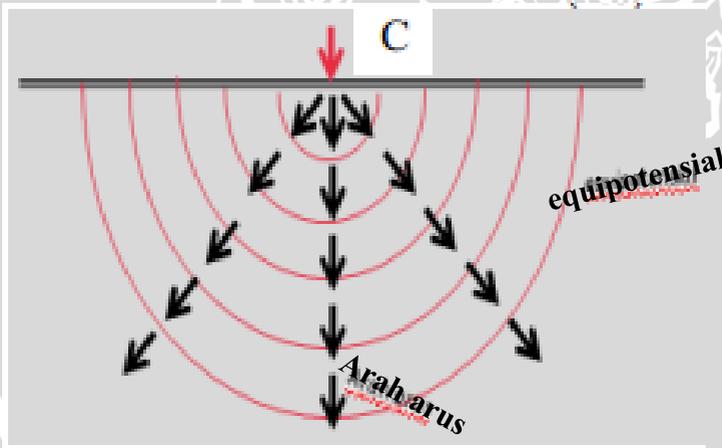
$$\nabla \cdot \vec{J} = -\nabla \cdot \nabla \left(\frac{1}{\rho} V \right) = 0, \text{ dan} \quad (2.4)$$

$$\nabla^2 V = 0. \quad (2.5)$$

2.4.2 Elektroda Arus Tunggal pada Permukaan Medium Homogen Isotropis

Bila arus I dialirkan melalui sebuah elektroda arus C pada permukaan medium homogen isotropi, seperti pada Gambar 2.2. Maka potensial di suatu titik yang berjarak r dari sumber dapat dicari melalui persamaan (2.5) dengan menggunakan koordinat bola yaitu:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right] + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0. \quad (2.6)$$



Gambar 2.2 Medan Potensial dan Arah Arus dari Sumber Titik di Permukaan (Waluyo,dkk, 2008)

Karena aliran arus listrik simetri terhadap θ dan φ maka diperoleh:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right] = 0, \text{ atau} \quad (2.7)$$

$$\frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV}{dr} = 0, \quad (2.8)$$

Penyelesaian persamaan (2.8) sebagai persamaan orde 2, dengan mengalikan r^2 kemudian mengintegrasikan dapat diperoleh:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{B}{r^2}. \quad (2.9)$$

Integrasi persamaan (2.9):

$$\int dV = B \int \frac{1}{r^2} dr, \quad (2.10)$$

sehingga diperoleh:

$$V = -\frac{B}{r} + C. \quad (2.11)$$

Syarat batas, bila $r \rightarrow \infty$, maka $V = 0$ dan $C = 0$, dengan B dan C adalah konstanta. Arus mengalir keluar melalui setengah luasan bola secara radial, sehingga jumlah arus yang melintasi permukaan bola diberikan persamaan:

$$I = -\frac{A dV}{\rho dr} = -\frac{A B}{\rho r^2} I = -2\pi r^2 \frac{1}{\rho r^2} \frac{B}{r^2} = -2\pi \frac{B}{\rho}. \quad (2.12)$$

Berdasarkan persamaan (12) diperoleh persamaan:

$$B = -\frac{I\rho}{2\pi}. \quad (2.13)$$

Jika A adalah luasan setengah bola $= 2\pi r$ dan ρ adalah resistivitas medium, dan $C=0$, maka persamaan (2.11) menjadi:

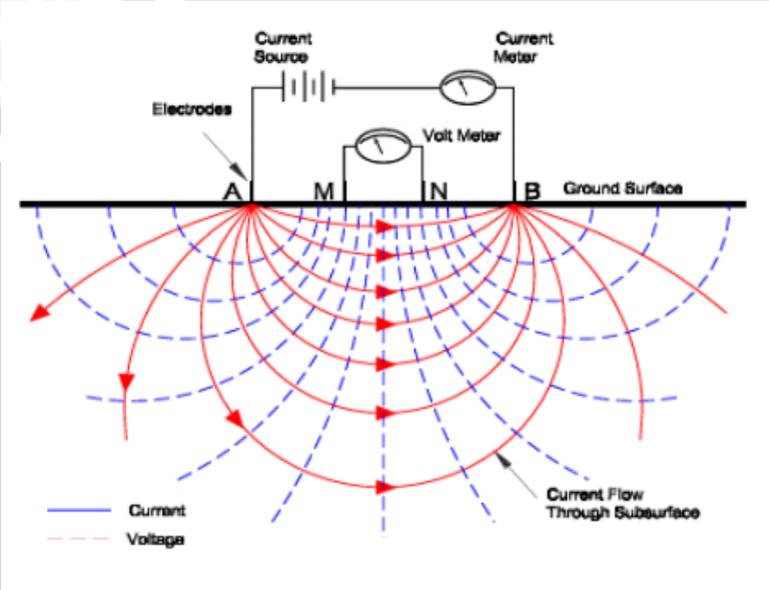
$$V = \frac{I\rho}{2\pi r}. \quad (2.14)$$

Dalam permasalahan titik arus di permukaan bumi untuk medium homogen isotropi dari persamaan (2. 14) diperoleh rumus matematika untuk harga resistivitasnya yaitu:

$$\rho = \frac{2\pi r V}{I}. \quad (2.15)$$

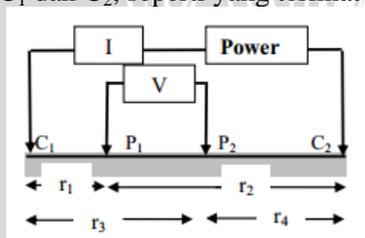
2.4.3 Elektroda Arus Ganda dengan Polaritas Berlawanan Pada Permukaan Medium Homogen Isotrop

Bentuk permukaan ekuipotensial dan arah arus listrik terjadi akibat adanya dua buah sumber arus yang saling berlawanan polaritasnya (besar sama yaitu I) dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Distribusi Potensial dan Aliran Arus oleh Sumber Arus Ganda di Permukaan (Waluyo, dkk,2008)

Pada metode geolistrik, arus listrik dimasukkan melalui elektroda C_1 dan C_2 , sedangkan elektroda potensial P_1 dan P_2 yang terletak di antara C_1 dan C_2 , seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Susunan Elektroda Ganda di Permukaan Homogen (Waluyo, dkk, 2008)

Berdasarkan Gambar 2.4, diperoleh persamaan untuk elektroda arus ganda pada permukaan medium,

$$V_{P1} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \quad (2.16)$$

$$V_{P2} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right), \quad (2.17)$$

sehingga beda potensialnya adalah

$$\Delta V = V_{P1} - V_{P2} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right), \quad (2.18)$$

atau dapat ditulis menjadi:

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I}. \quad (2.19)$$

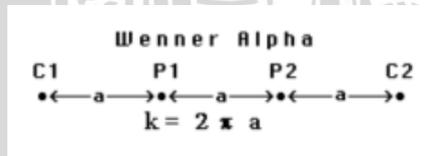
Sementara itu harga K ditunjukkan dalam persamaan sebagai berikut:

$$k = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right)^{-1} \quad (2.20)$$

K adalah faktor geometri yang besarnya tergantung dari susunan elektroda yang digunakan sebagai koreksi dalam pengolahan data (Waluyo, dkk, 2008).

2.5 Konfigurasi Wenner Alpha

Salah satu konfigurasi yang digunakan dalam metode geolistrik resistivitas adalah konfigurasi wenner alpha. Penyusunan elektroda dapat dilihat seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.5 Konfigurasi Wenner Alpha (Loke, 1999)

Wenner alpha memiliki konfigurasi potensial yang berada di antara arus yang tersusun dari C₁-P₁-P₂-C₂. Jarak elektroda yang satu dengan lainnya sama dengan a, seperti terlihat pada Gambar 2.5. Faktor geometri konfigurasi ini adalah $k = 2\pi a$. Keuntungan dan keterbatasan konfigurasi wenner alpha adalah sebagai berikut.

1. Konfigurasi elektroda wenner alpha sangat sensitif terhadap perubahan lateral setempat dan dangkal. Hal tersebut terjadi karena anomali geologi diamati oleh elektroda C_1 dan P_1 berkali-kali. Namun, untuk jarak C-P yang lebih pendek, daya tembus (penetrasi) lebih besar, sehingga berlaku untuk eksplorasi resistivitas dalam.
2. Karena bidang equipotensial untuk benda homogen berupa bola, maka data-data lebih mudah diproses dan dimengerti. Disamping itu dihasilkan eror yang kecil.
3. Konfigurasi sensitif terhadap perubahan-perubahan lateral di permukaan. Konfigurasi ini disukai dan banyak digunakan untuk penyelidikan Geothermal.
4. Karena pengukuran setiap elektroda harus dipindahkan, maka memerlukan orang yang lebih banyak.

Adapun penurunan rumus untuk faktor geometri konfigurasi wenner alpha adalah sebagai berikut:

$$k = 2\pi \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) - \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4}\right)} \right) = 2\pi \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)} \right)$$

$$k = 2\pi \left(\frac{1}{\left(\frac{2-1}{2a}\right) - \left(\frac{1-2}{2a}\right)} \right) = 2\pi \left(\frac{1}{\frac{1}{2a} + \frac{1}{2a}} \right)$$

$$k = 2\pi \left(\frac{1}{\frac{2}{2a}} \right) = 2\pi \left(\frac{1}{\frac{1}{a}} \right) = 2\pi a.$$

2.6 Resistivitas Batuan

Resistivitas (hambatan jenis) batuan adalah daya hambat dari batuan terhadap aliran listrik dengan satuan ohm.m. Batuan di bumi umumnya mempunyai sifat kelistrikan berupa daya hantar listrik dan konstanta dielektrik. Konstanta dielektrik merupakan polarisasi material dalam suatu medium listrik. Konstanta dielektrik menentukan kapasitas induktif efektif suatu material batuan dan merupakan respon statik untuk medan listrik AC maupun DC (Dobrin, 1998).

Tiap lapisan penyusun batuan merupakan suatu materi batuan yang mempunyai hambatan jenis yang berbeda. Besar hambatan jenis batuan ditentukan oleh beberapa syarat sebagai berikut:

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

Batuan yang pori-porinya mengandung air mempunyai hambatan jenis yang lebih rendah daripada batuan yang kering.

3) Kelarutan garam dalam air dan dalam batuan

Kelarutan garam di dalam air dan di dalam batuan, akan mengakibatkan meningkatnya kandungan ion dalam air, sehingga 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).

Nilai resistivitas beberapa jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kisaran nilai resistivitas material bawah permukaan (Telford, 1976)

Material	Resistivitas ($\Omega.m$)
Andesit (<i>Andesite</i>)	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Basal (<i>Basalt</i>)	$200 - 10^5$
Gamping (<i>Limestones</i>)	$500 - 10^4$
Batu Pasir (<i>Sandstone</i>)	$200 - 8.000$
<i>Shales</i> (Serpih)	$20 - 2.000$
Pasir (<i>Sand</i>)	$1 - 1000$
Lempung (<i>Clay</i>)	$1 - 100$
Air Tanah (<i>Ground Water</i>)	$0,5 - 300$
Air Asin (<i>Sea Water</i>)	$0,2$
Kerikil Kering (<i>Dry Gravel</i>)	$600 - 10^3$
Aluvium (<i>Alluvium</i>)	$10 - 800$
Kerikil (<i>Gravel</i>)	$100 - 600$

Tabel 2.2 Kisaran nilai resistivitas material bawah permukaan (Loke, 1999)

Material	Resistivitas ($\Omega.m$)
<i>Igneous and Metamorphic Rocks</i>	
<i>Granite</i>	$5 \times 10^3 - 10^6$
<i>Basalt</i>	$10^3 - 10^6$
<i>Slate</i>	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
<i>Marble</i>	$10^2 - 2.5 \times 10^8$
<i>Quartzite</i>	$10^2 - 2 \times 10^8$
<i>Sedimentary Rocks</i>	
<i>Sandstone</i>	$8 - 4 \times 10^3$
<i>Shale</i>	$20 - 2 \times 10^3$
<i>Limestone</i>	$50 - 4 \times 10^2$
<i>Soils and waters</i>	
<i>Clay</i>	1-100
<i>Alluvium</i>	10-800
<i>Groundwater (fresh)</i>	10-100
<i>Sea water</i>	0.2
<i>Chemicals</i>	
<i>Iron</i>	9.074×10^{-8}
<i>0.01 M Pottasium chloride</i>	0.708
<i>0.01 M Sodium chloride</i>	0.843
<i>0.01 M acetic acid</i>	6.13
<i>Xylene</i>	6.998×10^{13}

Tabel 2.3 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

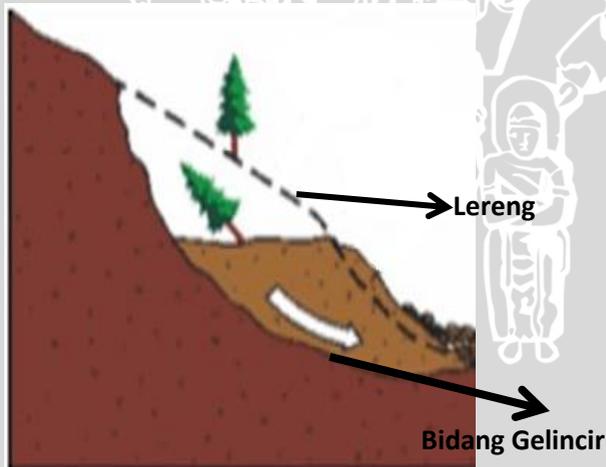
2.7 Longsor

2.7.1 Pengertian Tanah Longsor

Secara umum tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, atau tanah bergerak ke bawah atau keluar lereng. Secara geologi tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi di mana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah.

2.7.2 Proses Terjadinya Bencana Tanah Longsor

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan daya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban dan berat jenis tanah. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan bahwa air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng.



Gambar 2.6 Proses terjadinya tanah longsor (Nandi,2007)

2.7.3 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Gejala umum tanah longsor ditandai dengan munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan dan tebing rapuh serta kerikil mulai berjatuhan. Faktor penyebab lainnya adalah sebagai berikut.

1. Hujan

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu yang singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah, air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Bila ada pepohonan dipermukaannya, tanah longsor dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan. Akar tumbuhan juga akan berfungsi mengikat tanah (Nandi,2007).

2. Kemiringan lereng

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gayapendorong. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180° apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar (Nandi,2007).

