



**IDENTIFIKASI SESAR BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI *SCHLUMBERGER*  
(STUDI KASUS SUNGAI OPAK YOGYAKARTA)**

skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika

oleh

Ismi Lutfinur

4211411061

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2015**



## PERNYATAAN

Skripsi ini yang berjudul “Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Schlumberger* (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta) disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Semarang, 23 April 2015

Penulis



Ismi Lutfinur  
4211411061

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik  
Konfigurasi *Schlumberger* (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta)

disusun oleh

Ismi Lutfinur


4211411061

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada  
tanggal 23 April 2015

Panitia:

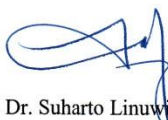


Sekretaris



Dr. Khumaedi, M.Si.  
NIP. 196306101989011002

Ketua Penguji




Dr. Suharto Linuwih, M. Si  
NIP. 196807141996031005

Anggota Penguji /  
Pembimbing Utama



Dr. Khumaedi, M.Si  
NIP. 196306101989011002

Anggota Penguji /  
Pembimbing Pendamping



Drs. Hadi Susanto, M.Si  
NIP.195308031980031003

## **PERSEMBAHAN**

Untuk

Bapak tercinta Zalalul dan Ibu tersayang Wagianti

(terima kasih atas segala pengorbananmu, aku bukan apa-apa tanpamu )

Kakak tercinta (My Bro Prima Oktavian) terimakasih atas doa dan dukungan

Dosen pembimbingku

Teman – temanku seperjuangan

Almamater

## **MOTTO**

- ❖ *Allah tidak akan membebani seseorang, melainkan sesuai dengan kesanggupannya (Q.S. Al Baqarah:286)*
- ❖ *Sesungguhnya sesudah kesulitan itu pasti ada kemudahan dan setiap kerja keras akan berbuah keberhasilan*
- ❖ *Manisnya keberhasilan akan menghapus pahitnya kesabaran, nikmatnya kemenangan akan menghilangkan letihnya perjuangan, menuntaskan pekerjaan dengan baik akan melenyapkan lelahnya jerih payah. (Dr. Aidh Abdullah Al-Qarni).*

## PRAKATA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberi kemudahan dalam melaksanakan penelitian maupun penyusunan skripsi dengan judul “*Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta)*”. Serangkaian proses yang dimulai dari penyusunan proposal, seminar proposal, penelitian, dan penyusunan skripsi merupakan penerapan ilmu yang telah dipelajari selama menempuh perkuliahan. Dalam pelaksanaannya, penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang (UNNES).
2. Prof. Dr. Wiyanto, M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Dr. Khumaedi, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika dan Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi maupun pelaksanaan penelitian.
4. Dr. Agus Yulianto, M.Si., selaku Kepala Program Studi Fisika Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.
5. Drs. Hadi Susanto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi maupun pelaksanaan penelitian.
6. Dr. Suharto Linuwih, M. Si., selaku Dosen Penguji, atas saran dan masukan yang membangun dalam penyempurnaan skripsi ini.

7. Kepala Laboratorium Fisika UNNES yang juga selaku Dosen Pembimbing Kelompok Studi Geofisika UNNES, Prof. Dr. Supriyadi, M.Si., atas izin peminjaman alat penelitian serta ilmu kebumian yang telah diberikan.
8. Koordinator Penulisan Skripsi, Sekretaris Jurusan dan TU Jurusan yang telah membantu kelancaran dalam administrasi penyusunan skripsi.
9. Bapak, Ibu, dan kakak tercinta atas doa dan dukungannya.
10. Sahabat-sahabatku Fisika 2011 yang telah bekerja keras dalam membantu pelaksanaan penelitian serta keluarga besar KSGF UNNES, atas semangat dan dukungannya.
11. Wahyu Setyaningsih, ST., MT., atas saran dan masukan dalam penyusunan skripsi.
12. Ahmad Qosim, S.Si., atas saran dan masukan dalam penyusunan proposal maupun penyusunan skripsi.
13. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dalam menambah wawasan dan pengetahuan. Penelitian lanjutan diharapkan dapat menyempurnakan skripsi ini dengan berbagai perbaikan.

Semarang, 23 April 2015

Penulis



## ABSTRAK

Lutfinur, I. 2015. *Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta)*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Khumaedi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Drs. Hadi Susanto, M.Si.

Kata Kunci: geolistrik, patahan, resistivitas, konfigurasi *Schlumberger*

Sungai Opak adalah sungai yang terbentuk akibat patahan. Gempa Yogyakarta 5,9 skala Richter telah menyebabkan aktifnya patahan Opak dan munculnya patahan-patahan sekunder. Patahan tersebut telah banyak kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan gambaran struktur bawah permukaan dan indikasi letak patahan bawah permukaan. Metode Geolistrik konfigurasi *Schlumberger* digunakan untuk identifikasi patahan di lokasi penelitian. Pengambilan data dilakukan pada tiga lintasan dengan panjang masing-masing 75 m. Pengolahan data dilakukan menggunakan *Res2dinv* dan *Surfer 10.0*. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan nilai resistivitas 5-1077  $\Omega\text{m}$  dan bidang diskontinu penampang kontur nilai resistivitas fungsi kedalaman. Bidang patahan pada lintasan A berada pada jarak 38 m, sedangkan bidang patahan pada lintasan B dan C berada pada jarak 33 m terhadap titik awal pengukuran. Patahan pada lintasan A, B dan C berada pada satu garis lurus dengan *strike* U 113° T.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN .....	iii
PENGESAHAN .....	iv
PERSEMBAHAN .....	v
MOTTO .....	vi
PRAKATA .....	vii
ABSTRAK .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
 <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Penegasan Istilah .....	6
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi .....	6
 <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Geologi Daerah Sekitar .....	8
2.2 Sesar .....	10
2.2.1 Definisi Sesar .....	10
2.2.2 Ciri-Ciri Sesar .....	13

2.2.3 Klasifikasi Sesar .....	14
2.3 Tinjauan Geofisika .....	17
2.3.1 Geolistrik Tahanan Jenis .....	17
2.3.2 Sifat-Sifat Keistrikan Batuan .....	19
2.3.3 Rumus-Rumus Dasar Listrik .....	22
2.3.4 Aliran Listrik di Dalam Bumi .....	23
2.3.5 Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi .....	26
2.3.6 Faktor Geometri .....	27
2.3.7 Konfigurasi <i>Schlumberger</i> .....	29
2.3.8 Resistivitas .....	31
2.4 <i>Res2Dinv</i> .....	35
 <b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	36
3.1.1 Lokasi Penelitian .....	36
3.1.2 Waktu Penelitian .....	37
3.2 Peralatan .....	37
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	39
3.4 Prosedur Penelitian .....	40
3.5 Teknik Pengambilan Data .....	40
3.6 Pengolahan Data .....	43
3.6.1 Interpretasi Data Resistivitas 2 Dimensi ( <i>Res2Dinv</i> ) .....	44
3.6.2 Interpretasi Data <i>Software Surfer 10.0</i> .....	44
3.6.3 Interpretasi Data <i>Software Rockwork 15</i> .....	45
 <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian .....	46
4.1.1 Penampang Melintang .....	48
4.1.1.1 Lintasan A .....	48
4.1.1.2 Lintasan B .....	50

4.1.1.3 Lintasan C .....	52
4.1.1.4 Interpretasi Patahan (Sesar) .....	54
4.1.2 Penampang Kontur Fungsi Kedalaman .....	58
4.3.1 Penampang Vertikal 3-D .....	61
4.1.4 Penampang 3-D dengan <i>Rockwork 15</i> .....	62
4.2 Pembahasan .....	64
4.3 Pola Patahan .....	72
<b>BAB 5 PENUTUP</b>	
5.1 Simpulan .....	73
5.2 Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	75
<b>LAMPIRAN</b> .....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Nilai Resistivitas Batuan .....	32
4.1 Citra Warna dan Resistivitas .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Peta Geologi Kecamatan Pleret .....	8
2.2 Peta Geologi Daerah Penelitian .....	10
2.3 Morfologi Sesar .....	11
2.4 Komponen Geometri Pada Bidang Sesar .....	12
2.5 <i>Hanging Wall</i> dan <i>Foot Wall</i> .....	13
2.6 <i>Dip-Slip Fault</i> .....	15
2.7 <i>Strike-Slip Fault</i> .....	15
2.8 <i>Oblique-Slip Fault</i> .....	16
2.9 Garis arus listrik dan medan potensial yang timbul karena adanya dua sumber arus .....	18
2.10 Silinder Konduktor .....	22
2.11 Medium Homogen Isotropis Dialiri Arus Listrik .....	23
2.12 Potensial di Sekitar Titik Arus Pada Permukaan Bumi .....	26
2.13 Permukaan Ekuipotensial dan Arah Aliran Arus Listrik Akibat Dua Sumber Arus di Permukaan Bumi Homogen .....	27
2.14 Letak Elektroda Arus dan Potensial Pada Permukaan Bumi .....	28
2.15 Susunan Elektroda Konfigurasi <i>Schlumberger</i> .....	29
2.16 Konsep Resistivitas Semu .....	34
3.1 Peta Lokasi Penelitian .....	36
3.2 Alat <i>Resistivity Multi-Channel</i> .....	38
3.3 <i>Global Positioning System</i> (GPS) .....	38
3.4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian .....	39
3.5 Alat <i>Resistivity Multi-Channel</i> .....	41
3.6 Program <i>GeoRes</i> yang Dijalankan Langsung di Lapangan .....	42
4.1 Penampang Resistivitas Hasil Inversi 2-D Lintasan A .....	49
4.2 Penampang Resistivitas Hasil Inversi 2-D Lintasan B .....	51

4.3 Penampang Resistivitas Hasil Inversi 2-D Lintasan C .....	53
4.4 Pendugaan Posisis Sesar untuk Lintasan A .....	55
4.5 Pendugaan Posisis Sesar untuk Lintasan B .....	56
4.6 Pendugaan Posisis Sesar untuk Lintasan C .....	57
4.7 Penampang Kontur Resistivitas Fungsi Kedalaman Pada Lintasan A, B, dan C .....	59
4.8 Penampang Vertikal 3-D Lintasan A, B, dan C .....	61
4.9 Penampang Hasil Pengolahan <i>Rockwork</i> 3-D .....	63
4.10 Pola Patahan .....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Akuisis Data Geolistrik Konfigurasi <i>Schlumberger</i> .....	79
2. Data Inputan <i>Res2dinv</i> .....	83
3. Data Pengolahan <i>Software Surfer 10.0</i> .....	84
4. Data Pengolahan <i>Software Rockwork 15</i> .....	86
5. Peta Geologi Lembar Yogyakarta .....	91
6. Foto Akuisis Data Geolistrik .....	92
7. SK Pembimbing .....	93



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Wilayah pantai Jawa bagian selatan dan sekitarnya merupakan wilayah yang memiliki kerentanan bahaya gempa bumi yang tinggi karena wilayah ini berada  $\pm$  200 km sebelah selatan zona subduksi. Daerah perbatasan lempeng ini merupakan zona seismisitas yang aktif, sehingga banyak terjadi gempa bumi tektonik yang diakibatkan oleh tumbukan antar lempeng tersebut. Letak yang berdekatan dengan batas antar lempeng ini mengakibatkan daerah-daerah tersebut rawan terhadap aktivitas seismik yang ditimbulkan oleh pergeseran antar lempeng (Soebowo *et al.*, 2007:57).

Gempa tektonik 5,9 Skala Richter yang mengguncang wilayah Yogyakarta dan sekitarnya pada Sabtu 27 Mei 2006 telah menewaskan lebih dari 5.000 orang dan merobohkan ribuan rumah di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), Bantul, Wonosari, Sleman, dan Klaten. Aktivitas gempa tersebut diduga memicu pergerakan sesar di wilayah Bantul dan sekitarnya. Sesar aktif tersebut diduga membentuk garis lurus dimulai dari pusat gempa pada koordinat  $110,286^{\circ}$ BT dan  $8,007^{\circ}$ LS ke arah timur laut sampai ke Prambanan dan sekitarnya (Hardjono, 2006:136). Berdasarkan kajian *after sock* yang datanya diambil selama 3 bulan dimulai hari keempat setelah gempa, sesar penyebab gempa berada kurang lebih 10 km-20 km di sebelah timur dari rendahan sesar Opak (Walter *et al.*, 2008:1).

Struktur geologi yang berkembang di dataran Bantul-Klaten berupa patahan atau sesar mendatar yang dikenal sebagai sesar Opak yang berarah timur laut-barat daya kurang lebih  $U\ 235^{\circ}T/80^{\circ}$ , dimana blok timur relatif bergeser ke utara dan blok barat ke selatan. Lebar zona patahan diduga mencapai kurang lebih 2,5 km. Dampak dari gempa bumi Jogjakarta 27 Mei 2006 juga menimbulkan gejala pergeseran lapisan tanah dari beberapa mm hingga kurang lebih 10 cm dan rekahan-rekahan dengan dimensi bervariasi mulai ukuran beberapa mm hingga lebih 10 cm. Pengamatan lapangan zona patahan menunjukkan bahwa pada zona patahan aktif Opak ini secara semi detail telah memberikan gambaran bahwa zona patahan tersebut dicirikan oleh segmen-segmen yang lebih kecil dengan ukuran bervariasi mulai beberapa cm hingga beberapa puluh meter (Soebowo *et al.*, 2007:56-58). Hampir semua kerusakan geoteknik terjadi tidak hanya dekat patahan utama (sesar Opak) tetapi juga di permukaan sesar bawah tanah lainnya (Rosyidi *et al.*, 2008:1).

Studi kasus mengenai sesar atau patahan menjadi sangat penting dalam rangka melakukan usaha mitigasi bencana pergerakan tanah, perlu dilakukan survey penentuan letak sesar di lokasi penelitian. Selain karena lokasi sesar berada dekat dengan pemukiman warga, penggunaan lahan sebagai lokasi pemukiman juga menjadi faktor penting perlunya survey letak sesar di lokasi penelitian.

Sesar bawah permukaan sulit untuk diidentifikasi karena informasi yang terbatas dari peta geologi dan profil bawah permukaan. Salah satu metode geofisika yang cukup baik untuk memetakan kondisi bawah permukaan guna

mengetahui struktur perlapisan dan sesarnya adalah metode geolistrik. Metode geolistrik dari beberapa survey elektroda merupakan indikator yang baik untuk mengidentifikasi struktur terkait patahan (Fuji-ta & Ikuta, 2000:570).

Hasil penelitian yang dilakukan Fuji-ta & Ikuta (2000) di daerah patahan aktif Yamasaki (*Yamasaki fault*) barat daya Jepang, menunjukkan adanya pola sesar berarah barat laut-tenggara berdasarkan analisis data resistivitas anomali. Struktur sesar ditandai dengan zona yang sangat konduktif sepanjang bidang patahan.

Hasil penyelidikan bawah permukaan menggunakan metode *resistivity* dan uji pengeboran (*drilling testing*) yang dilakukan Rosyidi *et al.* (2008) di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menunjukkan pola sesar berarah barat-timur dan utara-selatan. Diskontinu lapisan batuan dan perubahan pola kontur resistivitas yang signifikan merupakan indikator lokasi sesar bawah permukaan.

Banyaknya dampak yang ditimbulkan dari adanya sesar menjadi faktor penting perlunya dilakukan survey lokasi sesar dan interpretasi bawah permukaan di lokasi penelitian. Hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian mengenai “***Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta)***” yang kiranya dapat memberikan gambaran struktur bawah permukaan dangkal yang berpotensi menimbulkan bencana pergerakan tanah yang merusak di lokasi penelitian.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang, dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana gambaran struktur bawah permukaan daerah penelitian melalui nilai resistivitas tanah yang terukur menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger*.
2. Bagaimana interpretasi data resistivitas untuk mengetahui keberadaan sesar bawah permukaan di lokasi penelitian, terkait dengan adanya peristiwa gempa Jogja pada 27 Mei 2006.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger*.
2. Lokasi penelitian di Desa Segoroyoso, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Lintasan pertama pada koordinat titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'22.6''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'50.6''\text{LS}$ , titik akhir (75 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'23.5''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'48.2''\text{LS}$ . Lintasan kedua pada koordinat titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'24.1''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'51.2''\text{LS}$ , titik akhir (75 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'25.5''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'49.1''\text{LS}$ . Lintasan ketiga pada koordinat titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'25.7''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'52.0''\text{LS}$ , titik akhir (75 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'27.4''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'50.3''\text{LS}$ .

3. Unsur yang diteliti adalah sesar bawah permukaan berupa sesar minor berdasarkan interpretasi nilai resistivitas yang diperoleh di lokasi penelitian.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan di atas tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui gambaran struktur bawah permukaan di daerah penelitian berdasarkan data resistivitas.
2. Mengidentifikasi keberadaan sesar bawah permukaan yang berpotensi menimbulkan kerusakan di daerah penelitian.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui letak dan kedalaman sesar bawah permukaan dalam rangka upaya mitigasi bencana pergerakan tanah.
2. Untuk memberikan informasi bagi pemerintah dan masyarakat setempat mengenai struktur bawah permukaan dangkal yang berpotensi menimbulkan bencana gempabumi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai literatur pendukung dalam mendisain tata ruang dan dasar pembangunan wilayah Kabupaten Bantul berbasis mitigasi bencana gempabumi.
3. Sebagai bahan masukan bagi peneliti dalam mengembangkan penelitian tentang patahan.

## 1.6 Penegasan Istilah

Pada penelitian ini untuk menghindari penafsiran yang berbeda terhadap beberapa istilah yang digunakan, maka diperlukan penegasan istilah sebagai berikut:

1. Resistivitas menyatakan sifat khas dari suatu bahan, yaitu besarnya hambatan suatu bahan yang memiliki panjang dan luas penampang tertentu dengan satuan  $\Omega\text{m}$ . Resistivitas menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan listrik.
2. Geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Direct Current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah (Surdaryo & Afifah, 2008:120).
3. Sesar adalah suatu rekahan (patahan) yang telah mengalami pergeseran sehingga terjadi perpindahan antara bagian-bagian yang berhadapan (Twiss & Moores, 1992:51).

