

**IDENTIFIKASI LITOLOGI DAN INDIKASI PATAHAN PADA
DAERAH KARANGKATES MALANG SELATAN
DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
KONFIGURASI DIPOL-DIPOL**

SKRIPSI

**Oleh:
IZZA CHUMAIROH
0910930054-93**



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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**IDENTIFIKASI LITOLOGI DAN INDIKASI PATAHAN PADA
DAERAH KARANGKATES MALANG SELATAN
DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
KONFIGURASI DIPOL-DIPOL**

SKRIPSI

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

Oleh:
IZZA CHUMAIROH
0910930054-93



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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**IDENTIFIKASI LITOLOGI DAN INDIKASI PATAHAN PADA
DAERAH KARANGKATES MALANG SELATAN
DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
KONFIGURASI DIPOL-DIPOL**

Oleh :

Izza Chumairoh
0910930054-93

Setelah dipertahankan di depan majelis Penguji pada.....
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

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

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Izza Chumairoh

Nim : 0910930054

Jurusan : Fisika

Penulis skripsi berjudul :

Identifikasi Litologi dan Indikasi Patahan pada Daerah Karangkates Malang Selatan dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipol-dipol

Dengan ini menyatakan bahwa :

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran

Malang, Januari 2014
Yang Menyatakan

(Izza Chumairoh)

NIM. 0910930054

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



ABSTRAK

Telah dilakukan identifikasi litologi dan indikasi patahan di daerah Karangates Malang Selatan dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipol-dipol. Penelitian ini bertujuan menentukan nilai resistivitas batuan, litologi serta indikasi keberadaan patahan di daerah Karangates. Pengambilan data dilakukan selama 2 hari pada 4 lintasan, yaitu lintasan A, B, C, dan D. Panjang lintasan A, C, dan D masing-masing sebesar 90 m dengan bentangan 5 m, sedangkan lintasan B memiliki panjang 150 m dengan bentangan 10 m. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan persamaan resistivitas semu, kemudian dilakukan inversi menggunakan *software Res2dinv* untuk mendapatkan nilai resistivitas sesungguhnya. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan nilai resistivitas sebesar 2 Ωm sampai 1347 Ωm . Litologi ditentukan dengan melakukan interpretasi, yaitu membandingkan tabel nilai resistivitas batuan dan peta geologi daerah penelitian. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki penyusun litologi yang sama, yaitu lempung berpasir, tuf dan lava. Terdapat indikasi patahan di sepanjang lintasan penelitian yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang rendah.

Kata kunci : geolistrik, resistivitas semu, litologi, patahan.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



ABSTRACT

Identification of lithology and fault had been done by using geoelectrical method of dipole-dipole configuration at Karangates, South Malang. The goal is to determine the resistivity of the rock, lithology and the fault indication in Karangates area. Data were collected for 2 days at 4 line, which are lines A, B, C, and D. Each of the lines A, C, and D has a path of 90 m long, with electrode spacing of 5 m, while the line B has a path length of 150 m, with electrode spacing of 10 m. Data processing was done by using apparent resistivity equation and inversion in order to determine the true resistivity using software Res2dinv. Base on the results of data processing, we obtained the resistivity value of 2 Ω m to 1347 Ω m. The lithology was determined through interpretation, by using a conversion table of resistivity of rocks and geological map of the studied area. The results show that the area has the same lithological constituents, which are clay sand, tuff and lava. There are indications of fault along the lines, indicated by low resistivity values.

Keywords: geoelectric, apparent resistivity, lithology, the fault.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil' Alamin

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga diberikan kemudahan untuk menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "Identifikasi Litologi dan Indikasi Patahan pada Daerah Karangates Malang Selatan dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipol-dipol".

Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulisan Tugas Akhir ini, khususnya kepada :

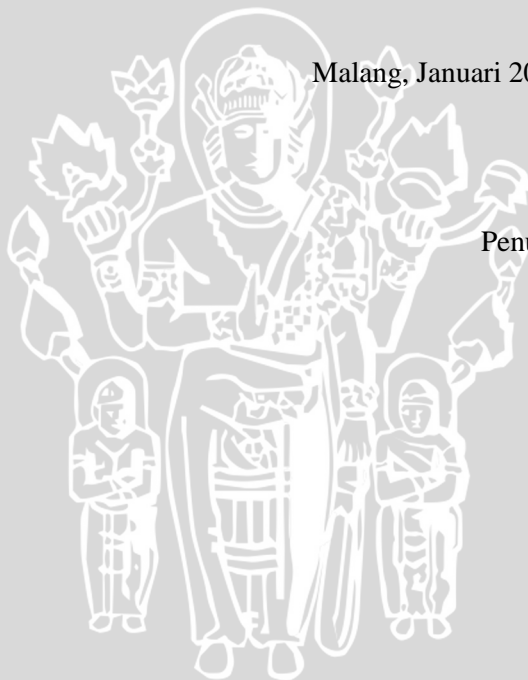
1. Kedua Orang tuaku, Bapak dan Ibuku tercinta yang selalu memberikan dukungan baik dukungan material dan spiritual.
2. Kakak, adik dan semua saudaraku yang selalu memberi semangat.
3. Bapak Drs. Adi Susilo M.Si., Ph.D selaku Ketua jurusan Fisika dan Dosen pembimbing I atas bimbingan, motivasi, arahan, dan bantuannya.
4. Bapak Drs. A. M. Juwono sebagai dosen pembimbing II atas arahan dan bantuannya.
5. Bapak dan ibu dosen staf pengajar, laboran, dan karyawan TU Jurusan Fisika Universitas Brawijaya atas segala bantuannya.
6. Segenap dosen Fakultas MIPA yang telah memberikan banyak ilmu dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya.
7. Rizky Hermawan yang selalu memberikan semangat dan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Kakak In, dedek Yunita yang selalu memberikan bantuan, kritik, saran dan menghibur ketika sedang jenuh.
9. Muslihudin sebagai teman seperjuanganku dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
10. Nella sebagai teman yang selalu memberi masukan dan motivasi.
11. Adwi yang telah menginstallkan modem sehingga berfungsi seperti kondisi semula.

12. Sahabat dan teman-teman fisika khususnya angkatan 2009 yang banyak telah membantu, mbah Ali, Atieh, Zarnuji, Sasi, Kevin, Yesika, Miar, Ela, Tika, Fera, Kruger, Robi, Ibnu, Devita, Atok, Diah, Binti, Nella Fahma, Umi, Uni, Vivin, Eko, Nia, Firman.
13. Tidak lupa, semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan selanjutnya. Terimakasih atas segala perhatian dari pembaca dan semoga dapat memberikan manfaat.

Malang, Januari 2014

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	v
LEMBAR PERNYATAAN	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Struktur Geologi	5
2.2 Teori tentang Patahan	5
2.3 Tanah Longsor.....	6
2.3.1 Aliran	7
2.3.2 Longsor.....	7
2.3.3 Runtuhan.....	7
2.3.4 Majemuk	8
2.3.5 Amblesan	8
2.4 Metode Geolistrik.....	8

2.4.1	Metode Resistivitas <i>Sounding</i>	9
2.4.2	Metode Resistivitas <i>Mapping</i>	9
2.5	Kelistrikan Batuan	10
2.6	Hubungan Geologi dengan Resistivitas	11
2.7	Resistivitas Batuan.....	12
2.7.1	Resistivitas Sesungguhnya.....	13
2.7.2	Resistivitas Semu	13
2.8	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Nilai Resistivitas.....	15
2.9	Aliran Listrik di dalam Bumi.....	15
2.9.1	Elektroda Arus Tunggal di Permukaan Bumi	16
2.9.2	Elektroda Arus Ganda.....	17
2.10	Konfigurasi Dipol-dipol.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2	Peralatan Penelitian	21
3.3	Data Penelitian.....	23
3.4	Skema Langkah-langkah Penelitian.....	23
3.5	Prosedur Penelitian	24
3.5.1	Pengambilan Data	24
3.5.2	Pengolahan Data	24
3.5.3	Interpretasi Data.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1	Keadaan Geologi Daerah Penelitian	27
4.2	Analisis Litologi.....	28
4.2.1	Analisis Litologi Lintasan A	29
4.2.2	Analisis Litologi Lintasan B	30
4.2.3	Analisis Litologi Lintasan C	31
4.2.4	Analisis Litologi Lintasan D	32

4.3	Analisis Indikasi Patahan	34
4.3.1	Lintasan A.....	35
4.3.2	Lintasan B.....	37
4.3.3	Lintasan C.....	38
4.3.4	Lintasan D.....	39
4.4	Pola Patahan	39
BAB V PENUTUP.....		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN.....		47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batuan yang bersifat lentur di atas batuan yang retas (<i>dike</i>), yang tidak ikut terpatahkan (kiri), dan batuan yang bersifat lentur yang tersesarkan (kanan).	6
Gambar 2.2 Teknik pengambilan data secara <i>sounding</i>	9
Gambar 2.3 Teknik pengambilan data secara <i>mapping</i>	10
Gambar 2.4 Resistivitas dari sebuah balok yang dialiri arus.	13
Gambar 2.5 Konsep resistivitas semu.	14
Gambar 2.6 Aliran arus dari sebuah elektroda tunggal.	16
Gambar 2.7 Bentuk umum dari konfigurasi elektroda pada survei geolistrik.	17
Gambar 2.8 Konfigurasi dipol-dipol.	18
Gambar 3.1 Lokasi daerah penelitian.	21
Gambar 3.2 Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data geolistrik.	22
Gambar 3.3 Skema langkah-langkah dalam penelitian.	23
Gambar 3.4 Lintasan pengambilan data.	24
Gambar 4.1 Peta Geologi daerah penelitian.	27
Gambar 4.2 Sungai di daerah penelitian.	29
Gambar 4.3 Penampang 2D lintasan A.	30
Gambar 4.4 Penampang 2D lintasan B.	31
Gambar 4.5 Penampang 2D lintasan C.	32
Gambar 4.6 Penampang 2D lintasan D.	33
Gambar 4.7 Amblesan tanah di sekitar daerah penelitian.	35

Gambar 4.8 (a) Indikasi patahan pada jarak 10 m. (b) Indikasi patahan jarak 80 m. (c) Indikasi patahan pada penampang 2D lintasan A.....	36
Gambar 4.9 (a) Indikasi patahan pada jarak 15 m. (b) Indikasi patahan pada penampang 2D lintasan B.....	37
Gambar 4.10 (a) Indikasi patahan pada jarak 10 m. (b) Indikasi patahan jarak 80 m. (c) Indikasi patahan pada penampang 2D lintasan C.....	38
Gambar 4.11 (a) Indikasi patahan pada jarak 15 m. (b) Indikasi patahan pada penampang 2D lintasan D.	39
Gambar 4.12 Gabungan kurva penampang 2D semua lintasan.....	40
Gambar 4.13 Pola patahan di daerah penelitian.....	40
Gambar L1. Jalan raya yang berada di sebelah lokasi penelitian...	49
Gambar L2. Salah satu penyusun batuan yang ada di daerah penelitian.....	49
Gambar L3. Pengambilan data penelitian.....	50
Gambar L4. Rel kereta api di bawah daerah penelitian.....	50
Gambar L5. Sungai di lokasi penelitian.....	51
Gambar L6. Kondisi tanah yang rekah-rekah dan mudah bergerak.	51
Gambar L7. Indikasi patahan pada lintasan A.....	67
Gambar L8. Indikasi patahan pada lintasan B.....	67
Gambar L9. Indikasi patahan pada lintasan C.....	68
Gambar L10. Indikasi patahan pada lintasan D.....	68
Gambar L11. Peta geologi daerah penelitian.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai resistivitas dan konduktivitas batuan	12
Tabel 2.2 Kisaran nilai resistivitas batuan	14
Tabel 4.1 Hasil perbandingan resistivitas tiap batuan	33
Tabel L1 Nilai resistivitas dan konduktivitas batuan.....	47
Tabel L2 Kisaran nilai resistivitas batuan	48
Tabel L3 Data geolistrik konfigurasi dipol-dipol lintasan A.....	52
Tabel L4 Data geolistrik konfigurasi dipol-dipol lintasan B	56
Tabel L5 Data geolistrik konfigurasi dipol-dipol lintasan C	59
Tabel L6 Data geolistrik konfigurasi dipol-dipol lintasan D.....	63



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Tabel Nilai Resistivitas	47
Lampiran 2 : Gambar di Sekitar Lokasi Penelitian	49
Lampiran 3 : Data Geolistrik Konfigurasi Dipol-dipol	52
Lampiran 4 : Gambar Indikasi Patahan	67
Lampiran 5 : Peta Geologi Daerah Penelitian	69



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode geolistrik adalah metode yang memanfaatkan aliran listrik di dalam bumi, yang dengan mengukur beda potensialnya akan didapatkan nilai resistansi batuan. Metode geolistrik dapat menunjukkan gambaran penampang bawah permukaan bumi berdasarkan distribusi nilai resistivitas batuan. Resistivitas batuan adalah daya hambat batuan terhadap aliran listrik. Berdasarkan nilai resistansi batuan yang terukur dalam pengukuran geolistrik, dapat ditentukan keberadaan air tanah, potensi daerah longsor, menentukan mineral batuan, dan batuan dasar.

Alasan mengapa digunakan metode geolistrik adalah bahwa biaya yang diperlukan tidak mahal, pengambilan data cepat, dan mudah. Dalam metode geolistrik dikenal banyak konfigurasi, salah satunya adalah konfigurasi dipol-dipol. Konfigurasi dipol-dipol memiliki spasi elektroda yang selalu sama. Konfigurasi ini peka terhadap perubahan resistivitas pada masing-masing pasangan elektrodanya (Ogungbe dkk, 2010).

Litologi adalah deskripsi batuan berdasarkan karakter fisiknya. Batuan di dalam bumi memiliki sifat kelistrikan, oleh karena itu litologi dapat ditentukan dengan metode geolistrik. Selain untuk menentukan litologi, metode geolistrik dapat digunakan untuk mengetahui adanya indikasi patahan. Patahan adalah struktur geologi yang terbentuk karena terdapat dislokasi atau struktur yang memotong bidang-bidang perlapisan antar batuan (Setiyawan, 2010). Zona patahan adalah zona lemah yang mengakibatkan kekuatan batuan berkurang, sehingga menimbulkan banyak retakan yang memudahkan air meresap (Surono, 2003). Dengan mengetahui kondisi bawah permukaan tanah akan dapat diperoleh informasi mengenai jenis batuan dan struktur geologinya.