Menurut Van Zuidam (1985) klasifikasi kemiringan lereng dibedakan menjadi 7 yaitu:

1. 0° - 2° (0%-2%) kemiringan lereng datar
2. 2° - 4° (2%-7%) kemiringan lereng landai
3. 4° - 8° (7%-15%) kemiringan lereng miring
4. 8° - 10° (15%-30%) kemiringan lereng agak curam
5. 10° - 35° (30%-70%) kemiringan lereng curam
6. 35° - 55° (70%-140%) kemiringan lereng sangat curam
7. $> 55^{\circ}$ ($>140\%$) kemiringan lereng terjal.

Berdasarkan berbagai kejadian longsor dapat diidentifikasi 3 tipe lereng rawan longsor yaitu sebagai berikut.

- a. Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah gembur dialasi oleh tanah yang lebih kompak,
 - b. Lereng yang tersusun oleh pelapisan tanah miring yang searah kemiringan lereng,
 - c. Lereng yang tersusun oleh blok-blok tanah.
3. Tanah yang kurang padat dan tebal
Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2.5 meter dari sudut lereng. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu, tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek ketika terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas (Nandi,2007).
 4. Batuan yang kurang kuat
Batuan endapan gunung api dan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah apabila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal (Nandi,2007).
 5. Jenis tata lahan
Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah sehingga menyebabkan tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air yang mengakibatkan mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam (Nandi, 2007).
 6. Getaran
Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah tanah, badan jalan, lantai dan dinding rumah menjadi retak (Nandi, 2007).
 7. Adanya beban tambahan
Adanya beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng dan kendaraan akan memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor, terutama di sekitar tikungan jalan pada daerah lembah. Akibatnya, sering terjadi penurunan tanah dan retakan yang arahnya ke arah lembah (Nandi, 2007).

8. Pengikisan/Erosi

Pengikisan banyak dilakukan oleh air ke arah tebing. Selain itu juga disebabkan penggundulan hutan di sekitar tebing yang mengakibatkan tebing terjal (Nandi, 2007).

9. Adanya material timbunan pada tebing

Mengembangkan dan memperluas lahan pemukiman umumnya dilakukan dengan pemotongan tebing dan penimbunan lembah. Tanah timbunan pada lembah tersebut belum terpadatkan sempurna seperti tanah asli yang berada di bawahnya. Oleh karena itu, apabila hujan akan terjadi penurunan tanah yang kemudian diikuti dengan retakan tanah (Nandi, 2007).

10. Adanya bidang diskontinuitas (bidang tidak sinambung)

Bidang tidak sinambung ini memiliki ciri yaitu bidang perlapisan batuan, bidang kontak antara tanah penutup dengan batuan dasar, bidang kontak antara batuan yang retak-retak dengan batuan yang kuat, bidang kontak antara batuan yang dapat melewatkan air dengan batuan yang tidak melewatkan air, bidang kontak antara tanah yang lembek dengan tanah yang padat. Bidang-bidang tersebut merupakan bidang-bidang lemah dan dapat berfungsi sebagai bidang luncuran tanah longsor (Nandi, 2007).

2.7.4 Jenis-jenis Tanah Longsor

Ada 6 jenis tanah longsor yakni longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batuan, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Jenis longsor translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan (Nandi, 2007).

1. Longsor translasi

Longsor translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk merata atau menggelombang landai.

2. Longsor rotasi

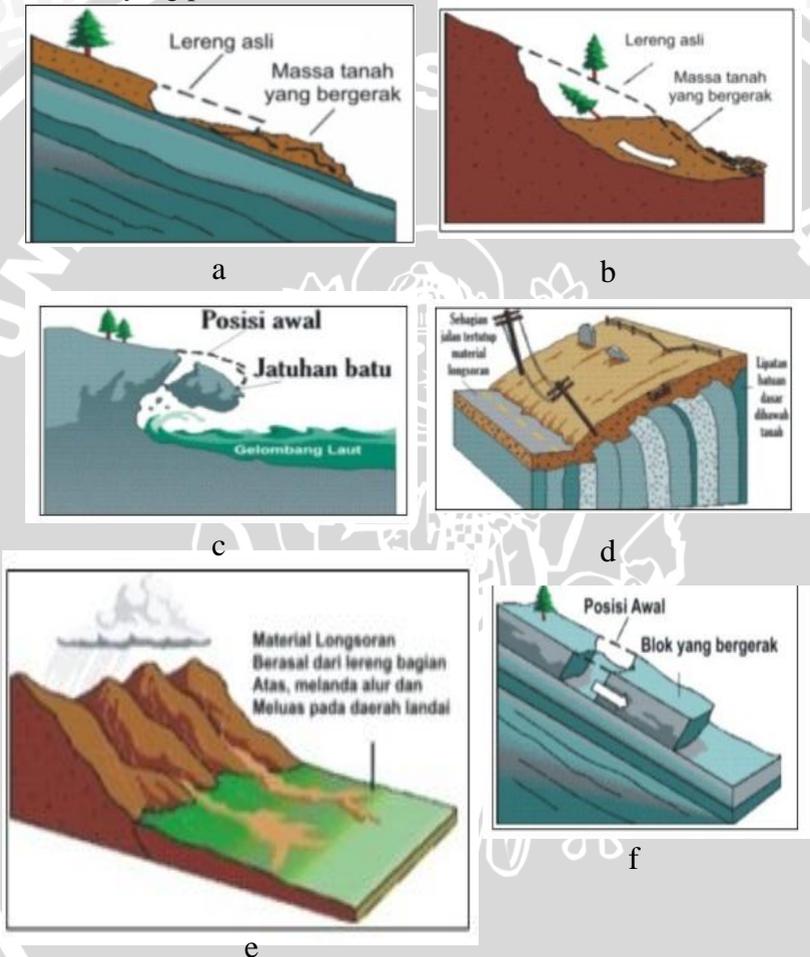
Longsor rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.

3. Pergerakan blok

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor ini disebut juga longsor translasi blok batu.

4. Runtuhan batuan

Runtuhan batuan terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.



Gambar 2.7 Jenis tanah longsor .

- a.) longsor translasi, b) longsor rotasi,
- c) runtuhan batu, d) rayapan tanah,
- e) aliran bahan rombakan, f) pergerakan blok (Nandi,2007)

5. Rayapan tanah

Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenal. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.

6. Aliran bahan rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran bergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung apu. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

2.7.5 Parameter Daerah Rawan Longsor

Beberapa parameter daerah rawan longsor dapat dilihat sebagai berikut.

1. Kelerengan

Menurut Lestari (2008), derajat dan panjang lereng adalah unsur yang mempengaruhi terjadinya longsor. Semakin tinggi derajat lereng maka akan memberikan bahaya rawan longsor yang tinggi, sehingga diberi bobot yang paling tinggi. Pemberian skor dan pengkelasan lereng dapat dibagi dalam lima kelas yang disajikan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi bentuk lereng

No	Kelas (%)	Bentuk lereng	Skor
1	0-8 (0^0 - 4^0)	Datar	1
2	8-15 (4^0 - 8^0)	Landai	2
3	15-25 (8^0 - 10^0)	Agak curam	3
4	25-45 (10^0 - 35^0)	Curam	4
5	>45 (> 35^0)	Sangat curam-tegak	5

Sumber: Nicholas and Edmunson (1975) dalam Purnamasari (2007)

2. Curah hujan

Pada dasarnya ada dua tipe hujan pemicu terjadinya longsor, yaitu hujan deras yang mencapai 70 mm hingga 100 mm per hari dan hujan kurang deras namun berlangsung terus menerus selama beberapa jam hingga beberapa hari yang kemudian disusul dengan hujan deras sesaat (1-2 jam). Faktor curah hujan yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor, mencakup terjadinya peningkatan curah hujan (tekanan air pori bertambah besar, kandungan air dalam tanah naik dan terjadi pengembangan lempung, dan mengurangi tegangan geser, lapisan tanah jenuh air), rembesan air yang masuk dalam retakan tanah serta genangan air. Adanya pengaruh curah hujan tersebut dapat mengakibatkan terjadinya gerakan tanah sehingga daerah yang mempunyai curah hujan yang tinggi relatif akan memberikan bahaya gerakan tanah yang lebih tinggi (Lestari, 2008).

Penentuan skor dan pembagian kelas intensitas curah hujan disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi intensitas curah hujan

No	Intensitas hujan(mm/tahun)	Parameter	Skor
1	2000-2500	Sedang/lembab	1
2	2500-3000	Basah	2
3	>3000	Sangat basah	3

Sumber: PUSLITANAK (2004) dalam Lestari (2008)

3. Faktor Geologi

Faktor geologi yang memicu terjadinya suatu longsor ditentukan oleh struktur batuan dan komposisi mineralogi yang berpengaruh terhadap kepekaan erosi dan longsor yang dicirikan dengan jenis batuan. Jenis batuan yang menyusun suatu daerah mempunyai tingkat bahaya yang berbeda satu sama lain. Berdasarkan besar butirnya, batuan yang berbutir halus pada umumnya mempunyai bahaya gerakan tanah yang lebih tinggi. Bila dilihat berdasarkan kekompakannya maka batuan yang kompak dan masif lebih kecil kemungkinan terkena gerakan tanah (Lestari, 2008).

Pengklasifikasian jenis batuan disajikan pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Klasifikasi jenis batuan

No	Jenis Batuan	Skor
1	Batuan Aluvial	1
2	Batuan Sedimen	2
3	Batuan Vulkanik	3

Sumber: Mubekti dan Alhasanah (2008)

4. Jenis Tanah/ Permeabilitas tanah

Pemberian skor kerawanan tanah longsor untuk setiap kelas jenis tanah didasarkan pada ciri morfologi tanah berupa tekstur tanah (pasir, debu dan lempung) dan sifat permeabilitasnya. Selain itu, juga diperhatikan tingkat kepekaan tanah terhadap erosi yang dapat menyebabkan longsor. Jenis tanah yang memiliki potensi untuk terjadinya longsor terutama bila terjadi hujan adalah jenis tanah yang kurang padat. Dalam hal ini adalah tanah yang mempunyai tekstur pasir dan tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2.5m. Selain itu, tanah yang kurang padat sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek jika terkena air dan pecah jika hawa terlalu panas. Jika air permukaan yang meresap ke dalam lapisan tanah yang mempunyai tekstur pasir maka akan mempercepat kondisi tanah tersebut jenuh air dan labil. Pada kemiringan lereng yang relatif curam akan mempermudah terjadinya longsor (Lestari,2008).

Tabel 2.7 Permeabilitas Tanah

Jenis Tanah	k (cm/det)	Permeability
Kerikil	$>10^{-1}$	<i>High permeability</i>
Kerikil halus/pasir	$10^{-1}-10^{-3}$	<i>Medium permeability</i>
Pasir sangat halus Pasir lanau Lanau tidak padat	$10^{-3}-10^{-5}$	<i>Low permeability</i>
Lanau padat Lanau lempung Lanau tidak murni	$10^{-5}-10^{-7}$	<i>Very low permeability</i>
Lempung	$<10^{-7}$	<i>Impervious</i>

Sumber: Wischmer et all (1971)

Pengklasifikasian dan skoring untuk permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Klasifikasi Permeabilitas Tanah

No	Permeabilitas Tanah	Skor
1	Sangat Cepat	1
2	Cepat	2
3	Sedang	3
4	Lambat	4
5	Sangat lambat	5

Sumber: Mubekti dan Alhasanah (2008)

5. Tutupan dan Tata Guna lahan

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah, membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Pada daerah perladangan penyebab tanah longsor adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam (Nandi,2007).

Skoring tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Klasifikasi Tutupan Lahan

No	Tutupan Lahan	Skor
1	Tubuh air	1
2	Hutan	2
3	Kebun	3
4	Tegalan, Sawah, pemukiman	4

Sumber: Nugroho dkk (2008)

6. Ketinggian

Ketinggian suatu daerah juga menentukan tingkat kerawanan longsor. Pengklasifikasian ketinggian terhadap kerawanan longsor dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Klasifikasi Ketinggian

No	Ketinggian	Skor
1	Dataran rendah 0-1000 m dpl	1
2	Dataran tinggi 1000-2000 m dpl	2
3	Pegunungan >2000 m dpl	3

Sumber: Nugroho dkk (2008)

7. Keberadaan sesar/patahan

Faktor alami yang dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor adalah keberadaan sesar atau pataha. Hal ini memungkinkan daerah tersebut terus mengalami pergerakan tanah sehingga menyebabkan daerah tersebut sebagai zona labil. Pengklasifikasian keberadaan sesar dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Klasifikasi Keberadaan Sesar/Patahan

No	Keberadaan Sesar/Patahan	Skor
1	Tidak Ada	1
2	Ada	5

Sumber: Paimin dkk (2009)

8. Kedalaman tanah (regolit) sampai lapisan kedap air

Faktor alami lain yang dapat menyebabkan tanah longsor yaitu kedalaman tanah yang berada di atas lapisan kedap air karena dapat mempengaruhi bobot tambahan ketika terjadi hujan. Kedalaman tanah ini dapat diketahui dengan melakukan bor tanah atau mengukur profil tanah pada tebing yang tersingkap. Klasifikasi ketebalan tanah terhadap kerawanan tanah longsor terlihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Klasifikasi ketebalan tanah

No	Ketebalan Tanah (m)	Kategori	Skor
1	<1	Rendah	1
2	1-2	Agak Rendah	2
3	2-3	Sedang	3
4	3-5	Agak Tinggi	4
5	>5	Tinggi	5

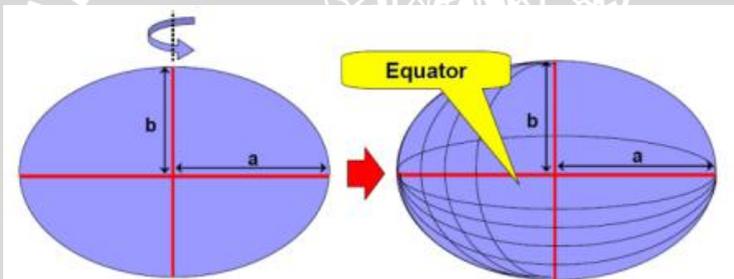
Sumber: Paimin dkk (2009)

2.8 Sistem GPS

Sistem GPS umumnya yang digunakan di seluruh dunia adalah WGS84 yang didasarkan pada model ellipsoidal yang merupakan pendekatan terbaik untuk seluruh bumi. Salah satu tugas geodesi geometris adalah menentukan koordinat titik-titik, jarak dan arah di permukaan bumi untuk berbagai keperluan praktis maupun ilmiah. Permukaan bumi merupakan permukaan yang sangat tidak teratur. Oleh karena itu, permukaan ini tidak dapat digunakan sebagai bidang hitungan geodesi. Untuk kebutuhan hitungan dalam geodesi, maka permukaan fisik bumi diganti dengan permukaan yang teratur dengan bentuk dan ukuran yang mendekati bumi. Permukaan yang dipilih adalah bidang permukaan yang mendekati bentuk dan ukuran geoid. Maka kemudian dipilih bentuk ellipsoid sebagai referensi yang dikenal sebagai ellipsoid referensi.