## 1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi adalah ini sebagai berikut:

1. Bagian Awal Skripsi

Bagian ini berisi halaman judul, persetujuan pembimbing, halaman pengesahan, pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan daftar lampiran.

2. Bagian Isi Skripsi

Bagian ini terdiri dari lima bab yang meliputi:

a. Bab I Pendahuluan

Bab ini memuat alasan pemilihan judul yang melatarbelakangi masalah, perumusan masalah, penegasan istilah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah dan sistematika penulisan skripsi.

b. Bab II Landasan Teori

Bab ini berisi landasan teori yang mendasari penelitian.

c. Bab III Metode Penelitian

Bab ini berisi uraian tentang waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, alat penelitian, diagram alir penelitian, prosedur penelitian, metode analisis dan interpretasi data.

d. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi uraian tentang hasil penelitian dan pembahasan.

e. Bab V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran sebagai implikasi dari hasil penelitian.

3. Bagian Akhir Skripsi

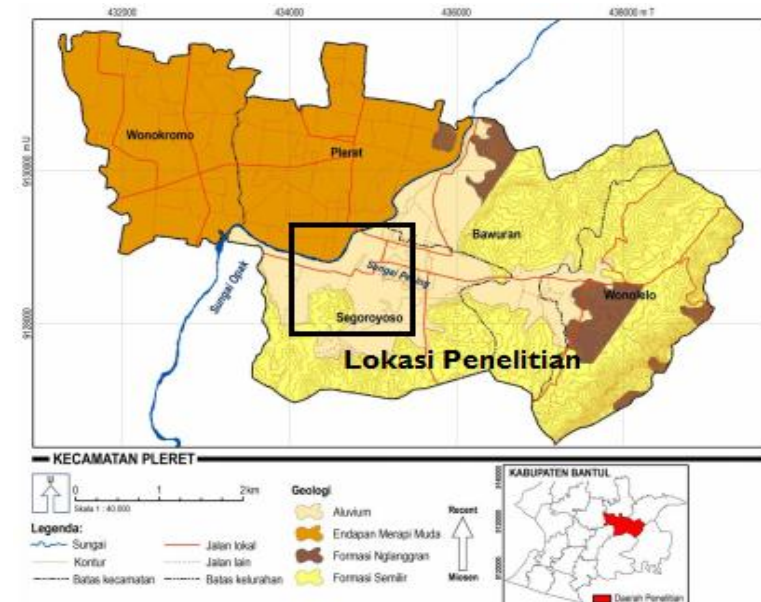
Bagian ini berisi daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Geologi Daerah Sekitar

Penelitian dilakukan di Kecamatan Pleret yang secara administratif terletak di Kabupaten Bantul. Dari aspek geologi, lokasi penelitian terdiri dari formasi semilir ( $T_{mse}$ ) yang tersusun oleh perselingan batuan antara breksi tuf, breksi batuapung, tuf dasit dan tuf andesit serta batu lempung tufan, endapan aluvial ( $Q_a$ ) yang berasal dari endapan vulkanik Gunungapi Merapi Muda yang membentuk dataran fluvial, material penyusun terdiri atas pasir, kerikil, dan tuf yang berumur kuartar yang terdapat di sekitar muara sungai Pesing oleh pengaruh endapan sungai Opak serta endapan gunungapi Merapi muda ( $Q_{mi}$ ), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.

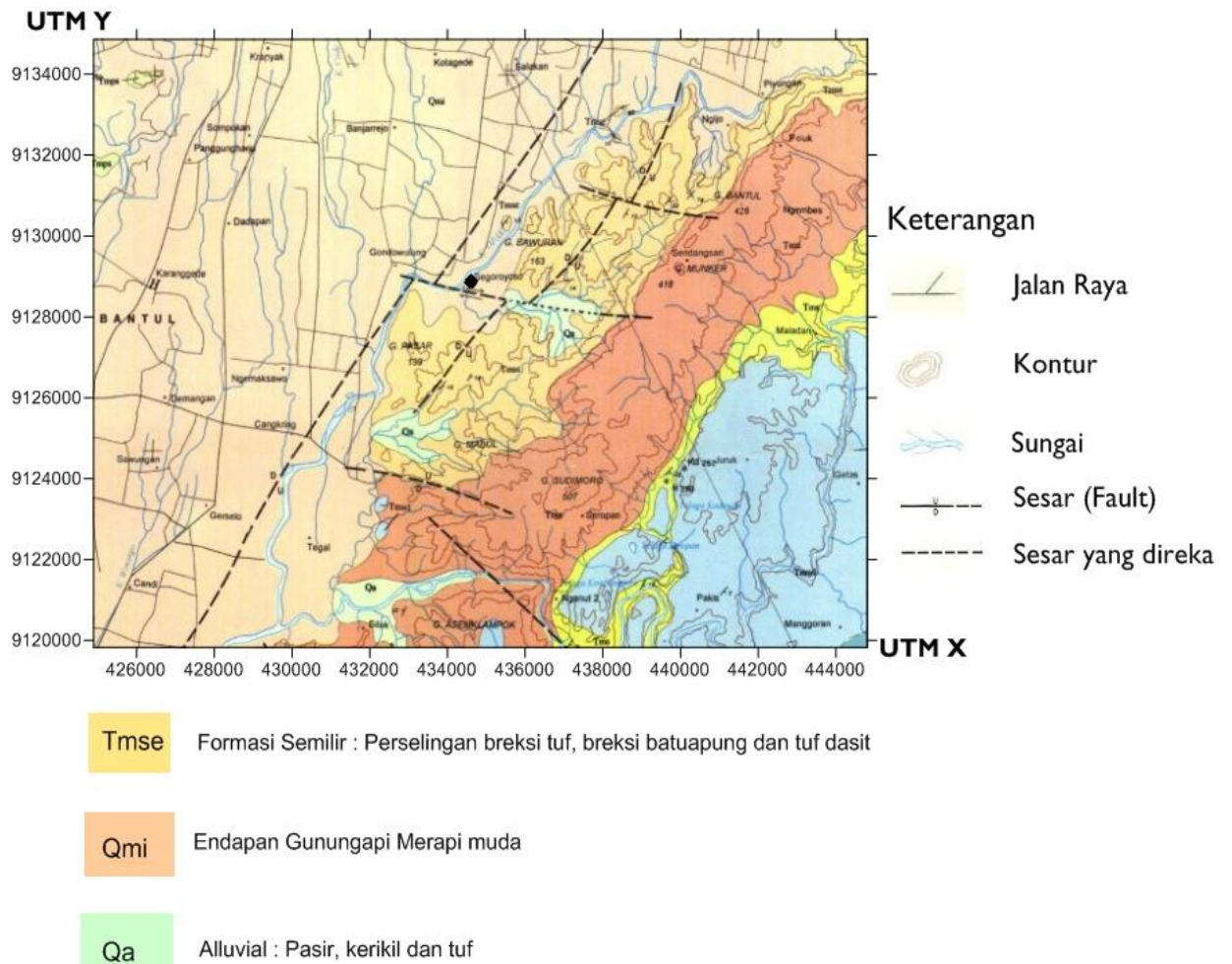


Gambar 2.1 Peta Geologi Kecamatan Pleret



Secara umum batuan-batuan penyusun formasi-formasi tersebut di atas mempunyai kedudukan miring ke arah selatan. Sedangkan struktur geologi utama berupa sesar Opak yaitu sesar turun yang merupakan reaktifasi dari sesar mendatar yang telah ada lebih dulu. Beberapa sesar lain yang terpetakan di dalam Peta Geologi Lembar Yogyakarta antara lain sesar mendatar yang melewati sebagian kali Oyo berarah relatif barat-timur (Nurwidyanto *et al.*, 2011:13).

Struktur geologi yang berkembang di daerah dataran Bantul-Klaten yang termasuk dalam daerah penelitian berupa patahan atau sesar mendatar yang dikenal sebagai sesar Opak yang berarah timur laut – barat daya kurang lebih  $U\ 235^{\circ}\ T/80^{\circ}$ , dimana blok timur relatif bergeser ke utara dan blok barat ke selatan. Lebar zona patahan diduga mencapai kurang lebih 2,5 km. Patahan lainnya yang berarah barat laut-tenggara berkedudukan kurang lebih  $U\ 325^{\circ}\ T/70^{\circ}$ , yang menuju ke arah Gantiwarno, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pengamatan lapangan zona patahan menunjukkan bahwa pada patahan aktif Opak ini secara semi detail telah memberikan gambaran bahwa zona patahan tersebut dicirikan oleh segmen-segmen yang lebih kecil dengan ukuran bervariasi mulai beberapa cm hingga beberapa puluh meter (Soebowo *et al.*, 2007:56). Peta geologi daerah penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 2.2 berikut.



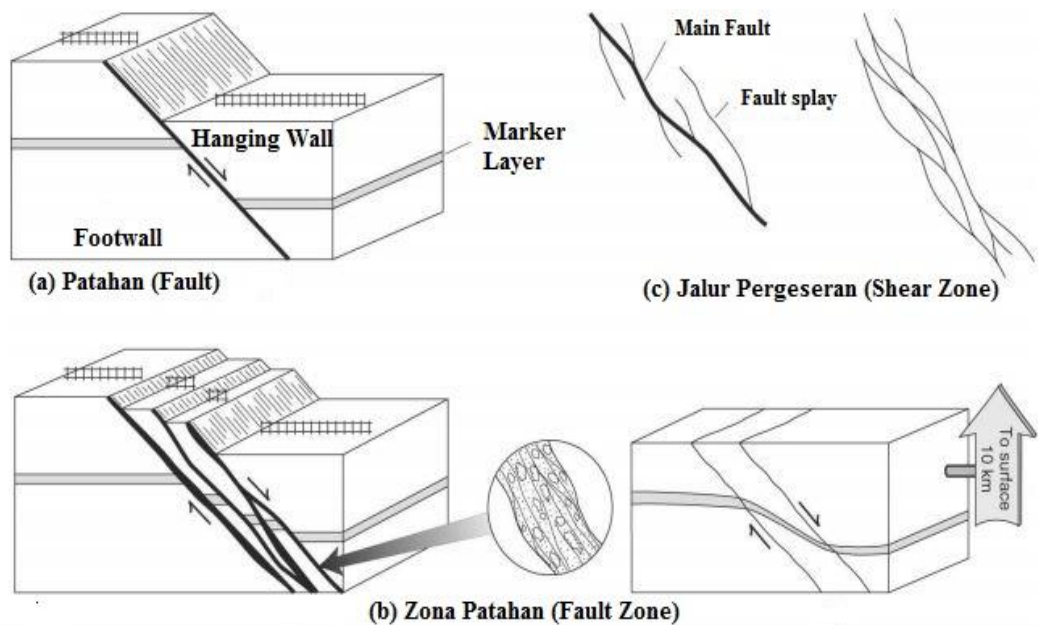
Gambar 2.2 Peta geologi daerah penelitian (Rahardjo & Rosidi, 1995)

## 2.2 Sesar

### 2.2.1 Definisi Sesar

Sesar adalah rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran melalui bidang rekahnya. Suatu sesar dapat berupa bidang sesar (*Fault Plane*), atau rekahan tunggal. Tetapi lebih sering berupa jalur sesar (*Fault Zone*), yang terdiri dari lebih dari satu sesar. Jalur sesar atau gerusan (*shear*), mempunyai dimensi panjang dan lebar yang beragam, dari skala minor atau sampai

puluhan kilometer, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 (Twiss & Moores, 1992:51).



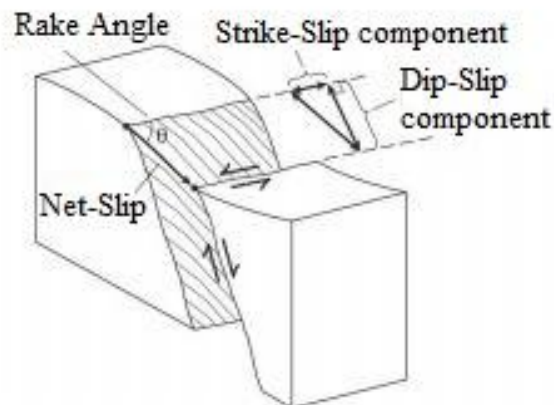
Gambar 2.3 Morfologi Sesar (a) *Fault* (b) *Fault Zone* (c) *Shear Zone* (van der Pluijm, 2004:3)

Sesar (*fault*) adalah satu bentuk rekahan pada lapisan batuan bumi yang menyebabkan satu blok batuan bergerak relatif terhadap blok yang lain. Pergerakan bisa relatif turun, relatif naik, ataupun bergerak relatif mendatar terhadap blok yang lain. Pergerakan yang tiba-tiba dari suatu patahan atau sesar bisa mengakibatkan gempa bumi.

Unsur geometri sesar (seperti pada Gambar 2.4) dapat dibagi menjadi beberapa komponen yaitu:

1. Bidang sesar adalah bidang rekahan tempat terjadinya pergeseran, yang kedudukannya dinyatakan dengan jurus dan kemiringan.
2. Hanging wall adalah bagian terpatahkan yang berada di atas bidang sesar
3. Foot wall adalah Bagian terpatahkan yang berada di bawah bidang sesar

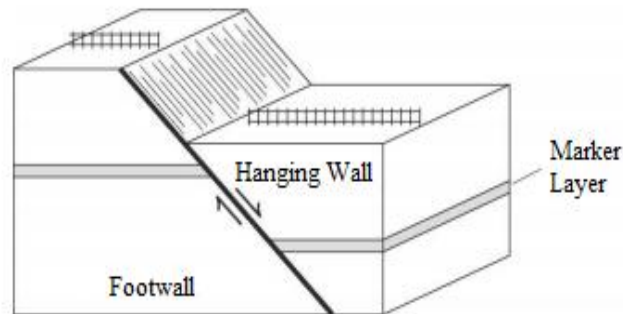
4. Throw adalah besaran pergeseran vertikal pada sesar
5. Heave adalah besaran pergeseran horisontal pada sesar
6. Slip adalah pergeseran relatif sebenarnya
7. Separation adalah pergeseran relatif semu
8. Jurus Sesar (*Strike of Fault*) adalah arah garis perpotongan bidang sesar dengan bidang horisontal dan biasanya diukur dari arah utara.
9. Kemiringan Sesar (*Dip of Fault*) adalah sudut yang dibentuk antara bidang sesar dengan bidang horisontal, diukur tegak lurus *strike*.
10. *Net slip* adalah pergeseran relatif suatu titik yang semula berimpit pada bidang sesar akibat adanya sesar.
11. *Rake* adalah sudut yang dibentuk oleh *net slip* dengan *strike slip* (pergeseran horisontal searah jurus) pada bidang sesar.



Gambar 2.4 Komponen geometri pada bidang sesar (van der Pluijm, 2004:6)

Dalam penjelasan sesar, digunakan istilah *hanging wall* dan *foot wall* sebagai penunjuk bagian blok badan sesar. *Hanging wall* merupakan bagian

tubuh batuan yang relatif berada di atas bidang sesar. *Foot wall* merupakan bagian batuan yang relatif berada di bawah bidang sesar (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 *Hanging wall* dan *foot wall* (van der Pluijm, 2004:3)

### 2.2.2 Ciri – Ciri Sesar

Secara garis besar, sesar dibagi menjadi dua, yaitu sesar tampak dan sesar buta (*blind fault*). Sesar yang tampak adalah sesar yang mencapai permukaan bumi sedangkan sesar buta adalah sesar yang terjadi di bawah permukaan bumi dan tertutupi oleh lapisan seperti lapisan deposisi sedimen. Pengenalan sesar di lapangan biasanya cukup sulit. Beberapa kenampakan yang dapat digunakan sebagai penunjuk adanya sesar antara lain:

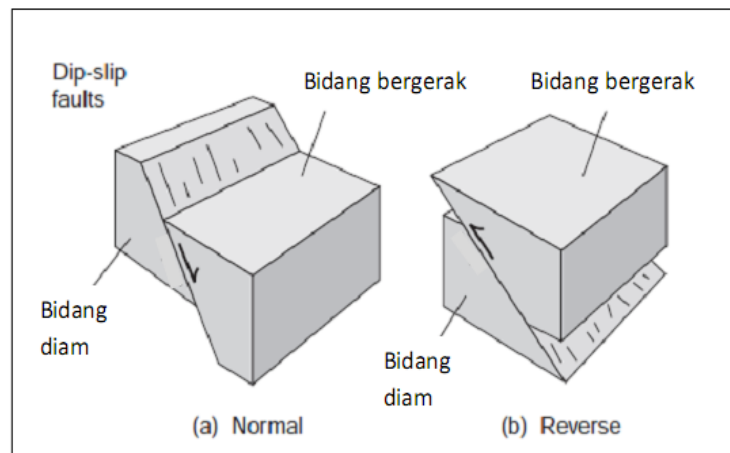
- a. Adanya struktur yang tidak menerus (lapisan terpotong dengan tiba-tiba).
- b. Adanya perulangan lapisan atau hilangnya lapisan batuan.
- c. Kenampakan khas pada bidang sesar, seperti cermin sesar, gores garis.
- d. Kenampakan khas pada zona sesar, seperti seretan (*drag*), breksi sesar, *horses*, atau *lices*, milonit.
- e. silisifikasi dan mineralisasi sepanjang zona sesar
- f. Perbedaan fasies sedimen

- g. petunjuk fisiografi, seperti gawir (*scarp*), *scarplets* ( *piedmont scarp*), *triangular facet*, pembelokan sungai dan terpotongnya bagian depan rangkaian pegunungan struktural.