Peristiwa longsor tanah sering terjadi di Kabupaten Malang, karena daerah ini merupakan daerah yang memiliki banyak patahan. Akibat adanya intensitas hujan yang cukup tinggi di wilayah Malang, air hujan dengan mudah masuk melalui rekahan-rekahan tersebut sehingga batuan/tanah dapat terdeformasi (mengalami pelapukan). Deformasi pada batuan dapat berbentuk lipatan maupun

patahan/sesar. Longsoran tanah pernah terjadi di dekat jembatan Karangates pada hari Selasa tanggal 19 Februari 2013, yang menyebabkan kereta api tidak bisa lewat dan tertahan selama lebih dari dua jam. Dalam peristiwa ini tidak ada korban jiwa ataupun luka-luka. Terjadinya peristiwa longsoran ini bisa disebabkan karena struktur penyusun tanah yang tidak kuat.

Daerah penelitian ini berada tepat di bawah jalan raya dan di sebelah jalur rel kereta api yang menghubungkan Kabupaten Malang dengan Kabupaten Blitar. Jika sarana transportasi di jalan raya dan jalur rel kereta api daerah ini mengalami kerusakan, maka transportasi akan terganggu dan menjadi tidak lancar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi struktur bawah permukaan pada daerah Karangates Malang Selatan berdasarkan interpretasi geolistrik konfigurasi dipol-dipol?
2. Bagaimana litologi dan indikasi keberadaan patahan di daerah Karangates Malang Selatan?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal yaitu :

1. Metode yang digunakan adalah geolistrik konfigurasi dipol-dipol.
2. Pengambilan data dilakukan pada 4 lintasan, yaitu lintasan A, C, dan D dengan panjang masing-masing lintasan 90 m dan bentangan 5 m. Sedang untuk lintasan yang lain, yaitu lintasan B panjangnya adalah 150 m dengan bentangan 10 m.
3. Pengolahan data dilakukan sampai menemukan nilai resistivitas batuan pada daerah Karangates Malang Selatan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui struktur bawah permukaan pada daerah Karangates Malang Selatan.
2. Menentukan indikasi keberadaan patahan pada daerah Karangates Malang Selatan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi litologi dan indikasi keberadaan patahan pada daerah Karangates Malang Selatan.
2. Memberikan sumbangan pemikiran dalam bidang ilmu geofisika.
3. Sebagai peringatan dini dalam upaya mitigasi bencana di bidang transportasi



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II

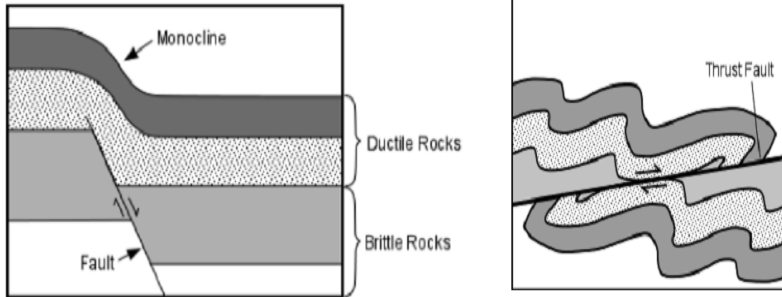
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Geologi

Batuan yang terdapat di bumi merupakan subyek yang secara terus menerus mendapatkan gaya, yang berakibat tubuh batuan dapat mengalami pelengkungan atau keretakan. Ketika tubuh batuan melengkung atau retak, maka dikatakan batuan tersebut terdeformasi (berubah bentuk dan ukurannya). Dalam geologi dikenal tiga jenis struktur yang sering dijumpai pada batuan sebagai produk dari gaya yang bekerja pada batuan, yaitu : 1. Rekahan (*cracks*); 2. Perlipatan (*folding*); dan 3. Patahan/sesar (*faulting*). Rekahan adalah struktur retakan yang terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang belum mengalami pensesaran. Perlipatan adalah deformasi lapisan batuan yang terjadi akibat dari gaya tekan, sehingga batuan bergerak dari kedudukan semula membentuk lengkungan. Patahan adalah struktur batuan yang telah mengalami pergeseran disertai oleh struktur yang lain seperti lipatan dan rekahan (Noor, 2009).

2.2 Teori tentang Patahan

Batuan memiliki sifat yang berbeda. Ketika batuan tersebut dikenakan suatu gaya maka batuan tersebut akan mengalami peristiwa rekahan, patahan dan ada lipatan. Demikian juga ketika batuan-batuan yang bersifat lentur mengalami retakan dibawah kondisi tekanan yang tinggi, maka batuan tersebut kemungkinan terlipat sampai pada kondisi tidak elastis lagi, sehingga akan mengalami pensesaran, membentuk suatu patahan.



Gambar 2.1 Batuan yang bersifat lentur di atas batuan yang retas (*dike*), yang tidak ikut terpatahkan (kiri), dan batuan yang bersifat lentur yang tersesarkan (kanan).

Patahan/sesar adalah struktur batuan yang dapat mengalami pergeseran. Adapun di lapangan indikasi adanya suatu sesar/ patahan dapat dikenal melalui:

- Bidang sesar
- Deretan mata air
- Sumber air panas
- Penyimpangan/pergeseran kedudukan lapisan
- Gejala-gejala struktur minor seperti: cermin sesar, lipatan, dan sebagainya

(Noor, 2009).

2.3 Tanah Longsor

Menurut Suripin (2002), tanah longsor adalah bentuk erosi di mana pengangkutan atau pergerakan massa tanah terjadi pada waktu yang singkat dengan volum yang relatif besar. Peristiwa tanah longsor dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan, atau kombinasinya, yang sering terjadi di lereng. Gerakan tanah adalah suatu hasil dari proses gangguan keseimbangan lereng, yang menyebabkan bergeraknya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Gaya yang menahan massa tanah di sepanjang lereng tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik tanah dan kemiringan tanah di sepanjang lereng.

Menurut Naryanto (2002), tanah longsor berdasarkan kecepatan gerakannya dapat dibagi menjadi 5 (lima) jenis yaitu :

2.3.1 Aliran

Aliran adalah jenis gerakan tanah di mana kuat geser tanahnya kecil dan material yang bergerak berupa material kental. Tipe aliran termasuk gerakan tanah yang lambat, yang merupakan rayapan pada massa tanah plastis, yang dapat menimbulkan retakan tanpa bidang longsor. Rayapan tanah adalah deformasi yang terus terjadi di bawah tegangan tanah yang konstan. Pada material yang tidak terkonsolidasi (memadat), gerakan ini umumnya berbentuk aliran, baik cepat atau lambat, kering atau basah. Aliran pada batuan sulit dikenali, karena gerakannya sangat lambat dengan retakan-retakan yang rapat dan tidak saling berhubungan yang menimbulkan lipatan, lenturan atau tonjolan. Aliran dapat dibedakan dalam dua tipe berdasarkan jenis materialnya, yaitu aliran tanah dan aliran batuan.

2.3.2 Longsor

Longsor tidak selalu terjadi secara serentak pada suatu bidang longsor, tapi dapat berkembang dari runtuh tanah pada suatu daerah. Jenis longsor yang dibedakan menurut bentuk bidang longsor ada dua, yaitu rotasi dan translasi.

Longsor rotasi adalah longsor yang mempunyai bidang longsor berbentuk melengkung atau spiral. Longsor translasi umumnya ditentukan oleh bidang lemah seperti sesar, kekar perlapisan, dan adanya perbedaan kuat geser antar lapisan atau bidang kontak antara batuan dasar dengan bahan rombakan di atasnya.

2.3.3 Runtuhan

Runtuhan adalah gerakan tanah yang disebabkan runtuh tanah, yang diikuti tipe gerakan jatuh bebas akibat gravitasi. Pada tipe runtuh ini, massa tanah, atau batuan, lepas dari suatu lereng atau tebing curam dengan sedikit pergeseran (tanpa bidang longsor) kemudian meluncur sebagian besar di udara seperti jatuh bebas, meloncat atau menggelinding. Runtuhan batuan adalah runtuh massa batuan yang lepas dari batuan induknya.

2.3.4 Majemuk

Jenis longsorان majemuk disebut juga gerakan tanah gabungan. Longsorان jenis ini berkembang dari runtutan atau longsorان dan berkembang lebih lanjut menjadi aliran. Pada umumnya longsorان majemuk terjadi di alam, tetapi biasanya ada salah satu jenis gerakan yang menonjol atau lebih dominan. Longsorان majemuk diantaranya adalah bentangan lateral batuan, tanah maupun bahan rombakan.

2.3.5 Amblesan

Amblesan adalah penurunan permukaan tanah yang umumnya terjadi pada penambangan bawah tanah, pengambilan air tanah yang berlebihan, proses pengikisan tanah serta pada daerah yang dilakukan proses pemadatan tanah. Selain itu amblesan juga bisa disebabkan karena aktifitas tektonik, yang terjadi akibat turunnya bagian bawah tanah yang memiliki patahan.

Sedangkan Karnawati (2001) menyebutkan terdapat tiga tipologi lereng yang rentan untuk bergerak/ longsor, yaitu :

1. Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah gembur dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak.
2. Lereng yang tersusun oleh pelapisan batuan miring searah lereng.
3. Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan.

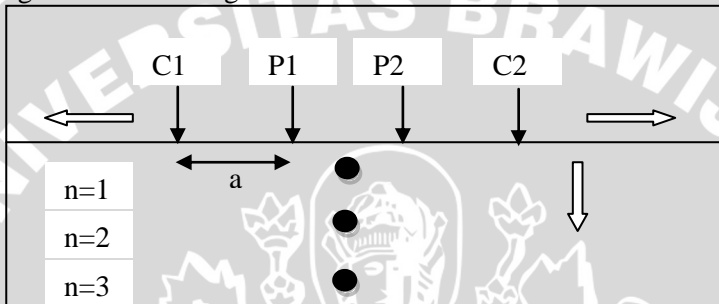
2.4 Metode Geolistrik

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mempelajari sifat fisis batuan atau objek yang terdapat di bawah permukaan. Metode ini menggambarkan distribusi nilai resistivitas di bawah permukaan bumi berdasarkan hasil pengukuran geolistrik (Loke, 1999). Metode geolistrik bisa digunakan untuk mendeteksi keberadaan terowongan, menentukan litologi, menentukan bidang gelincir dan juga untuk eksplorasi mineral batuan, dan sungai bawah tanah.

Metode geolistrik dibagi menjadi dua, yaitu metode resistivitas *sounding* dan *mapping*.

2.4.1 Metode Resistivitas *Sounding*

Metode resistivitas *sounding* adalah metode yang digunakan untuk mempelajari variasi nilai resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal. Pengukuran pada metode ini dilakukan pada titik ukur yang tetap dengan jarak elektroda arus dan tegangan diubah. Jarak elektroda sebanding dengan kedalaman lapisan daerah yang diamati. Metode *sounding* biasanya dipakai pada konfigurasi Schlumberger.

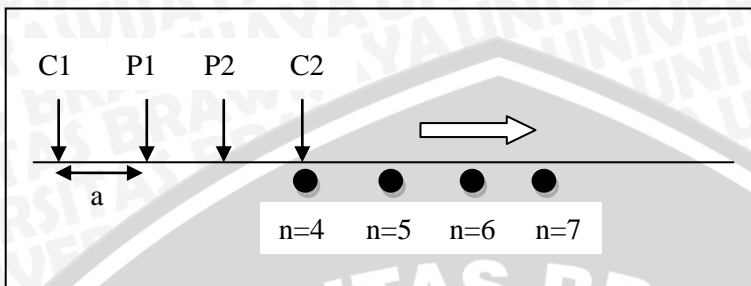


Gambar 2.2 Teknik pengambilan data secara *sounding*

Gambar 2.2, menunjukkan teknik pengambilan data secara *sounding*. Pengambilan data secara *sounding*, sering disebut *sounding* 1-D, karena resolusinya secara vertikal. Pengukuran dengan metode *sounding* memiliki jarak antar spasi C1-P1 dan C2-P2 sebesar a .

2.4.2 Metode Resistivitas *Mapping*

Metode resistivitas *mapping* adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan variasi nilai resistivitas lapisan bawah permukaan secara horizontal. Pengukuran pada metode ini dilakukan dengan titik ukur yang dipindah secara horizontal. Nilai resistivitas sesungguhnya bervariasi, baik dalam arah vertikal maupun horizontal, sehingga tidak dapat memberikan hasil langsung. Pemetaan resistivitas akan memberikan keadaan bawah permukaan secara mendatar, sebab pengukuran resistivitas dilakukan dengan jarak elektroda yang sama. Metode *mapping* biasanya dipakai pada konfigurasi wenner dan dipol-dipol (Paulus, 2012).



Gambar 2.3 Teknik pengambilan data secara *mapping*

Gambar 2.3, menunjukkan teknik pengambilan data secara *mapping*. Pengukuran pertama ($n=1$), dengan jarak antar elektroda adalah sama besar. setelah pengukuran pertama dilakukan, elektroda yang lain digeser ke kanan sejauh a , dari P1 ke P2, sampai dengan jarak yang diinginkan.

2.5 Kelistrikan Batuan

Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik batuan yang dapat diamati bila dialirkan listrik ke batuan tersebut. Arus listrik pada batuan dapat berasal dari alam, atau arus listrik yang sengaja diinjeksikan ke batuan tersebut. Menurut Lowrie (2007), aliran muatan listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

1. Konduksi elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas, sehingga arus listrik akan dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut.

2. Konduksi elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang tinggi. Batuan biasanya bersifat porus, yang mana pori-pori batuan akan terisi oleh fluida, terutama air. Batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, di mana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya

resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

3. Konduksi dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, atau bahkan tidak ada sama sekali. Dalam bahan dielektrik terdapat momen-momen dipol. Momen dipol secara normal tersebar secara acak, karena adanya pengaruh medan listrik dari luar, maka momen dipol akan menerima gaya torka yang memaksa momen dipol tersebut untuk menyearahkan diri. Suatu dielektrik dengan momen-momen dipol yang searah dengan medan listrik dikatakan terpolarisasi oleh medan.

2.6 Hubungan Geologi dengan Resistivitas

Sebelum memodelkan resistivitas dalam bentuk 2-D dan 3-D, perlu diketahui nilai resistivitas batuan, tanah, dan material lainnya. Survei resistivitas memberikan gambaran distribusi resistivitas di permukaan. Untuk mengubah nilai resistivitas menjadi gambaran geologis diperlukan data nilai resistivitas batuan dan kondisi geologi daerah yang sedang disurvei.