Ellipsoid referensi biasanya didefinisikan oleh nilai jari-jari ekuator (a) dan pengepangan (f) ellips putusnya. Sedangkan parameter-parameter seperti setengah sumbu pendek (b).

Eksentrisitas (e) dan lainnya dapat dihitung. Jika memperhatikan kondisi fisik permukaan (bentuk geoid) beserta faktor lainnya, tidak semua negara di dunia menggunakan ellipsoid yang sama. Oleh karena itu, banyak dijumpai ellipsoid referensi. Jika ellipsoid referensi yang digunakan berdasarkan kesesuaiannya (sedekat mungkin) dengan bentuk geoid lokalnya atau relatif tidak luas maka ellipsoid referensi tersebut disebut sebagai ellipsoid lokal. Jika ellipsoid referensi yang digunakan sesuai dengan bentuk geoid untuk daerah yang relatif luas (tingkat regional), maka ellipsoid referensinya dikenal sebagai ellipsoid regional. Jika ellipsoid referensi yang dipilih mendekati dengan bentuk geoid untuk keseluruhan permukaan bumi, maka ellipsoidnya disebut ellipsoid global. Hubungan sumbu panjang (a), sumbu pendek (b), pengepengan (f) dan eksentrisitas (e) adalah sebagai berikut:



Gambar 2.8 Geometri Ellipsoid Referensi (Basofi, 2013)

Pengepengan : $f = \frac{(a-b)}{a}$

Eksentrisitas : $e = 2f - f^2$

Dalam geodesi selain ellipsoid referensi, diperlukan juga suatu datum yang mendefinisikan sistem koordinat. Datum geodesi merupakan sekumpulan konstanta yang digunakan untuk mendefinisikan sistem koordinat yang digunakan untuk kontrol geodesi. Untuk mendefinisikan datum geodesi yang lengkap, paling sedikit diperlukan delapan besaran yaitu tiga konstanta (X_0, Y_0, Z_0) untuk mendefinisikan titik awal sistem koordinat, tiga besaran untuk menentukan arah sistem koordinat dan dua besaran lainnya (a dan f) untuk mendefinisikan dimensi ellipsoid yang digunakan. Datum geodesi ada beberapa macam yaitu datum lokal, datum regional dan

datum global. Datum global merupakan datum geodesi yang menggunakan ellipsoid referensi yang dipilih sedekat mungkin dengan bentuk geoid untuk seluruh permukaan bumi. Datumnya menggunakan ellipsoid global. Datum-datum global yang pertama digunakan adalah WGS60, WGS66 dan WGS72. Kemudian pada awal tahun 1984, terjadi penggantian datum WGS72 oleh datum WGS84. GPS pun menggunakan datum WGS84 untuk menentukan posisi-posisi tiga dimensi dari target-target yang ditentukan.

Tabel 2.13 Parameter dan Konstanta Datum Global WGS84

No	Parameter	Notasi dan Kosntanta Paramter
1	Ellipsoid referensi GRS80	$a = 6,378,137.00 \text{ m}$, $1/f = 298.257223563$, $b = 6,456,752.314 \text{ m}$
2	Konstanta-konstanta gravitasi bumi	$GM = 3,986,005 \times 10^8 \text{ m}^3\text{s}^{-2}$ $C20 = -484,16685 \times 10^6$ $J2 = 108263 \times 10^{-8}$ $\Omega = 72792115 \times 10^{-11} \text{ rad/s}$ $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{s}^{-2}\text{kg}^{-1}$ $\gamma_e = 9.7803267714 \text{ ms}^{-2}$ $\gamma_p = 9.8321863685 \text{ ms}^{-2}$ $\gamma = 9.7976446561 \text{ ms}^{-2}$ $k = 0.00193185138639$ $M = 5.9733328 \times 10^{24} \text{ kg}$ $m = 0.00344978600313$

Sumber : Prahasta (2005)

2.9 Rujukan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan menggunakan metode/peralatan yang sama. Hanya saja yang menjadi perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terlihat pada lokasi penelitian, parameter bawah permukaan yang ingin diketahui dan konfigurasi yang digunakan.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh peneliti yaitu Sunaryo (2009) di wilayah Sri Mulyo Malang Selatan, Jawa Timur berdasarkan respon geolistrik resistivitas konfigurasi dipole-dipole. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi bidang

gelincir/bidang longsor di wilayah tersebut. Berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi diperoleh dimensi longsor dengan lebar $l = 4$ m, kedalaman $z = 12$ m, dan kemiringan bidang longsor atau bidang gelincir $\delta = 200$. Berdasarkan data geolistrik resistivitas tersebut, diperoleh hasil perhitungan stabilitas kelereng $F = 0.99$ dan ketebalan batuan di atas bidang gelincir $H = 8$ m. Analisis stabilitas dilakukan dengan mengambil nilai stabilitas $F = 1.2$. Berdasarkan nilai stabilitas ini, diperoleh hasil perhitungan untuk ketebalan batuan di atas bidang gelincir setempat $H = 6$ m. Berdasarkan hasil-hasil tersebut dapat ditunjukkan bahwa terjadinya longsor di Sri Mulyo, Malang Selatan adalah akibat kelebihan batuan yang terletak di atas bidang gelincir setebal 2 m. Longsor juga dipicu oleh kondisi setempat yang terletak dekat dengan patahan K. Genting sehingga banyak batuan yang retak sebagai media masuknya air sampai pada kedalaman 12 m (kedalaman z sesar lokal), yang merupakan batuan lempung. Jika terjadi hujan, air akan masuk melalui rekahan dan terjadi peningkatan bobot batuan. Sementara air yang sampai di bagian atas lempung (kedalaman z sesar lokal) membuat bidang gelincir yang licin dan menyebabkan terjadinya longsor tipe nendatan (*slump*) yang menimbulkan bidang patahan/sesar lokal setempat.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dari Februari-Mei 2014 bertempat di Dusun Krajan/Pletes RT 16 RW 04 Desa Sumbermanjing Wetan Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Malang. Secara geografis lokasi penelitian berada di $08^{\circ}15'34,41''$ - $08^{\circ}15'37,32''$ LS dan $112^{\circ}40'49,34''$ - $112^{\circ}40'50,00''$ BT dan ketinggian 576-612 meter.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Peralatan Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini digunakan beberapa peralatan sebagai berikut.

- | | |
|--|--------|
| 1. Resistivimeter merk <i>OYO</i> tipe <i>McOhm-EL</i> | 1 unit |
| 2. Elektroda arus | 2 unit |
| 3. Elektroda potensial | 2 unit |
| 4. Kabel arus | 2 roll |
| 5. Kabel potensial | 2 roll |
| 6. Penjepit buaya | 4 buah |
| 7. <i>GPS</i> | 1 unit |
| 8. Baterai (<i>Accu</i>) | 1 unit |
| 9. Palu | 3 buah |
| 10. Meteran | 1 roll |
| 11. Peta Geologi lembar Turen | 1 buah |

- | | |
|---|--------|
| 12. Alat tulis dan <i>Clipboard</i> | 1 set |
| 13. <i>Personal Computer</i> dengan <i>OS Windows</i> | 1 set |
| 14. <i>Software</i> program <i>Res2Dinv ver.3.56.22</i> | 1 set |
| 15. <i>Software</i> program <i>Surfer 10</i> | 1 set |
| 16. <i>Handy Talky</i> (HT) | 2 buah |



Gambar 3.2 Peralatan Akuisisi Data Geolistrik

3.3 Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi 4 tahap sebagai berikut.

3.3.1 Survey Pendahuluan

Sebelum kegiatan akuisisi data dilakukan, hal yang pertama kali dilakukan adalah peninjauan langsung (*survey* pendahuluan) ke lokasi penelitian. Tujuan survei pendahuluan untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian, meninjau langsung permasalahan serta dalam rangka desain *survey* akuisisi data metode geolistrik. Selain *survey* pendahuluan juga bermaksud untuk melakukan perijinan secara informal dalam proses akuisi nantinya. Selanjutnya setelah dilakukan *survey* pendahuluan, maka dapat dilakukan proses selanjutnya yaitu proses akuisisi data.

Pemilihan posisi dan panjang lintasan sangat bergantung dengan kondisi lapangan yang memungkinkan untuk dilewati oleh pergerakan elektroda dan lokasi target yang ingin dicapai yaitu analisis longoran.

3.3.2 Akuisisi Data

Proses akuisisi data dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner alpha dengan jumlah lintasan sebanyak lima *line* dengan spasi pergerakan antar elektroda sebesar 5 m. Prosedur lapangan dalam pelaksanaannya dilaksanakan berbentuk *cross line* yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.

Akuisi data dilaksanakan selama tiga hari yaitu 10 Februari-12 Februari 2014. Akuisisi konfigurasi wenner alpha dilakukan dengan menggunakan empat buah elektroda yang ditempatkan secara seri pada satu lintasan, diawali dengan spasi elektroda $a = 5$ m dan selanjutnya sejauh na (dengan $n = 8$).

Terdapat 5 *line* pengambilan data, di mana *line 1*, *line 2* dan *line 3* dengan bentangan 120 meter diambil dari arah Barat Laut ke Tenggara sedangkan *line 4* dan *line 5* dengan bentangan 120 meter pula diambil dari arah Timur Laut-Barat Daya. Selain itu, dalam proses pengambilan data diambil pula ketinggian dari tiap lintasan pengambilan data sehingga diperoleh topografi dari daerah penelitian yang dicatat tiap spasi 2,5 meter.

3.3.3 Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data geolistrik resistivitas konfigurasi wenner alpha hasil pengukuran di lokasi penelitian. Data yang diperoleh merupakan data primer untuk kemudian diinputkan ke dalam *Microsoft Excel*.

Pada *Microsoft Excel* selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk menghitung besarnya nilai resistivitas semu (ρ_a) batuan bawah permukaan dengan faktor geometri (k). Selanjutnya data yang terkait akan disimpan dalam file “.dat”. Menggunakan *Software Res2Dinv*, file yang telah disimpan dalam bentuk “.dat” akan dilakukan inversi berdasarkan prinsip metode optimasi *least-square* non-linier yang terdapat pada *Software Res2Dinv*. Berdasarkan hasil inversi tersebut akan diperoleh penampang 2D yang menggambarkan distribusi resistivitas batuan bawah permukaan lokasi penelitian.

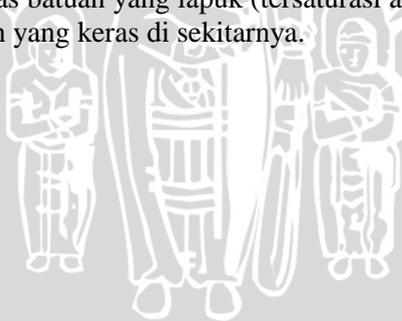
Selanjutnya berdasarkan keseluruhan penampang 2D baik pada lintasan vertikal dan horizontal akan dilakukan *overlay* dengan melakukan pemodelan *cross section* untuk seluruh penampang 2D.

Cross section penampang 2D dilakukan untuk mendapatkan model penampang lokasi penelitian sehingga dapat dilakukan interpretasi kemenerusan distribusi resistivitas batuan bawah permukaan lokasi penelitian.

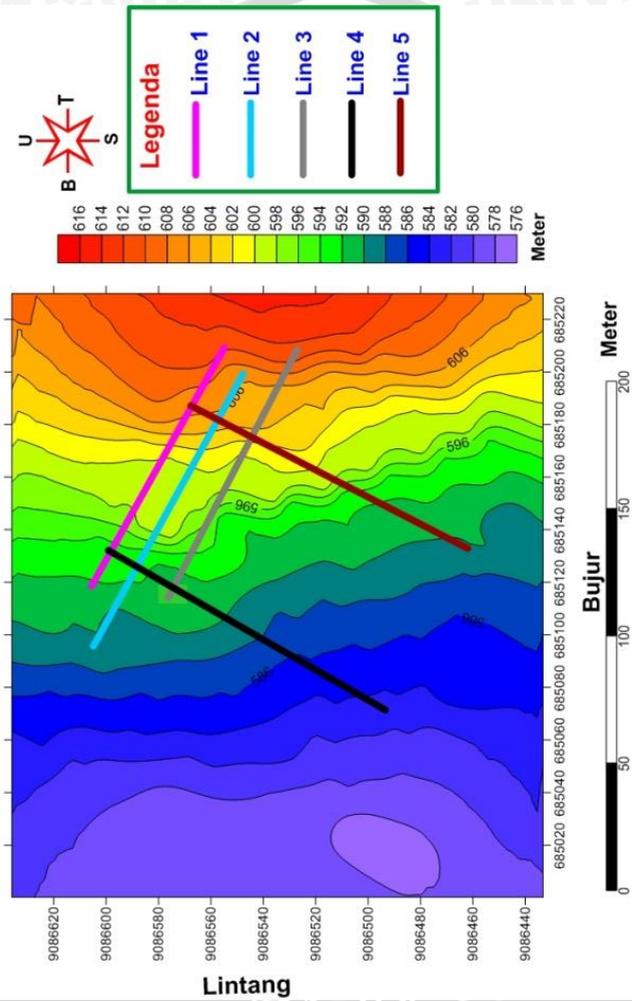
3.3.4 Interpretasi data

Proses akhir penelitian ini ialah dilakukannya interpretasi berdasarkan hasil pengolahan data berupa penampang 2D yang telah dihasilkan sebelumnya. Interpretasi data dimaksudkan untuk mengetahui dan menggambarkan bagaimana perkiraan kondisi bawah permukaan dari lokasi penelitian.