### 2.2.3 Klasifikasi Sesar

Ketika pergerakan patahan terjadi, satu bidang patahan bergeser relatif terhadap bidang lainnya. Pergeseran tersebut dapat digambarkan dengan menentukan vektor *net-slip* yang menghubungkan dua titik berpasangan yang berada pada bidang berlawanan setelah terjadi patahan. Untuk menentukan vektor *net-slip*, harus diketahui besar dan arahnya, serta tipe pergeseran. Tipe pergeseran mendefinisikan perpindahan relatif suatu bidang patahan terhadap bidang lainnya, salah satu bidang bergerak ke atas atau ke bawah terhadap bidang lainnya, dan (atau) ke arah kanan atau kiri bidang lainnya. Jika vektor *net-slip* sejajar dengan arah dip, patahan disebut *dip-slip fault*. Jika vektor *net-slip* sejajar dengan arah strike, patahan disebut *strike-slip fault*. Jika vektor *net-slip* tidak sejajar dengan arah dip maupun strike, patahan disebut *oblique-slip fault* (van der Pluijm & Marshak, 1955:169-170).

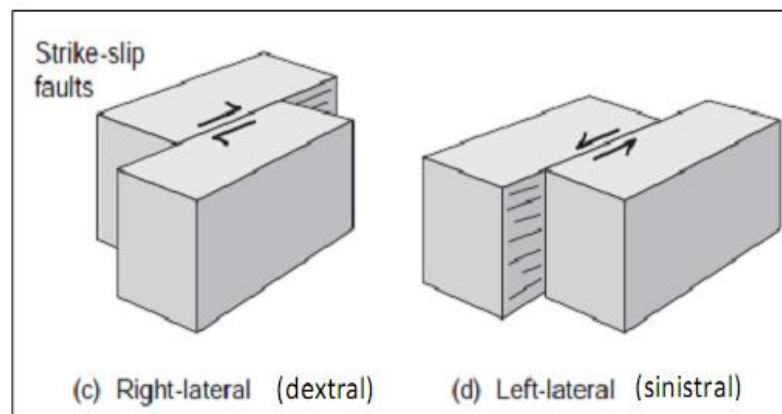
*Dip-slip fault* dapat diklasifikasikan menjadi: (1) *normal fault*, yaitu jika batuan yang berada di atas bidang patahan bergerak relatif turun terhadap batuan di bawah bidang patahan, (2) *reverse fault*, yaitu jika batuan yang berada di atas bidang patahan bergerak relatif naik terhadap batuan di bawah bidang patahan. Tipe-tipe *dip slip fault* ditunjukkan pada Gambar 2.6 (van der Pluijm, 2004:4).



Gambar 2.6 *Dip-slip fault* (van der Pluijm, 2004:4)

Sesar naik (*reverse fault*) untuk sesar naik ini bagian *hanging wall*-nya relatif bergerak naik terhadap bagian *foot wall*. Salah satu ciri sesar naik adalah sudut kemiringan dari sesar itu termasuk kecil, berbeda dengan sesar turun yang punya sudut kemiringan bisa mendekati vertikal.

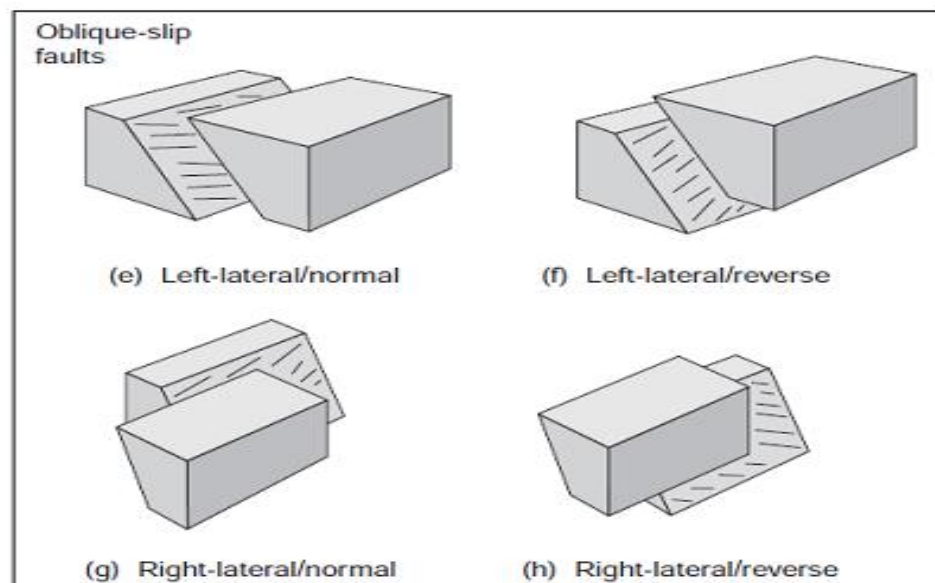
*Strike-slip fault* dapat diklasifikasikan menjadi: (1) *right-lateral (dextral)*, jika bidang pada sisi berseberangan bergerak relatif ke kanan pengamat, (2) *left-lateral (sinistral)*, jika bidang pada sisi berseberangan bergerak relatif ke kiri pengamat. Tipe-tipe *strike-slip fault* ditunjukkan pada Gambar 2.7 (van der Pluijm, 2004:4).



Gambar 2.7 *Strike-slip fault* (Van der Pluijm, 2004:4)

Sesar mendatar (*Strike slip fault / Transcurrent fault / Wrench fault*) adalah sesar yang pembentukannya dipengaruhi oleh tegasan kompresi. Posisi tegasan utama pembentuk sesar ini adalah horizontal, sama dengan posisi tegasan minimumnya, sedangkan posisi tegasan menengah adalah vertikal. Umumnya bidang sesar mendatar digambarkan sebagai bidang vertikal, sehingga istilah *hanging wall* dan *foot wall* tidak lazim digunakan di dalam sistem sesar ini. Berdasarkan gerak relatifnya, sesar ini dibedakan menjadi sinistral (mengiri) dan dekstral (menganan).

Sedangkan *oblique-slip fault* memiliki tipe gabungan dari kedua jenis patahan (*dip-slip fault* dan *strike-slip fault*), yaitu: (1) *leftlateral/normal*, (2) *left-lateral/reverse*, (3) *right-lateral/normal*, dan (4) *right-lateral/reverse*. Tipe-tipe *oblique-slip fault* ditunjukkan pada Gambar 2.8 (van der Pluijm, 2004:4).



Gambar 2.8 *Oblique-slip fault* (van der Pluijm, 2004:4)



## 2.3 Tinjauan Geofisika

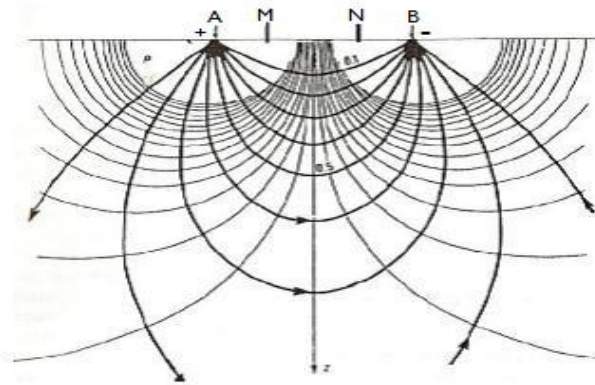
### 2.3.1 Geolistrik Tahanan Jenis

Penyelidikan geolistrik dilakukan atas dasar sifat fisika batuan terhadap arus listrik, dimana setiap jenis batuan yang berbeda akan mempunyai harga tahanan jenis yang berbeda pula. Hal ini tergantung pada beberapa faktor, diantaranya umur batuan, kandungan elektrolit, kepadatan batuan, jumlah mineral yang dikandungnya, porositas, permeabilitas dan sebagainya.

Geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Direct Current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan dua buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Sedangkan dua elektroda potensial yang berada di dalam konfigurasi digunakan untuk mengukur beda potensialnya (Sudaryo & Afifah, 2008:120).

Dengan adanya aliran arus listrik tersebut akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang ada di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung melalui dua buah elektroda tegangan M dan N dimana jaraknya lebih pendek dari pada jarak elektroda AB. Ketika jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka akan menyebabkan tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah

sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih dalam, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Garis arus listrik dan medan potensial yang timbul karena adanya dua sumber arus (Reynolds, 1997)

Asumsinya bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak AB atau lebih dikenal dengan  $AB/2$ , sehingga dapat diperkirakan pengaruh dari injeksi aliran arus listrik ini akan berbentuk setengah bola dengan jari-jari bola  $AB/2$ .

Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus dan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Dalam penelitian ini dikhususkan pada metode geolistrik tahanan jenis.

Umumnya metode resistivitas ini hanya baik untuk eksplorasi dangkal, yaitu sekitar 100 meter. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan karena melemahnya arus listrik untuk jarak bentang yang semakin besar. Karena itu,

metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi dalam, sebagai contoh eksplorasi minyak. Metode resistivitas lebih banyak digunakan dalam bidang *engineering geology* (seperti penentuan kedalaman batuan dasar), pencarian reservoir air, pendeteksian intrusi air laut, dan pencarian ladang geothermal. Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda potensial dan arus, dikenal beberapa jenis metoda resistivitas tahanan jenis, antara lain: Metoda *Schlumberger*, Metode *Wenner*, dan Metoda *Dipole Sounding*.

Menurut Waspodo, sebagaimana dikutip oleh Nurhidayah (2011:14), berdasarkan tujuannya, cara pengukuran resistivitas terdiri dari dua yaitu:

1. Metode Resistivitas *Sounding* (Pendugaan secara Vertikal)

Metode ini bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan secara vertikal. Pada prakteknya, spasi elektroda (arus dan potensial) diperbesar secara bertahap sesuai dengan konfigurasi elektroda yang digunakan. Semakin panjang bentangan jarak elektrodanya, maka semakin dalam pula batuan yang dapat dideteksi, walaupun masih dalam batas-batas tertentu.

2. Metode Resistivitas *Mapping* (Pendugaan secara Horizontal)

Metode ini bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan secara horizontal. Pada prakteknya, spasi elektroda (arus dan potensial) dibuat sama untuk semua titik di permukaan bumi. Hasil dari pengukuran ini biasa dijadikan sebagai peta kontur berupa sebaran nilai resistivitasnya.

### 2.3.2 Sifat – Sifat Kelistrikan Batuan

Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolit, dan

konduksi secara dielektrik, besarnya dipengaruhi oleh porositas batuan dan juga dipengaruhi oleh jumlah air yang terperangkap dalam pori-pori batuan (Telford *et al.*, 1990: 445-447).

#### **2.3.2.1 Konduksi Elektronik**

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya. Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri.

#### **2.3.2.2 Konduksi Elektrolitik**

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi, tetapi pada kenyataannya batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Akibatnya batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, dimana 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.

Menurut persamaan Archie:

$$\rho_e = a\varphi^{-m}S^{-n}\rho_w \quad (2.1)$$

Dimana  $\rho_e$  adalah resistivitas batuan (ohmmeter),  $\varphi$  adalah porositas,  $S$  adalah fraksi pori-pori yang berisi air, dan  $\rho_w$  adalah resistivitas air, sedangkan  $a$ ,  $m$  dan  $n$  adalah konstanta. Umumnya,  $0.5 \leq a \leq 2.5$ ,  $1.3 \leq m \leq 2.5$ , dan  $n \approx 2$ , untuk nilai  $n$  yang sama (Lowrie, 2007:256).

### 2.3.2.3 Konduksi Dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini tergantung pada konduksi dielektrik masing-masing batuan yang bersangkutan (Damayanti, 2013:21).

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral digolongkan menjadi tiga macam (Telford *et al.*, 1990:450), yaitu:

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

### 2.3.3 Rumus – Rumus Dasar Listrik

Dalam metode geolistrik untuk mendeteksi batuan penyusun di suatu daerah berdasarkan sifat kelistrikan batuan penyusunnya, definisi-definisi yang sering digunakan adalah:

1. Resistansi  $R = V/I$  dalam  $\Omega$
2. Resistivitas  $\rho = E/J$  dalam  $\Omega\text{m}$
3. Konduktivitas  $\sigma = 1/\rho$  dalam  $(\Omega\text{m})^{-1}$

dengan

$V$  : beda potensial 2 buah titik (volt)

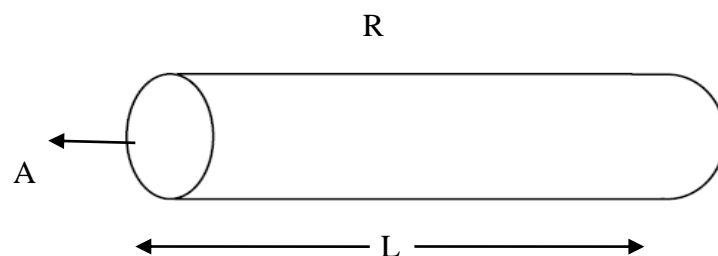
$I$  : besar arus listrik yang mengalir (ampere)

$E$  : medan listrik (volt/meter)

$J$  : rapat arus listrik (arus listrik persatuan luas)

Jika ditinjau suatu silinder dengan panjang  $L$ , luas penampang  $A$ , dan resistansi  $R$ , maka dapat dirumuskan dan digambarkan seperti gambar 2.10 berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$



Gambar 2.10 Silinder konduktor (Telford *et al.*, 1990:448)

Dimana secara fisis rumus tersebut dapat diartikan jika panjang silinder konduktor ( $L$ ) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat, dan apabila diameter silinder konduktor diturunkan yang berarti luas penampang ( $A$ ) berkurang maka resistansi juga meningkat. Di mana  $\rho$  adalah resistivitas (tahanan jenis) dalam  $\Omega\text{m}$ .

Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi  $R$  dirumuskan:

$$V = I R \quad (2.3)$$

Sehingga didapatkan nilai resistivitas ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.4)$$

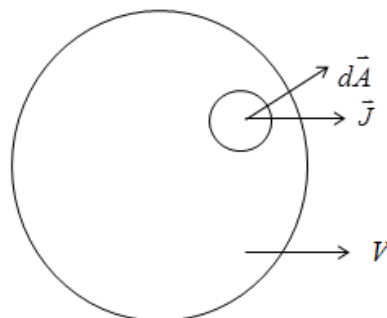
Namun banyak orang lebih sering menggunakan sifat konduktivitas ( $\sigma$ ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas ( $\rho$ ) dengan satuan mhos/m.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{VA} = \left(\frac{I}{A}\right) \left(\frac{L}{V}\right) = \frac{J}{E} \quad (2.5)$$

Di mana  $J$  adalah rapat arus (ampere/m<sup>2</sup>) dan  $E$  adalah medan listrik (volt/m).

#### 2.3.4 Aliran Listrik Di Dalam Bumi

Jika ditinjau suatu medium homogen isotropik yang dialiri arus listrik searah  $I$  (diberi medan listrik  $E$ ) seperti yang terlihat pada Gambar 2.11 di bawah ini:



Gambar 2.11 Medium homogen isotropis dialiri arus listrik

Dimana  $dA$  adalah elemen luasan permukaan dan  $J$  adalah rapat arus listrik dalam ampere/meter<sup>2</sup>, maka besarnya elemen arus listrik  $dI$  yang melalui elemen permukaan tersebut adalah:

$$dI = \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (2.6)$$

Sesuai dengan hukum Ohm, rapat arus  $\vec{J}$  dan medan listrik  $\vec{E}$  yang ditimbulkannya yaitu:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (2.7)$$

Medan listrik merupakan gradien potensial ( $V$ ):

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V \quad (2.8)$$

maka:

$$\vec{J} = -\sigma \vec{\nabla}V \quad (2.9)$$

Jika diasumsikan muatannya tetap, berarti tidak ada arus yang keluar atau arus yang masuk dalam suatu volume tertutup dengan luas permukaan  $dA$  maka dapat ditulis

$$\int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.10)$$

Menurut teorema Gauss, divergensi arus yang keluar dari volume yang disamakan dengan luas permukaan  $A$  adalah sama dengan jumlah total muatan yang terdapat di permukaan  $A$  sehingga berlaku:

$$\int_0^\infty (\vec{\nabla} \cdot \vec{J}) dV_{vol} = 0 \quad (2.11)$$

Sehingga diperoleh hukum Kekekalan Muatan:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla}(\sigma V) = 0 \quad (2.12)$$

$$-\sigma \vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla}V = -\sigma \vec{\nabla}^2 V = 0 \quad (2.13)$$



Karena konduktivitas listrik medium ( $\sigma$ ) bernilai konstan sehingga diperoleh bentuk persamaan *Laplace* untuk potensial yaitu:

$$\vec{\nabla}^2 V = 0 \quad (2.14)$$

Persamaan diferensial *Laplace* yang digunakan berupa persamaan untuk koordinat bola karena medan equipotensial dalam bumi berupa simetri bola.

Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (2.15)$$

Dengan mengasumsikan bumi homogen isotropis dan simetri bola, maka potensial  $V$  merupakan fungsi  $r$  saja ( $V = V(r)$ ), akibatnya solusi umum persamaan *Laplace* dalam sistem koordinat bola adalah:

$$\vec{\nabla}^2 V = \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (2.16)$$

Integrasi dua kali berturut-turut terhadap persamaan 2.16 menghasilkan:

$$r^2 \frac{dV}{dr} = 0 \quad (2.17)$$

$$r^2 \frac{dV}{dr} = C_1 \quad (2.18)$$

$$\frac{dV}{dr} = \frac{C_1}{r^2} \quad (2.19)$$

$$dV = \frac{C_1}{r^2} dr \quad (2.20)$$

$$\int dV = \int \frac{C_1}{r^2} dr \quad (2.21)$$

$$V(r) = \int \frac{C_1}{r^2} dr \quad (2.22)$$

$$V(r) = -\frac{C_1}{r} + C_2 \quad (2.23)$$

dengan  $C_1$  dan  $C_2$  adalah konstanta.