Tabel 2.1 menunjukkan nilai resistivitas batuan, tanah dan bahan kimia. Batuan beku dan batuan metamorfik diketahui memiliki nilai resistivitas yang tinggi. Resistivitas batuan ini bergantung pada derajat rekahan dan prosentase rekahan yang terisi air tanah. Batuan sedimen dengan porositas yang umumnya banyak dan memiliki kandungan air yang tinggi, memiliki nilai resistivitas yang rendah. Tanah basah dan air tanah memiliki nilai resistivitas rendah yang nilainya hampir sama. Tanah lempung pada umumnya memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dari pada tanah berpasir.

Resistivitas air tanah bervariasi dari 10 sampai 100 Ωm , bergantung pada konsentrasi larutan garamnya. Resistivitas rendah dimiliki oleh air laut dengan nilai sekitar 0,2 Ωm . Rendahnya nilai resistivitas untuk air laut dikarenakan air laut memiliki kandungan garam yang tinggi.

Metode resistivitas adalah salah satu teknik yang ideal untuk memetakan sumber air, seperti memetakan air tanah (murni) yang berbatasan dengan area pesisir laut. Nilai resistivitas dari beberapa kontaminan barang industri juga dituliskan pada Tabel 2.1. Logam

seperti besi, yang memiliki nilai resistivitas yang rendah. Bahan kimia dengan elektrolit yang kuat, seperti potassium klorida dan sodium klorida, dapat mengurangi resistivitas air tanah sekitar 1 Ω m. Hidrokarbon, seperti xylene, memiliki nilai resistivitas yang tinggi. Tabel 2.1 Nilai resistivitas dan konduktivitas batuan

Material	Resisitivitas (Ω m)	Konduktivitas (siemen/m)
Batuan beku dan Metamorf		
Granit	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2,5 \times 10^{-8} - 1,7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2,5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-3}$
Kuarsa	$10^2 - 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Batuan Sedimen		
Batu pasir (<i>Sandstone</i>)	$8 - 4 \times 10^3$	$2,5 \times 10^{-4} - 0,125$
Serpilh (<i>Shale</i>)	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0,05$
Batu gamping (<i>Limestone</i>)	$50 - 4 \times 10^2$	$2,5 \times 10^{-3} - 0,02$
Tanah dan air		
Lempung (<i>Clay</i>)	1-100	0,01-1
Alluvial (<i>Alluvium</i>)	10-800	$1,25 \times 10^{-3} - 0,1$
Air tanah (<i>Groundwater</i>)	10-100	0,01-0,1
Air laut (<i>Sea water</i>)	0,2	5
Bahan Kimia		
Besi	$9,074 \times 10^{-8}$	$1,102 \times 10^7$
0,01M Potassium klorida	0,708	1,413
0,01M Sodium klorida	0,843	1,185
0,01M Asam asetat	6,13	0,163
0,01M Xylene	$6,998 \times 10^{16}$	$1,429 \times 10^{-17}$

(Loke,1999).

2.7 Resistivitas Batuan

Batuan yang ada di bumi, umumnya, mempunyai sifat kelistrikan berupa daya hantar listrik dan konstanta dielektrik. Konstanta dielektrik adalah kemampuan suatu bahan untuk berpolarisasi dalam suatu medium listrik (Dobrin, 1998).

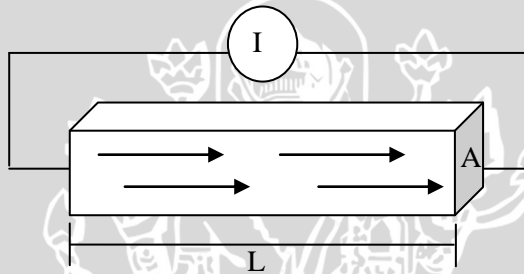
Berdasarkan nilai resistivitasnya, batuan dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu :

- Konduktor baik dengan nilai resistivitas ($10^{-6} < \rho < 1$) Ωm
- Konduktor buruk dengan nilai resistivitas ($1 < \rho < 10^7$) Ωm
- Isolator dengan nilai resistivitas ($\rho > 10^7$) Ωm

(Telford dkk, 1990).

2.7.1 Resistivitas Sesungguhnya

Resistivitas sesungguhnya bisa didapatkan dari pengukuran benda secara langsung di laboratorium. Menurut Reynolds (1997), jika sebuah benda dianggap berbentuk balok dan memiliki sifat kelistrikan yang seragam, dialiri oleh arus (I), dan panjang balok tersebut adalah L , maka resistivitas dapat dirumuskan seperti persamaan 2.1.



Gambar 2.4 Resistivitas dari sebuah balok yang dialiri arus.

Hukum Ohm menyatakan bahwa arus listrik yang melewati sebuah konduktor akan sebanding dengan tegangannya. Perbandingan dari tegangan jatuh terhadap arus disebut dengan resistansi (R)

$$R \propto L/A \quad (2.1)$$

Sehingga

$$R = \rho L/A \quad (2.2)$$

di mana ρ adalah resistivitas sesungguhnya.

2.7.2 Resistivitas Semu

Pada kasus yang ideal, konduksi secara sempurna akan menghasilkan nilai resistivitas batuan yang sebenarnya. Tetapi pada kondisi nyata, resistivitas batuan ditentukan oleh perbedaan litologi, struktur geologi dan ketidakhomogenan lainnya. Hal ini tidak diperhitungkan ketika melakukan pengukuran resistivitas, karena

disumsikan bahwa batuan bumi bersifat homogen. Sehingga, hasil dari pengukurannya disebut dengan resistivitas semu (Lowrie, 2007).

Bumi diasumsikan tersusun dari lapisan-lapisan batuan, dan setiap lapisan tersebut memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu adalah resistivitas yang mewakili nilai dari beberapa lapisan batuan tersebut. Misalkan, suatu medium tersusun dari dua lapisan batuan dengan resistivitas yang berbeda yaitu ρ_1 dan ρ_2 , maka lapisan tersebut dianggap mempunyai satu nilai resistivitas yang disebut resistivitas semu ρ_a . Ilustrasi dari resistivitas semu seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Konsep resistivitas semu.

Secara matematis resistivitas semu dapat dituliskan seperti persamaan 2.3

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \tag{2.3}$$

di mana k adalah faktor geometri.

Tabel 2.2 Kisaran nilai resistivitas batuan

Jenis batuan	Resistivitas (Ωm)
Lempung	1-100
Lanau	10-200
Batu lumpur	3-70
Kuarsa	$10-2 \times 10^8$
Batu pasir	50-500
Batu kapur	100-500
Lava	$100-5 \times 10^4$
Air tanah	0,5-300
Air laut	0,2
Breksi	75-200
Andesit	100-200
Tufa vulkanik	20-100
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$

2.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Nilai Resistivitas

Menurut Rohidah (2009), ada beberapa faktor yang mempengaruhi resistivitas batuan yaitu :

- Jenis batuan

Setiap batuan memiliki tingkatan nilai resistivitas yang berbeda. Namun dari tingkatan nilai resistivitas batuan, terdapat batuan yang memiliki nilai resistivitas batuan yang sama tetapi dengan jenis batuan yang berbeda. Hal ini menyebabkan sulitnya membedakan jenis batuan hanya berdasarkan nilai resistivitasnya. Untuk itu diperlukan data penunjang lain untuk menggambarkan litologi bawah permukaan seperti peta geologi.

- Tekstur batuan

Tekstur batuan berhubungan dengan ukuran, bentuk dan susunan suatu batuan. Porositas batuan dipengaruhi oleh tekstur batuan. Namun besar kecilnya porositas bukan merupakan faktor yang menentukan nilai resistivitas batuan. Faktor yang dapat mempengaruhi resistivitas batuan adalah fluida yang mengisi pori-pori pada batuan.

- Porositas dan permeabilitas

Porositas adalah perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volum total batuan. Sedangkan permeabilitas adalah kemampuan batuan untuk meneruskan fluida dan ion-ion.

- Mineral lempung

Semakin tinggi kandungan lempung pada batuan, akan mengakibatkan nilai resistivitas menjadi rendah. Faktor alam sangat mempengaruhi kondisi batuan terutama pada proses pelapukan. Pada proses ini, semua material, batuan dan logam akan berubah menjadi lempung.

- Salinitas

Kadar garam yang tinggi dalam suatu fluida menyebabkan nilai resistivitas batuan menjadi lebih rendah dibandingkan dengan nilai resistivitas pada lempung. Intrusi air laut pada suatu aliran air tanah merupakan faktor yang menyebabkan tingginya salinitas.

2.9 Aliran Listrik di dalam Bumi

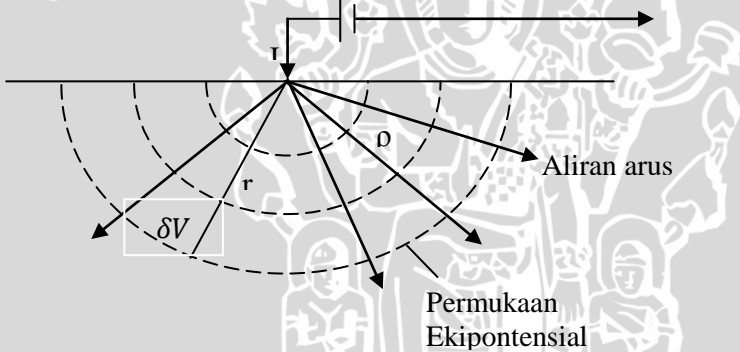
Arus dalam bumi berupa pergerakan elektron, namun pada batuan sedimen yang bersaturasi dengan air di laut, dan di atmosfer

itu kebanyakan berupa pergerakan ion. Derajat ionisasi di udara bervariasi bergantung waktu, ketinggian, dan garis lintang. Aliran ion (elektron) di udara dapat menimbulkan arus listrik apabila ada medan magnet. Arus di bumi tidak dapat diukur secara langsung, melainkan ditentukan dari gradien potensial dan resistivitas dengan menggunakan Hukum Ohm (Santoso, 2000).

Bumi dapat dianggap sebagai konduktor listrik yang seragam. Muatan pada seluruh permukaan akan disebarakan ke segala arah, sehingga potensial listriknya sama di setiap titik pada permukaan bumi. Potensial permukaan pada umumnya digunakan sebagai referensi untuk energi potensial dan ditetapkan nilainya sebagai nol (Lowrie, 2007).

2.9.1 Elektroda Arus Tunggal di Permukaan Bumi

Berikut adalah gambaran aliran arus pada elektroda yang ditancapkan ke permukaan bumi.



Gambar 2.6 Aliran arus dari sebuah elektroda tunggal.

Hukum Ohm menyatakan bahwa arus listrik sebanding dengan beda potensialnya, sehingga beda potensial dapat dirumuskan sebagai:

$$-\delta V = \delta R I \tag{2.4}$$

Dengan memasukkan nilai R dari Persamaan 2.2, diperoleh persamaan :

$$\frac{\delta V}{\delta L} = -\frac{\rho I}{\delta A} = -\rho j \tag{2.5}$$

$\delta V / \delta L$ menunjukkan gradien potensial yang melewati elemen dalam volt m^{-1} dan j adalah densitas arus dalam satuan Am^{-2} .

Sebuah elektroda tunggal pada permukaan bumi, mediumnya dianggap memiliki resistivitas (ρ) yang serba sama seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. Arus mengalir secara radial menjauhi elektroda sehingga distribusi arus di permukaan bumi akan seragam dengan pusat sumbernya. Aliran arus di permukaan membentuk setengah bola dengan luasan sebesar $2\pi r^2$, di mana r adalah jari-jari bola yang terbentuk. Sehingga densitas arus dituliskan sebagai,

$$j = \frac{I}{2\pi r^2} \quad (2.6)$$

Dari Persamaan 2.6, gradien potensial yang berkaitan dengan densitas arus dapat dituliskan kembali menjadi:

$$\frac{\partial V}{\partial r} = -\rho j = -\frac{\rho I}{2\pi r^2} \quad (2.7)$$

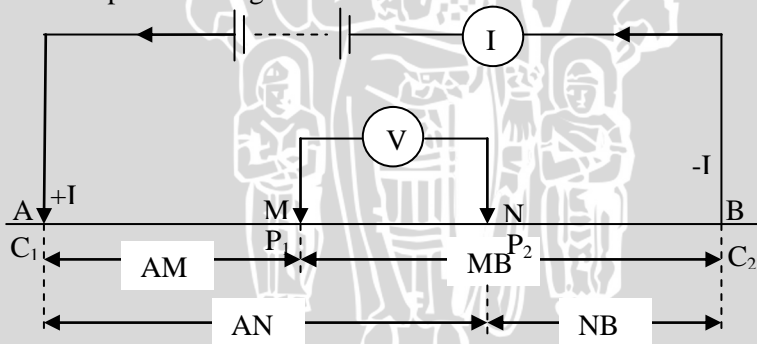
Potensial dari elektroda yang ditancapkan di permukaan bumi, V_r , pada jarak r diperoleh dengan integrasi, seperti persamaan 2.8:

$$V_r = \int \partial V = -\int \frac{\rho I \partial r}{2\pi r^2} = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2.8)$$

integral dari konstanta adalah nol sehingga $V_r = 0$ ketika $r = \infty$ (Kearey dkk, 2002).

2.9.2 Elektroda Arus Ganda

Gambar 2.7 menunjukkan bentuk umum dari konfigurasi elektroda pada survei geolistrik.



Gambar 2.7 Bentuk umum dari konfigurasi elektroda pada survei geolistrik.

Untuk sumber arus yang diinjeksi, potensial V_p pada titik P sebanding dengan jumlah tegangan dari dua elektroda, sehingga :

$V_p = V_a + V_b$, di mana V_a dan V_b merupakan kontribusi potensial dari kedua elektroda A(+I) dan B(-I).

Potensial pada elektroda M dan N adalah

$$V_M = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} \right], \quad V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{1}{AN} - \frac{1}{NB} \right], \quad (2.9)$$

Pengukuran akan lebih mudah dilakukan pada dua titik beda potensial δV_{MN} , dapat dituliskan sebagai:

$$\delta V_{MN} = V_M - V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} \right] - \left[\frac{1}{AN} - \frac{1}{NB} \right] \right\} \quad (2.10)$$

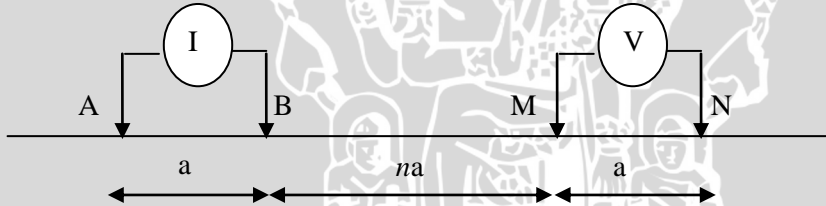
Sehingga diperoleh nilai resistivitas seperti berikut:

$$\rho = \frac{2\pi \delta V_{MN}}{I} \left\{ \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} \right] - \left[\frac{1}{AN} - \frac{1}{NB} \right] \right\}^{-1} \quad (2.11)$$

(Reynolds, 1997).