Interpretasi dilakukan dengan cara melihat perbandingan kontras warna penampang 2D hasil pengolahan data menggunakan *Software Res2Dinv* di mana kontras warna tersebut menunjukkan distribusi resistivitas batuan bawah permukaan pada kedalaman tertentu. Nilai distribusi resistivitas batuan tersebut akan dibandingkan dengan nilai resistivitas batuan dari referensi. Dengan demikian, maka kondisi bawah permukaan lokasi penelitian akan dengan mudah diperkirakan. Pada prinsipnya interpretasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi bidang gelincir di sekitar kawasan Dusun Pletes berdasarkan parameter distribusi resistivitas batuan bawah permukaan dengan melihat perbedaan kontras resistivitas batuan yang lapuk (tersaturasi air bawah permukaan) dengan batuan yang keras di sekitarnya.

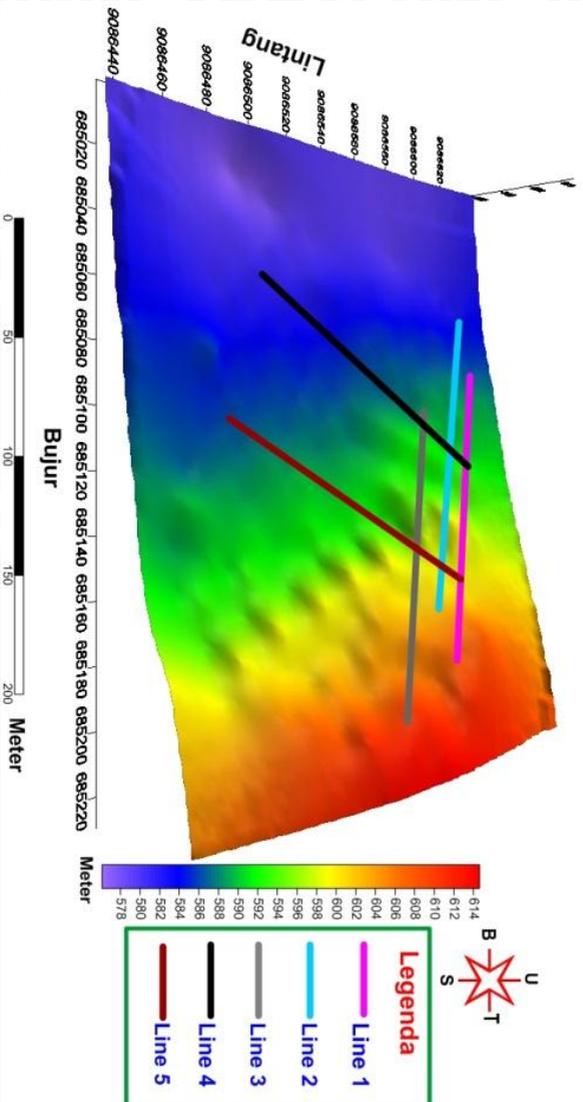


Peta Kontur Desain Akuisisi Data Daerah Penelitian

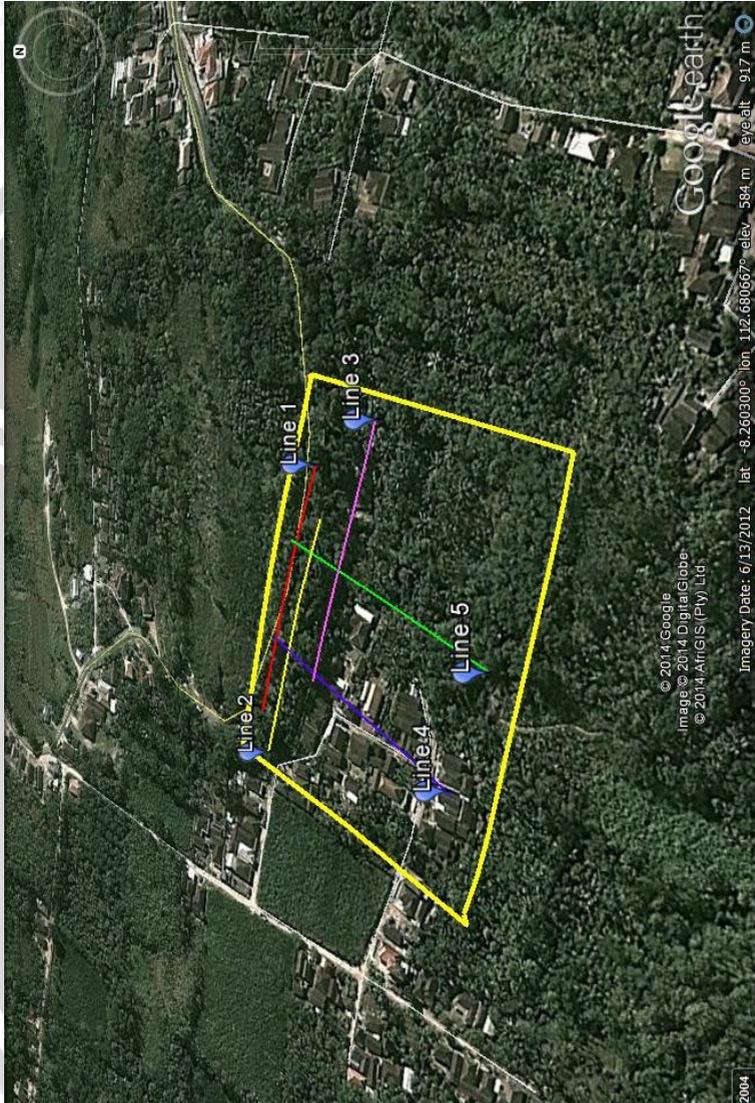


Gambar 3.3 Peta Kontur 2D Desain Akuisisi Data Daerah Penelitian

Peta Kontur Desain Akuisisi Data Daerah Penelitian



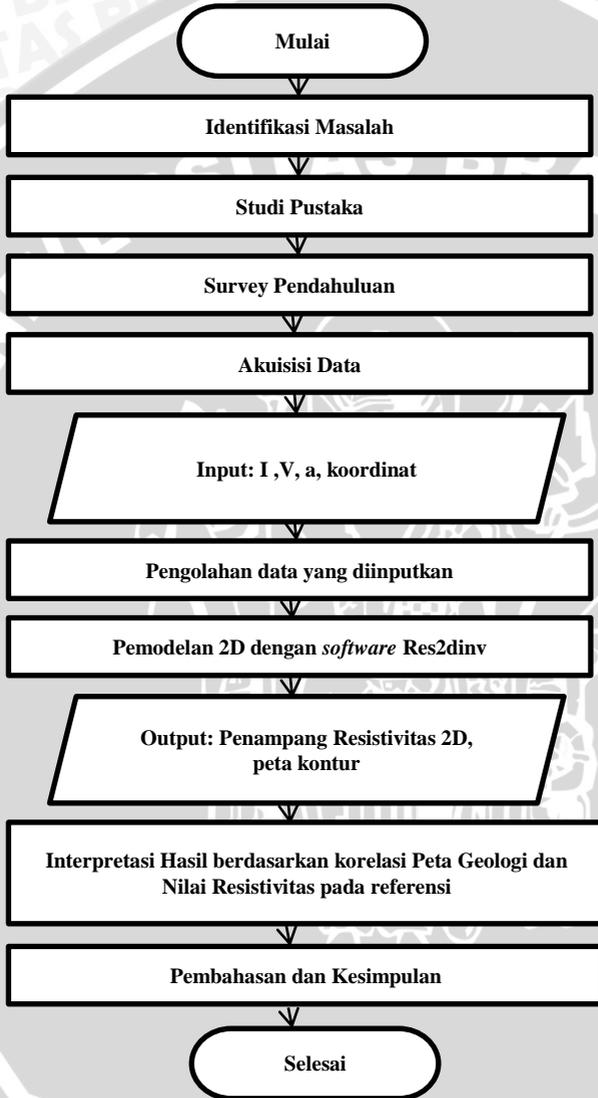
Gambar 3.4 Peta Kontur 3D Desain Akuisisi Data Daerah Penelitian



Gambar 3.5 Desain Akuisisi Data Citra Satelit
(Google Earth, 2014)

3.4 Diagram Alir Penelitian

Secara umum proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penggambaran dan pemodelan litologi bawah permukaan secara 2 dimensi (2D) merupakan salah satu cara menduga model litologi bawah permukaan misalnya bidang gelincir daerah rawan longsor. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner alpha untuk menentukan bidang gelincir daerah rawan longsor Dusun Krajan/Pletes Desa Sumbermanjing Wetan Kecamatan Sumbermanjing Wetan. Prinsip metode geolistrik resistivitas yaitu memanfaatkan sifat kelistrikan batuan akibat adanya injeksi arus sehingga menghasilkan beda potensial dan besarnya tahanan jenis (resistivitas) batuan yang diperoleh dengan menggunakan hubungan parameter arus, beda potensial dan faktor geometri dari konfigurasi yang digunakan.

Akuisisi data telah dilakukan di RT 16 RW 04 Dusun Krajan/Pletes Desa Sumbermanjing Wetan Kecamatan Sumbermanjing Wetan. Lokasi penelitian merupakan lokasi yang sangat dekat dengan kejadian tanah longsor pada 25 Januari 2013. Pengukuran dilakukan pada lima *line* seperti yang terlihat pada peta kontur desain akuisisi data yaitu Gambar 3.3 dan Gambar 3.4. Akuisisi data dilakukan untuk analisis daerah rawan longsor dan sebagai salah satu langkah awal dalam memberikan peringatan dini baik untuk warga setempat maupun pengendara alat transportasi yang melewati daerah tersebut.

Akuisisi data dilakukan pada lima *line*, dimana *line* 1, *line* 2, dan *line* 3 secara horizontal dengan arah pengambilan data dari Barat Laut ke Tenggara sedangkan *line* 4 dan *line* 5 secara vertikal dengan arah pengambilan data dari Timur Laut ke Barat Daya. Panjang lintasan dari ke lima *line* pengambilan data yaitu sepanjang 120 meter dengan spasi elektroda yaitu 5 meter dan $n=8$. *Line* 1 berada pada koordinat $08^{\circ}15'34,39''\text{LS}$ dan $112^{\circ}40'49,34''\text{BT}$ - $08^{\circ}15'34,39''\text{LS}$ dan $112^{\circ}40'52,89''\text{BT}$ dengan ketinggian 582-595 meter. *Line* 2 berada pada koordinat $08^{\circ}15'34,41''\text{LS}$ dan $112^{\circ}40'48,65''\text{BT}$ - $08^{\circ}15'36,15''\text{LS}$ dan $112^{\circ}40'52,13''\text{BT}$ dengan ketinggian 579-593 meter. *Line* 3 berada pada koordinat $08^{\circ}15'36,67''\text{BT}$ dan $112^{\circ}40'49,82''\text{LS}$ - $08^{\circ}15'37,32''\text{BT}$ dan $112^{\circ}40'53,38''\text{LS}$ dengan

ketinggian 584-595 meter. *Line* 4 berada pada koordinat $08^{\circ}15'34,94''\text{BT}$ dan $112^{\circ}40'50,46''\text{LS}$ - $08^{\circ}15'38,15''\text{BT}$ dan $112^{\circ}40'48,34''\text{LS}$ dengan ketinggian 576-588 meter. *Line* 5 berada pada koordinat $08^{\circ}15'35,60''\text{BT}$ dan $112^{\circ}40'51,86''\text{LS}$ - $08^{\circ}15'38,95''\text{BT}$ dan $112^{\circ}40'50,00''\text{LS}$ dengan ketinggian 581-593 meter.

Data yang diperoleh saat akuisisi meliputi nilai arus listrik (mA), beda potensial (mV), resistensi (Ω), dan jarak penempatan elektroda tiap pengambilan data. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk memperoleh nilai tahanan jenis (resistivitas) batuan bawah permukaan dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.19) dan persamaan (2.20). Proses perhitungan dilakukan menggunakan *software Microsoft Office Excel*. Data yang diperoleh kemudian di inputkan dalam *notepad* dan disimpan dalam bentuk (.dat). Setelah itu, proses pemodelan penampang secara 2D dilakukan dengan menggunakan *software Res2dinv* dengan metode *optimasi least-square non-linear* yang ada didalamnya. Hasil pemodelan penampang 2D ini akan menampilkan distribusi resistivitas batuan dalam degradasi warna pada kedalaman tertentu.

Interpretasi untuk tiap *line* pengambilan data dilakukan setelah dilakukan pemodelan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui dan menduga keberadaan bidang gelincir longsor berdasarkan interpretasi distribusi nilai resistivitas batuan bawah permukaan. Bentuk interpretasi dilakukan yaitu melakukan korelasi antara Peta Geologi daerah penelitian yang dalam hal ini yaitu Peta Geologi Lembar Turen, nilai resistivitas batuan berdasarkan studi literatur, dan nilai resistivitas hasil dari pemodelan *software Res2dinv*. Selain itu, interpretasi bertujuan untuk menganalisis daerah penelitian termasuk daerah rawan longsor atau tidak berdasarkan data geolistrik yang diperoleh.

4.2 Pemodelan Penampang Resistivitas 2 Dimensi

4.2.1 Analisis Litologi *Line* 1

Berdasarkan hasil pemodelan 2 dimensi (2D) dengan menggunakan *software Res2dinv ver.3.56.22* diperoleh penampang 2 dimensi (2D) bawah permukaan untuk *line* 1 seperti Gambar 4.1. Pada pemodelan ini diperoleh kedalaman lapisan bawah permukaan yang terdeteksi adalah 21,5 meter dengan panjang lintasan

pengukuran adalah 120 meter. Pemodelan dilakukan hingga 15 iterasi dan tingkat kesalahan yaitu 10,7%.