Bila diterapkan syarat batas untuk potensial yaitu pada jarak  $r = \infty$ , maka potensial di tempat itu adalah nol, sehingga diperoleh  $C_2 = 0$  membuat persamaan (2.23) menjadi:

$$V = -\frac{C_1}{r} \quad (2.24)$$

### 2.3.5 Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi

Permukaan yang dilalui arus  $I$  adalah permukaan setengah bola dengan luas  $2\pi r^2$  seperti gambar 2.12, sehingga:

$$J = \sigma E \quad (2.25)$$

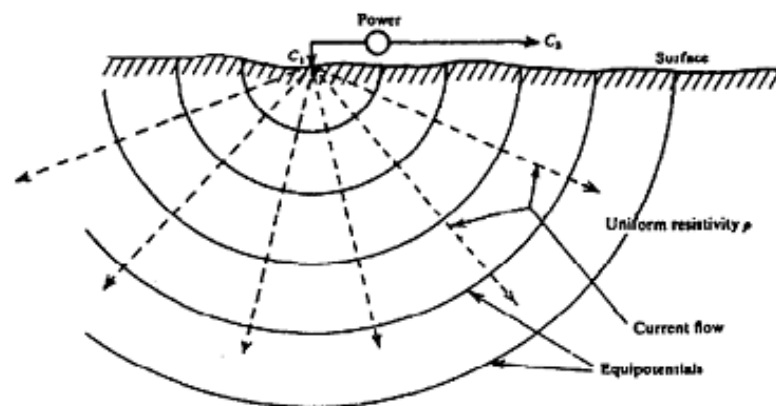
$$\frac{I}{A} = \frac{I}{\rho} \frac{V}{r} \quad (2.26)$$

$$\frac{I}{2\pi r^2} = \frac{I}{\rho} \frac{V}{r} \quad (2.27)$$

$$V(r) = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.28)$$

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.29)$$

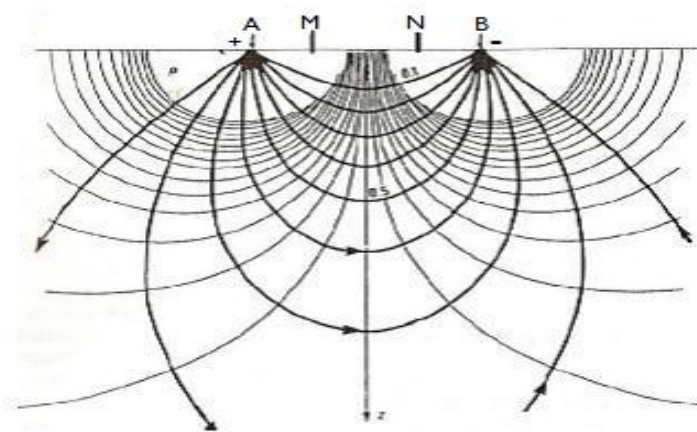
Potensial yang sama pada permukaan setengah bola di dalam tanah dapat ditunjukkan pada Gambar 2.12 berikut:



Gambar 2.12 Potensial di sekitar titik arus pada permukaan bumi (Telford *et al.*,1990:524)

### 2.3.6 Faktor Geometri

Besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap kedua elektroda arus disebut faktor geometri. Jika pada permukaan bumi diinjeksikan dua sumber arus yang berlawanan polaritasnya seperti pada Gambar 2.13, maka besarnya potensial disuatu titik M adalah:



Gambar 2.13 Permukaan equipotensial dan arah aliran arus listrik akibat dua sumber arus ( $I$  dan  $-I$ ) di permukaan bumi homogen (Reynold, 1997:425)

$$V_M = \frac{\rho I}{2\pi r_1} - \frac{\rho I}{2\pi r_2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.30)$$

dengan,

$r_1$ : Jarak dari titik M ke sumber arus positif

$r_2$ : Jarak dari titik M ke sumber arus negatif

$$V_N = \frac{\rho I}{2\pi r_3} - \frac{\rho I}{2\pi r_4} = \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.31)$$

dengan,

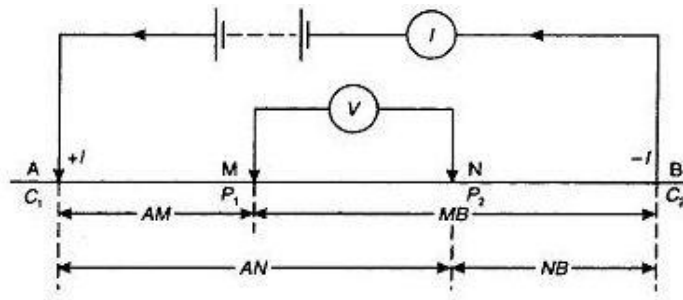
$r_3$ : Jarak dari titik N ke sumber arus negatif

$r_4$ : Jarak dari titik N ke sumber arus positif

Jika ada dua titik yaitu M dan N yang terletak di dalam bumi tersebut, maka besarnya beda potensial antara titik M dan titik N adalah:

$$\begin{aligned}
 V_{MN} &= V_M - V_N \\
 &= \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right\} - \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \\
 &= \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.32)
 \end{aligned}$$

Pada metode geolistrik, pengukuran potensial dilakukan dengan menggunakan dua buah elektroda potensial seperti pada Gambar 2.14 dibawah ini:



Gambar 2.14 Letak elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan bumi (Reynold, 1997:425)

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \quad (2.33)$$

sehingga

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)} \frac{\Delta V}{I} \\
 \rho &= K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.34)
 \end{aligned}$$

dengan

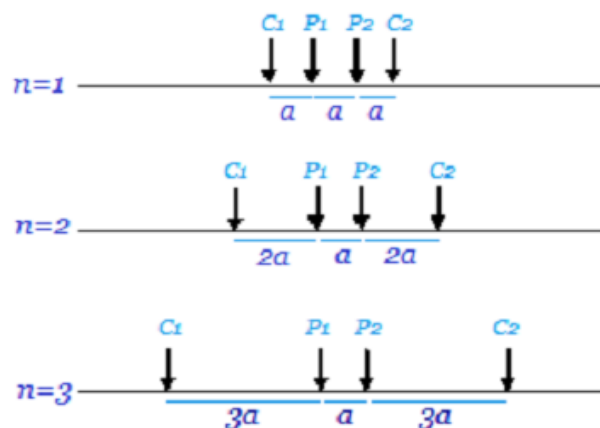
$$K = \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left( \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right)} \quad (2.35)$$

dengan  $K$  adalah faktor geometri.

### 2.3.7 Konfigurasi *Schlumberger*

Konfigurasi *Schlumberger* merupakan konfigurasi yang tersusun atas dua elektroda arus dan dua elektroda potensial. Elektrode arus diletakkan di bagian luar dan elektroda potensial diletakkan di bagian dalam, dan dengan jarak antar elektroda sebesar  $a$ . Pada konfigurasi ini nilai elektroda potensial  $MN <$  nilai elektroda arus  $AB$ . Pengukuran dilakukan dengan memindahkan elektroda arus ke arah luar. Metode ini tidak membutuhkan bentangan yang luas dan digunakan untuk pengambilan data sounding. Jarak antara elektroda AM dan NB sama ( $AM = NB$ ), sedangkan untuk jarak MN tetap.

Konfigurasi *Schlumberger* mendasarkan pengukuran kepada kontinuitas pengukuran dalam satu penampang dan hasilnya suatu penampang semu (*pseudosection*). Pengukuran ini dilakukan dengan membuat variasi posisi elektroda arus ( $AB$ ) dan elektroda potensial ( $MN$ ), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.15 Susunan elektroda konfigurasi *Schlumberger*

Dalam konfigurasi ini  $AM = MN = NB = a$ , maka faktor geometri Konfigurasi *Schlumberger* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
K_s &= \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \\
&= \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)} \\
&= \frac{2\pi}{\left[\frac{1}{a} + \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a}\right]} \\
&= \frac{2\pi}{\frac{2}{a} - \frac{2}{2a}} \\
&= \frac{2\pi}{\frac{2a - 2a}{2a}} = \frac{2\pi}{\frac{2a}{2a^2}} = \frac{2\pi}{\frac{1}{a}}
\end{aligned}$$

$$K_s = 2\pi a \quad (2.36)$$

sedangkan tahanan jenis pada konfigurasi *Schlumberger* adalah:

$$\rho = K_w \frac{\Delta V}{I} \quad (2.37)$$

dimana  $K_s = 2 \pi a$

dengan:

$\rho_s$ : Resistivitas semu ( $\Omega\text{m}$ )

$K_s$ : Faktor geometri

$A$ : Jarak elektroda (m)

$V$ : Besarnya beda potensial (volt)

$I$ : Besarnya arus (ampere)

Pada konfigurasi *Schlumberger* secara prinsip adalah mengubah jarak elektroda arusnya. Namun semakin jauh elektroda arus dari elektroda potensialnya maka potensial yang akan diterima oleh elektroda arus akan mengecil. Dengan hal ini maka dapat dilakukan penjagaan sensitifitas pengukuran. Modifikasi tersebut dilakukan dengan memperluas elektroda potensialnya. Dampak perubahan tersebut hanya berpengaruh terhadap kurva perhitungan yang akan *overlap*. Namun ini tidak akan berpengaruh terhadap kehomogenan dari resistivitas materialnya.

Kelemahan dari konfigurasi ini adalah pembacaan tegangan pada elektroda MN adalah lebih kecil terutama ketika jarak AB yang relatif jauh, sehingga diperlukan peralatan pengirim arus yang mempunyai tegangan listrik DC yang sangat tinggi. Sedangkan keunggulan konfigurasi *Schlumberger* adalah kemampuan untuk mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan.

### **2.3.8 Resistivitas**

#### **2.3.8.1 Resistivitas Batuan**

Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak. Pada mineral-mineral logam, harganya berkisar pada  $10^{-8}\Omega\text{m}$  hingga  $10^7\Omega\text{m}$ . Begitu juga pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan range resistivitas yang bervariasi pula. Range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari  $1,6 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$  (perak asli) hingga  $10^{16} \Omega\text{m}$  (belerang murni).

Resistivitas yang terukur pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida. Air tanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantarkan listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan dalam Tabel 2.1 (Telford *et al.*, 1990).

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Batuan (Telford *et al.*, 1990)

<b>Bahan</b>	<b>Resistivitas (<math>\Omega m</math>)</b>
Udara (dimuka bumi)	$2 \times 10^4 - 5 \times 10^5$
Air	
Distilasi	$2 \times 10^5$
Permukaan	30 s/d $3 \times 10^3$
Tambang	0.4 s/d $6 \times 10^2$
Laut	0.21
Tembaga	
Murni	$1.7 \times 10^{-8}$
Bijih	0.001
Mineral	
Kalsit	$5.5 \times 10^{13}$
Galena	$1 \times 10^{-5} - 2.5 \times 10^{-3}$
Magnetit	$8 \times 10^{-5} - 0.005$
Pirit	$2 \times 10^{-5}$ s/d $9 \times 10^{-2}$
Kwarsa	$4 \times 10^{10}$



<b>Bahan</b>	<b>Resistivitas (<math>\Omega m</math>)</b>
Batu garam	$10^2 - 10^5$
Belerang	$10^{12} - 10^{15}$
<b>Batuan</b>	
Granit	$3 \times 10^2$ s/d $3 \times 10^6$
Gabro	$10^3 - 10^6$
Gneis	$6.8 \times 10^4 - 10^6$
Batugamping	50 s/d $10^7$
Batupasir	1 s/d $10^3$
Serpil	20 s/d $2 \times 10^3$
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Alluvium dan pasir	10 – 800
Tufa	20 – 200
Lempung	3 – 20
Tanah	1 s/d $10^4$

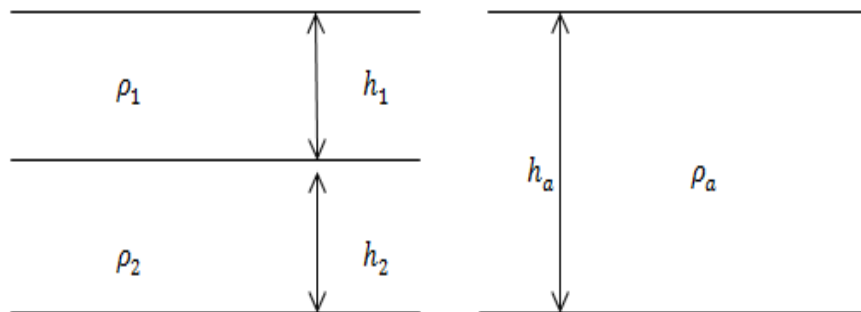
Harga tahanan jenis batuan tergantung macam-macam materialnya, densitas, porositas, ukuran dan bentuk pori-pori batuan, kandungan air, kualitas dan suhu, dengan demikian tidak ada kepastian harga tahanan. Jenis untuk setiap macam batuan pada akuifer yang terdiri atas material lepas mempunyai harga tahanan jenis yang berkurang apabila makin besar kandungan air tanahnya atau makin besar kandungan garamnya (misal air

asin). Mineral lempung bersifat menghantarkan arus listrik sehingga harga tahanan jenis akan kecil.

### 2.3.8.2 Resistivitas Semu

Dengan menganggap bumi bersifat homogen isotropik, resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda, namun pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan  $\rho$  yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut.

Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Perhatikan gambar 2.16 berikut ini:



Gambar 2.16 Konsep resistivitas semu

Anggapan medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapis dan mempunyai resistivitas berbeda ( $\rho_1$  dan  $\rho_2$ ). Dalam pengukuran medium ini dianggap medium satu lapis homogen yang memiliki satu harga resistivitas yaitu resistivitas semu ( $\rho_a$ ).

#### 2.4. *Res2DinV*

*Res2DinV* adalah program komputer yang secara otomatis menentukan model *resistivity* 2 dimensi (2D) untuk bawah permukaan dari data hasil survey geolistrik. Model 2D menggunakan program inversi dengan teknik optimasi *least-square* non linier dan *subroutine* dari permodelan maju digunakan untuk menghitung nilai resistivitas semu (Geotomo, 2008:1).

Data hasil survey geolistrik di simpan dalam bentuk file *\*.dat* dengan data dalam file tersebut tersusun dalam order sebagai berikut:

Line 1 – Nama tempat dari garis survey

Line 2 – Spasi elektroda terpendek

Line 3 – Tipe Pengukuran (*Wenner* = 1, *Pole-pole* = 2, *Dipole-dipole* = 3, *Pole-dipol* = 4, *Schlumberger* = 7)

Line 4 – Jumlah total datum point

Line 5 – Tipe dari lokasi x datum point. Masukkan 0 bila letak elektroda pertama diketahui. Gunakan 1 jika titik tengahnya diketahui.

Line 6 – Ketik 1 untuk data IP dan 0 untuk data resistivitas.

Line 7 – Posisisi x, spasi elektroda, (faktor pemisah elektroda (n) untuk *dipole-dipole*, *pole-pole*, dan *wenner-schlumberger*) dan harga resistivitas semu terukur pada datum point pertama.

Line 8 – Posisisi x, spasi elektroda dan resistivitas semu yang terukur untuk datum point kedua.

Dan seterusnya untuk datum point berikutnya. Setelah itu diakhiri dengan empat angka 0.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

##### 3.1.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan pengukuran secara langsung di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak di Desa Segoroyoso Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul Yogyakarta. Secara geografis Kecamatan Pleret terletak pada  $110^{\circ}24'44''$  BT dan  $07^{\circ}52'49''$  LS. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

Pengambilan data diawali dengan menentukan titik-titik pengukuran elektroda. Pengambilan data dilakukan pada tiga lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 75 m dan spasi elektroda 5 m. Lokasi pengambilan lintasan dipilih berdasarkan data pengamatan meliputi indikasi patahan yang ditandai dengan peristiwa pembelokan alur sungai, perbedaan kedudukan batuan antara sisi bagian yang belok dengan sisi sungai yang lain, dan rekahan sepanjang alur sungai setelah gempa tahun 2006. Lintasan A, B dan C sejajar berarah barat-timur untuk mengetahui kementerian sesar atau patahan. Lintasan A pada koordinat titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'22.6''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'50.6''\text{LS}$ , titik akhir (75 meter) berada pada koordinat  $7,88005^{\circ}\text{LS}$  dan  $110,40652^{\circ}\text{BT}$ . Lintasan B pada koordinat titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'24.1''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'51.2''\text{LS}$ , titik akhir (75 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'25.5''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'49.1''\text{LS}$ . Lintasan C pada koordinat titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'25.7''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'52.0''\text{LS}$ , titik akhir (75 meter) berada pada koordinat  $110^{\circ}24'27.4''\text{BT}$  dan  $07^{\circ}52'50.3''\text{LS}$ .

### **3.1.2 Waktu Penelitian**

Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 18-19 Oktober 2014 di sekitar DAS Opak Desa Segoroyoso Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul.