2.10 Konfigurasi Dipol-dipol

Dalam metode geolistrik banyak sekali konfigurasi yang bisa digunakan untuk menentukan nilai resistivitas batuan. Dalam penelitian ini digunakan konfigurasi dipol-dipol. Konfigurasi ini dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 2.8 Konfigurasi dipol-dipol.

Dari Gambar 2.8, terlihat bahwa jarak antara pasangan elektroda potensial dan elektroda arus memiliki panjang yang sama yaitu a , di mana a selalu tetap dan faktor n bertambah dari 1 ke 2 ke 3 dan seterusnya, seiring dengan bertambahnya kedalaman penelitian (Loke, 1999).

Resistivitas semu untuk konfigurasi dipol-dipol dituliskan seperti Persamaan 2.3, dengan faktor geometri

$$k = \pi n(n+1)(n+2)a \quad (2.12)$$

sehingga didapatkan nilai resistivitas semu untuk konfigurasi dipol-dipol yaitu:

$$\rho_a = \pi n(n+1)(n+2)a \frac{V}{I} \quad (2.13)$$

Arus yang diinjeksikan melalui pasangan elektroda arus AB ke dalam permukaan bumi akan menghasilkan potensial listrik. Potensial listrik yang terjadi akan ditangkap oleh pasangan elektroda potensial MN, dan terukur sebagai beda potensial permukaan bumi. Nilai resistivitas semu untuk konfigurasi dipol-dipol ini didapatkan dari penurunan rumus seperti di bawah ini :

Potensial di titik M,

$$V_m = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{1}{BM} - \frac{1}{AM} \right] \quad (2.14)$$

Potensial di titik N,

$$V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{1}{BN} - \frac{1}{AN} \right] \quad (2.15)$$

dengan

$$AM = an+a \quad (2.16)$$

$$BM = an \quad (2.17)$$

$$AN = an+2a \quad (2.18)$$

$$BN = an+a \quad (2.19)$$

Beda potensial dari kedua elektroda tersebut yaitu $\Delta V = V_m - V_N$.

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left[\frac{1}{BM} - \frac{1}{AM} \right] - \left[\frac{1}{BN} - \frac{1}{AN} \right] \right\} \quad (2.20)$$

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left[\frac{1}{an} - \frac{1}{an+a} \right] - \left[\frac{1}{an+a} - \frac{1}{an+2a} \right] \right\} \quad (2.21)$$

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{(2an^2+4an+2a)-(2an^2+4an)}{a^2n(n+2)(n+1)} \right] \quad (2.22)$$

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{2}{an(n+2)(n+1)} \right] \quad (2.23)$$

Sehingga didapatkan nilai resistivitas semu seperti berikut:

$$\rho = \pi an(n+2)(n+1) \frac{V}{I} \quad (2.24)$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 15 Mei 2013 dan 16 Mei 2013. Tempat penelitian adalah di Desa Karangates Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang, yang berada pada posisi koordinat $08^{\circ}09'27,5''$ LS dan $112^{\circ}26'31,7''$ BT. Lokasi daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1, yang ditandai oleh garis putus-putus. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dan penulisan laporan dari bulan Mei 2013 sampai selesai.



Gambar 3.1 Lokasi daerah penelitian.

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Resistivimeter *OYO McOhm-EL* Model 2119D digunakan untuk mengukur nilai resistansi batuan.
2. Kabel sebanyak 4 rol, digunakan untuk menghubungkan peralatan resistivimeter, aki, elektroda arus, dan potensial.
3. Elektroda arus, 2 buah, yang digunakan untuk mengalirkan sumber arus listrik ke dalam bumi.

4. Elektroda potensial, 2 buah, yang digunakan untuk mengukur beda potensial pada daerah peneitian.
5. *Ground Positioning System* (GPS) digunakan untuk mengetahui posisi titik amat, berupa koordinat lintang bujur dan ketinggian.
6. Kompas digunakan untuk menentukan arah pengukuran.
7. Meteran sebanyak 2 buah, digunakan untuk mengukur jarak pengambilan data.
8. Penjepit, 4 buah, digunakan untuk menghubungkan kabel ke elektroda.
9. *Handy Talky* (HT), 2 buah, digunakan untuk komunikasi.
10. Palu, 2 buah, digunakan untuk menancapkan elektroda ke dalam tanah.
11. Aki digunakan untuk sumber daya.
12. Penanda digunakan untuk menandai titik pengukuran data geolistrik.



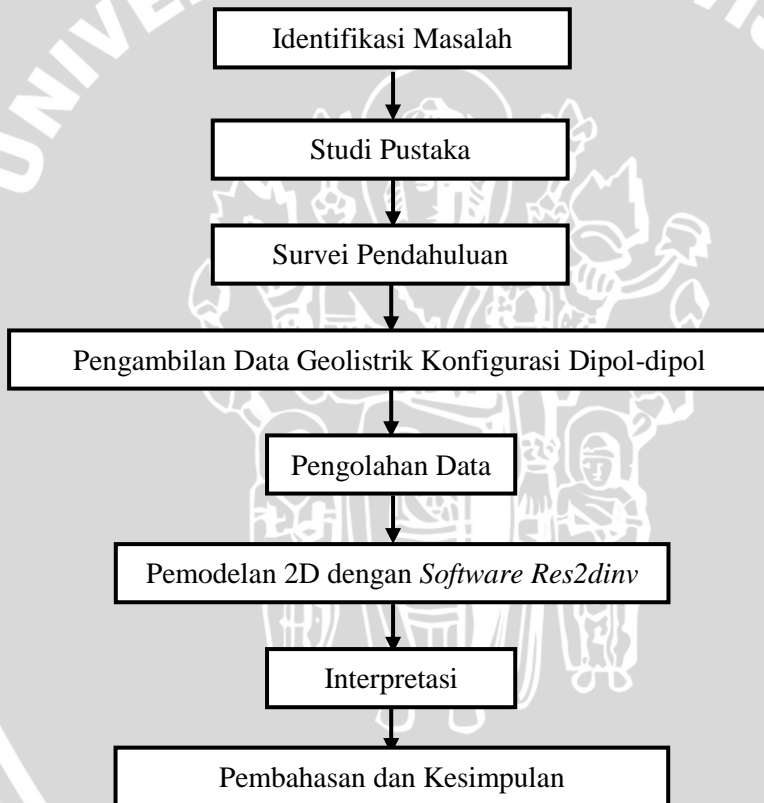
Gambar 3.2 Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data geolistrik.

3.3 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yang didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan. Data primer tersebut meliputi:

- Nilai resistansi batuan (R)
- Panjang lintasan pengukuran dan bentangan elektroda
- Koordinat daerah penelitian
- Ketinggian daerah penelitian

3.4 Skema Langkah-langkah Penelitian



Gambar 3.3 Skema langkah-langkah dalam penelitian.

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui 3 tahapan, yang meliputi pengambilan data, pengolahan data, dan interpretasi data.

3.5.1 Pengambilan Data

Pengambilan data menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipol-dipol. yang dilakukan pada 4 lintasan dengan panjang lintasan masing-masing 90 m dan 150 m, spasi elektroda 5 m dan 10 m. Lintasan A berada di bagian atas tepat sebelah jalan raya, dengan panjang lintasan 90 m. Lintasan B berada di bagian bawah, bersebelahan dengan rel kereta api, dengan panjang lintasan 150 m. Lintasan C memotong lintasan A dan lintasan B yang berada di arah barat laut dengan panjang lintasan 90 m. Lintasan D memotong lintasan A dan lintasan B yang berada dibagian sisi timur laut dengan panjang lintasan 90 m.



Gambar 3.4 Lintasan pengambilan data.

3.5.2 Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan *software Microsoft excel* untuk mendapatkan nilai resistivitas semu. Selanjutnya, dari hasil perhitungan data tersebut dilakukan proses inversi menggunakan *software Res2dinv* untuk mendapatkan model penampang 2D resistivitas bawah permukaan daerah penelitian.

3.5.3 Interpretasi Data

Interpretasi adalah proses akhir yang dilakukan dalam penelitian ini. Interpretasi data digunakan untuk mengidentifikasi litologi dan menentukan indikasi adanya patahan pada daerah penelitian. Hasil pengolahan data menggunakan *software Res2dinv* akan memberikan penampang 2D daerah penelitian, yang mana penampang tersebut memiliki perbedaan warna yang menandakan perbedaan nilai resistivitas pada tiap lapisan batuan. Nilai resistivitas ini kemudian dibandingkan dengan nilai resistivitas referensi dan peta geologi daerah penelitian untuk menentukan litologi apa saja yang menyusun daerah tersebut, dan untuk melihat adanya patahan di bawah permukaan tanah.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

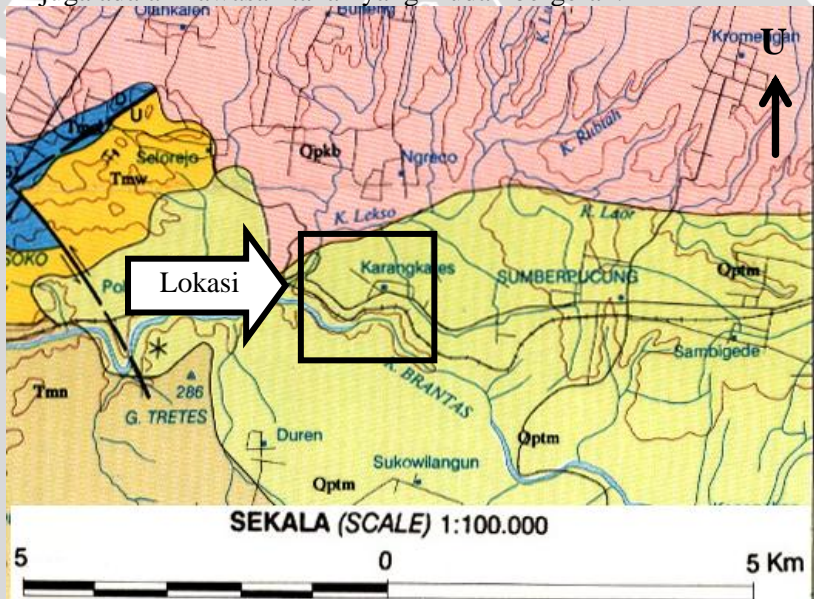


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Geologi Daerah Penelitian

Untuk proses interpretasi data hasil pengukuran, dibutuhkan data pendukung lainnya, seperti peta geologi daerah penelitian. Peta geologi daerah penelitian berada pada apa yang disebut zona Qptm. Zona Qptm adalah daerah yang memiliki formasi batuan gunung api. Zona tersebut merupakan endapan tuf, yang terdiri dari tuf lapili, tuf batu apung, dan lava. Pada peta geologi, zona ini berada pada daerah yang berwarna coklat terang. Karangates adalah daerah dataran tinggi yang diapit oleh dua pegunungan dan beberapa sungai. Daerah ini juga adalah kawasan tanah yang mudah bergerak.



Gambar 4.1 Peta Geologi daerah penelitian.

Batuan tuf adalah batuan piroklastik yang terbentuk dari hasil erupsi gunung api. Erupsi gunung api pada umumnya mengeluarkan magma yang dilemparkan ke udara melalui kepundan dan membeku dalam berbagai ukuran mulai dari debu (*ash*) hingga bongkah. Tuf terbentuk dari kombinasi debu, batuan dan fragmen mineral yang

dilemparkan ke udara dan kemudian jatuh ke permukaan bumi sebagai suatu endapan campuran. Tuf lapilli adalah batuan gunung api dengan partikel campuran lapili (2-64 mm) dan abu (<2 mm). Apabila partikel ini memadat akan membentuk batuan yang dinamakan lapili aglomerat atau lapili breksia, tergantung dari bentuk fragmennya.

Tuf batu apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinging gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batuan ini terbentuk dari magma asam karena letusan gunungapi yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik. Batu apung mempunyai sifat vesikular yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak (berstruktur selular) akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya. Pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam breksi gunungapi. Sedangkan batuan lava memiliki ciri dengan warna kelabu, hitam bercorak cokelat kemerahan dan kehijauan, dengan struktur sisipan melidih dengan tebal puluhan meter, dan umumnya padat (Anonim, 2013).

4.2 Analisis Litologi

Gambar 4.2 menunjukkan sungai di daerah penelitian. Dari gambar tersebut, terlihat bahwa penyusun batuanya berlubang (berpori). Diperkirakan batuan tersebut merupakan batuan piroklastik yang berasal dari erupsi gunung api yang jatuh ke permukaan bumi kemudian mengalami pemadatan menjadi batuan yang berpori.

Selain tersusun atas batuan piroklastik, daerah penelitian juga tersusun oleh lempung berpasir. Ketika musim hujan tiba, air hujan cenderung mengalir melalui lereng-lereng curam yang ada di daerah penelitian. Namun, selama melalui lereng ini air hujan ini tak dapat meresap lebih dalam karena terhalang oleh batuan lava yang kedap air (Effendi, 2008).

Menurut Sutikno (1997), struktur geologi yang berpotensi mendorong terjadinya longsor adalah kontak antar batuan dasar dengan pelapukan batuan, adanya retakan, patahan, rekahan, sesar, dan perlapisan batuan yang terlalu miring.



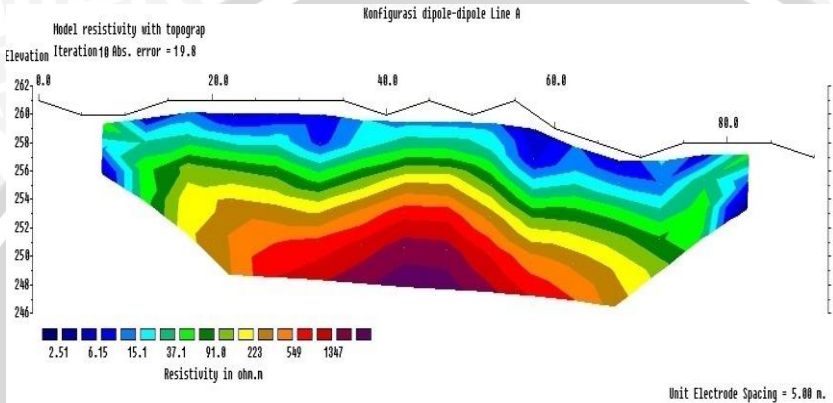
Gambar 4.2 Sungai di daerah penelitian.