Berdasarkan penampang 2D dari pemodelan diperoleh nilai resistivitas batuan bawah permukaan berkisar antara 1,18- Ω .m hingga 496 Ω .m. Kisaran nilai resistivitas tersebut dapat dibagi menjadi beberapa kisaran nilai resistivitas batuan daerah penelitian, yaitu nilai resistivitas batuan dengan rentang 1,19 Ω .m hingga 6,61 Ω .m diindikasikan sebagai sisipan batu lempung basah, nilai resistivitas dengan rentang lebih besar dari 6,61 Ω .m hingga 88,2 Ω .m diindikasikan sebagai sisipan batu lempung kering dan nilai resistivitas lebih dari 88,2 Ω .m hingga 496 Ω .m diindikasikan sebagai batu gamping. Hal ini diinterpretasikan berdasarkan korelasi dengan Peta Geologi Lembar Turen dan tabel nilai resistivitas acuan yaitu Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

4.2.2 Analisis Litologi Line 2

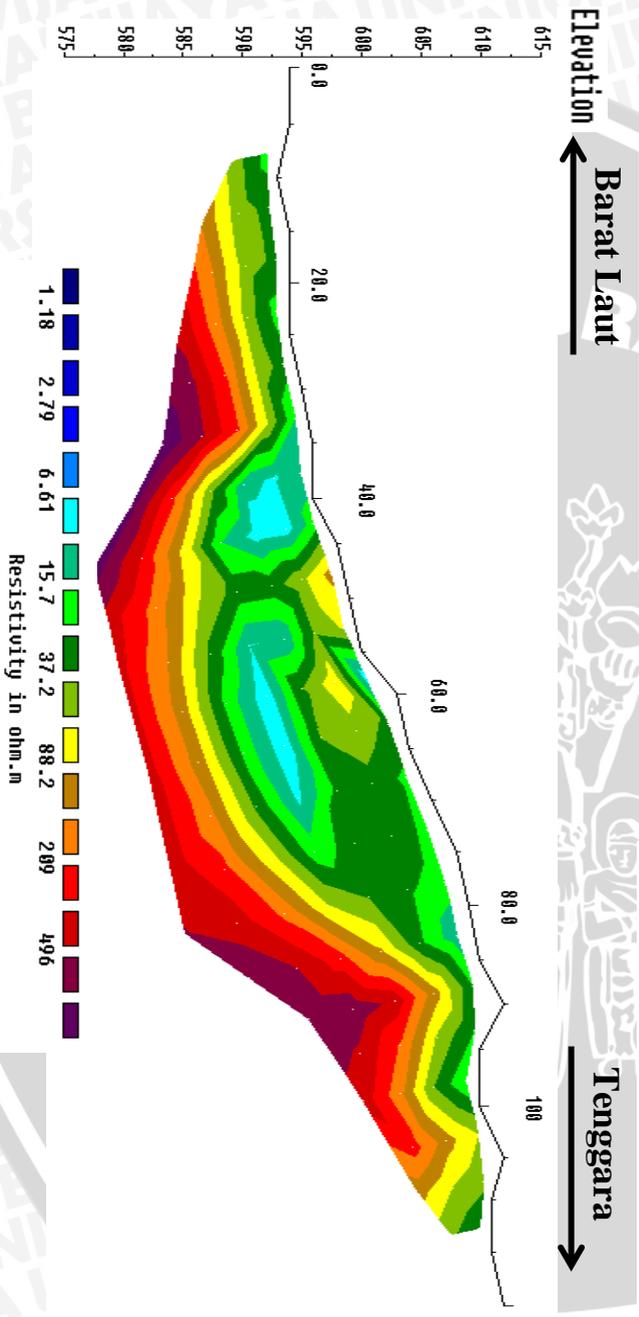
Berdasarkan hasil pemodelan 2 dimensi (2D) dengan menggunakan *software Res2dinv ver.3.56.22* diperoleh penampang 2 dimensi (2D) bawah permukaan untuk *line 2* seperti Gambar 4.2. Pada pemodelan ini diperoleh kedalaman lapisan bawah permukaan yang terdeteksi adalah 21,5 meter dengan panjang lintasan pengukuran adalah 120 meter. Pemodelan dilakukan hingga 15 iterasi dan tingkat kesalahan yaitu 16,0%.

Berdasarkan penampang 2D dari pemodelan diperoleh nilai resistivitas batuan bawah permukaan berkisar antara 1,18 Ω .m hingga 496 Ω .m. Kisaran nilai resistivitas tersebut dapat dibagi menjadi beberapa kisaran nilai resistivitas batuan daerah penelitian, yaitu nilai resistivitas batuan dengan rentang 1,18 Ω .m hingga 6,61 Ω .m diindikasikan sebagai sisipan batu lempung basah, nilai resistivitas dengan rentang lebih besar dari 6,61 Ω .m hingga 88,2 Ω .m diindikasikan sebagai sisipan batu lempung kering dan nilai resistivitas lebih dari 88,2 Ω .m hingga 496 Ω .m diindikasikan sebagai batu gamping. Hal ini diinterpretasikan berdasarkan korelasi dengan Peta Geologi Lembar Turen dan tabel nilai resistivitas acuan yaitu Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Konfigurasi wenner alpha line 1

Model resistivity with topography

Iteration 15 Abs. error = 10.7



Gambar 4.1 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan line 1

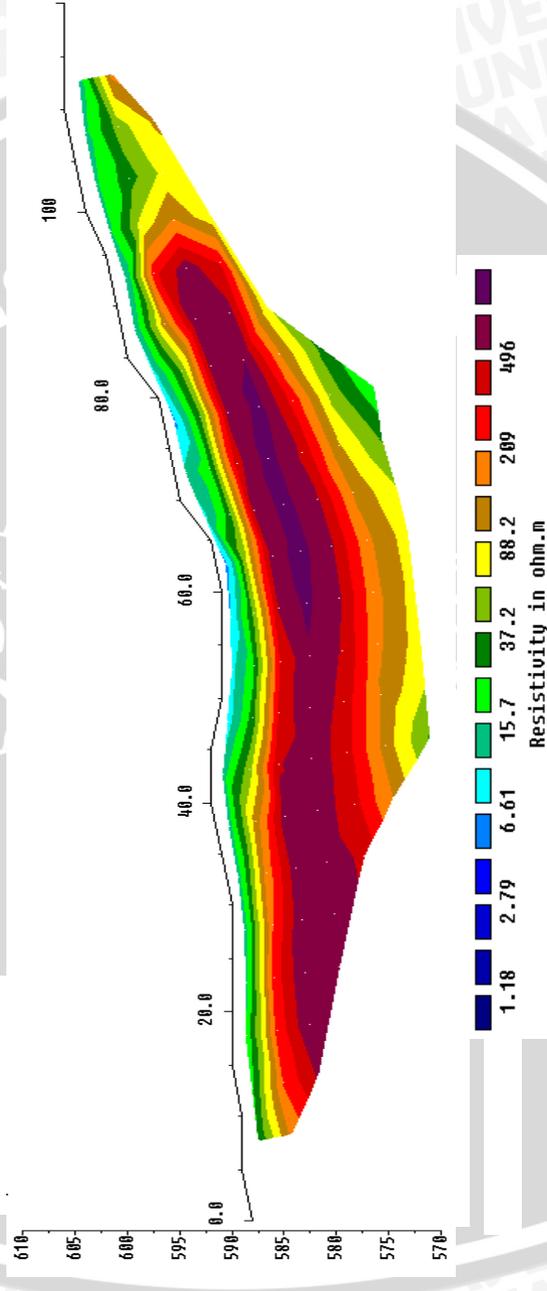
Konfigurasi wenner alpha line 2

Model resistivity with topography

Iteration 15 Abs. error = 16.0

Elevation
Barat Laut ←

→ Tenggara



Gambar 4.2 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan line 2

4.2.3 Analisis Litologi Line 3

Berdasarkan hasil pemodelan 2 dimensi (2D) dengan menggunakan *software Res2dinv ver.3.56.22* diperoleh penampang 2 dimensi (2D) bawah permukaan untuk *line 3* seperti Gambar 4.3. Pada pemodelan ini diperoleh kedalaman lapisan bawah permukaan yang terdeteksi adalah 21,5 meter dengan panjang lintasan pengukuran adalah 120 meter. Pemodelan dilakukan hingga 15 iterasi dan tingkat kesalahan yaitu 9,9%.

Berdasarkan penampang 2D dari pemodelan diperoleh nilai resistivitas batuan bawah permukaan berkisar antara 1,18 Ω .m hingga 496 Ω .m. Kisaran nilai resistivitas tersebut dapat dibagi menjadi beberapa kisaran nilai resistivitas batuan daerah penelitian, yaitu nilai resistivitas batuan dengan rentang 1,18 Ω .m hingga 6,61 Ω .m diindikasikan sebagai sisipan batu lempung basah, nilai resistivitas dengan rentang lebih besar dari 6,61 Ω .m hingga 88,2 Ω .m diindikasikan sebagai sisipan batu lempung kering dan nilai resistivitas lebih dari 88,2 Ω .m hingga 496 Ω .m diindikasikan sebagai batu gamping. Hal ini diinterpretasikan berdasarkan korelasi dengan Peta Geologi Lembar Turen dan tabel nilai resistivitas acuan yaitu Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

4.2.4 Analisis Litologi Line 4

Berdasarkan hasil pemodelan 2 dimensi (2D) dengan menggunakan *software Res2dinv ver.3.56.22* diperoleh penampang 2 dimensi (2D) bawah permukaan untuk *line 4* seperti Gambar 4.4. Pada pemodelan ini diperoleh kedalaman lapisan bawah permukaan yang terdeteksi adalah 21,5 meter dengan panjang lintasan pengukuran adalah 120 meter. Pemodelan dilakukan hingga 15 iterasi dan tingkat kesalahan yaitu 9,9%.

Berdasarkan penampang 2D dari pemodelan diperoleh nilai resistivitas batuan bawah permukaan berkisar antara 1,18 Ω .m hingga 496 Ω .m. Kisaran nilai resistivitas tersebut dapat dibagi menjadi beberapa kisaran nilai resistivitas batuan daerah penelitian, yaitu nilai resistivitas batuan dengan rentang 1,18 Ω .m hingga 6,61 Ω .m diindikasikan sebagai sisipan batu lempung basah, nilai resistivitas dengan rentang lebih besar dari 6,61 Ω .m hingga 88,2 Ω .m diindikasikan sebagai sisipan batu lempung kering nilai resistivitas lebih dari 88,2 Ω .m hingga 496 Ω .m diindikasikan

sebagai batu gamping. Hal ini diinterpretasikan berdasarkan korelasi dengan Peta Geologi Lembar Turen dan tabel nilai resistivitas acuan yaitu Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

4.2.5 Analisis Litologi Line 5

Berdasarkan hasil pemodelan 2 dimensi (2D) dengan menggunakan *software Res2dinv ver.3.56.22* diperoleh penampang 2 dimensi (2D) bawah permukaan untuk *line 5* seperti Gambar 4.5. Pada pemodelan ini diperoleh kedalaman lapisan bawah permukaan yang terdeteksi adalah 21,5 meter dengan panjang lintasan pengukuran adalah 120 meter. Pemodelan dilakukan hingga 7 iterasi dan tingkat kesalahan yaitu 13,5%.

Berdasarkan penampang 2D dari pemodelan diperoleh nilai resistivitas batuan bawah permukaan berkisar antara 1,18 $\Omega.m$ hingga 496 $\Omega.m$. Kisaran nilai resistivitas tersebut dapat dibagi menjadi beberapa kisaran nilai resistivitas batuan daerah penelitian, yaitu nilai resistivitas batuan dengan rentang 1,18 $\Omega.m$ hingga 6,61 $\Omega.m$ diindikasikan sebagai sisipan batu lempung basah, nilai resistivitas dengan rentang lebih besar dari 6,61 $\Omega.m$ hingga 88,2 $\Omega.m$ diindikasikan sebagai sisipan batu lempung kering dan nilai resistivitas lebih dari 88,2 $\Omega.m$ hingga 496 $\Omega.m$ diindikasikan sebagai batu gamping. Hal ini diinterpretasikan berdasarkan korelasi dengan Peta Geologi Lembar Turen dan tabel nilai resistivitas acuan yaitu Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.