### **3.2 Peralatan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Resistivity Multi-Channel* seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alat *Resistivity Multi-Channel*



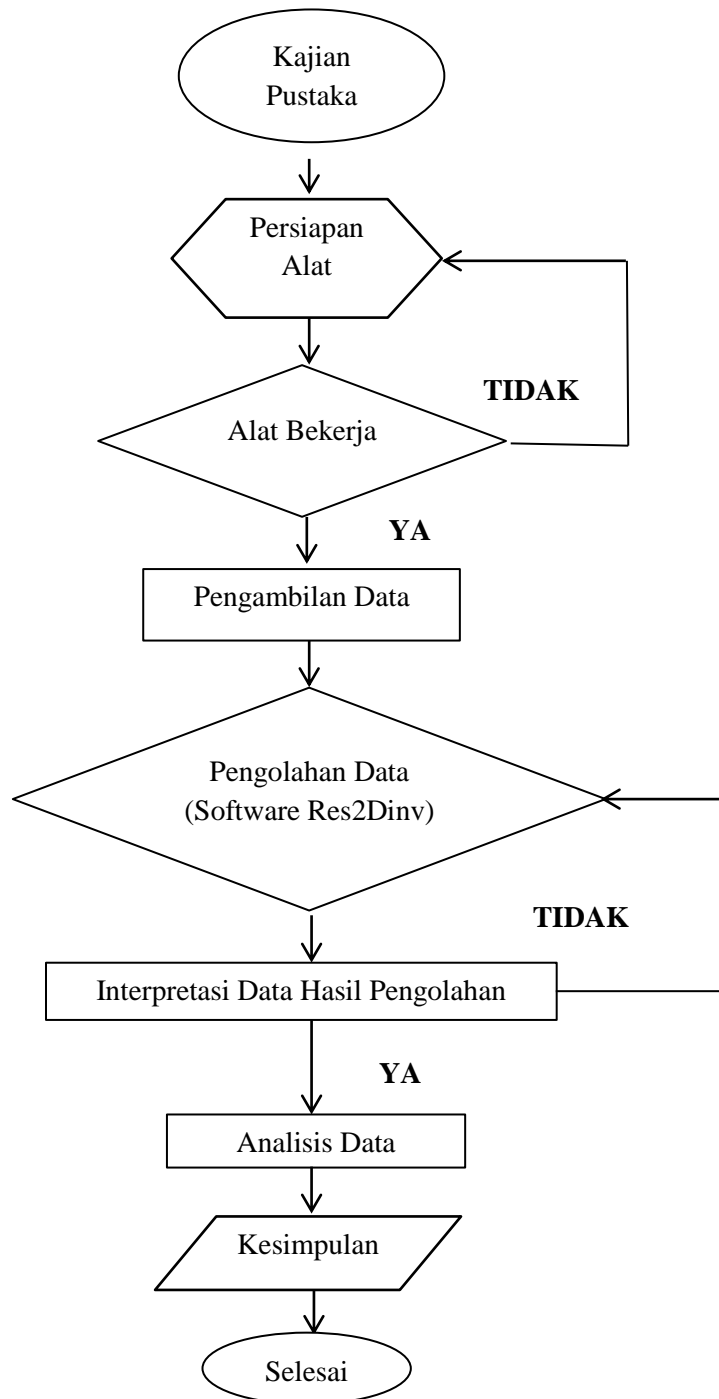
Gambar 3.3 *Global Positioning System (GPS)*

dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Resistivimeter *Multi Channel* merk *S-Field* gunanya untuk memberikan harga beda potensial ( $V$ ) dan kuat arus ( $I$ ).
2. Elektroda sejumlah 16 buah dan patok untuk mengetahui penempatan elektroda (elektroda potensial dan arus) yang akan dipasang.
3. Palu geologi digunakan untuk memukul elektroda potensial dan elektroda arus di permukaan tanah.
4. Aki (elemen kering) sebagai sumber arus.
5. Meteran digunakan untuk mengukur panjang lintasan yang akan diteliti.
6. Kabel listrik digunakan sebagai kabel penghubung.
7. Laptop untuk dihubungkan ke alat resistivimeter.
8. *Global Positioning System (GPS)* digunakan untuk mengetahui posisi titik ukur.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Adapun prosedur pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir seperti pada Gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4 Diagram alir pelaksanaan penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

Dari beberapa konfigurasi geolistrik metode tahanan jenis yang ada, dalam penelitian ini akan digunakan konfigurasi *Schlumberger*. Pada konfigurasi *Schlumberger* ini elektroda-elektroda potensial diam pada suatu spasi tertentu. Sedangkan elektroda-elektroda arus digerakkan secara simetri keluar dalam langkah-langkah tertentu dan sama.

Lebar jarak AB menentukan jangkauan geolistrik ke dalam tanah. Ketika perbandingan jarak antara elektroda arus dengan elektroda potensial terlalu besar, elektroda harus digeser, jika tidak maka beda potensial yang terukur akan sangat kecil (Alile *et al.*, 2007). Data yang diperlukan untuk pengukuran resistivitas meliputi:

- a. Jarak antar dua elektroda arus (AB)

Jarak ini diubah-ubah untuk memperoleh gambaran tiap-tiap lapisan. (juga bergantung pada besarnya arus yang diinjeksikan). Jarak AB biasanya dituliskan dalam  $AB/2$ .

- b. Jarak antara dua elektroda potensial (MN).
- c. Arus listrik ( $I$ ) yang diinjeksikan ke dalam pasir.
- d. Beda potensial ( $\Delta V$ ) antara kedua elektroda potensial.

### 3.5 Teknik Pengambilan Data

Pengukuran dilaksanakan di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Opak untuk mengetahui keberadaan patahan bawah permukaan. Teknik pengukuran didasarkan pada *stacking chart* yang telah di buat seperti kondisi lapangan seperti gambar di atas.



Beberapa hal tahapan akuisisi yang dilakukan adalah:

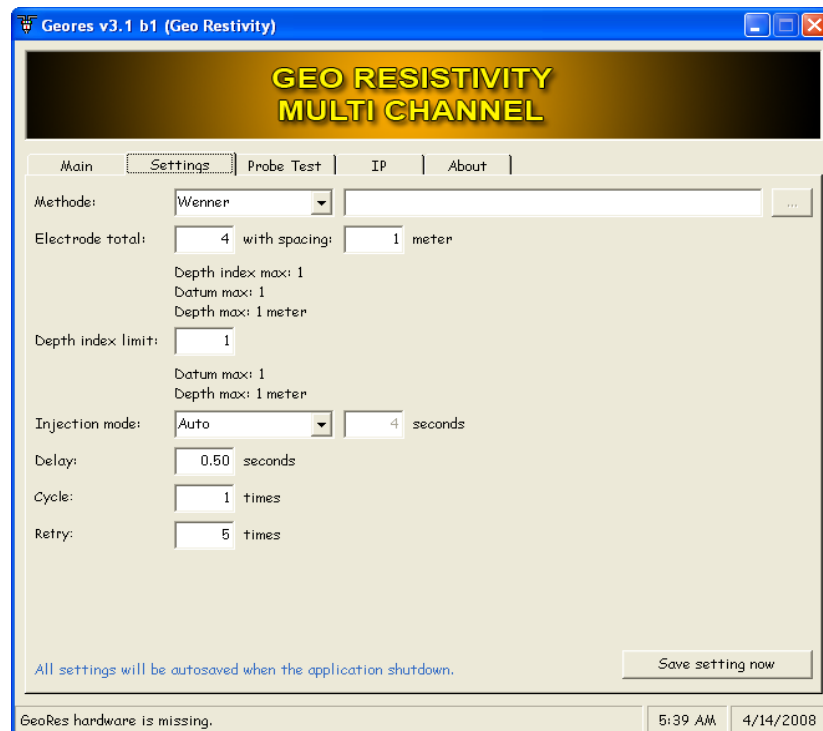
1. Memasang 16 elektroda pada setiap lintasan pengukuran agar lebih mudah di pengaturan bentangan elektroda dengan panjang lintasan 75 m.
2. Mengatur bentangan elektroda masing-masing berjarak 5 meter.
3. Kabel penghubung elektroda pertama hingga elektroda ke delapan dimasukkan pada lubang alat *resistivity multi channel* yang bertuliskan angka 1-8.
4. Kabel penghubung elektroda ke sembilan hingga elektroda ke enam belas dimasukkan pada lubang alat *resistivity multi channel* yang bertuliskan angka 9-16.
5. Sisa lubang dipergunakan untuk kabel penghubung dengan sumber arus atau aki dan kabel penghubung alat *resistivity multi channel* dengan USB agar terkoneksi dengan laptop.



Gambar 3.5 Alat *resistivity multi-channel*

6. Membuka software *GeoRes-Multi channel* pada laptop. Dengan software tersebut monitoring di bawah permukaan tanah dapat

otomatis terbaca dengan menggunakan bantuan software *Resistivity 2* Dimensi.



Gambar 3.6 Program *GeoRes* yang dijalankan langsung di lapangan

7. Memilih *resistivity* setelah itu memilih direktori untuk menyimpan data yang dihasilkan dari pengukuran lalu mengklik *start*. Dengan software tersebut monitoring di bawah permukaan tanah dapat otomatis terbaca.
8. Data hasil pengukuran disimpan pada direktori yang sudah dipilih sebelum memulai pengukuran.
9. Mengulangi prosedur pada poin a sampai g untuk lintasan berikutnya.
10. Data yang diperoleh berupa arus, beda potensial, resistivitas.

Langkah selanjutnya adalah melakukan inversi dengan menggunakan *software Res2Dinv* yang nantinya akan menggambarkan penampang bawah permukaan di setiap lintasan, dari penampang tersebut dapat diinterpretasikan adanya struktur sesar atau patahan.

### **3.6 Pengolahan Data**

Dalam pengolahan data menggunakan *Res2Dinv*, pertama yang dilakukan adalah membuka program tersebut, setelah itu pilih menu file kemudian pilih read data file yang fungsinya menginput data yang telah diperoleh dalam pengukuran menggunakan *GeoRes Multi-Channel* dengan nama format *\*.dat* lalu pilih oke dan pilih menu inversion setelah itu least squares inversion guna memilih file dalam bentuk *Microsoft Excel* yang akan diketahui hasil inversi pengolahannya. Pilih menu save agar opsi-opsi yang telah diatur dapat tersimpan, maka muncul gambar penampang hasil kalkulasi dan inversi data dengan pengolahan *Res2Dinv*. Kemudian terdapat pengaturan iterasi yang dapat diubah sesuai keinginan, iterasi berfungsi untuk mengurangi error yang terjadi.

### 3.6.1 Interpretasi data resistivitas 2 dimensi (*Res2Dinv*)

Setelah dilakukan akuisisi data di lapangan maka didapatkan hasil data tentang resistivitas dari tiap-tiap titik, kemudian data tersebut dikalikan dengan faktor geometri untuk mendapatkan harga resistivitas semu ( $\rho$ ) yang akan digunakan dalam membuat kontur dengan menghubungkan tiap-tiap nilai  $\rho$  tersebut.

Dalam tahap pengolahan data ini dilakukan dengan komputer dengan menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv*. Perangkat lunak ini mengolah data yang didapatkan dari akuisisi lapangan. Pemodelan 2-D dilakukan dengan menggunakan program inversi. Program inversi ini menggambarkan dan membagi keadaan bawah permukaan dalam bentuk penampang 2-D. Program inversi ini juga menentukan harga resistivitas semu terukur dan terhitung. Metode inversi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuadrat terkecil (*least square*).

### 3.6.2 Interpretasi data *software Surfer 10.0*

Pada tahapan ini pembuatan berbagai macam peta kontur atau model spasial 3 Dimensi. Hasil inversi *Res2Dinv* disimpan dalam bentuk data tabular XYZ. Setelah itu menggunakan *Surfer 10.0* untuk melakukan plotting data tabular XYZ tak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (*grid*) yang beraturan. Dari perbedaan nilai resistivitas ini dapat digunakan untuk menentukan indikasi patahan serta dapat menampilkan satu kontur mewakili kedalaman tertentu.

### 3.6.2 Interpretasi data *software Rockwork 15*

Dalam melakukan analisis dan interpretasi data dilakukan dengan komputer menggunakan *Res2dinv ver. 3.56*. Dimana *software* ini merupakan program yang dibuat untuk menghitung serta menggambarkan harga resistivitas dari hasil perhitungan di lapangan. *Res3Dinv*, dan *RockWork 15* digunakan untuk menggabungkan data dan menampilkannya dalam bentuk 3D. Interpretasi data dilakukan dengan membaca dan mengevaluasi penampang berdasarkan nilai  $\rho$  dan  $h$  yang diperoleh, informasi geologi, serta semua informasi yang ada pada saat survei. Dengan menggabungkan informasi-informasi tersebut, maka dapat diinterpretasikan lapisan-lapisan yang terekam.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN


















#### 4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi *Schlumberger*. Data yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan secara real di lapangan adalah berupa kuat arus listrik ( $I$ ) dan beda potensial ( $V$ ) dari setiap lintasan pengukuran yang kemudian dihitung menghasilkan nilai resistivitas semu. Besarnya nilai resistivitas dikelompokkan sesuai dengan kedalaman lapisan. Hasil penelitian diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*, *Res2dinv*, *Res3dinv*, *Rockwork 15* dan *Surfer 10.0*. Dari data yang telah tersusun kemudian diolah dengan menggunakan *Res2Dinv* untuk mendapatkan penampang secara melintang. Setelah tahapan-tahapan tersebut selesai, selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas sesungguhnya. Dengan demikian dapat diketahui daerah yang diindikasikan sebagai sesar. Distribusi harga tahanan jenis bawah permukaan dapat diketahui berdasarkan citra warna.

Berdasarkan pengolahan data menggunakan *Res2Dinv* untuk konfigurasi *Schlumberger*, diperoleh model inversi suatu penampang resistivitas bawah permukaan berupa citra warna seperti terlihat pada Gambar 4.1 sampai dengan

4.6. Untuk mempermudah pembacaan nilai resistivitas dapat dikelompokkan sesuai dengan nilai resistivitas seperti terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Citra warna dan nilai resistivitas

No	Citra Warna	Resistivitas ( $\Omega m$ )	Lithologi
1		5 - 7	Alluvium
2		8 - 9	Alluvium
3		10 - 15	Alluvium
4		16 - 22	Alluvium
5		23 - 30	Alluvium
6		31 - 49	Alluvium
7		50 - 80	Alluvium
8		81 - 107	Alluvium
9		108 - 130	Alluvium
10		131 - 231	Alluvium
11		232 - 300	Breksi Vulkanik
12		301 - 499	Breksi Vulkanik
13		500 - 799	Breksi Vulkanik
14		800 - 1076	Breksi Vulkanik
15		1077 - 1099	Breksi Vulkanik
16		1100 - 1299	Breksi Vulkanik
17		1200 - 1300	Breksi Vulkanik

#### 4.1.1 Penampang Melintang

Penelitian lapangan dilakukan dengan bentangan panjang masing-masing lintasan 75 meter dan spasi elektroda 5 meter. Lintasan A, B, dan C saling sejajar agar dapat diinterpretasikan menjadi model 3-D. Penelitian dengan konfigurasi *Schlumberger* dapat menjelaskan dugaan daerah yang mengalami patahan secara vertikal serta dianalogikan dalam bentuk 2-D. Inversi dengan menggunakan *Res2Dinv* digunakan untuk melihat penampang melintang tahanan jenis serta anomali yang mengidentifikasi adanya sesar bawah permukaan.

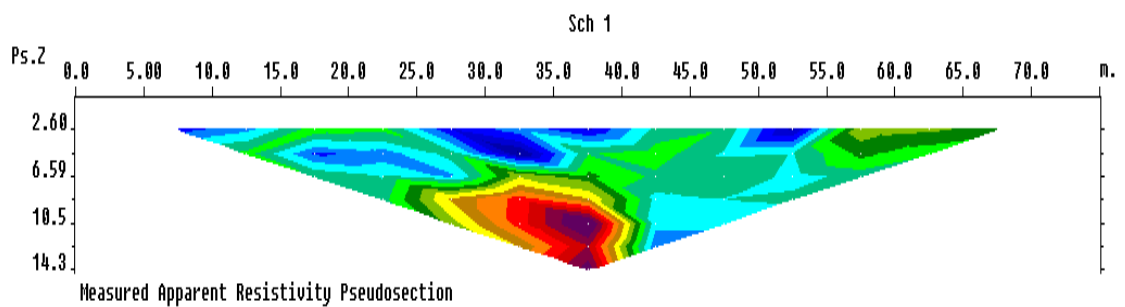
Tampilan 2 dimensi yang dihasilkan dari perangkat lunak *Res2Dinv* tersebut terdiri dari tiga kontur *isoresistivitas* pada penampang kedalaman semu (*pseudodepth section*). Penampang yang pertama menunjukkan kontur resistivitas semu pengukuran (*measured apparent resistivity*), yaitu data resistivitas semu yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (akuisisi data). Penampang yang kedua menunjukkan kontur resistivitas semu dari hasil perhitungan (*calculated apparent resistivity*). Dan penampang yang ketiga adalah kontur resistivitas sebenarnya yang diperoleh setelah melalui proses pemodelan inversi (*inverse model resistivity section*) (Telford *et al.*, 1990).

##### 4.1.1.1 Lintasan A

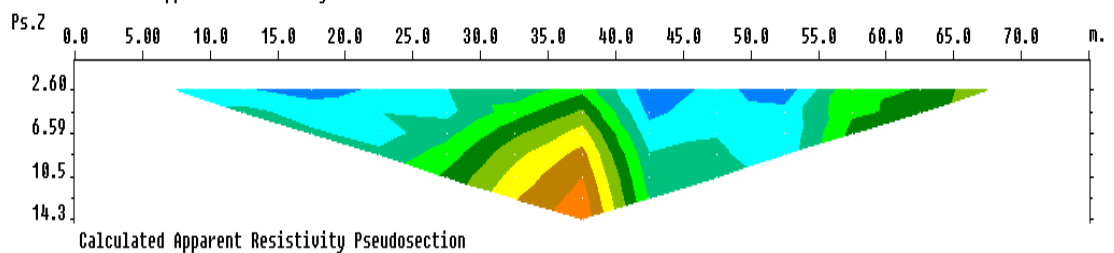
Akuisisi data resistivitas bumi pada survei lintasan A dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 meter. Titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat 110°24'22.6"BT dan 07°52'50.6"LS, titik akhir (75 meter) berada pada koordinat 110°24'23.5"BT dan 07°52'48.2"LS yang membentang pada



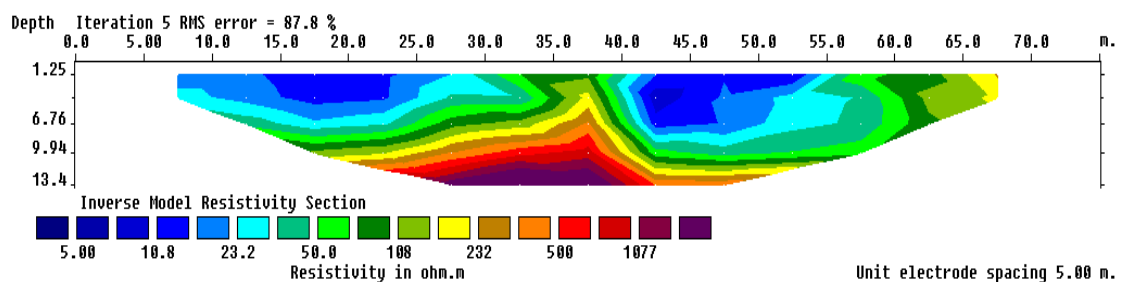
arah  $235^{\circ}$  NE, di daerah pematang sawah. Jarak antar elektroda terkecil adalah 5 meter. Dari hasil pengukuran diperoleh harga resistivitasnya berkisar antara 5-1077  $\Omega$ m. Gambar 4.1 di bawah merupakan model inversi lintasan A hasil pengolahan data dengan *Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang resistivitas tanah secara langsung. Berdasarkan pengukuran di lapangan didapatkan hasil pada Gambar 4.1.