4.2.1 Analisis Litologi Lintasan A

Pengukuran pada lintasan A dilakukan sepanjang 90 m dengan spasi 5 m. Berdasarkan hasil pemodelan 2D menggunakan *software Res2dinv*, didapatkan nilai resistivitas sebesar 2 Ω m sampai 1347 Ω m. Kedalaman lapisan batuan yang terukur adalah kurang lebih 12 m. Lintasan A memiliki tiga penyusun lapisan batuan, yaitu lempung berpasir, tuf, dan lava.

Lapisan batuan bagian atas diinterpretasi sebagai lempung berpasir yang dicirikan dengan nilai resistivitas yang rendah, yang pada Gambar 4.3, ditunjukkan oleh warna biru tua sampai biru muda. Nilai resistivitas batumannya adalah 2-37 Ω m, dengan ketebalan lapisannya diperkirakan sekitar 3 m. Lapisan batuan di bagian tengahnya, dengan nilai resistivitas 37-223 Ω m, diinterpretasi sebagai lapisan batuan tuf. Lapisan ini ditunjukkan oleh warna hijau sampai kuning, dengan ketebalan lapisannya diperkirakan sekitar 3 m. Lapisan batuan di bagian bawahnya memiliki resistivitas dengan

nilai 223-1347 Ωm , yang diinterpretasi sebagai lapisan batuan lava. Lapisan ini ditunjukkan oleh warna coklat sampai ungu tua, dengan ketebalan lapisannya sekitar 6 m. Lapisan batuan lava dicirikan dengan nilai resistivitas yang tinggi.

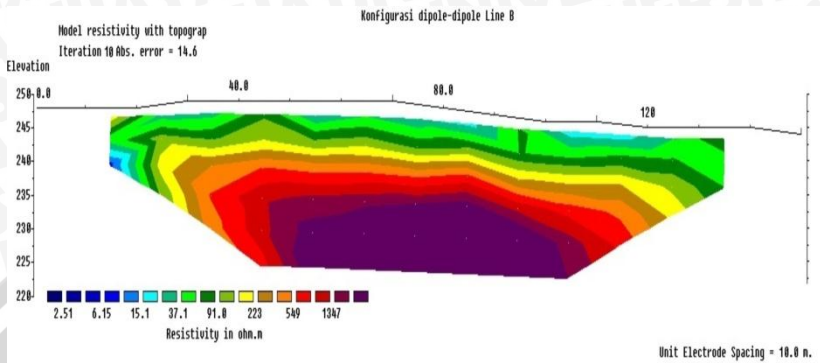


Gambar 4.3 Penampang 2D lintasan A.

4.2.2 Analisis Litologi Lintasan B

Pengukuran pada lintasan B dilakukan sepanjang 150 m dengan spasi 10 m. Didapatkan nilai resistivitas sebesar 2 Ωm sampai 1347 Ωm . Kedalaman lapisan batuan yang terukur kurang lebih 22 m. Lintasan B memiliki tiga penyusun lapisan batuan, yaitu lempung berpasir, tuf, dan lava.

Lapisan batuan bagian atas diinterpretasi sebagai lempung berpasir. Nilai resistivitasnya sebesar 6-37 Ωm , dengan ketebalan lapisannya sekitar 1 m. Lapisan batuan di bagian tengah dengan nilai resistivitas 37-223 Ωm , diinterpretasi sebagai lapisan batuan tuf. Ketebalan lapisannya diperkirakan sekitar 6 m. Lapisan batuan di bagian bawahnya, dengan nilai resistivitas 223-1347 Ωm , diperkirakan adalah lapisan batuan lava, dengan ketebalan lapisannya diperkirakan sekitar 15 m.

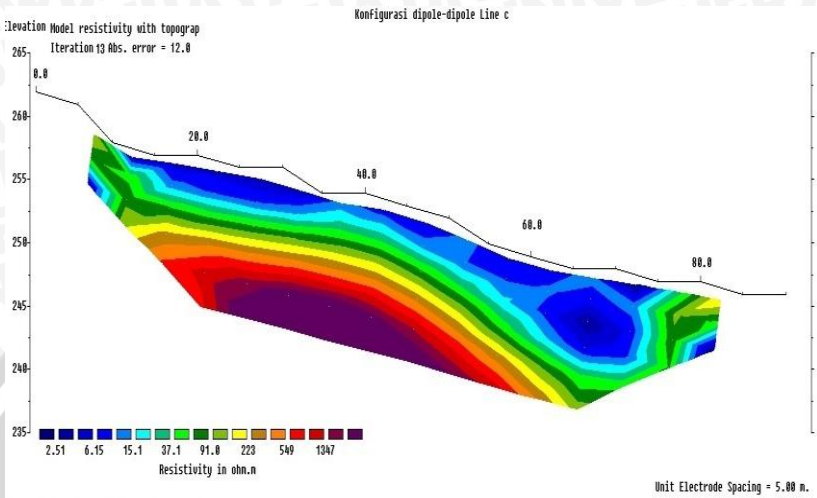


Gambar 4.4 Penampang 2D lintasan B.

4.2.3 Analisis Litologi Lintasan C

Pengukuran pada lintasan C dilakukan sepanjang 90 m dengan spasi 5 m. Didapatkan nilai resistivitas sebesar 2 Ω m sampai 1347 Ω m. Kedalaman lapisan batuan yang terukur kurang lebih 12 m. Lintasan C memiliki tiga penyusun lapisan batuan, yaitu lempung berpasir, tuf, dan lava.

Lapisan batuan bagian atas diinterpretasi sebagai lempung berpasir. Nilai resistivitasnya adalah 2-37 Ω m, dengan ketebalan lapisan batuan diperkirakan sekitar 3 m. Lapisan batuan di bagian tengahnya, dengan nilai resistivitas 37-223 Ω m, diinterpretasi sebagai lapisan batuan tuf, dengan ketebalan lapisannya diperkirakan sekitar 3 m. Lapisan batuan di bagian bawahnya, dengan nilai resistivitas 223-1347 Ω m, diinterpretasi sebagai lapisan batuan lava, dengan ketebalan lapisannya diperkirakan sekitar 6 m.

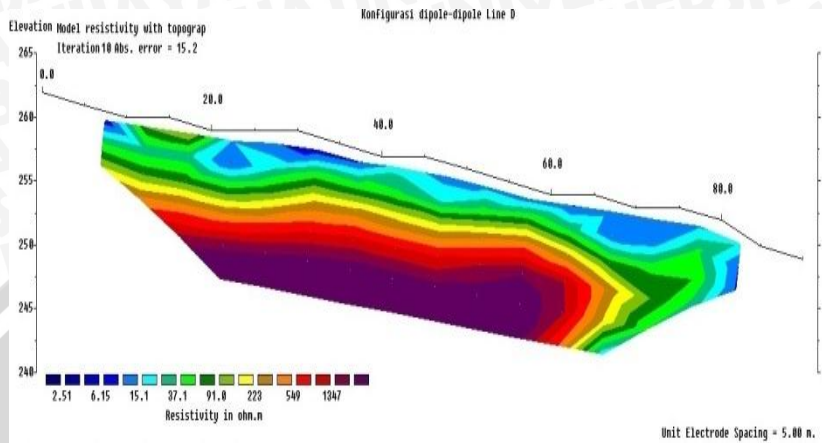


Gambar 4.5 Penampang 2D lintasan C.

4.2.4 Analisis Litologi Lintasan D

Pengukuran pada lintasan D dilakukan sepanjang 90 m dengan spasi 5 m. Didapatkan nilai resistivitas sebesar 6 Ω m sampai 1347 Ω m. Kedalaman lapisan batuan yang terukur kurang lebih 12 m. Lintasan D memiliki tiga penyusun lapisan batuan, yaitu lempung berpasir, tuf, dan lava.

Lapisan batuan bagian atas diinterpretasi sebagai lempung berpasir. Nilai resistivitasnya adalah 6-37 Ω m, dengan ketebalan lapisannya diperkirakan sekitar 3 m. Lapisan batuan di bagian tengahnya, dengan nilai resistivitas 37-223 Ω m, diinterpretasi sebagai lapisan batuan tuf, dengan ketebalan lapisan batuan sekitar 3 m. Lapisan batuan di bagian bawahnya, dengan nilai resistivitas 223-1347 Ω m, diinterpretasi sebagai lapisan batuan lava, dengan ketebalan lapisan batuan diperkirakan sekitar 6 m.



Gambar 4.6 Penampang 2D lintasan D.

Berdasarkan hasil interpretasi, jenis batuan dan ketebalannya dapat ditampilkan seperti pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Hasil perbandingan resistivitas tiap batuan

Lintasan	Resistivitas (Ωm)	Lapisan batuan	Ketebalan (m)
A	2- 37	Lempung berpasir	3
	37-223	Tuf	3
	223-1347	Lava	6
B	6-37	Lempung berpasir	1
	37-223	Tuf	6
	223-1347	Lava	15
C	2-37	Lempung berpasir	3
	37-223	Tuf	3
	223-1347	Lava	6
D	6-37	Lempung berpasir	3
	37-223	Tuf	3
	223-1347	Lava	6

Hasil analisis litologi dari semua lintasan menunjukkan kesamaan penyusun lapisannya, yaitu batuan lempung berpasir, batuan tuf, dan batuan lava. Berdasarkan pemodelan 2D seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3 sampai Gambar 4.6, dibuat dalam rentang nilai resistivitas yang sama. Dari pengaturan rentang nilai resistivitas tersebut, dapat diketahui distribusi nilai resistivitas yang

besarnya sama dan dapat diketahui bagaimana kemiringan lapisan batuan di daerah penelitian. Lintasan A memiliki lapisan batuan lempung berpasir yang lebih tebal dari pada lintasan B, hal ini disebabkan lintasan A berada pada daerah yang lebih tinggi dari pada lintasan B. Lapisan lempung berpasir semakin menipis pada lintasan B. Sedangkan untuk lintasan C dan lintasan D memiliki profil perlapisan batuan yang hampir sama, hal ini disebabkan dari lintasan C maupun lintasan D berada pada daerah yang memiliki kemiringan yang hampir sama.

4.3 Analisis Indikasi Patahan

Salah satu ciri patahan adalah kemungkinan adanya sungai, dan pergeseran kedudukan lapisan batuan. Di daerah penelitian dijumpai adanya sungai, dan sayap jalan (pembatas jalan) di sekitar daerah penelitian terlihat ambles (terjadi penurunan tanah). Penurunan tanah dapat terjadi akibat adanya penurunan permukaan tanah sehubungan dengan proses pemadatan atau penyusutan volume suatu lapisan tanah. Proses ini dapat berlangsung lebih cepat bila terjadi pembebanan yang melebihi faktor daya dukung tanahnya, ataupun pengambilan air tanah yang berlebihan secara cepat. Pengambilan air tanah yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan muka air tanah (pada sistem akuifer air tanah dalam) dan turunnya tekanan hidrolik, sedangkan tekanan antar batu bertambah akibat beban di atasnya menurun. Penurunan tanah pada umumnya terjadi pada daerah dataran yang dibangun oleh batuan/tanah yang bersifat lunak (Sangadji, 2003).

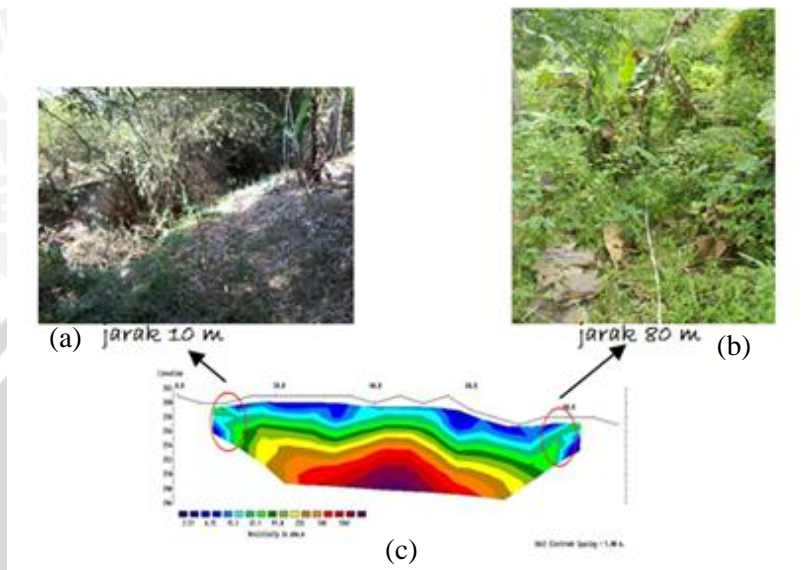
Amblesan tanah pada daerah penelitian terjadi, mungkin dikarenakan daerah ini mengalami tekanan yang cukup besar dari kendaraan yang melewati jalan raya, sehingga tanah yang berada di bawahnya tertekan dan mengalami amblesan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Amblesan tanah di sekitar daerah penelitian.

4.3.1 Lintasan A

Indikasi patahan pada lintasan A ditunjukkan oleh penampang 2D seperti terlihat pada Gambar 4.8(c). Terdapat dua indikasi patahan ada pada jarak 10 m dan 80 m terhadap titik awal pengukuran. Lokasi patahan tersebut jika dicocokkan dengan daerah penelitian diperlihatkan oleh Gambar 4.8(a-b).



Gambar 4.8 (a) Indikasi patahan pada jarak 10 m. (b) Indikasi patahan jarak 80 m. (c) Indikasi patahan pada penampang 2D lintasan A.