Konfigurasi wenner alpha line 3

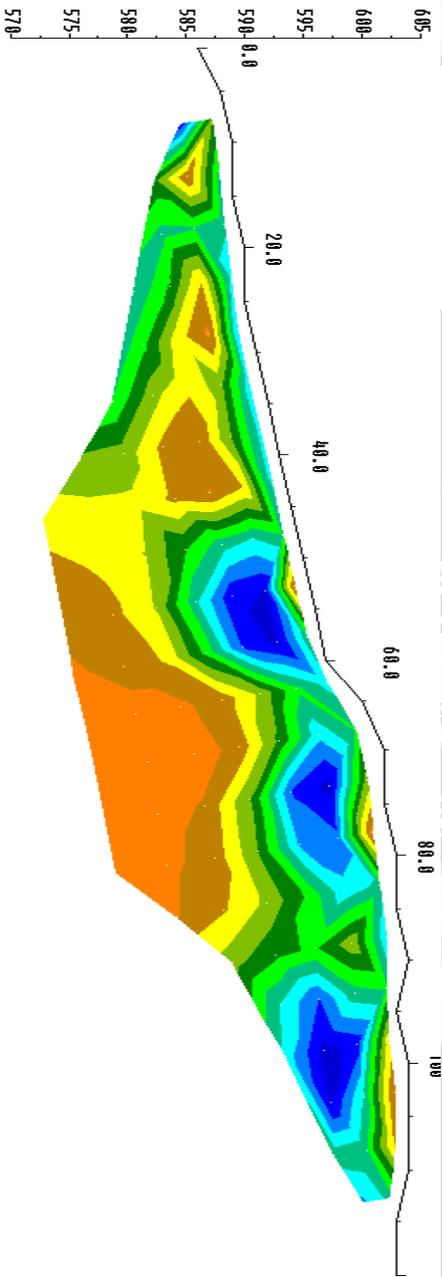
Model resistivity with topography

Iteration 15 Abs. error = 9.9

Barat Laut

Tenggara

Elevation



Gambar 4.3 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan line 3

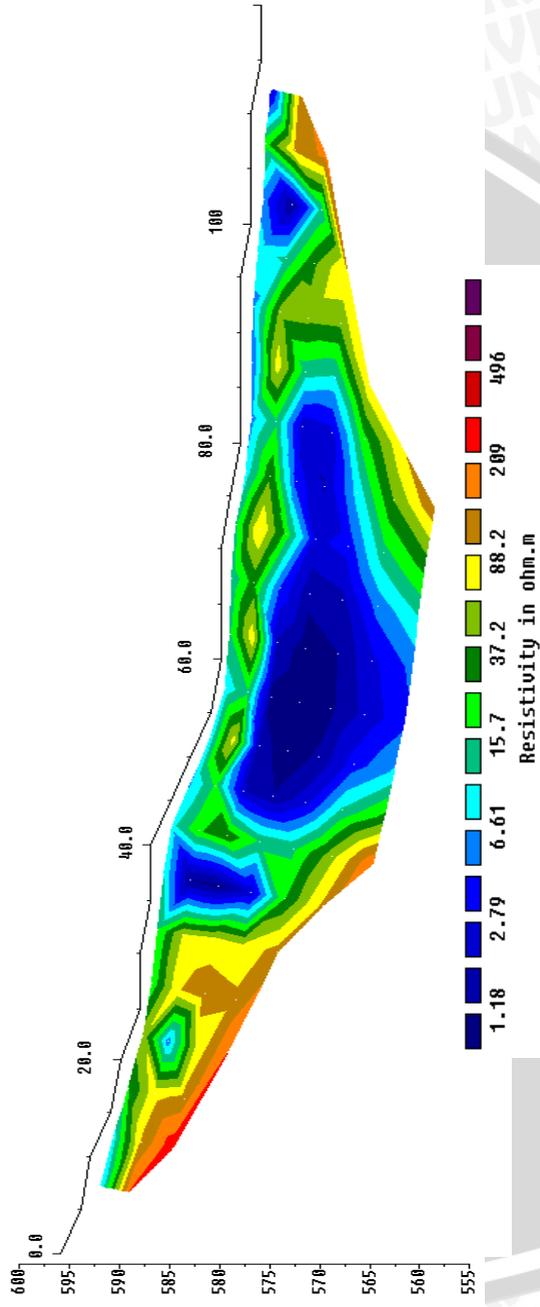
Konfigurasi wenner alpha line 4

Model resistivity with topography

Iteration 15 Abs. error = 9.9

Elevation
Timor Laut

Barat Daya



Gambar 4.4 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan line 4

Konfigurasi wenner alpha line 5

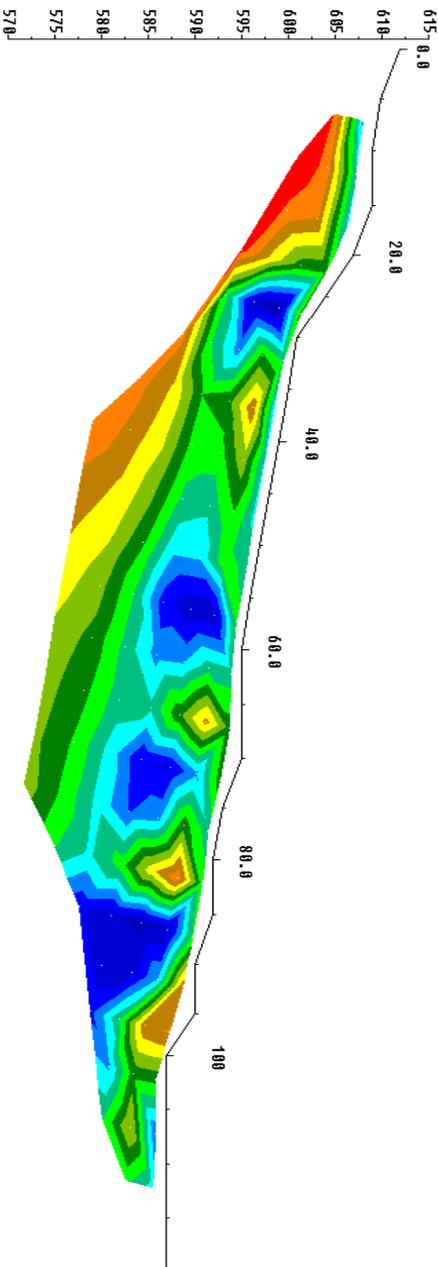
Model resistivity with topography

Iteration 7 RMS error = 13.5

Elevation

Timur Laut

Barat Daya



- 1.18
- 2.79
- 6.61
- 15.7
- 37.2
- 88.2
- 209
- 496

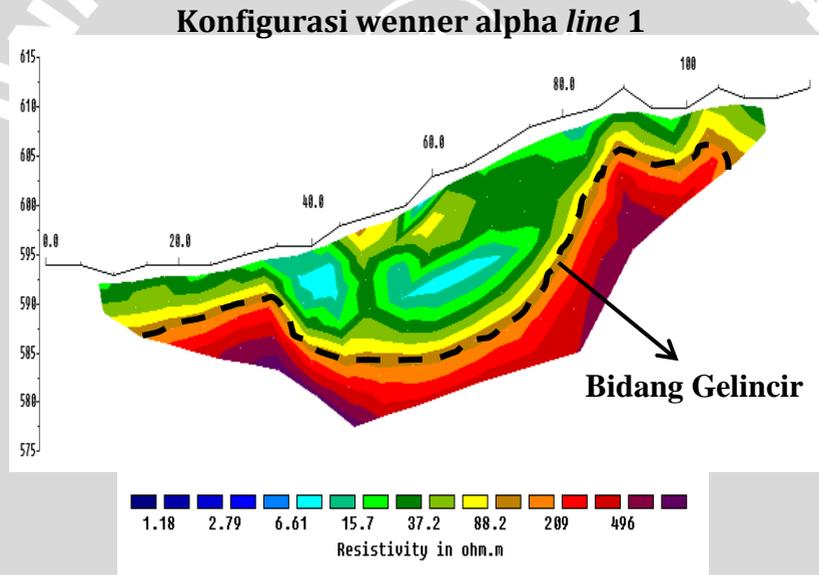
Resistivity in ohm.m

Gambar 4.5 Penampang 2D resistivitas bawah permukaan line 5

4.3 Interpretasi Keberadaan Bidang Gelincir Longsor

4.3.1 Line 1

Berdasarkan penampang 2D *line 1*, menunjukkan adanya bidang gelincir di sepanjang *line 1*. *Line 1* merupakan *line* yang membentang dari arah barat laut ke tenggara dengan panjang bentangan yaitu 120 meter. Posisi awal *line* berada pada ketinggian 594 meter dan posisi akhir pada ketinggian 612 meter, sehingga kemiringannya adalah $8,62^{\circ}$. Bidang gelincir pada *line* terdapat pada kedalaman 6,76 meter hingga 21,5 meter yang diindikasikan sebagai batu gamping dengan resistivitas lebih dari $88,2-496 \Omega.m$ seperti yang terlihat sebagai Gambar 4.6



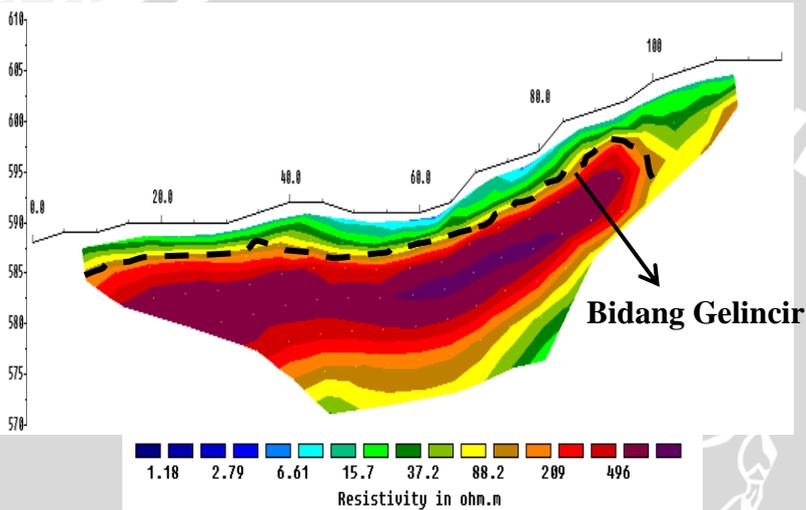
Gambar 4.6 Dugaan bidang gelincir longsor *line 1*

4.3.2 Line 2

Berdasarkan penampang 2D *line 2*, menunjukkan adanya bidang gelincir di sepanjang *line 2*. *Line 2* merupakan *line* yang membentang dari arah barat laut ke tenggara dengan panjang bentangan yaitu 120 meter. Posisi awal *line* berada pada ketinggian 588 meter dan posisi akhir pada ketinggian 606 meter, sehingga

kemiringannya adalah $8,62^{\circ}$. Bidang gelincir pada *line* terdapat mulai pada kedalaman 3,88 meter hingga 21,5 meter yang diindikasikan sebagai batu gamping dengan resistivitas lebih dari $88,2-496 \Omega.m$ seperti yang terlihat sebagai Gambar 4.7

Konfigurasi wenner alpha *line 2*

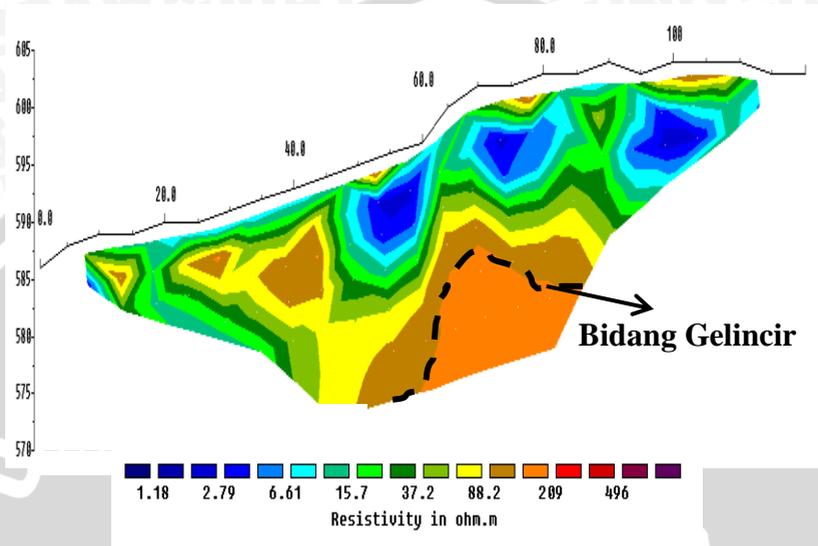


Gambar 4.7 Dugaan bidang gelincir longsor *line 2*

4.3.3 *Line 3*

Berdasarkan penampang 2D *line 3*, menunjukkan adanya bidang gelincir di sepanjang *line 3*. *Line 3* merupakan *line* yang membentang dari arah barat laut ke tenggara dengan panjang bentangan yaitu 120 meter. Posisi awal *line* berada pada ketinggian 586 meter dan posisi akhir pada ketinggian 603 meter, sehingga kemiringannya adalah $8,14^{\circ}$. Bidang gelincir pada *line* terdapat mulai pada kedalaman 13,4 meter hingga 21,5 meter yang diindikasikan sebagai batu gamping dengan resistivitas lebih dari $88,2-167 \Omega.m$ seperti yang terlihat sebagai Gambar 4.8

Konfigurasi wenner alpha line 3

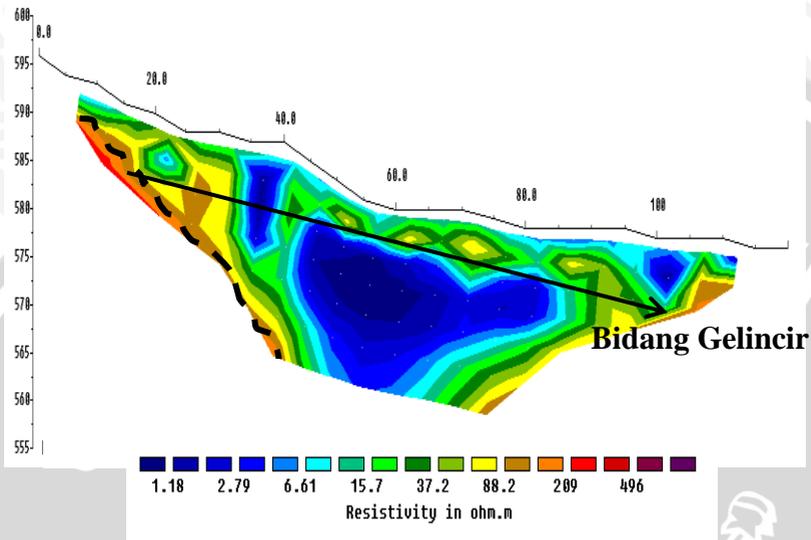


Gambar 4.8 Dugaan bidang gelincir longsor line 3

4.3.4 Line 4

Berdasarkan penampang 2D line 4, menunjukkan adanya bidang gelincir di sepanjang line 4. Line 4 merupakan line yang membentang dari arah timur laut ke barat daya dengan panjang bentangan yaitu 120 meter. Posisi awal line berada pada ketinggian 596 meter dan posisi akhir pada ketinggian 576 meter, sehingga kemiringannya adalah $9,59^{\circ}$. Bidang gelincir pada line terdapat mulai pada kedalaman 3,88 meter hingga 21,5 meter yang diindikasikan sebagai batu gamping dengan resistivitas lebih dari 88,2-167 $\Omega.m$ seperti yang terlihat sebagai Gambar 4.9

Konfigurasi wenner alpha line 4

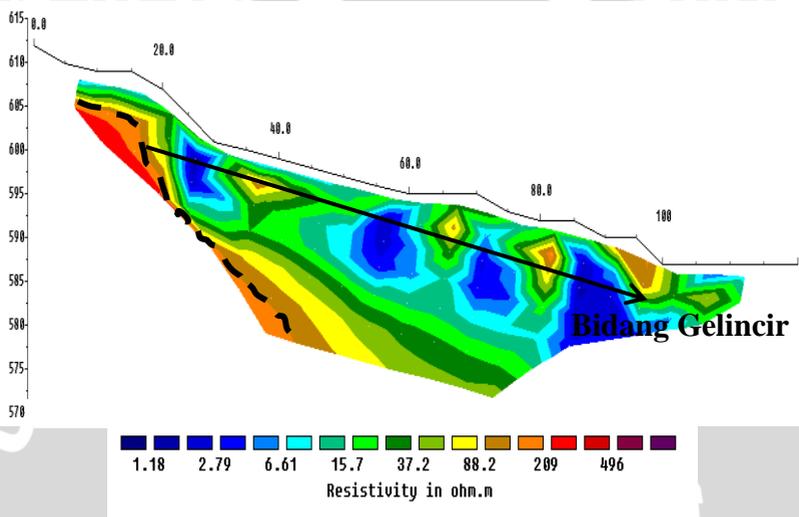


Gambar 4.9 Dugaan bidang gelincir longsor line 4

4.3.5 Line 5

Berdasarkan penampang 2D line 5, menunjukkan adanya bidang gelincir di sepanjang line 5. Line 5 merupakan line yang membentang dari arah timur laut ke barat daya dengan panjang bentangan yaitu 120 meter. Posisi awal line berada pada ketinggian 612 meter dan posisi akhir pada ketinggian 587 meter, sehingga kemiringannya adalah 12.02° . Bidang gelincir pada line terdapat mulai pada kedalaman 3,88 meter hingga 21,5 meter yang diindikasikan sebagai batu gamping dengan resistivitas lebih dari 88,2-167 Ω .m seperti yang terlihat sebagai Gambar 4.10