(a) *Measured apparent resistivity pseudosection*



(b) *Calculated apparent resistivity pseudosection*



(c) *Inverse model resistivity section*

Gambar 4.1 Penampang resistivitas hasil inversi 2-D Lintasan A (a) kontur resistivitas semu pengukuran (b) kontur resistivitas semu hasil perhitungan (c) kontur resistivitas sebenarnya dari pemodelan inversi (Telford *et al.*, 1990)

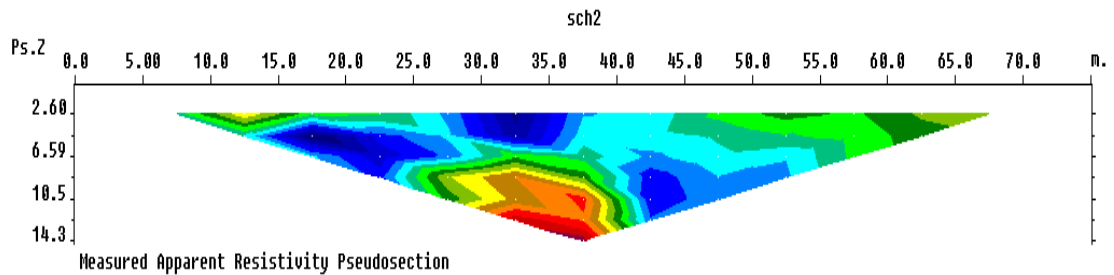
Berdasarkan peta geologi lembar Yogyakarta, lokasi penelitian berada di endapan alluvium dan formasi semilir. Endapan alluvium yang berasal dari endapan gunungapi Merapi muda dengan material penyusun terdiri atas pasir, kerikil dan tuf yang berumur kuartar. Formasi semilir tersusun atas breksi tuf, breksi batuapung, tuf dasit dan tuf andesit serta batulempung tufan.

Berdasarkan pada Gambar 4.1 penampang resistivitas hasil inversi lintasan A dan kondisi geologi daerah penelitian, diperoleh dua lapisan batuan yaitu lapisan alluvium dan batuan gunungapi Merapi muda berupa batuan breksi vulkanik. Lapisan alluvium dengan nilai resistivitas rendah berkisar 5-231  $\Omega\text{m}$  dan lapisan batuan breksi vulkanik dengan nilai resistivitas tinggi berkisar 232-1077  $\Omega\text{m}$ . Dari gambar tersebut dapat dilihat pada kedalaman 0-6 m yang berada pada jarak 5-65 m merupakan lapisan alluvium yang memiliki nilai resistivitas rendah. Kemudian pada kedalaman 6.76-13 m pada jarak 15-60 m merupakan lapisan keras (*bedrock*) berupa batuan breksi vulkanik. Hal ini dikarenakan batuan tersebut merupakan hasil endapan Gunungapi Merapi muda sehingga memiliki nilai resistivitas yang tinggi.

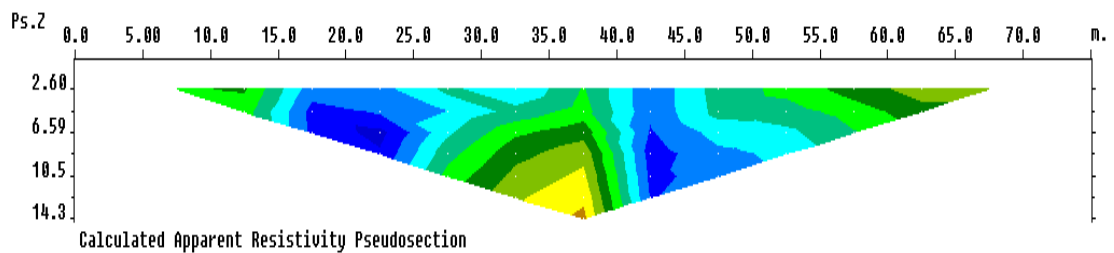
#### **4.1.1.2 Lintasan B**

Akuisisi data resistivitas bumi pada survei lintasan B dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 meter. Titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat 110°24'24.1"BT dan 07°52'51.2"LS, titik akhir (75 meter) berada pada koordinat 110°24'25.5"BT dan 07°52'49.1"LS yang membentang pada arah 215° NE, di daerah pematang sawah. Jarak antar elektroda terkecil adalah 5 meter. Dari hasil pengukuran diperoleh harga resistivitasnya berkisar

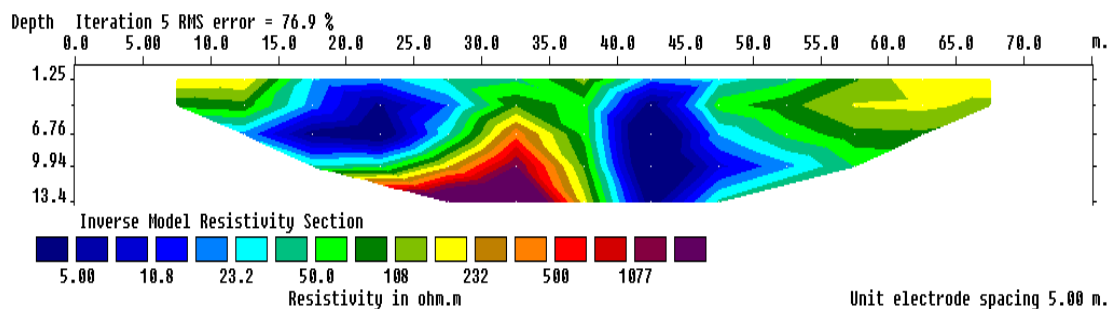
antara 5-1077  $\Omega$ m. Gambar 4.2 di bawah merupakan model inversi lintasan B hasil pengolahan data dengan *Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang resistivitas tanah secara langsung. Berdasarkan pengukuran di lapangan didapatkan hasil pada Gambar 4.2.



(a) *Measured apparent resistivity pseudosection*



(b) *Calculated apparent resistivity pseudosection*



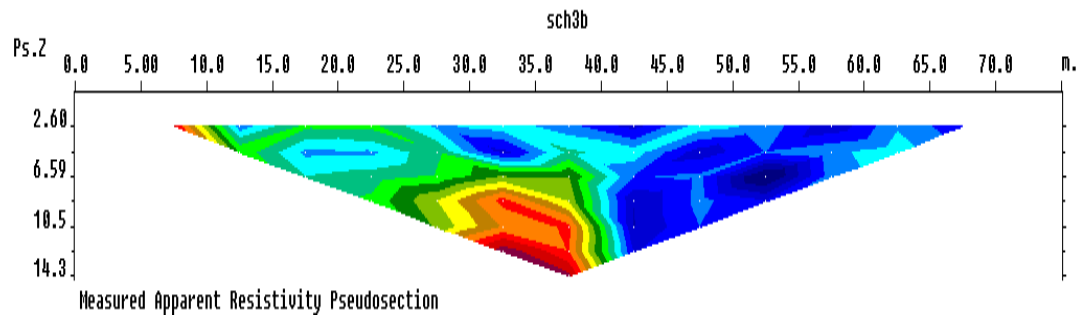
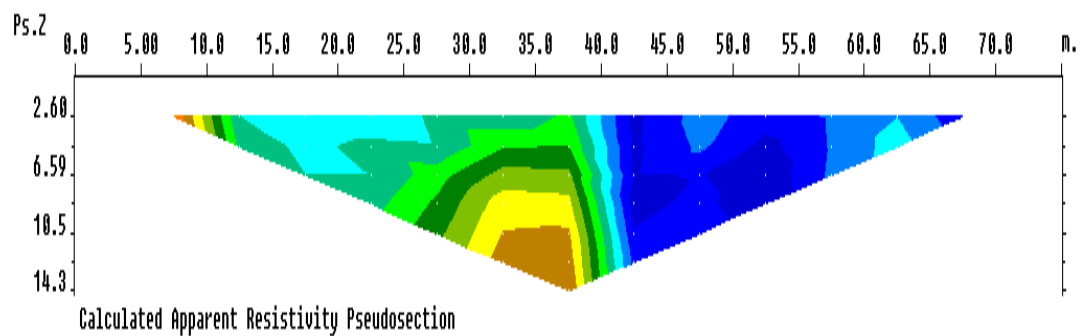
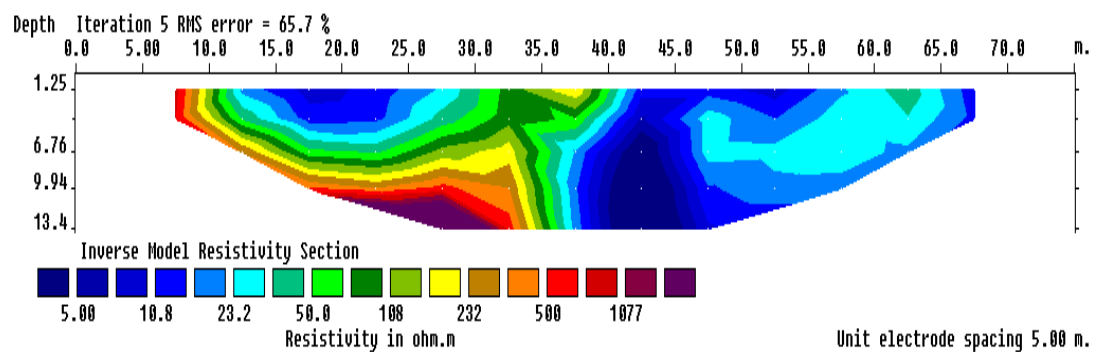
Gambar 4.2 Penampang resistivitas hasil inversi 2-D Lintasan B (a) kontur resistivitas semu pengukuran (b) kontur resistivitas semu hasil perhitungan (c) kontur resistivitas sebenarnya dari pemodelan inversi (Telford *et al.*, 1990)

Berdasarkan pada Gambar 4.2 penampang resistivitas hasil inversi lintasan B di atas terlihat adanya penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas

yang bervariasi. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah dengan harga resistivitas berkisar 5-231  $\Omega\text{m}$  dan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi dengan harga resistivitas berkisar 232-1077  $\Omega\text{m}$ . Dari gambar di atas dapat dilihat pada kedalaman 0-1.25 m pada jarak 5-15 m dan jarak 60-70 m terdapat penyebaran lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi, hal ini mungkin karena batuan tersebut merupakan batuan yang bersifat plastis, dalam kondisi kering batuan tersebut akan mengembang dan menjadi pecah-pecah sehingga terisi oleh udara menyebabkan resistivitasnya menjadi tinggi, namun tidak lebih tinggi dari resistivitas lapisan keras (*bedrock*). Kemudian pada kedalaman 0-6.76 m merupakan lapisan batuan aluvial yang tersebar pada jarak 15-30 m dan jarak 40-55 m. Sedangkan pada kedalaman 6-13.4 m pada jarak 30-40 m merupakan batuan breksi vulkanik dengan nilai resistivitas yang tinggi.

#### **4.1.1.3 Lintasan C**

Akuisisi data resistivitas bumi pada survei lintasan C dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 meter. Titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat 110°24'25.7"BT dan 07°52'52.0"LS, titik akhir (75 meter) berada pada koordinat 110°24'27.4"BT dan 07°52'50.3"LS, dekat perumahan warga. Jarak antar elektroda adalah 5 meter. Dari hasil pengukuran diperoleh harga resistivitasnya berkisar antara 5-1077  $\Omega\text{m}$ . Gambar 4.3 di bawah merupakan model inversi lintasan C hasil pengolahan data dengan *Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang resistivitas tanah secara langsung. Berdasarkan pengukuran di lapangan didapatkan hasil pada Gambar 4.3.

(a) *Measured apparent resistivity pseudosection*(b) *Calculated apparent resistivity pseudosection*(c) *Inverse model resistivity*

Gambar 4.3 Penampang resistivitas hasil inversi 2-D Lintasan C (a) kontur resistivitas semu pengukuran (b) kontur resistivitas semu hasil perhitungan (c) kontur resistivitas sebenarnya dari pemodelan inversi (Telford *et al.*, 1990)

Berdasarkan Gambar 4.3 penampang resistivitas hasil inversi lintasan C di atas terlihat adanya penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang bervariasi. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah dengan harga

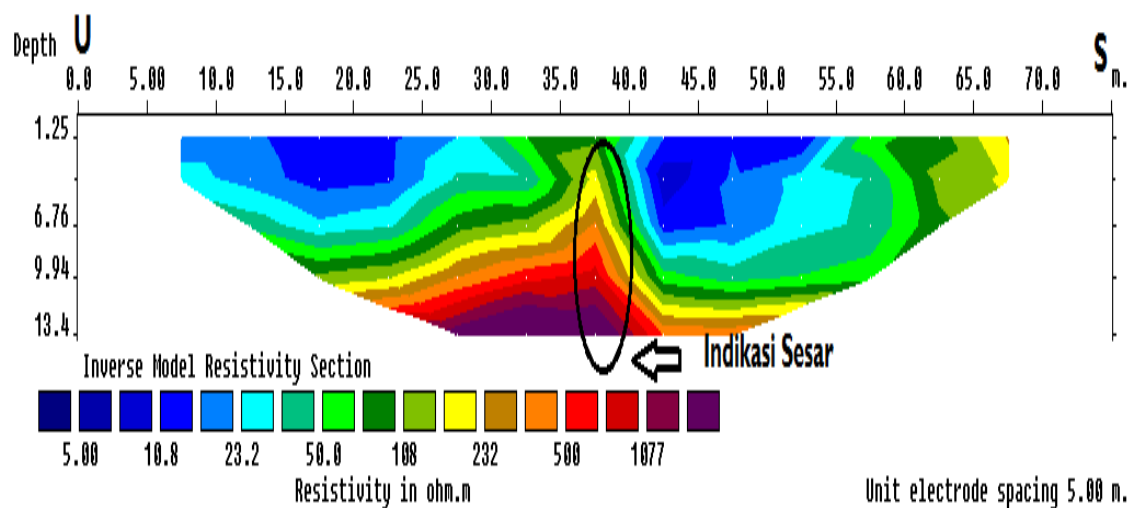
resistivitas berkisar 5-231  $\Omega$ m dan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi dengan harga resistivitas berkisar 232-1077  $\Omega$ m. Pada kedalaman 0-6 m merupakan batuan alluvium yang tersebar pada jarak 10-30 m dan jarak 40-65 m. Sedangkan pada kedalaman 6.76-13.4 m merupakan batuan gunungapi muda berupa batuan breksi vulkanik yang berada pada jarak 10-35 m dengan nilai resistivitas yang tinggi. Dari gambar di atas dapat di lihat pada kedalaman 0-6 m yang berjarak 30-40 m terdapat penyebaran lapisan breksi vulkanik dengan nilai resistivitas yang tinggi, hal ini mungkin karena batuan tersebut merupakan batuan yang bersifat plastis, dalam kondisi kering batuan tersebut akan mengembang dan menjadi pecah-pecah sehingga terisi oleh udara menyebabkan resistivitasnya menjadi tinggi, namun tidak lebih tinggi dari resistivitas lapisan keras (*bedrock*).

#### **4.1.1.4 Interpretasi Patahan (*Sesar*)**

Penentuan prediksi lokasi sesar dicirikan dengan adanya pembelokan sungai secara tiba-tiba dan pergeseran kedudukan lapisan batuan. Menurut Chumairoh *et al.* (2014:147), 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. Penurunan tanah pada umumnya terjadi pada daerah dataran yang dibangun oleh batuan atau tanah yang bersifat lunak.

Berdasarkan pada peta geologi dan pengamatan lapangan di daerah penelitian, dugaan patahan ditandai dengan adanya pembelokan sungai secara tiba-tiba dan rekahan sepanjang aliran sungai pasca gempa pada 27 Mei 2006. Selain itu bukti yang memperkuat adanya sesar adalah perbedaan kedalaman sungai yang signifikan pada sisi bagian yang mengalami pembelokan terhadap sisi bagian sungai lainnya.