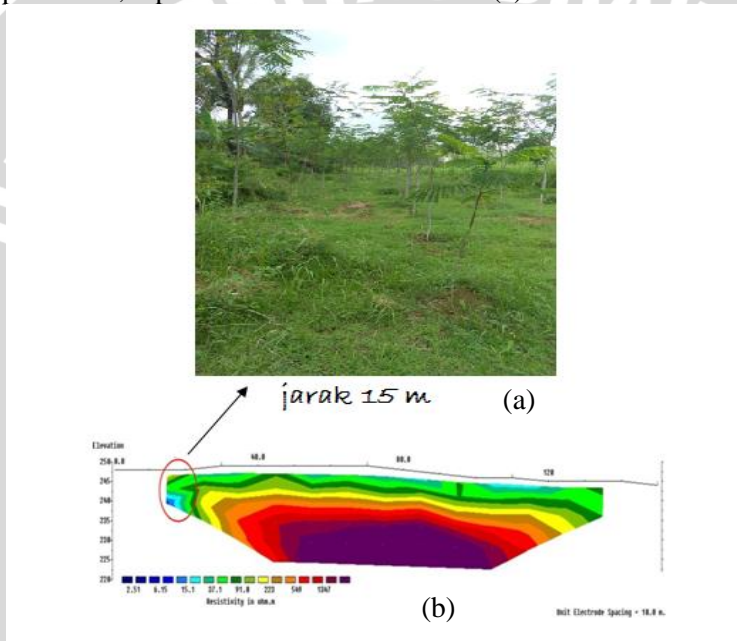
Berdasarkan kurva penampang 2D lintasan A, nampak adanya bidang lemah yang dicirikan dengan nilai resistivitas rendah. Nilai resistivitasnya adalah sebesar 2-15 $\Omega\cdot m$. Bidang lemah tersebut diindikasikan sebagai patahan. Patahan pada lintasan A diperkirakan berada pada jarak 10 m dan 80 m terhadap titik awal pengukuran. Berdasarkan penampang 2D pada Gambar 4.8 (c), terlihat bahwa patahan menerobos dan memotong lapisan batuan pada lintasan A, yang terlihat dari adanya perbedaan warna yang tidak menerus pada kurva. Patahan terjadi karena adanya peristiwa pergerakan tanah atau gempa yang dapat menyebabkan tanah bergeser dari posisi semula. Daerah patahan biasanya terisi oleh air tanah, sehingga daerah patahan akan memiliki respon seperti air dengan nilai resistivitas yang rendah.

Daerah penelitian terdapat pergeseran tanah yang diduga dulunya adalah sungai, karena ada penyumbatan saluran air di bawah jalan raya sungai ini menjadi kering. Bukti adanya patahan di daerah ini adalah posisi tanah pada sungai tersebut telah bergeser.

Kedalaman patahan pada jarak 10 m diperkirakan sampai 6 m, sedangkan indikasi yang ada pada jarak 80 m kedalaman patahan diperkirakan sekitar 8 m.

4.3.2 Lintasan B

Indikasi patahan pada lintasan, B ditunjukkan seperti pada Gambar 4.9 (b), yang ada pada jarak 15 m terhadap titik awal pengukuran. Lokasi patahan tersebut, jika dicocokkan dengan daerah penelitian, diperlihatkan oleh Gambar 4.9(a):

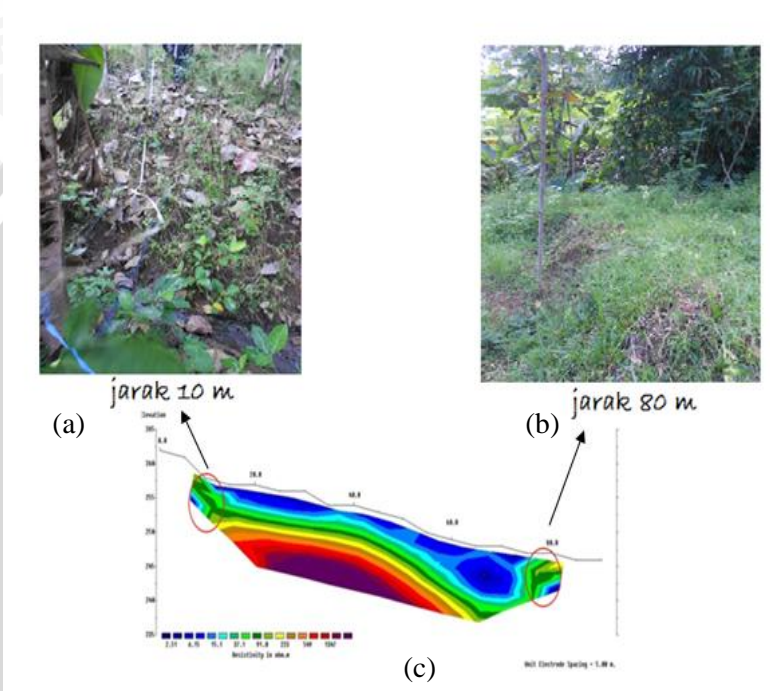


Gambar 4.9 (a) Indikasi patahan pada jarak 15 m. (b) Indikasi patahan pada penampang 2D lintasan B.

Lintasan B memiliki nilai resistivitas rendah sebesar 6,8-15 Ω m. Nilai resistivitas yang rendah tersebut, diindikasikan sebagai patahan. Patahan pada daerah ini diperkirakan memiliki kedalaman 10 m di bawah permukaan tanah.

4.3.3 Lintasan C

Indikasi patahan pada lintasan C, ditunjukkan seperti Gambar 4.10 (c), yang diperkirakan ada pada jarak 10 m dan 80 m terhadap titik awal pengukuran. Lokasi patahan tersebut jika dicocokkan dengan daerah penelitian diperlihatkan oleh Gambar 4.10(a-b):

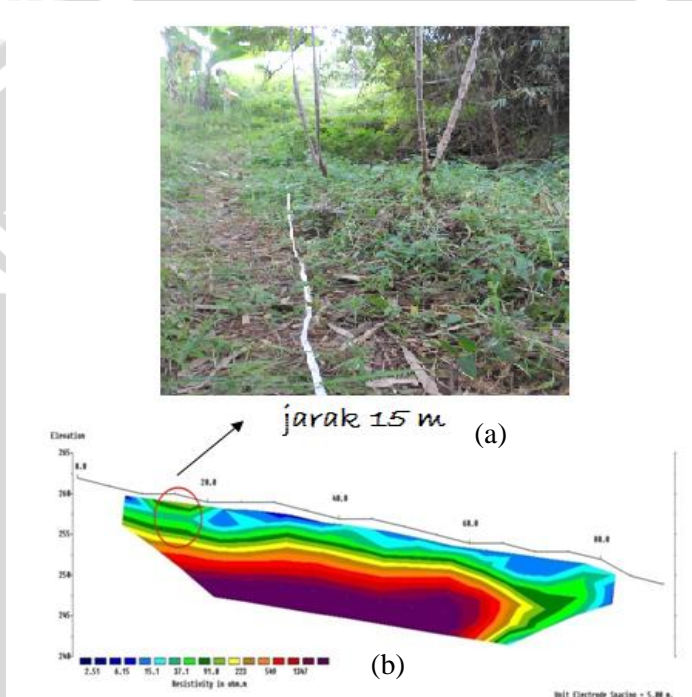


Gambar 4.10 (a) Indikasi patahan pada jarak 10 m. (b) Indikasi patahan jarak 80 m. (c) Indikasi patahan pada penampang 2D lintasan C.

Lintasan C memiliki nilai resistivitas rendah sebesar 2-15 Ω m. Patahan yang ada pada jarak 10 meter terhadap titik pengukuran awal, diperkirakan memiliki kedalaman sampai 5 m. Sedangkan pada jarak 80 m terhadap titik awal pengukuran, diperkirakan kedalamannya sekitar 3 m dibawah permukaan tanah.

4.3.4 Lintasan D

Indikasi patahan pada lintasan D diperkirakan ada pada jarak 15 m terhadap titik awal pengukuran. Lokasi patahan tersebut, jika dicocokkan dengan daerah penelitian diperlihatkan oleh Gambar 4.11(a):



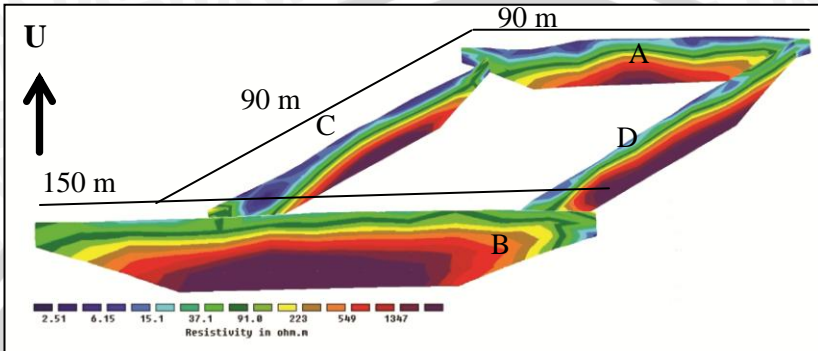
Gambar 4.11 (a) Indikasi patahan pada jarak 15 m. (b) Indikasi patahan pada penampang 2D lintasan D.

Lintasan D memiliki nilai resistivitas rendah sebesar 2-15 Ω m. Patahan diperkirakan sampai kedalaman 5 m di bawah permukaan tanah.

4.4 Pola Patahan

Gambar 4.12 adalah gabungan dari kurva penampang 2D bawah permukaan daerah penelitian. Dari gambar tersebut dapat dilihat penampang bawah permukaan secara detail. Lapisan lempung

berpasir semakin menipis pada daerah yang ketinggiannya lebih rendah, sedangkan lapisan batuan lava semakin menebal.



Gambar 4.12 Gabungan kurva penampang 2D semua lintasan

Perpotongan antara lintasan A dengan lintasan D menunjukkan adanya indikasi patahan, lintasan B juga terdapat indikasi patahan pada jarak 15 m, kemungkinan patahan di lintasan A menerus ke lintasan B. Perpotongan lintasan A dan C juga mengindikasikan patahan, sehingga pola patahan yang terjadi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 Pola patahan di daerah penelitian

Pola patahan di daerah penelitian mengarah dari timur laut ke barat daya, yang pada Gambar 4.13 ditunjukkan oleh garis hitam, sedangkan garis hitam putus-putus adalah kemenerusan patahan yang mungkin terjadi di daerah penelitian. Di daerah penelitian sudah nampak adanya gejala patahan, antara lain jalan disekitar rumah penduduk yang sudah retak-retak, terlihat pembatas jalan sudah hampir rusak dan mengalami penurunan tanah, selain itu terdapat pergeseran tanah yang menerus sampai ke atas daerah penelitian.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Daerah penelitian memiliki struktur bawah permukaan dengan penyusun litologi yang sama, yaitu lempung berpasir, batuan tuf, dan batuan lava.
- Terdapat indikasi patahan di setiap lintasan yaitu : lintasan A, indikasi patahannya ada pada jarak 10 m dan 80 m terhadap titik awal pengukuran. Lintasan B indikasi patahannya ada pada jarak 15 m. Lintasan C indikasi patahannya ada pada jarak 10 m dan 80 m, dan lintasan D indikasi patahannya ada pada jarak 15 m. Pola patahan yang terbentuk mengarah dari timur laut ke barat daya.

5.2 Saran

Adanya indikasi patahan di daerah penelitian, perlu dilakukan penelitian apakah patahan tersebut aktif atau tidak. Salah satu penelitian yang memungkinkan untuk memonitor dan mendeteksi aktif atau tidaknya patahan adalah dengan dilakukan penelitian mikroseismik.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2013.<http://www.tekmira.esdm.go.id/data/Batuapung/ulasan.asp?xdir=Batuapung&commId=3&comm=Batu%20apung%20%28pumice%29>. Diakses tanggal 27 September 2013 pukul 9.21 WIB
- Dobrin, Milton B. 1998. *Introduction to Geophysical Prospecting*, edisi ke-4. Singapore. Mc Graw Hill Book
- Effendi, Ahmad Danil. 2008. *Identifikasi Kejadian Longsor dan Penentuan Faktor-faktor Utama Penyebabnya di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor*. Skripsi. Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB
- Karnawati, D. 2001. *Bencana Alam Gerakan Tanah Indonesia Tahun 2000 (Evaluasi dan Rekomendasi)*. Jurusan Teknik Geologi. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Kearey, Philip. Michael B. Ian H. 2002. *An introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Science Ltd. London
- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, A Practical Guide To 2d And 3d Surveys*
- Lowrie, William. 2007. *Fundamental of geophysics 2nd edition*. Cambridge university press. New York
- Milsom, John. 2003. *Field Geophysics 3th edition*. John Willey & Sons Ltd. London
- Naryanto, N. S. 2002. *Evaluasi dan Mitigasi Bencana Tanah Longsor di Pulau Jawa Tahun 2001*. BPPT. Jakarta.
- Noor, Djauhari. 2009. *Pengantar Geologi*. Bogor : program studi teknik geologi Fakultas Teknik Universitas Pakuan.
- Ogungbe, Abiola S., J.A. Olowofella., O.J.Da-Silva., A. A. Alabi dan E.O. Onori. 2010. *Subsurface Characterization using Electrical Resistivity(Dipole-Dipole) method at Lagos State University (LASU) Foundation School, Badagry*. Advance in Applied Science Research.1(1):174-181
- Paulus, 2012. *Pemodelan 3D Cavity Daerah "X" dengan Menggunakan Metode Resistivity Konfigurasi Dipol-dipol*. Skripsi. Fakultas MIPA Universitas Indonesia
- Reynolds, John M. 1997. *An introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John willey and sons, ltd. England

- Rohidah, Susy. 2009. *Eksplorasi Air Bawah Tanah dengan Menggunakan Metode Dipol-dipol Di Daerah Cilangkap Jakarta-Timur*. Skripsi. Fakultas MIPA Universitas Indonesia
- Sangadji, Ismail. 2003. *Formasi Geologi, Penggunaan Lahan, dan Pola Sebaran Aktivitas Penduduk di Jabodetabek*. Skripsi. Departemen Tanah Fakultas Pertanian IPB
- Santoso, D. 2000. *Pengantar Teknik Geofisika*. ITB
- Setiyawan, Teguh. 2010. *Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Porong Sidoarjo dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Mendapatkan Bidang Patahan*. Skripsi. Fakultas MIPA ITS Surabaya
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*. Yogyakarta. Andi.
- Surono. 2003. *Potensi Bencana Geologi di Kabupaten Garut. Prosiding Semiloka Mitigasi Bencana Longsor di Kabupaten Garut*. Pemerintah Kabupaten Garut
- Sutikno. 1997. *Penanggulangan Tanah Longsor. Bahan Penyuluhan Bencana Alam Gerakan Tanah*. Jakarta
- Telford, W. M. L P Geldart and R. E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics second edition*. Cambridge university press. New York

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Tabel Nilai Resistivitas

Tabel L1 Nilai resistivitas dan konduktivitas batuan

Material	Resisitivitas (Ωm)	Konduktivitas (siemen/m)
Batuan beku dan Metamorf		
Granit	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2,5 \times 10^{-8} - 1,7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2,5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-3}$
Kuarsa	$10^2 - 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Batuan Sedimen		
Batu pasir (<i>Sandstone</i>)	$8 - 4 \times 10^3$	$2,5 \times 10^{-4} - 0,125$
Serpilh (Shale)	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0,05$
Batu gamping (<i>Limestone</i>)	$50 - 4 \times 10^2$	$2,5 \times 10^{-3} - 0,02$
Tanah dan air		
Lempung (<i>Clay</i>)	1-100	0,01-1
Alluvial (<i>Alluvium</i>)	10-800	$1,25 \times 10^{-3} - 0,1$
Air tanah (<i>Groundwater</i>)	10-100	0,01-0,1
Air laut (<i>Sea water</i>)	0,2	5
Bahan Kimia		
Besi	$9,074 \times 10^{-8}$	$1,102 \times 10^7$
0,01M Potassium klorida	0,708	1,413
0,01M Sodium klorida	0,843	1,185
0,01M Asam asetat	6,13	0,163
0,01M Xylene	$6,998 \times 10^{16}$	$1,429 \times 10^{-17}$

Tabel L2 Kisaran nilai resistivitas batuan

Jenis batuan	Resistivitas (Ωm)
Lempung	1-100
Lanau	10-200
Batu lumpur	3-70
Kuarsa	$10-2 \times 10^8$
Batu pasir	50-500
Batu kapur	100-500
Lava	$100-5 \times 10^4$
Air tanah	0,5-300
Air laut	0,2
Breksi	75-200
Andesit	100-200
Tufa vulkanik	20-100
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$

Lampiran 2 : Gambar di Sekitar Lokasi Penelitian



Gambar L1. Jalan raya yang berada di sebelah lokasi penelitian.