Konfigurasi wenner alpha line 5

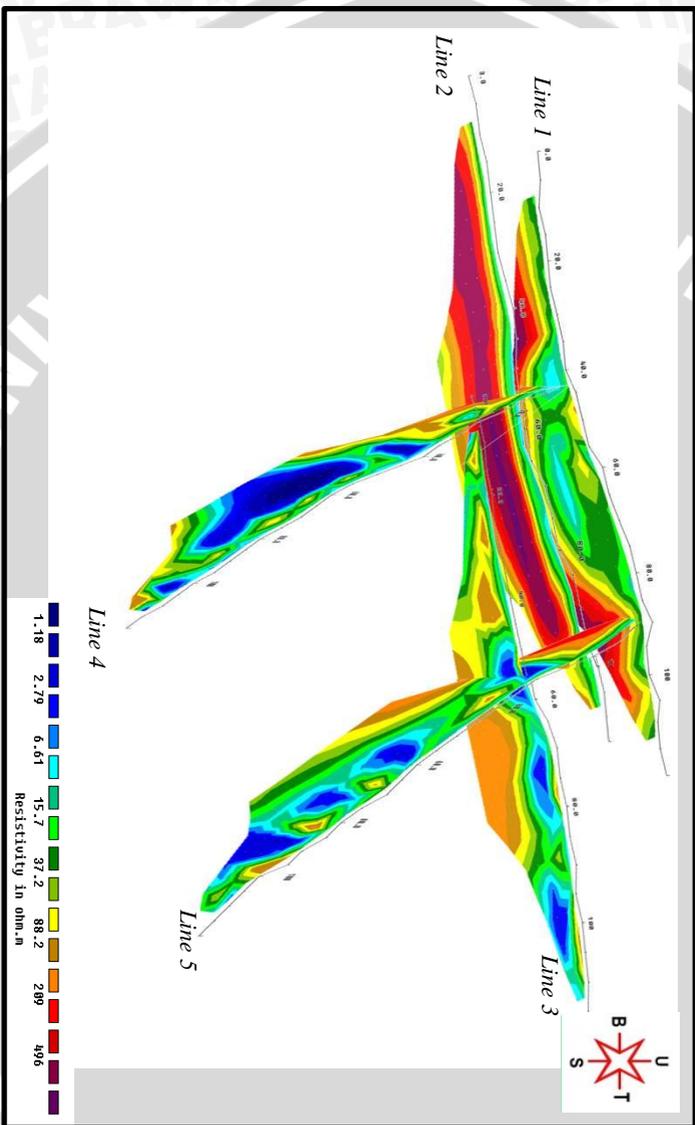


Gambar 4.10 Dugaan bidang gelincir longsor line 5

4.4 Interpretasi terpadu

Interpretasi terpadu dilakukan untuk interpretasi semua lintasan dan hubungannya dengan pergerakan tanah serta tanah longsor. Jika memperhatikan Gambar 4.11 terlihat kemenerusan lapisan antara satu lintasan dengan lintasan yang lain. Daerah penelitian didominasi oleh tiga batuan yaitu, sisipan batu lempung basah dengan resistivitas $1,18\Omega.m$ - $6,61\Omega.m$, sisipan batu lempung kering dengan resistivitas lebih dari $6,61\Omega.m$ - $88,2\Omega.m$ dan batu gamping dengan resistivitas lebih dari $88,2\Omega.m$ - $496\Omega.m$. Bidang gelincir longsor terlihat menerus pada daerah penelitian pada kedalaman 3,38-21,5 meter dari permukaan yang diindikasikan sebagai batu gamping.

Perbedaan ketinggian line 1 dan line 2 $\pm 3,88$ meter sedangkan line 2 dan line 3 $\pm 17,3$ meter. Jarak antara line 4 dengan line 5 sejauh 50 meter. Jika dilihat dari Gambar 4.11 maka dapat diketahui line yang berbahaya adalah line 4 dan line 5. Hal ini disebabkan arah kedua line ini sejajar dengan arah kemiringan lereng.



Gambar 4.11 Interpretasi terpadu semua line

Pada setiap *line* akuisisi terlihat bahwa terdapat bidang gelincir longsor di daerah penelitian. Adanya bidang gelincir longsor ini menunjukkan bahwa adanya bidang lemah yang memisahkan antara batuan yang dapat menyerap air dengan batuan yang kedap air. Dengan kata lain, terdapat bidang kontak antara tanah yang lembek dengan tanah yang kuat. Apabila air hujan dapat masuk hingga lapisan kedap air tersebut maka akan menjadikan bidang luncuran tanah-tanah yang longsor. Berdasarkan hasil interpretasi data geolistrik dan hasil pemodelan terlihat bahwa tipe bidang gelincir daerah penelitian yaitu merata dan landai bergelombang sehingga tipe longsor yang memungkinkan adalah longsor translasi. Pada kedua *line* ini kemiringan bidang gelincir $\pm 26,38^{\circ}$ untuk *line* 4 dan $\pm 33,74^{\circ}$ untuk *line* 5.

Litologi bawah permukaan daerah penelitian terdiri dari sisipan batu lempung kering, sisipan batu lempung basah dan batu gamping. Ketiga batuan ini merupakan jenis batuan sedimen (batuan endapan). Batu gamping merupakan batuan yang mudah mengalami pelapukan. Bidang gelincir yang ditemukan berdasarkan interpretasi adalah batu gamping yang berada di kedalaman mulai 3.88 meter hingga 21.5 meter. Jika air yang masuk ke dalam tanah sangat banyak maka bobot tanah akan meningkat, meskipun lempung memiliki sifat sulit meloloskan air tetapi tetap ada kemungkinan air akan mencapai bidang gelincir. Ketika bidang gelincir yang berupa batu gamping tersebut kemudian dilewati oleh air, maka akan sangat memungkinkan terjadinya pelapukan batuan gamping, hal inilah yang kemudian mengakibatkan terjadinya longsor. Namun, hal lain dapat pula terjadi ketika bobot tanah sudah meningkat akibat air yang masuk terlalu banyak dan lereng sudah tidak dapat menahan sehingga massa tanah akan menuruni lereng dan terjadi longsor.

Selain itu, berdasarkan Nandi (2007) bahwa jenis tanah yang kurang padat yaitu tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2.5 meter dari sudut lereng akan rentan terkena gerakan tanah karena tanah jenis ini akan menjadi lembek ketika terkena hujan dan menjadi pecah ketika hawa terlalu panas. Berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik didapatkan bahwa ketebalan lempung ditemukan paling kecil hingga kedalaman 3.88 meter yang hal ini menunjukkan bahwa lereng pengambilan data memiliki potensi longsor yang cukup besar karena ketebalan tanah lebih besar

dari 2.5 meter. Kelebihan tanah di lereng tersebut menyebabkan penambahan bobot tanah yang tinggi terutama ketika terjadi hujan karena kemampuan dari lempung sendiri cukup baik dalam menampung air dan sulit untuk meloloskan atau mengalirkannya.

Berdasarkan analisis data geolistrik, penyebab terjadinya longsor yang ada di daerah penelitian adalah ditemukannya bidang gelincir longsor dimana bidang ini akan menjadi luncuran tanah-tanah yang longsor, jenis batuan yang berada pada lokasi sedimentasi (batuan sedimen) menyebabkan batuan mudah mengalami pelapukan, terutama batuan gamping yang dalam hal ini berfungsi sebagai bidang gelincir karena jika bidang gelincir mengalami pelapukan maka akan mengakibatkan bobot tanah yang sangat tinggi akibat terjadi hujan akan bergerak dan akan sangat memungkinkan terjadinya longsor. Dapat dilihat pula kelebihan lapisan lempung yang terlihat dari hasil interpretasi mengakibatkan penambahan bobot tanah yang tinggi pula ketika terjadi hujan.

Beberapa parameter pendukung daerah rawan longsor yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan daerah penelitian yang disesuaikan dengan kondisi fisik daerah penelitian yaitu curah hujan, ketinggian, kemiringan lereng, tutupan lahan, dan permeabilitas tanah. Daerah penelitian memiliki curah hujan yang tinggi, berdasarkan data yang diperoleh dari BMKG Karaploso Malang, untuk Pos Sitiarjo untuk tahun 2010-2014. Data curah hujan Sitiarjo Malang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Sitiarjo (Malang) Tahun 2010-2014

Unsur Klimatologi	Satuan	Tahun				
		2010	2011	2012	2013	Jan-Feb 2014
Curah Hujan	Milimeter	4583	2441	2484	3432	552

Sumber : BMKG Karangploso (2014)

Rata-rata curah hujan tahunan untuk 4 tahun terakhir adalah 3235 mm/tahun. Berdasarkan literatur rata-rata curah hujan termasuk ke dalam kategori sangat basah. Kemiringan *line 4* dan *line 5* yaitu $9,59^{\circ}$ dan $12,02^{\circ}$. Kemiringan lereng tersebut jika dilihat pada kelas klasifikasi lereng termasuk pada lereng agak curam untuk *line 4* dan lereng curam untuk *line 5*.

Ketinggian daerah penelitian yang diperoleh dengan melakukan pengukuran secara langsung menggunakan GPS diperoleh berada pada rentang 576-612 meter. Oleh karena itu, termasuk ke dalam klasifikasi daerah dataran rendah karena ketinggiannya <1000 meter. Kemiringan lereng dapat diketahui melalui *line 4* dan *line 5* yang arahnya sejajar dengan lereng yaitu $9,59^0$ untuk *line 4* dan $12,02^0$ untuk *line 5*. Kemiringan lereng ini termasuk kelas agak curam untuk *line 4* dan curam untuk *line 5*, sehingga daerah penelitian berada diantara rentang agak curam sampai curam. Tutupan lahan daerah penelitian yaitu tegalan dan pemukiman, dimana lereng banyak di tanami tanaman seperti cabe, ubi, kunyit. Tanaman-tanaman tersebut kurang kuat untuk menyerap air hujan apabila hujan sangat deras, terlebih daerah ini termasuk daerah dengan curah hujan tinggi. Tanah yang ada di daerah penelitian merupakan tanah yang didominasi dengan lempung bagian atas hingga kedalaman 21,5 meter berdasarkan interpretasi data geolistrik yang diperoleh. Permeabilitas lempung termasuk kategori sangat lambat karena koefisien permeabilitasnya sangat kecil yaitu 10^{-7} cm/det. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Turen, daerah penelitian merupakan daerah yang berada dikawasan batuan sedimen. Berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik, kedalaman tanah hingga lapisan kedap air berada pada kedalaman $\geq 3,88$ meter, dan termasuk kategori agak tinggi.

Jika parameter-parameter daerah rawan longsor yang telah dijelaskan kemudian juga dikorelasi dengan hasil interpretasi data geolistrik maka dengan *scoring* untuk daerah penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 maka dapat diketahui tingkat kerawanan daerah penelitian terhadap bahaya tanah longsor. Tingkat kerawanan bahaya tanah longsor dapat dibagi menjadi kelas sebagai berikut.

1. Tidak rawan (skor 7-10)
2. Kerawanan rendah (skor 11-14)
3. Kerawanan sedang (skor 15-18)
4. Kerawanan tinggi (skor 19-22)
5. Sangat rawan (skor 23-28)

Tabel 4.2 Paramter Daerah Rawan Longsor

Klasifikasi Kelerengan			
No	Kelas (%)	Bentuk lereng	Skor
1	0-8 (0^0-4^0)	Datar	1
2	8-15 (4^0-8^0)	Landai	2
3	15-25 (8^0-10^0)	Agak curam	3
4	25-45(10^0-35^0)	Curam	4
5	>45(> 35^0)	Sangat curam-tegak	5
Klasifikasi Intensitas Curah Hujan			
No	Intensitas hujan(mm/tahun)	Parameter	Skor
1	2000-2500	Sedang/lembab	1
2	2500-3000	Basah	2
3	>3000	Sangat basah	3
Klasifikasi Jenis Batuan			
No	Jenis Batuan	Skor	
1	Batuan Aluvial	1	
2	Batuan Sedimen	2	
3	Batuan Volkanik	3	
Klasifikasi Permeabilitas Tanah			
No	Permeabilitas Tanah	Skor	
1	Sangat Cepat	1	
2	Cepat	2	
3	Sedang	3	
4	Lambat	4	
5	Sangat lambat	5	
Klasifikasi Tutupan Lahan			
No	Tutupan Lahan	Skor	
1	Tubuh air	1	
2	Hutan	2	
3	Kebun	3	
4	Tegalan, Sawah, pemukiman	4	
Klasifikasi Ketinggian			
No	Ketinggian	Skor	
1	Dataran rendah 0-1000 meter	1	

2	Dataran tinggi 1000-2000 meter	2	
3	Pegunungan >2000 meter	3	
Klasifikasi Ketebalan Tanah hingga Lapisan kedap air			
No	Ketebalan Tanah (m)	Kategori	Skor
1	<1	Rendah	1
2	1-2	Agak Rendah	2
3	2-3	Sedang	3
4	3-5	Agak Tinggi	4
5	>5	Tinggi	5

Berdasarkan Tabel 4.2, daerah penelitian memiliki skor yaitu 22-24. Oleh karena itu, daerah penelitian memiliki tingkat kerawanan tinggi hingga sangat rawan terhadap bencana tanah longsor. *Scoring* untuk daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Scoring* Paramater Daerah Rawan Longsor Untuk Dearah Penelitian

Parameter	Skor
Kelerengan	3-4
Intensitas Curah Hujan	3
Jenis Batuan	2
Permeabilitas Tanah	5
Tutupan Lahan	4
Ketinggian	1
Ketebalan tanah (regolit) hingga lapisan kedap air	4-5
TOTAL	22-24

Setiap parameter yang digunakan dalam analisis ini memiliki peluang yang sama dalam menyebabkan terjadinya tanah longsor. Namun, kontribusi tiap parameter berbeda dalam menyebabkan terjadinya longsor. Hal ini dapat dilihat dari hasil *scoring* dimana untuk parameter kelerengan memiliki kontribusi 12.5%-18.18% dalam menyebabkan longsor pada daerah penelitian. Intensitas hujan memiliki kontribusi 12.5%-13.6%. Jenis batuan memiliki kontribusi 12.5%-13.6%. Permeabilitas tanah memiliki kontribusi 20.8%-22.7%. Tutupan lahan memiliki kontribusi 16.67%-18.18%. Ketinggian daerah penelitian memiliki kontribusi 4.2%-4.5% dan

ketebalan tanah hingga lapisan kedap air memiliki kontribusi 16.67%-22.72%. Parameter yang memiliki kontribusi tinggi dalam menyebabkan longsor dalam penelitian ini parameter permeabilitas tanah dan ketebalan tanah hingga lapisan kedap air.