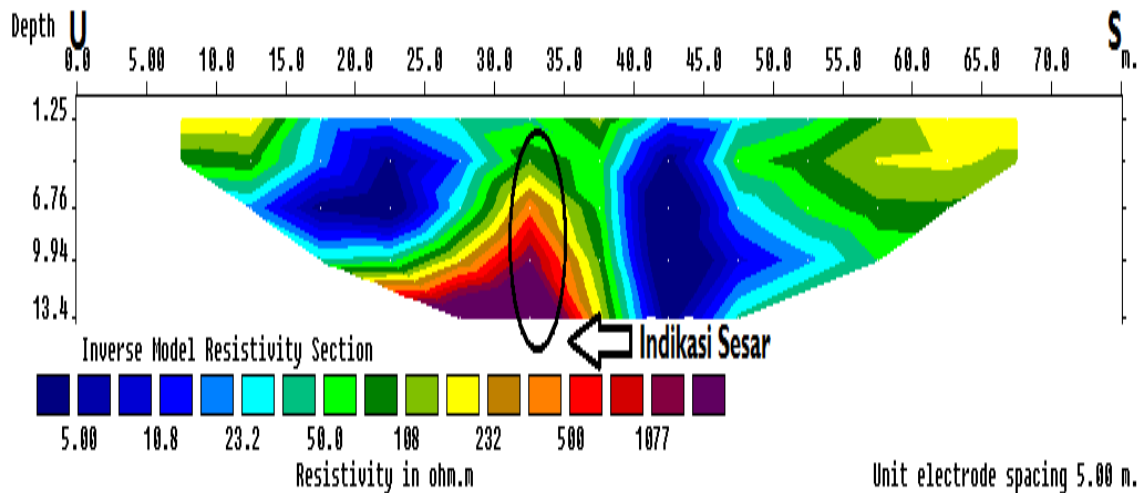
Gambaran pendugaan posisi sesar dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *Res2DInv* untuk lintasan A ditunjukkan seperti Gambar 4.4 di bawah ini:



Gambar 4.4 Pendugaan posisi sesar untuk lintasan A

Berdasarkan pada Gambar 4.4 terlihat adanya diskontinu (ketidakmenerusan) lapisan batuan yang disebabkan adanya sesar atau patahan. Penentuan prediksi sesar dari hasil penampang inversi lintasan A ditunjukkan dengan adanya penurunan kedudukan lapisan batuan (selatan). Dugaan patahan terletak pada jarak 38 m terhadap titik awal pengukuran yang ditandai dengan kontras resistivitas 23-108  $\Omega\text{m}$  dan 232-1077  $\Omega\text{m}$ .

Pendugaan posisi sesar pada lintasan B dari hasil inversi 2-D ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut:

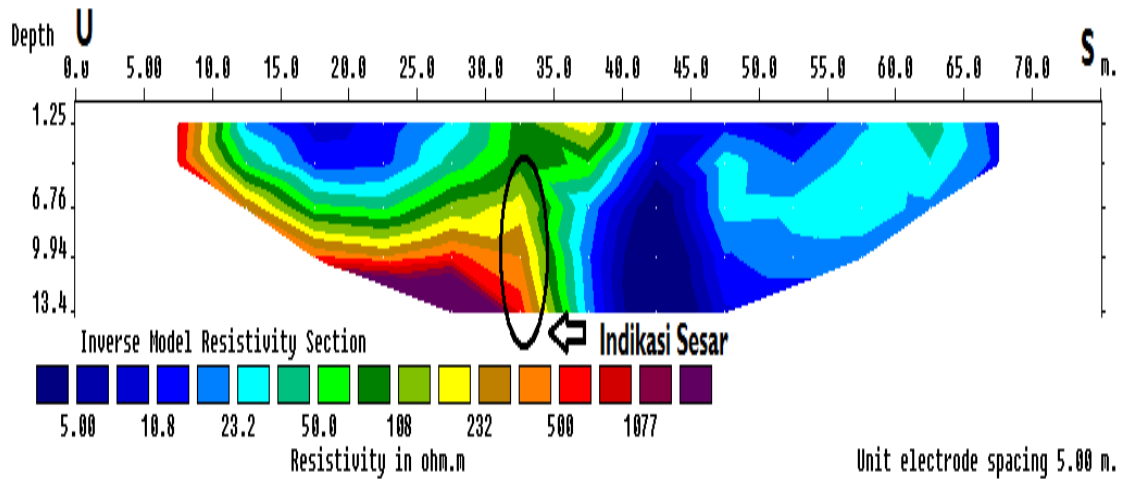


Gambar 4.5 Pendugaan posisi sesar untuk lintasan B

Berdasarkan pada Gambar 4.5 terlihat adanya diskontinu lapisan batuan yang disebabkan adanya patahan. Lapisan batuan yang mengalami diskontinuitas diduga sebagai lokasi sesar. Dugaan patahan terletak pada jarak 33 m terhadap titik awal pengukuran yang ditandai dengan kontras resistivitas 23-108  $\Omega\text{m}$  dan 232-1077  $\Omega\text{m}$ . Pada lintasan ini batuan keras terlihat semakin ke atas, hal ini mungkin disebabkan karena adanya desakan batuan sebelah kanan (bagian selatan), jika dibandingkan dengan gambar penampang lintasan sebelumnya. Penurunan kedudukan batuan bagian selatan semakin jelas terlihat pada lintasan B.



Pendugaan posisi sesar bawah permukaan pada lintasan C dari hasil inversi 2-D ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.6 Pendugaan posisi sesar untuk lintasan C

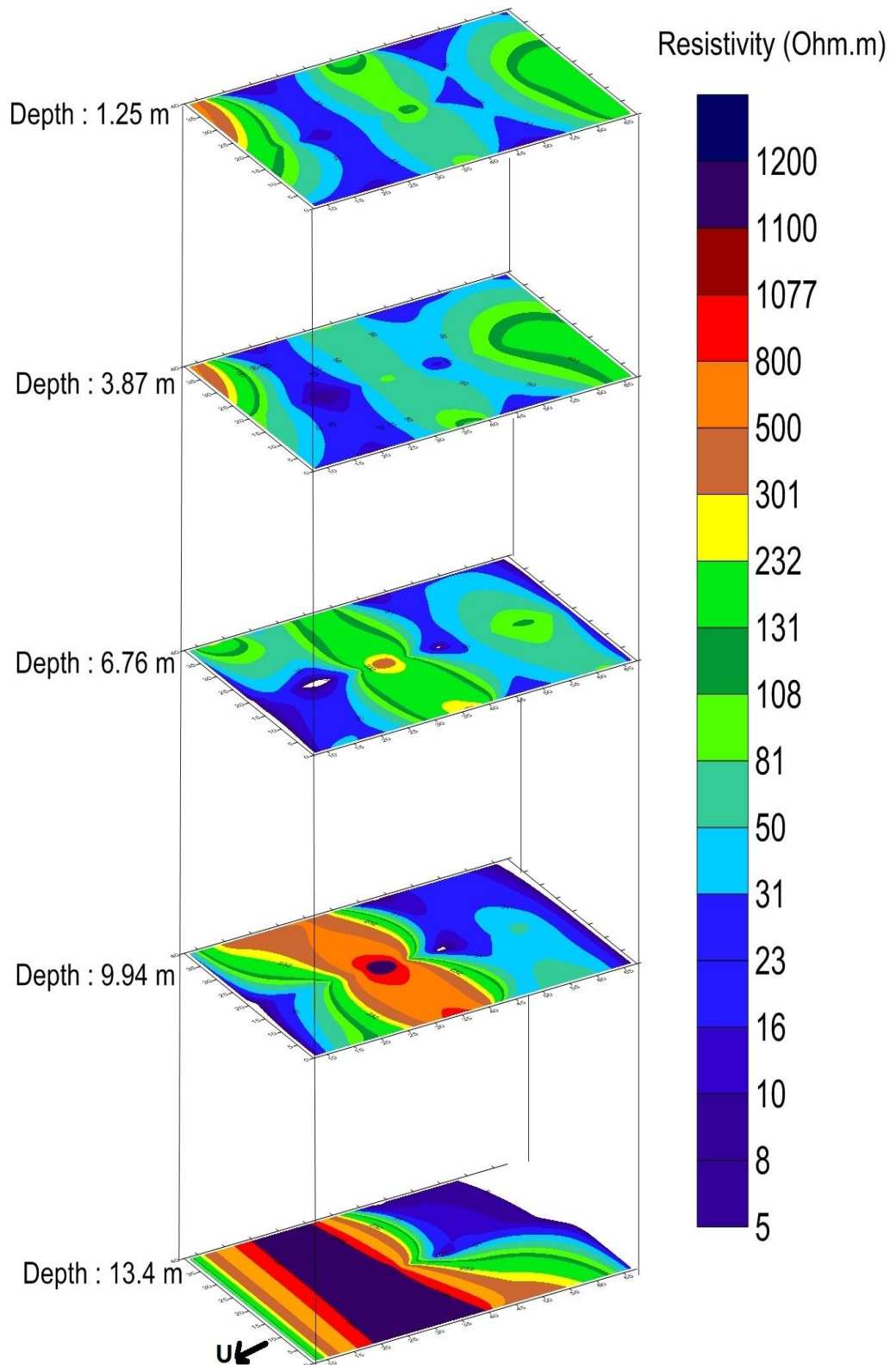
Berdasarkan pada Gambar 4.6 terlihat adanya diskontinu lapisan batuan, ketidakmenerusan lapisan batuan tersebut disebabkan adanya sesar bawah permukaan. Penentuan prediksi sesar pada penampang hasil inversi lintasan C ditunjukkan dengan kedudukan batuan sebelah kanan (selatan) lebih rendah daripada batuan sebelah kiri (utara). Dimungkinkan batuan yang berada di sebelah kanan mengalami penurunan kedudukan batuan. Dugaan patahan terletak pada jarak 33 m terhadap titik awal pengukuran yang ditandai dengan kontras resistivitas 23-108  $\Omega\text{m}$  dan 232-1077  $\Omega\text{m}$ . Hal ini membuktikan bahwa pada lintasan tersebut mungkin terjadi patahan bawah permukaan.

#### 4.1.2 Penampang Kontur Fungsi Kedalaman (Penampang Horizontal 3-D)

Pemetaan kontur dan pemodelan spasial 3 dimensi (3-D) ini berbasiskan pada *Surfer 10.0*. *Surfer 10.0* adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan 3-D dengan mendasarkan pada grid. Hasil inversi *Res2Dinv* disimpan dalam bentuk data tabular XYZ, setelah itu menggunakan *Surfer 10.0* untuk melakukan plotting data tabular XYZ tak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (*grid*) yang beraturan. *Grid* adalah serangkaian garis vertikal dan horisontal yang dalam *surfer 10.0* berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan *surface* 3-D.

Penampang kontur fungsi kedalaman menggunakan *Surfer 10.0* lebih menampilkan seperti keadaan di lapangan. Satu kontur lembar segi empat diasumsikan sebagai sebaran nilai resistivitas di lokasi penelitian pada kedalaman tertentu. Dalam penelitian diperoleh lima kontur dengan variasi kedalaman. Penelitian metode tahanan jenis dengan konfigurasi *Schlumberger* dilakukan sebanyak tiga lintasan sepanjang 75 m, pada sub bab sebelumnya menganalisis secara 2-D maka pada sub bab ini akan menganalisis secara 3-D.

Berikut ini merupakan hasil pengolahan 3-D menggunakan *surfer 10.0* untuk menggambarkan nilai resistivitas pada kedalaman yang sama dari lintasan A, B, dan C, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Penampang kontur nilai resistivitas fungsi kedalaman pada lintasan A, B, dan C

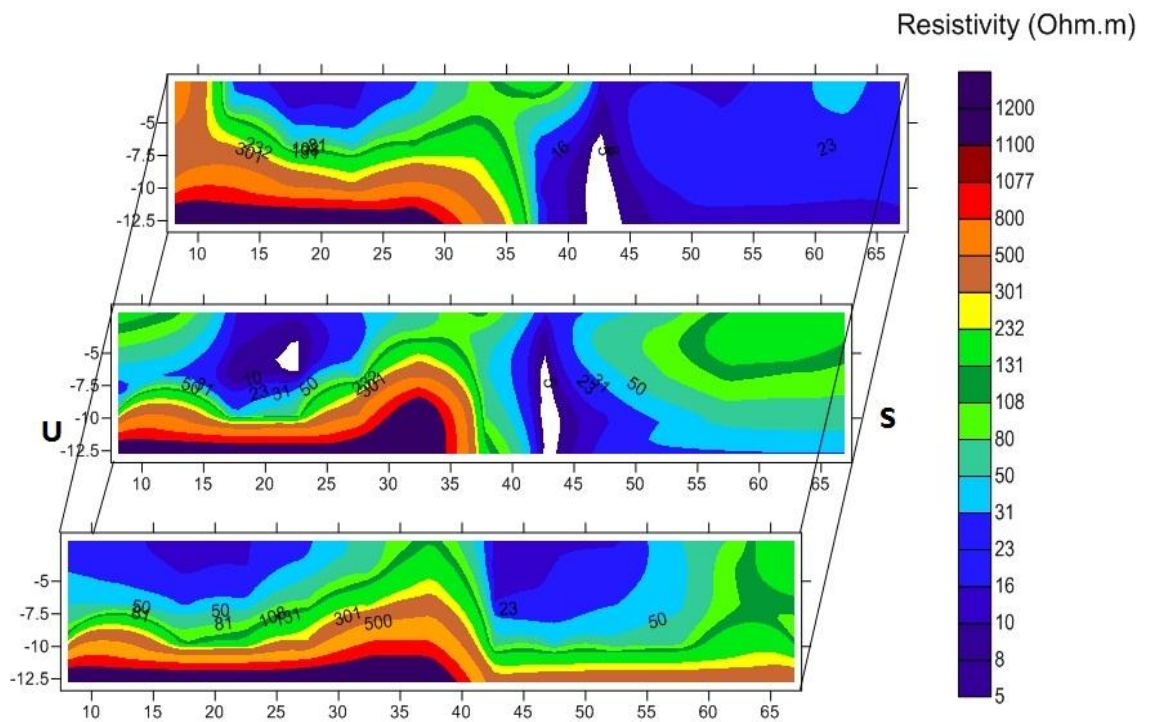
Dari penampang kontur fungsi kedalaman di atas dapat dijelaskan bahwa sumbu x menyatakan panjang lintasan, sumbu y menyatakan jarak antar lintasan, lintasan A berada pada posisi (0,0), lintasan B berada pada posisi (0,20) dan lintasan C berada pada posisi (0,40) serta sumbu z menyatakan nilai resistivitas pada kedalaman tertentu. Berdasarkan pada interpretasi hasil inversi 2-D dan kondisi geologi daerah penelitian, diperoleh dua macam lapisan batuan yaitu lapisan alluvium dan batuan vulkanik (breksi vulkanik). Lapisan alluvium merupakan lapisan dengan nilai resistivitas rendah antara 5-231  $\Omega$ m, ditunjukkan dengan citra warna biru hingga hijau. Lapisan batuan vulkanik memiliki nilai resistivitas yang tinggi antara 232-1200  $\Omega$ m, ditunjukkan dengan citra warna kuning hingga ungu tua.

Berdasarkan hasil penampang horizontal 3-D di atas dapat diinterpretasikan bahwa pada kedalaman 1.25 m dan 3.87 m pada lintasan A, B dan C merupakan lapisan alluvium dengan harga resistivitas rendah yang ditunjukkan dengan citra warna biru hingga hijau. Pada kedalaman 6.76 m lapisan aluvial tersebar di seluruh lintasan, namun pada kedalaman ini mulai terlihat batuan keras dengan resistivitas tinggi berkisar 232-500  $\Omega$ m. Kemudian pada kedalaman 9.94 m terdapat perubahan kedudukan batuan pada daerah batas patahan dan perubahan signifikan pola kontur nilai resistivitas. Selanjutnya pada kedalaman 13.4 m lintasan A, B, dan C terdapat batuan keras berupa batuan breksi vulkanik. Berdasarkan gambar 4.7 penampang kontur fungsi pada kedalaman 13.4 m di bagian sebelah kanan (batuan bagian selatan) bidang patahan telah terjadi penurunan kedudukan batuan. Dugaan

Patahan ditandai dengan perubahan kedudukan lapisan batuan yang disebabkan karena adanya pengaruh gaya endogen sehingga batuan bagian kanan (bagian selatan) bidang patahan mengalami penurunan. Batuan mengalami perubahan kedudukan di satu sisi menunjukkan kontraksi yang mengakibatkan patah akibat gaya kontraksi yang terlalu besar melebihi elastisitas batuan.

#### 4.1.3 Penampang Vertikal 3-D

Pengolahan data 3-D menggunakan *surfer 10.0* dapat digunakan untuk menampilkan penampang secara vertikal seperti penampang hasil inversi *Res2Dinv*, dengan bantuan *Res3Dinv* untuk menggabungkan data ke dalam bentuk file XYZ. Hasil pengolahan 3-D untuk penampang vertikal ditunjukkan seperti gambar 4.8 berikut.



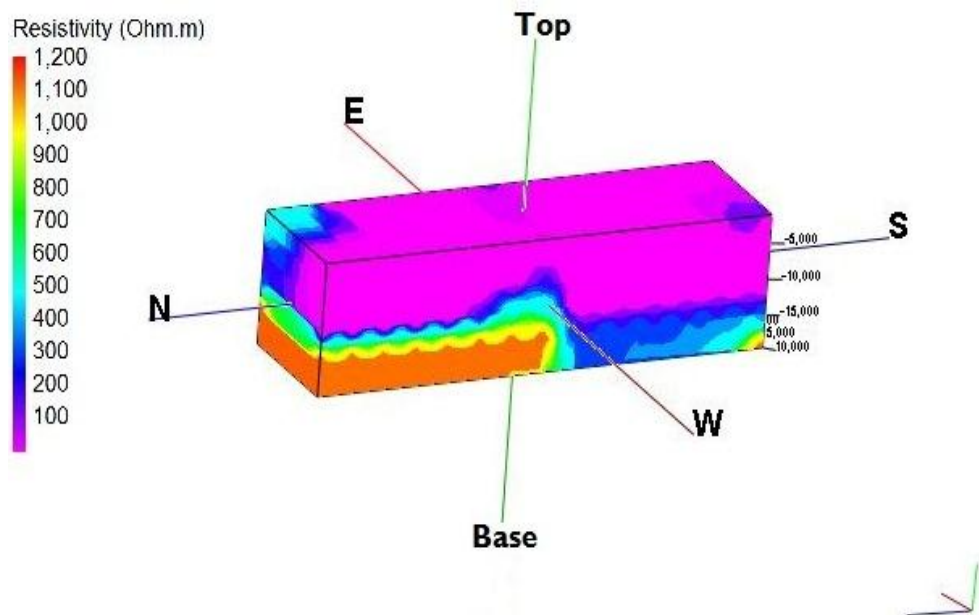
Gambar 4.8 Penampang vertikal 3-D lintasan A, B, dan C

Pemodelan 3-D untuk menghasilkan penampang vertikal menggunakan *surfer 10.0* sesuai dengan hasil inversi 2-D. Penentuan prediksi lokasi sesar ditunjukkan oleh kedudukan batuan yang lebih tinggi pada bidang patahan (di bagian tengah dari bawah ke atas dibandingkan sebelah kanan atau bagian selatan dari bawah ke atas).