Gambar L2. Salah satu penyusun batuan yang ada di daerah penelitian.



Gambar L3. Pengambilan data penelitian.



Gambar L4. Rel kereta api di bawah daerah penelitian.



Gambar L5. Sungai di lokasi penelitian.



Gambar L6. Kondisi tanah yang rekah-rekah dan mudah bergerak.

Lampiran 3 : Data Geolistrik Konfigurasi Dipol-dipol

Lintasan A

Lokasi : Desa Karangates Kecamatan Sumberpucung Kabupaten Malang

Arah bentangan: Tenggara-Barat Laut

Spasi: 5 m

Panjang bentangan: 90 m

Waktu penelitian: 15 Mei 2013

Tabel L3 Data geolistrik konfigurasi dipol-dipol lintasan A

No.	C2	C1	P1	P2	Spasi (m)	Arus (mA)	n	R (Ohm)
1	0	5	10	15	5	20	1	0,026
2	5	10	15	20	5	20	1	0,253
3	10	15	20	25	5	20	1	0,047
4	15	20	25	30	5	20	1	0,111
5	20	25	30	35	5	20	1	0,118
6	25	30	35	40	5	20	1	0,116
7	30	35	40	45	5	20	1	0,107
8	35	40	45	50	5	20	1	0,106
9	40	45	50	55	5	20	1	0,127
10	45	50	55	60	5	20	1	0,129
11	50	55	60	65	5	20	1	0,137
12	55	60	65	70	5	20	1	0,099
13	60	65	70	75	5	20	1	0,209
14	65	70	75	80	5	20	1	0,039
15	70	75	80	85	5	20	1	0,427
16	75	80	85	90	5	20	1	0,044
17	0	5	15	20	5	20	2	0,046
18	5	10	20	25	5	20	2	0,105
19	10	15	25	30	5	20	2	0,050
20	15	20	30	35	5	20	2	0,046
21	20	25	35	40	5	20	2	0,042
22	25	30	40	45	5	20	2	0,041
23	30	35	45	50	5	20	2	0,404
24	35	40	50	55	5	20	2	0,201

25	40	45	55	60	5	20	2	0,027
26	45	50	60	65	5	20	2	0,026
27	50	55	65	70	5	20	2	0,030
28	55	60	70	75	5	20	2	0,024
29	60	65	75	80	5	20	2	0,153
30	65	70	80	85	5	20	2	0,041
31	70	75	85	90	5	20	2	0,034
32	0	5	20	25	5	20	3	0,054
33	5	10	25	30	5	20	3	0,037
34	10	15	30	35	5	20	3	0,015
35	15	20	35	40	5	20	3	0,052
36	20	25	40	45	5	20	3	1,079
37	25	30	45	50	5	20	3	0,033
38	30	35	50	55	5	20	3	0,025
39	35	40	55	60	5	20	3	0,045
40	40	45	60	65	5	20	3	0,096
41	45	50	65	70	5	20	3	0,064
42	50	55	70	75	5	20	3	0,025
43	55	60	75	80	5	20	3	0,031
44	60	65	80	85	5	20	3	0,036
45	65	70	85	90	5	20	3	0,010
46	0	5	25	30	5	20	4	0,280
47	5	10	30	35	5	20	4	0,062
48	10	15	35	40	5	20	4	0,045
49	15	20	40	45	5	20	4	0,039
50	20	25	45	50	5	20	4	0,042
51	25	30	50	55	5	20	4	0,032
52	30	35	55	60	5	20	4	0,010
53	35	40	60	65	5	20	4	0,055
54	40	45	65	70	5	20	4	0,038
55	45	50	70	75	5	20	4	0,028
56	50	55	75	80	5	20	4	0,040
57	55	60	80	85	5	20	4	0,045
58	60	65	85	90	5	20	4	0,023
59	0	5	30	35	5	20	5	0,047
60	5	10	35	40	5	20	5	0,073
61	10	15	40	45	5	20	5	0,031

62	15	20	45	50	5	20	5	0,031
63	20	25	50	55	5	20	5	0,015
64	25	30	55	60	5	20	5	0,009
65	30	35	60	65	5	20	5	0,178
66	35	40	65	70	5	20	5	0,052
67	40	45	70	75	5	20	5	0,095
68	45	50	75	80	5	20	5	0,076
69	50	55	80	85	5	20	5	0,034
70	55	60	85	90	5	20	5	0,002
71	0	5	35	40	5	20	6	0,078
72	5	10	40	45	5	20	6	0,029
73	10	15	45	50	5	20	6	0,096
74	15	20	50	55	5	20	6	0,051
75	20	25	55	60	5	20	6	0,046
76	25	30	60	65	5	20	6	0,010
77	30	35	65	70	5	20	6	0,178
78	35	40	70	75	5	20	6	0,059
79	40	45	75	80	5	20	6	0,067
80	45	50	80	85	5	20	6	0,013
81	50	55	85	90	5	20	6	0,063
82	0	5	40	45	5	20	7	0,027
83	5	10	45	50	5	20	7	0,527
84	10	15	50	55	5	20	7	0,024
85	15	20	55	60	5	20	7	0,044
86	20	25	60	65	5	20	7	0,005
87	25	30	65	70	5	20	7	0,010
88	30	35	70	75	5	20	7	0,052
89	35	40	75	80	5	20	7	0,058
90	40	45	80	85	5	20	7	0,037
91	45	50	85	90	5	20	7	0,007
92	0	5	45	50	5	20	8	0,230
93	5	10	50	55	5	20	8	0,016
94	10	15	55	60	5	20	8	0,048
95	15	20	60	65	5	20	8	0,023
96	20	25	65	70	5	20	8	0,028
97	25	30	70	75	5	20	8	0,025
98	30	35	75	80	5	20	8	0,155

99	35	40	80	85	5	20	8	0,085
100	40	45	85	90	5	20	8	0,089
101	0	5	50	55	5	20	9	0,022
102	5	10	55	60	5	20	9	0,003
103	10	15	60	65	5	20	9	0,025
104	15	20	65	70	5	20	9	0,019
105	20	25	70	75	5	20	9	0,010
106	25	30	75	80	5	20	9	0,003
107	30	35	80	85	5	20	9	0,225
108	35	40	85	90	5	20	9	0,062



Lintasan B

Lokasi : Desa Karangates Kecamatan Sumberpucung Kabupaten Malang

Arah bentangan: Tenggara-Barat Laut

Spasi: 10 m

Panjang bentangan: 150 m

Waktu penelitian: 16 Mei 2013

Tabel L4 Data geolistrik konfigurasi dipol-dipol lintasan B

No.	C2	C1	P1	P2	Spasi (m)	Arus (mA)	n	R (Ohm)
1	0	10	20	30	10	20	1	0,040
2	10	20	30	40	10	20	1	0,008
3	20	30	40	50	10	20	1	0,101
4	30	40	50	60	10	20	1	0,246
5	40	50	60	70	10	20	1	0,123
6	50	60	70	80	10	20	1	0,258
7	60	70	80	90	10	20	1	0,063
8	70	80	90	100	10	20	1	0,064
9	80	90	100	110	10	20	1	0,265
10	90	100	110	120	10	20	1	0,074
11	100	110	120	130	10	20	1	0,153
12	110	120	130	140	10	20	1	0,343
13	120	130	140	150	10	20	1	0,075
14	0	10	30	40	10	20	2	0,042
15	10	20	40	50	10	20	2	0,077
16	20	30	50	60	10	20	2	0,231
17	30	40	60	70	10	20	2	0,030
18	40	50	70	80	10	20	2	0,047
19	50	60	80	90	10	20	2	0,198
20	60	70	90	100	10	20	2	0,036
21	70	80	100	110	10	20	2	0,958
22	80	90	110	120	10	20	2	0,103
23	90	100	120	130	10	20	2	0,075
24	100	110	130	140	10	20	2	0,249
25	110	120	140	150	10	20	2	0,014
26	0	10	40	50	10	20	3	0,087

27	10	20	50	60	10	20	3	0,085
28	20	30	60	70	10	20	3	0,038
29	30	40	70	80	10	20	3	0,055
30	40	50	80	90	10	20	3	0,037
31	50	60	90	100	10	20	3	0,175
32	60	70	100	110	10	20	3	0,094
33	70	80	110	120	10	20	3	0,048
34	80	90	120	130	10	20	3	0,065
35	90	100	130	140	10	20	3	0,133
36	100	110	140	150	10	20	3	0,060
37	0	10	50	60	10	20	4	0,046
38	10	20	60	70	10	20	4	0,061
39	20	30	70	80	10	20	4	0,061
40	30	40	80	90	10	20	4	0,067
41	40	50	90	100	10	20	4	0,025
42	50	60	100	110	10	20	4	0,157
43	60	70	110	120	10	20	4	0,066
44	70	80	120	130	10	20	4	2,390
45	80	90	130	140	10	20	4	0,050
46	90	100	140	150	10	20	4	0,002
47	0	10	60	70	10	20	5	0,078
48	10	20	70	80	10	20	5	0,035
49	20	30	80	90	10	20	5	0,119
50	30	40	90	100	10	20	5	0,048
51	40	50	100	110	10	20	5	0,144
52	50	60	110	120	10	20	5	0,180
53	60	70	120	130	10	20	5	0,610
54	70	80	130	140	10	20	5	0,234
55	80	90	140	150	10	20	5	0,055
56	0	10	70	80	10	20	6	0,293
57	10	20	80	90	10	20	6	0,039
58	20	30	90	100	10	20	6	0,561
59	30	40	100	110	10	20	6	0,032
60	40	50	110	120	10	20	6	0,057
61	50	60	120	130	10	20	6	0,073
62	60	70	130	140	10	20	6	0,061
63	70	80	140	150	10	20	6	0,004

64	0	10	80	90	10	20	7	0,055
65	10	20	90	100	10	20	7	0,037
66	20	30	100	110	10	20	7	34,151
67	30	40	110	120	10	20	7	0,148
68	40	50	120	130	10	20	7	0,074
69	50	60	130	140	10	20	7	0,238
70	60	70	140	150	10	20	7	0,061
71	0	10	90	100	10	20	8	0,113
72	10	20	100	110	10	20	8	0,049
73	20	30	110	120	10	20	8	0,151
74	30	40	120	130	10	20	8	0,075
75	40	50	130	140	10	20	8	0,061
76	50	60	140	150	10	20	8	0,186
77	0	10	100	110	10	20	9	0,046
78	10	20	110	120	10	20	9	0,079
79	20	30	120	130	10	20	9	0,067
80	30	40	130	140	10	20	9	0,053
81	40	50	140	150	10	20	9	0,107



Lintasan C

Lokasi : Desa Karangates Kecamatan Sumberpucung Kabupaten Malang

Arah bentangan: Timur laut-Barat daya

Spasi: 5 m

Panjang bentangan: 90 m

Waktu penelitian: 15 Mei 2013

Tabel L5 Data geolistrik konfigurasi dipol-dipol lintasan C

No.	C2	C1	P1	P2	Spasi (m)	Arus (mA)	n	R (Ohm)
1	0	5	10	15	5	20	1	0,107
2	5	10	15	20	5	20	1	0,278
3	10	15	20	25	5	20	1	0,066
4	15	20	25	30	5	20	1	0,079
5	20	25	30	35	5	20	1	0,047
6	25	30	35	40	5	20	1	0,085
7	30	35	40	45	5	20	1	0,581
8	35	40	45	50	5	20	1	0,154
9	40	45	50	55	5	20	1	0,123
10	45	50	55	60	5	20	1	0,065
11	50	55	60	65	5	20	1	0,128
12	55	60	65	70	5	20	1	0,125
13	60	65	70	75	5	20	1	0,108
14	65	70	75	80	5	20	1	0,161
15	70	75	80	85	5	20	1	0,126
16	75	80	85	90	5	20	1	0,333
17	0	5	15	20	5	20	2	0,035
18	5	10	20	25	5	20	2	0,187
19	10	15	25	30	5	20	2	0,027
20	15	20	30	35	5	20	2	0,023
21	20	25	35	40	5	20	2	0,068
22	25	30	40	45	5	20	2	0,033
23	30	35	45	50	5	20	2	0,524
24	35	40	50	55	5	20	2	0,211
25	40	45	55	60	5	20	2	0,028
26	45	50	60	65	5	20	2	0,017