Dari hasil *scoring* parameter rawan longsor, daerah penelitian merupakan daerah dengan tingkat kerawanan tinggi hingga sangat rawan. Hal ini menunjukkan bahwa perlu adanya peringatan dini terhadap bahaya longsor yang mungkin terjadi di daerah itu. Hal yang dapat dilakukan untuk melaksanakan peringatan dini terhadap bahaya longsor pada daerah penelitian ini adalah melakukan perkuatan tanah karena telah diketahui bahwa lempung merupakan batuan yang rentan terhadap gerakan tanah karena sifatnya yang lunak. Perkuatan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan sistem teknologi geosintetik yang memanfaatkan bahan polimer dengan mengaplikasikannya pada tanah. Teknik ini digunakan sebagai perkuatan tanah lunak dengan berfungsi sebagai filtrasi, pemisah, drainase, perkuatan, penghalang, dan proteksi. Selain itu, dapat pula dilakukan penanaman tanaman yang mampu menahan terjadinya erosi atau longsor pada lereng. Tanaman yang dapat ditanam adalah *calliandra sp*, *cassia siamea*, dan *sesbania grandiflora*. Tanaman ini memiliki akar yang panjang dan dalam. Namun, tanaman ini dapat ditanam dengan membuat sengkedan atau terasiring yang disesuaikan dengan kemiringan tanah.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

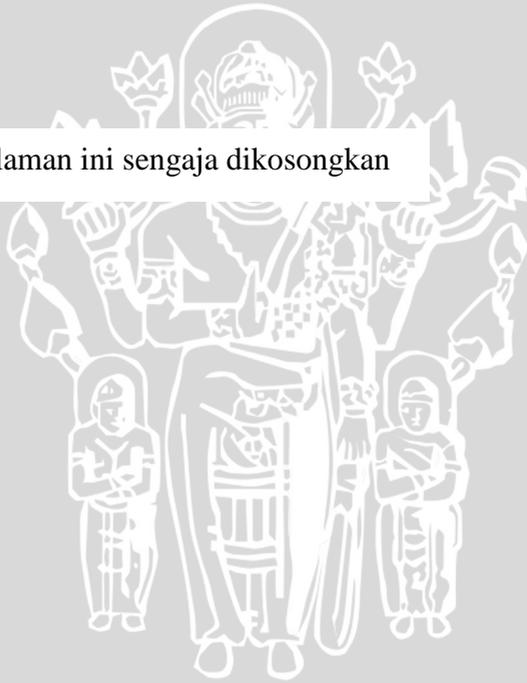
1. Nilai resistivitas di tempat penelitian yaitu RT 16 RW 04 Dusun Krajan/Pletes Desa Sumbermanjing Wetan Kecamatan Sumbermanjing Wetan berkisar antara $1,18\Omega.m$ - $496\Omega.m$, dengan pendugaan litologi bawah permukaan yaitu sisipan batu lempung basah, sisipan batu lempung kering, dan batuan gamping.
2. Bidang gelincir longsor pada daerah penelitian diindikasikan berupa batuan gamping dengan resistivitas $>88,2\Omega.m$ - $496\Omega.m$.
3. Letak bidang gelincir ditemukan pada kedalaman 6,76-21,5 m untuk *line* 1, pada kedalaman 13,4-21,5 m untuk *line* 3, serta pada kedalaman mulai 3,88-21,5 m untuk *line* 2, *line* 4 dan *line* 5.
4. Daerah penelitian termasuk daerah rawan longsor dengan tingkat kerawanan tinggi hingga sangat rawan berdasarkan parameter curah hujan, ketinggian, kelerengan, geologi batuan, kedalaman tanah hingga lapisan kedap air, tutupan lahan, dan permeabilitas tanah dengan skor 22-24.

5.2 Saran

1. Sebagai bagian dari peringatan dini (*early warning*) untuk bencana, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan metode geofisika yang lain sehingga dapat melihat perbandingan dengan metode tersebut.
2. Perlu dilakukan perhitungan tentang faktor keamana lereng atau stabilitas lereng dengan melakukan uji karakteristik tanah daerah penelitian.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- Asra, A., (2012), Penentuan Sebaran Akuifer dengan Metode Tahanan Jenis (Resistivity Method) di Kota Tangerang Selatan Provinsi Banten, *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Dobrin, M. B., (1998), *Introduction to Geophysical Prospecting*, edisi ke-4, .Mc Graw Hill Book, Singapore.
- Lestari, F. F., (2008), Penerapan Sistem Informasi Geografis dalam Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Kabupaten Bogor, *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Loke. M. H., (1999). *Elektrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies; A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*, Penang, Malaysia
- Mubekti, dan Alhasanah, F., (2008), Mitigasi Daerah Rawan Tanah Longsor Menggunakan Teknik Pemodelan Sistem Informasi Geografis, *Jurnal Teknil Lingkungan*, Vol 9, No.2, Hal 121-129
- Nandi, (2007), *Longsor*, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Nugroho, Ardian, J., Sukojo, B. M., dan Sari, I. L., (2008), Pemetaan Daerah Rawan Longsor dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis, *Penelitian*, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- Paimin, Sukresno dan Pramono, I. B., (2009). Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor, *Penelitian*, Tropenbos International Indonesia Programme, Bogor, Indonesia.
- Panglar, D., (1985), Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah, *Penelitian*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Purnamasari, D.C. (2007), Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Evaluasi Daerah Rawan Longsor di Kabupaten Banjarnegara, *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Prahasta, Eddy (2005). *Sistem Informasi Geografis*. Informatika, Bandung
- Reynolds, J. M., (1997), *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley & Sons, New York

- Ridwan, M., (2013), *Tebing Gunung Pletes Longsor*, Sumber:<http://www.lensaindonesia.com/2013/01/24/tebing-gunung-pletes-malang-longsor.html>, Diakses 5 Januari 2014 jam 21,55.
- Sujanto, R., Hardisantono, Kusnama, Rchaniago, dan Baharuddin, R., (1992), *Peta Geologi Lembar Turen, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.Bandung.
- Sunaryo, Wiyono, (2009) Analisis Longsoran Sri Mulyo Malang Selatan Jawa Timur Berdasarkan Respon Geolistrik Resistivitas Pseudodepthsection, The 34th HAGI Annual Meeting, Jogjakarta, 10-12 November 2009
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., dan Keys, D.A., (1976), *Applied Geophysic*. Cambridge University Press. London.
- Tim Geologi, (2011), Zona Kerentanan Gerakan Tanah, *Penelitian*, Dinas Pertambangan dan Energi, Kalimantan Timur, Indonesia.
- Van Zuidam, R.,A., (1985), *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*, Smits Publisher The Hagne, Netherlands.
- Verhoef, (1994), *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Erlangga. Jakarta.
- Waluyo, Panggah, G., dan Widya, U., (2008), Deteksi Pola Patahan di Desa Renokenongo Porong Sidoarjo dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner, *Penelitian*, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- Wasis,Sunaryo, dan Adi Susilo (2010), Perunutan Jalur Sesar Lokal di Sri Mulyo Kecamatan Dampit Kabupaten Malang Berdasarkan Data Geofisika, *Penelitian*, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.
- Yatini, (2006), Penerapan Metode Geolistrik Sounding untuk Mengatasi Persoalan Air Bersih Di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta pasca Gempa Tektonik 27 Mei 2006, *Penelitian*, UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Akuisisi Geolistrik

Lintasan 1

Koordinat : $08^{\circ}15'34.39''$ dan $112^{\circ}40'49.34''$ - $08^{\circ}15'34.39''$ dan $112^{\circ}40'52.89''$

Arah Pengambilan Data: Barat Laut-Tenggara

Hari dan Tanggal: Selasa, 11 Februari 2014

No	C1	P1	P2	C2	R	I	V	n
1	0	5	10	15	0.284	20.58	5.861	1
2	5	10	15	20	1.523	20.58	31.341	1
3	10	15	20	25	1.51	20.58	31.09	1
4	15	20	25	30	1.001	20.58	20.603	1
5	20	25	30	35	1.146	20.58	23.599	1
6	25	30	35	40	0.896	20.58	17.065	1
7	30	35	40	45	0.793	20.58	16.385	1
8	35	40	45	50	0.408	20.58	9.651	1
9	40	45	50	55	0.899	20.58	18.513	1
10	45	50	55	60	1.282	20.58	26.386	1
11	50	55	60	65	0.393	20.58	7.941	1
12	55	60	65	70	1.356	20.58	27.891	1
13	60	65	65	75	0.775	20.58	15.97	1
14	65	70	65	80	0.757	20.582	15.574	1
15	70	75	65	85	0.822	20.58	16.846	1
16	75	80	65	90	0.792	20.581	16.311	1
17	80	85	65	95	0.91	20.582	18.927	1
18	85	90	65	100	0.966	20.582	18.655	1
19	90	95	65	105	1.127	20.582	23.8	1
20	95	100	65	110	1.311	20.582	27.333	1
21	100	105	65	115	1.071	20.582	24.393	1
22	105	110	65	120	2.284	20.582	47.01	1

23	0	10	65	30	1.05	20.582	21.733	2
24	5	15	65	35	0.88	20.582	18.08	2
25	10	20	65	40	1.046	20.582	21.016	2
26	15	25	65	45	1.056	20.582	21.847	2
27	20	30	65	50	0.578	20.582	11.978	2
28	25	35	65	55	0.371	20.582	7.673	2
29	30	40	65	60	0.617	20.582	12.714	2
30	35	45	65	65	0.697	20.582	14.361	2
31	40	50	65	70	0.37	20.582	7.73	2
32	45	55	65	75	0.406	20.582	8.358	2
33	50	60	65	80	0.608	20.582	12.524	2
34	55	65	65	85	0.678	20.582	13.955	2
35	60	70	65	90	0.616	20.582	12.688	2
36	65	75	65	95	0.605	20.582	13.703	2
37	70	80	65	100	0.772	20.582	15.918	2
38	75	85	65	105	0.896	20.582	18.455	2
39	80	90	65	110	0.842	20.582	17.471	2
40	85	95	65	115	1.446	20.582	29.764	2
41	90	100	65	120	1.478	20.582	30.431	2
42	0	15	65	45	0.905	20.582	18.638	3
43	5	20	65	50	0.896	20.582	18.458	3
44	10	25	65	55	0.883	20.582	18.192	3
45	15	30	65	60	0.579	20.582	11.925	3
46	20	35	65	65	0.581	20.582	11.905	3
47	25	40	65	70	0.656	20.582	13.516	3
48	30	45	65	75	0.575	20.582	11.847	3
49	35	50	65	80	0.406	20.582	8.371	3
50	40	55	65	85	0.398	20.582	8.192	3
51	45	60	65	90	0.49	20.582	10.092	3
52	50	65	65	95	0.637	20.582	13.116	3
53	55	70	65	100	0.642	20.582	13.214	3

54	60	75	65	105	0.688	20.582	14.169	3
55	65	80	65	110	0.714	20.582	14.177	3
56	70	85	65	115	1.013	20.582	20.855	3
57	75	90	65	120	1.295	20.582	26.658	3
58	0	20	65	60	0.806	20.582	16.863	4
59	5	25	65	65	0.695	20.582	14.371	4
60	10	30	65	70	0.646	20.582	13.301	4
61	15	35	65	75	0.513	20.582	10.56	4
62	20	40	65	80	0.513	20.582	10.566	4
63	25	45	65	85	0.525	20.582	10.822	4
64	30	50	65	90	0.401	20.582	8.245	4
65	35	55	65	95	0.435	20.582	8.973	4
66	40	60	65	100	0.54	20.582	11.121	4
67	45	65	65	105	0.553	20.582	11.389	4
68	50	70	65	110	0.5	20.582	10.292	4
69	55	75	65	115	0.776	20.582	15.983	4
70	60	80	65	120	0.871	20.582	17.943	4
71	0	25	65	75	0.686	20.582	14.121	5
72	5	30	65	80	0.581	20.582	11.972	5
73	10	35	65	85	0.396	20.582	8.168	5
74	15	40	65	90	0.442	20.582	9.16	5
75	20	45	65	95	0.524	20.583	10.806	5
76	25	50	65	100	0.569	20.583	10.901	5
77	30	55	65	105	0.289	20.583	5.965	5
78	35	60	65	110	0.413	20.583	8.501	5
79	40	65	65	115	0.494	20.583	10.171	5
80	45	70	65	120	0.467	20.583	9.864	5
81	0	30	65	90	0.412	20.583	8.487	6
82	5	35	65	95	0.353	20.583	7.27	6
83	10	40	65	100	0.44	20.583	9.069	6
84	15	45	65	105	0.494	20.583	10.289	6

85	20	50	65	110	0.346	20.583	7.129	6
86	25	55	65	115	0.425	20.583	8.761	6
87	30	60	65	120	0.487	20.583	10.085	6
88	0	35	65	105	0.338	20.584	6.96	7
89	5	40	65	110	0.323	20.584	6.656	7
90	10	45	65	115	0.398	20.584	8.194	7
91	15	50	65	120	0.396	20.584	8.154	7
92	0	40	65	120	0.367	20.584	8.153	8

Lampiran 2

Dokumentasi Akuisisi Data



Gambar 1. Setelah Akuisisi line 5 tanggal 12 Februari 2014



**Gambar
2. Akuisisi
line 2**



**Gambar
3. Akuisisi
line 3**



**Gambar
4. Akuisisi
line 4**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