27	50	55	65	70	5	20	2	0,301
28	55	60	70	75	5	20	2	0,316
29	60	65	75	80	5	20	2	0,029
30	65	70	80	85	5	20	2	0,069
31	70	75	85	90	5	20	2	0,370
32	0	5	20	25	5	20	3	0,581
33	5	10	25	30	5	20	3	0,272
34	10	15	30	35	5	20	3	0,032
35	15	20	35	40	5	20	3	0,036
36	20	25	40	45	5	20	3	0,020
37	25	30	45	50	5	20	3	0,167
38	30	35	50	55	5	20	3	0,014
39	35	40	55	60	5	20	3	0,047
40	40	45	60	65	5	20	3	0,021
41	45	50	65	70	5	20	3	0,011
42	50	55	70	75	5	20	3	0,031
43	55	60	75	80	5	20	3	0,039
44	60	65	80	85	5	20	3	0,026
45	65	70	85	90	5	20	3	0,004
46	0	5	25	30	5	20	4	0,083
47	5	10	30	35	5	20	4	0,188
48	10	15	35	40	5	20	4	0,027
49	15	20	40	45	5	20	4	0,037
50	20	25	45	50	5	20	4	0,037
51	25	30	50	55	5	20	4	0,037
52	30	35	55	60	5	20	4	0,017
53	35	40	60	65	5	20	4	0,055
54	40	45	65	70	5	20	4	0,244
55	45	50	70	75	5	20	4	0,230
56	50	55	75	80	5	20	4	0,022
57	55	60	80	85	5	20	4	0,013
58	60	65	85	90	5	20	4	0,011
59	0	5	30	35	5	20	5	0,069
60	5	10	35	40	5	20	5	1,786
61	10	15	40	45	5	20	5	0,028
62	15	20	45	50	5	20	5	0,112
63	20	25	50	55	5	20	5	0,013

64	25	30	55	60	5	20	5	0,060
65	30	35	60	65	5	20	5	0,020
66	35	40	65	70	5	20	5	0,013
67	40	45	70	75	5	20	5	0,063
68	45	50	75	80	5	20	5	0,059
69	50	55	80	85	5	20	5	0,039
70	55	60	85	90	5	20	5	0,002
71	0	5	35	40	5	20	6	0,639
72	5	10	40	45	5	20	6	0,099
73	10	15	45	50	5	20	6	0,037
74	15	20	50	55	5	20	6	0,038
75	20	25	55	60	5	20	6	0,221
76	25	30	60	65	5	20	6	0,061
77	30	35	65	70	5	20	6	0,020
78	35	40	70	75	5	20	6	0,002
79	40	45	75	80	5	20	6	0,428
80	45	50	80	85	5	20	6	0,010
81	50	55	85	90	5	20	6	0,003
82	0	5	40	45	5	20	7	0,035
83	5	10	45	50	5	20	7	0,248
84	10	15	50	55	5	20	7	0,025
85	15	20	55	60	5	20	7	0,036
86	20	25	60	65	5	20	7	0,034
87	25	30	65	70	5	20	7	0,071
88	30	35	70	75	5	20	7	0,060
89	35	40	75	80	5	20	7	0,042
90	40	45	80	85	5	20	7	0,015
91	45	50	85	90	5	20	7	0,011
92	0	5	45	50	5	20	8	0,046
93	5	10	50	55	5	20	8	0,068
94	10	15	55	60	5	20	8	0,006
95	15	20	60	65	5	20	8	0,025
96	20	25	65	70	5	20	8	0,148
97	25	30	70	75	5	20	8	0,205
98	30	35	75	80	5	20	8	0,504
99	35	40	80	85	5	20	8	0,015
100	40	45	85	90	5	20	8	0,029

101	0	5	50	55	5	20	9	0,547
102	5	10	55	60	5	20	9	0,068
103	10	15	60	65	5	20	9	0,040
104	15	20	65	70	5	20	9	1,179
105	20	25	70	75	5	20	9	0,022
106	25	30	75	80	5	20	9	1,273
107	30	35	80	85	5	20	9	0,005
108	35	40	85	90	5	20	9	0,006



Lintasan D

Lokasi : Desa Karangates Kecamatan Sumberpucung Kabupaten Malang

Arah bentangan: Timur laut-Barat daya

Spasi: 5 m

Panjang bentangan: 90 m

Waktu penelitian: 15 Mei 2013

Tabel L6 Data geolistrik konfigurasi dipol-dipol lintasan D

No.	C2	C1	P1	P2	Spasi (m)	Arus (mA)	n	R (Ohm)
1	0	5	10	15	5	20	1	0,639
2	5	10	15	20	5	20	1	0,095
3	10	15	20	25	5	20	1	0,106
4	15	20	25	30	5	20	1	0,219
5	20	25	30	35	5	20	1	0,140
6	25	30	35	40	5	20	1	0,126
7	30	35	40	45	5	20	1	0,181
8	35	40	45	50	5	20	1	0,146
9	40	45	50	55	5	20	1	0,174
10	45	50	55	60	5	20	1	0,153
11	50	55	60	65	5	20	1	0,153
12	55	60	65	70	5	20	1	0,163
13	60	65	70	75	5	20	1	0,102
14	65	70	75	80	5	20	1	0,148
15	70	75	80	85	5	20	1	0,718
16	75	80	85	90	5	20	1	0,132
17	0	5	15	20	5	20	2	0,212
18	5	10	20	25	5	20	2	0,031
19	10	15	25	30	5	20	2	0,083
20	15	20	30	35	5	20	2	0,078
21	20	25	35	40	5	20	2	0,047
22	25	30	40	45	5	20	2	0,146
23	30	35	45	50	5	20	2	0,056
24	35	40	50	55	5	20	2	0,082
25	40	45	55	60	5	20	2	0,152
26	45	50	60	65	5	20	2	0,382

27	50	55	65	70	5	20	2	0,086
28	55	60	70	75	5	20	2	0,042
29	60	65	75	80	5	20	2	0,085
30	65	70	80	85	5	20	2	0,056
31	70	75	85	90	5	20	2	0,048
32	0	5	20	25	5	20	3	0,050
33	5	10	25	30	5	20	3	0,024
34	10	15	30	35	5	20	3	0,065
35	15	20	35	40	5	20	3	0,074
36	20	25	40	45	5	20	3	0,045
37	25	30	45	50	5	20	3	0,031
38	30	35	50	55	5	20	3	0,032
39	35	40	55	60	5	20	3	0,057
40	40	45	60	65	5	20	3	0,067
41	45	50	65	70	5	20	3	0,143
42	50	55	70	75	5	20	3	0,041
43	55	60	75	80	5	20	3	0,044
44	60	65	80	85	5	20	3	0,019
45	65	70	85	90	5	20	3	0,018
46	0	5	25	30	5	20	4	0,030
47	5	10	30	35	5	20	4	0,010
48	10	15	35	40	5	20	4	0,209
49	15	20	40	45	5	20	4	0,072
50	20	25	45	50	5	20	4	0,083
51	25	30	50	55	5	20	4	0,044
52	30	35	55	60	5	20	4	0,037
53	35	40	60	65	5	20	4	0,174
54	40	45	65	70	5	20	4	0,037
55	45	50	70	75	5	20	4	0,048
56	50	55	75	80	5	20	4	0,052
57	55	60	80	85	5	20	4	0,057
58	60	65	85	90	5	20	4	0,076
59	0	5	30	35	5	20	5	0,014
60	5	10	35	40	5	20	5	0,031
61	10	15	40	45	5	20	5	0,069
62	15	20	45	50	5	20	5	0,043
63	20	25	50	55	5	20	5	1,184

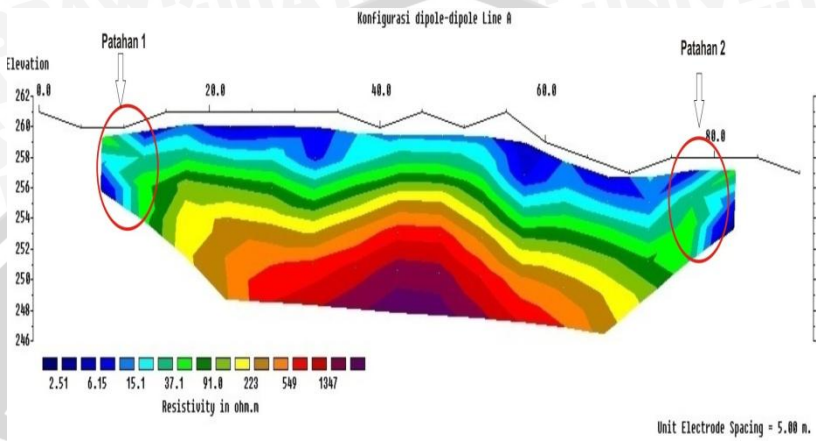
64	25	30	55	60	5	20	5	0,035
65	30	35	60	65	5	20	5	0,305
66	35	40	65	70	5	20	5	0,058
67	40	45	70	75	5	20	5	0,019
68	45	50	75	80	5	20	5	0,192
69	50	55	80	85	5	20	5	0,077
70	55	60	85	90	5	20	5	0,005
71	0	5	35	40	5	20	6	0,030
72	5	10	40	45	5	20	6	0,017
73	10	15	45	50	5	20	6	0,052
74	15	20	50	55	5	20	6	0,052
75	20	25	55	60	5	20	6	0,130
76	25	30	60	65	5	20	6	0,144
77	30	35	65	70	5	20	6	0,305
78	35	40	70	75	5	20	6	0,047
79	40	45	75	80	5	20	6	0,054
80	45	50	80	85	5	20	6	0,063
81	50	55	85	90	5	20	6	0,213
82	0	5	40	45	5	20	7	0,015
83	5	10	45	50	5	20	7	0,040
84	10	15	50	55	5	20	7	0,043
85	15	20	55	60	5	20	7	0,057
86	20	25	60	65	5	20	7	0,073
87	25	30	65	70	5	20	7	0,065
88	30	35	70	75	5	20	7	0,187
89	35	40	75	80	5	20	7	0,618
90	40	45	80	85	5	20	7	0,038
91	45	50	85	90	5	20	7	0,003
92	0	5	45	50	5	20	8	0,045
93	5	10	50	55	5	20	8	0,041
94	10	15	55	60	5	20	8	0,126
95	15	20	60	65	5	20	8	0,072
96	20	25	65	70	5	20	8	0,131
97	25	30	70	75	5	20	8	0,079
98	30	35	75	80	5	20	8	0,156
99	35	40	80	85	5	20	8	0,267
100	40	45	85	90	5	20	8	0,229

101	0	5	50	55	5	20	9	0,008
102	5	10	55	60	5	20	9	0,013
103	10	15	60	65	5	20	9	0,039
104	15	20	65	70	5	20	9	0,018
105	20	25	70	75	5	20	9	0,018
106	25	30	75	80	5	20	9	0,005
107	30	35	80	85	5	20	9	0,007
108	35	40	85	90	5	20	9	0,051

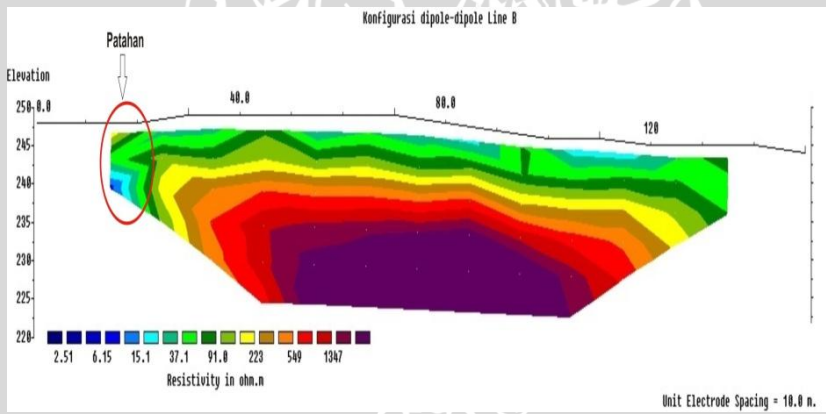
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



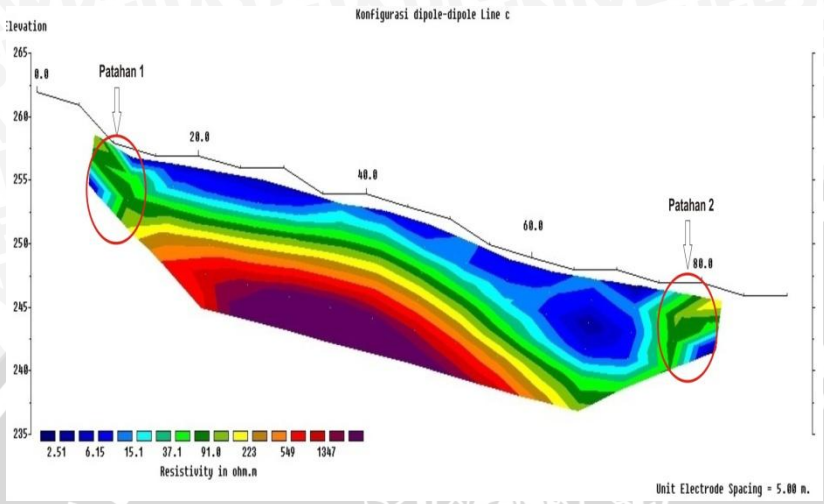
Lampiran 4 : Gambar Indikasi Patahan



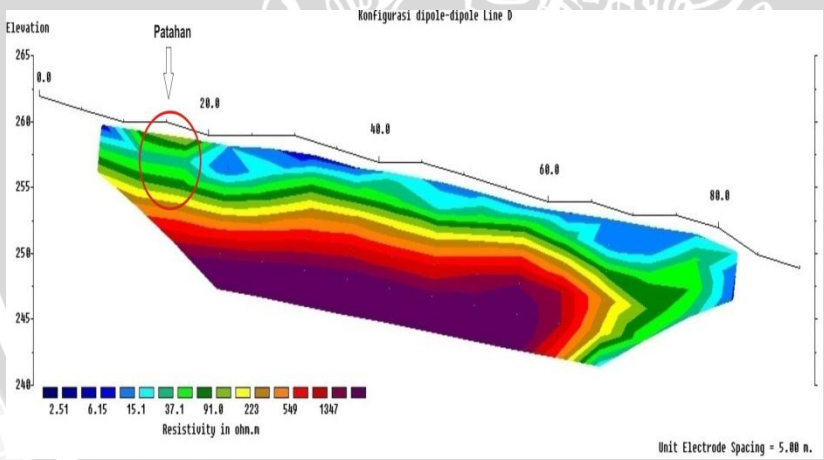
Gambar L7. Indikasi patahan pada lintasan A.



Gambar L8. Indikasi patahan pada lintasan B.



Gambar L9. Indikasi patahan pada lintasan C.



Gambar L10. Indikasi patahan pada lintasan D.