Penentuan prediksi lokasi sesar dapat didasarkan pada plot nilai anomali resistivitas, dimana sesar ditandai dengan kontras kontur atau warna pada peta kontur resistivitas anomali. Berdasarkan hasil pengukuran yang disajikan dalam model tiga dimensi (Gambar 4.7 dan 4.8), dapat diprediksi lokasi sesar yang ditunjukkan dengan turunnya nilai resistivitas anomali secara drastis. Hasil penelitian menunjukkan adanya nilai resistivitas anomali turun secara drastis pada bidang batas patahan.

#### **4.1.4 Pemodelan 3-D dengan *Rockwork 15***

Pemodelan 3-D menggunakan *Rockwork 15* digunakan sebagai pembanding dari hasil 2-D dan hasil olahan *surfer 10.0*. Hasil pengolahan 3-D menggunakan *Rockwork 15* ditunjukkan seperti Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Penampang hasil pengolahan *Rockwork 3-D*

Berdasarkan pada Gambar 4.9 penampang hasil pengolahan 3-D dengan *Rockwork 15* memperlihatkan lapisan batuan yang tidak kontinu. Terlihat jelas adanya perbedaan kedudukan lapisan batuan. Perbedaan kedudukan lapisan batuan yang ditunjukkan dengan kontras resistivitas dapat diinterpretasikan sebagai sesar. Dari hasil pengolahan ini, daerah dengan resistivitas rendah berkisar 5-800  $\Omega\text{m}$  dan daerah dengan resistivitas tinggi berkisar 900-1200  $\Omega\text{m}$  yang diinterpretasikan sebagai lapisan alluvium dan lapisan breksi vulkanik. Skala warna hasil olahan ini tidak dapat disesuaikan dengan hasil olahan *Res2Dinv* dan *Rockwork 15*, namun dalam hal interpretasi tetap sama. Hasil olahan *Rockwork 15* ini memperkuat dugaan adanya patahan di daerah penelitian.

## 4.2 Pembahasan

Interpretasi dilakukan dengan pemodelan lapisan resistivitas batuan dari masing-masing titik pengukuran. Hasil analisa tersebut kemudian diinterpretasi berdasarkan geologi dan pengamatan lapangan (observasi). Secara geologi, lokasi penelitian berada pada tiga satuan litologi yaitu endapan gunungapi Merapi muda ( $Q_{mi}$ ), alluvium ( $Q_a$ ) dan formasi semilir ( $T_{mse}$ ).

Geologi daerah Patalan, Bantul, Jogjakarta dan sekitarnya merupakan paparan endapan fluviatil dan alluvium yang terletak pada Bantul graben yang di bagian timur dibatasi oleh patahan aktif Opak yang berarah hampir timur laut-barat daya. Gambaran geologi bawah permukaan di daerah ini dicirikan oleh perulangan satuan pasir yang cukup dominan dengan ukuran butiran mulai halus hingga kasar, lanau, lempung dan beberapa tempat tersebar campuran pasir-kerikil dan setempat breksi. Perulangan lapisan di daerah ini, menunjukkan bahwa daerah ini setidaknya telah terjadi proses geologi yang berulang-ulang akibat pengangkatan dan penurunan baik oleh tektonik ataupun oleh proses sedimentasi pada saat pengendapan masa lalu pada cekungan Bantul (Bantul graben) (Soebowo *et al.*, 2007:60).

Berdasarkan hasil interpretasi dari penampang 2D seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1 hingga Gambar 4.3, terdapat lapisan-lapisan batuan yang berbeda. Perbedaan lapisan batuan terlihat dari perbedaan warna di setiap lapisannya. Litologi dari semua lintasan memiliki



penyusun material yang sama yaitu endapan alluvium dan batuan gunungapi berupa breksi vulkanik.

Hasil analisis litologi dari semua lintasan menunjukkan kesamaan penyusun lapisan batuan pada daerah penelitian. Batuan penyusunnya adalah endapan alluvium dan batuan breksi vulkanik. Berdasarkan pemodelan 2D seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3, dibuat dalam rentang nilai resistivitas yang sama, sehingga dapat dilihat distribusi nilai resistivitas yang besarnya sama dan dapat diketahui bagaimana kemiringan lapisan batuan di daerah penelitian.

Hasil dari pengolahan dan setelah dilakukan penggabungan lapisan untuk masing-masing titik pengukuran didapatkan dua lapisan batuan dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama antara 5-131  $\Omega$ m dan lapisan kedua 232-1200  $\Omega$ m. Hasil penelitian ini sesuai dengan informasi geologi pada peta geologi lembar Yogyakarta (Rahardjo & Rosidi, 1995) yang menunjukkan bahwa daerah penelitian mempunyai litologi batuan beku plutonik yang tertutup endapan alluvium pada permukaannya.

Penyusun tanah atau batuan permukaan di daerah penelitian merupakan endapan alluvium yang berasal dari sedimentasi sungai Opak, resistivitas endapan alluvium ini sesuai dengan harga resistivitas material oleh Telford *et al.* (1990).

Berdasarkan hasil pengolahan data dari ketiga lintasan dengan *Res2dinv* didapatkan penampang kontur resistivitas. Kontur resistivitas ini memberikan gambaran kondisi tanah atau batuan bawah permukaan. Lapisan pertama

merupakan endapan alluvium pada kedalaman 0-6 m dengan kisaran nilai resistivitas 5-131  $\Omega$ m dan lapisan kedua merupakan batuan breksi vulkanik pada kedalaman sekitar 6-13 m dengan kisaran nilai resistivitas 232-1200  $\Omega$ m (Telford *et al.*, 1990).

Menurut hasil penelitian Adawiyah (2008: 27), Batuan penyusun Formasi Semilir terdiri atas tuf, tuf lapili, batulapili dan breksi pumis warna putih terang. Komposisi tuf dan pumis Formasi Semilir bervariasi dari andesit hingga dasit, dengan total ketebalan lebih dari 1200 m. Batuan tuf merupakan batuan piroklastik yang terbentuk dari hasil erupsi gunungapi. Erupsi gunungapi 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). Sedangkan batuan lava memiliki ciri dengan warna kelabu, hitam bercorak coklat kemerahan dan kehijauan, dengan struktur sisipan melidah dengan tebal puluhan meter, dan umumnya padat. Dengan melimpahnya tuf dan batuapung, secara vulkanologi formasi semilir dihasilkan oleh letusan gunungapi yang sangat besar dan merusak, biasanya berasosiasi dengan pembentukan kaldera.

Endapan alluvium ( $Q_a$ ) memiliki komposisi kerakal, pasir, lanau dan lempung sepanjang sungai yang besar dan dataran pantai, batuan ini

menempati sebelah timur sungai Opak (daerah penelitian). Sementara endapan gunungapi Merapi muda ( $Q_{mi}$ ) merupakan batuan endapan rombakan gunungapi yang dihasilkan oleh erupsi gunungapi Merapi di Kota Yogyakarta. Susunannya berupa tuf, abu, breksi, aglomerat dan leleran lava tak terpisahkan. Hasil pelapukannya membentuk lereng bagian bawah dan dataran yang meluas di sebelah selatan terutama terdiri dari endapan alluvium rombakan vulkanik yang terkerjakan kembali oleh alur-alur yang berasal dari endapan semula di lereng bagian atas (Adawiyah, 2008: 26).

Sesar atau patahan merupakan zona rekahan pada lapisan batuan yang telah mengalami pergeseran baik secara garis lurus maupun terputar, sehingga terjadi perpindahan antara bagian-bagian yang berhadapan. Pergeseran batuan tersebut terjadi disepanjang permukaan yang disebut bidang sesar (*fault plane*).

Sesar terjadi akibat tekanan yang tidak seimbang pada suatu lapisan batuan. Sebagaimana dijelaskan pada teori elastisitas, batuan tersebut akan mengalami deformasi, yang apabila melewati ambang batas kekuatan elastisitasnya batuan tersebut akan mengalami patahan atau sesar.

Dalam pemahaman sederhana, sesar terdiri atas dua bagian non-vertikal yang disebut *hanging-wall* dan *footwall*. Dari definisi, *hanging-wall* merupakan bagian sesar yang berada di atas bidang patahan. Sedangkan *footwall* merupakan bagian yang berada di bawah bidang sesar.

Struktur geologi yang berkembang di daerah dataran Bantul-Klaten yang termasuk dalam daerah penelitian berupa patahan atau sesar mendatar yang

dikenal sebagai sesar Opak yang berarah timur laut-barat daya kurang lebih  $U\ 235^\circ\ T/80^\circ$ , dimana blok timur relatif bergeser ke utara dan blok barat ke selatan. Lebar zona patahan diduga mencapai kurang lebih 2,5 km. Patahan lainnya yang berarah barat laut-tenggara berkedudukan kurang lebih  $U\ 325^\circ\ T/70^\circ$ , yang menuju ke arah Gantiwarno. Pengamatan lapangan zona patahan menunjukkan bahwa pada patahan aktif Opak ini secara semi detail telah memberikan gambaran bahwa zona patahan tersebut dicirikan oleh segmen-segmen yang lebih kecil dengan ukuran bervariasi mulai beberapa cm hingga beberapa puluh meter (Soebowo *et al.*, 2007:56).

Dampak dari gempa bumi Jogjakarta 27 Mei 2006 juga menimbulkan gejala pergeseran lapisan tanah dari beberapa mm hingga kurang lebih 10 cm dan rekahan-rekahan dengan dimensi bervariasi mulai ukuran beberapa mm hingga lebih 10 cm. Pola rekahan yang terjadi mempunyai arah yang bervariasi, namun yang dominan mendekati arah hampir utara-timur ( $U\ 10-20^\circ\ T$ ). Rekahan tersebut tampak dengan jelas di peladangan sawah, jalan raya, ladang perkebunan.

Gempa ini juga menimbulkan rel kereta api di Prambanan dan Jalan Bantul km 5 melengkung dan diikuti gejala rekahan-rekahan baru di sekitarnya. Sistem rekahan tektonik yang teridentifikasi cukup baik berupa *tension fractures* atau rekahan regang (*extension fractures*, *gash fractures*, *release fractures*) dan patahan-patahan mesoskopis (Soebowo *et al.*, 2007:57-58).

Berdasarkan hasil observasi lapangan, penentuan dugaan lokasi patahan ditandai dengan adanya pembelokan sungai secara tiba-tiba dan rekahan sepanjang aliran sungai pasca gempa 27 Mei 2006. Selain itu bukti yang memperkuat adanya sesar adalah perbedaan kedalaman sungai yang signifikan pada sisi bagian yang mengalami pembelokan terhadap sisi bagian sungai lainnya.

Menurut Hidayatullah (2010:71), interpretasi patahan dilakukan pada penampang migrasi yang telah ada. Interpretasi dilakukan dengan cara menarik garis pada patahan. Patahan dapat diketahui dengan cara melihat diskontinuitas (ketidakmenerusan) pada penampang seismik. Selain itu, patahan akan dicirikan dengan terbentuknya *footwall* dan *hanging wall*.

Hasil interpretasi profil anomali dan kesesuaiannya dengan peta geologi memberikan hasil bahwa terdapat suatu bidang patah (sesar) yang ditunjukkan dengan adanya bidang diskontinu lapisan batuan.

Selain itu, hasil penyelidikan bawah permukaan menggunakan metode *resistivity* dan uji pengeboran (*drilling testing*) yang dilakukan Rosyidi *et al.* (2008) di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menunjukkan pola sesar berarah barat-timur dan utara-selatan. Diskontinu lapisan batuan dan perubahan pola kontur resistivitas yang signifikan merupakan indikator lokasi sesar bawah permukaan.

Dari hasil penelitian ini, dugaan sesar ditunjukkan dengan adanya penurunan kedudukan lapisan batuan. Batuan yang patah telah mengalami deformasi (mengalami perubahan bentuk) disebabkan oleh gaya yang bekerja

pada batuan tersebut. Deformasi batuan berhubungan dengan sifat elastisitas, di mana setiap batuan mempunyai keelastisitasan yang berbeda-beda. Dalam hal ini perubahan kedudukan lapisan batuan di satu sisi disebabkan adanya pengaruh gaya endogen yang terlalu besar melebihi batas elastisitas batuan sehingga batuan tersebut mengalami patahan atau sesar.

Berdasarkan model penampang 3-D kontur fungsi kedalaman (Gambar 4.7 dan Gambar 4.8) yang dihasilkan menggambarkan pola kontur yang berbeda. Perubahan resistivitas relatif kecil ditandai dengan garis kontur yang renggang. Perubahan nilai resistivitas anomali yang sangat signifikan ditandai dengan garis kontur yang rapat. Asumsi bahwa garis kontur yang semakin rapat diindikasikan sebagai patahan yang membuat material-material yang ada di sekitar daerah patahan menjadi tercampur, hal ini ditunjukkan dengan nilai resistivitasnya yang berdekatan merupakan gabungan antara resistivitas rendah dan tinggi. Oleh sebab itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya perubahan nilai resistivitas yang signifikan ditandai sebagai patahan.

Masing-masing *software* pengolahan mempunyai kelebihan dan kekurangan. Dalam hal ini *Software Surfer 10.0* lebih tepat dalam menampilkan keadaan kontur serta lebih nyata dalam menginterpretasikan data sesuai kedalaman dan gambaran di lapangan. Dalam satu grid terdapat titik-titik yang saling berinterpolasi membentuk kontur, sehingga mempengaruhi penyebaran nilai yang mendekati resistivitas dan dapat menampilkan secara detil per kedalaman. Sedangkan pengolahan menggunakan *software Res2Dinv* hasil inversinya menampilkan penampang

melintang. Penampilan skala warna dalam *software Rockwork 15* tidak dapat dilakukan sesuai yang diinginkan karena dalam hal ini skala dan warna pada gambar tidak dapat dirubah.

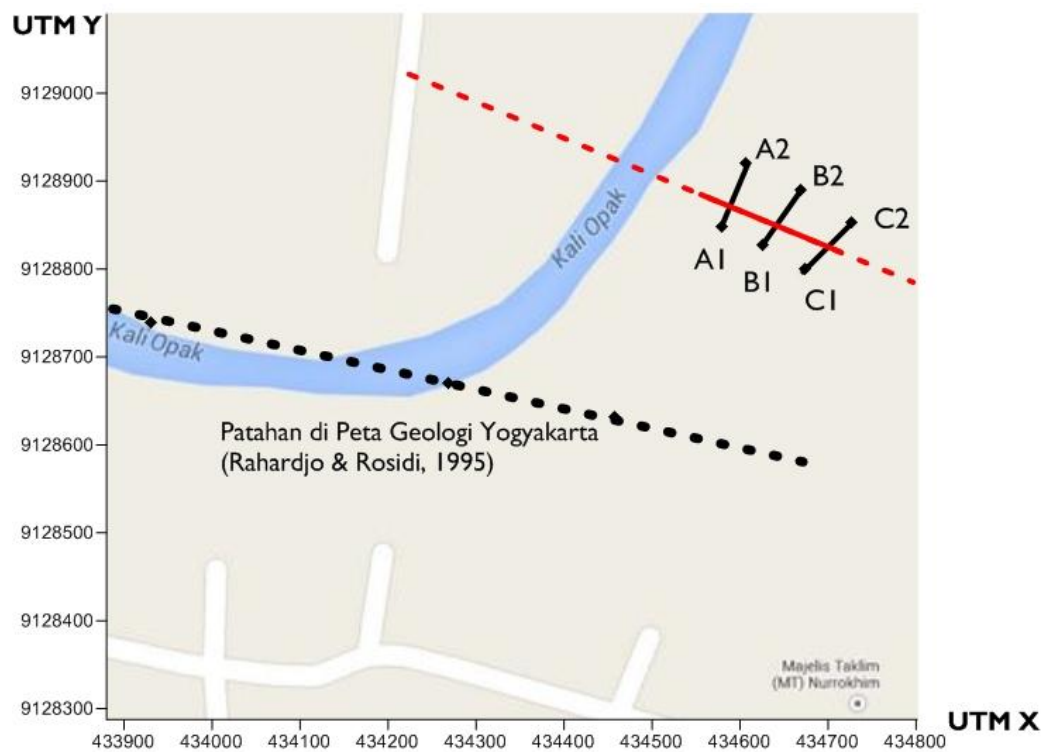
Pada penelitian ini hasil analisa indikasi patahan di lokasi penelitian ditampilkan menggunakan tiga pengolahan yaitu *software Surfer 10.0*, *Rockwork 15* dan *software Res2Dinv* karena dapat dijadikan sebagai pembanding dan pendukung.

Dari hasil pengolahan di atas di daerah penelitian dijumpai adanya sesar yang diduga sebagai sesar bawah permukaan dapat terdeteksi atau teridentifikasi keberadaannya dengan metode geolistrik. Sesar yang terdeteksi dengan orientasi cenderung berarah barat-timur, hal ini sesuai dengan sesar yang digambarkan pada peta geologi lembar Yogyakarta keluaran Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) Bandung. Adanya sesar ditandai dengan bidang diskontinuitas dan perubahan signifikan pola kontur resistivitas. Diskontinuitas dari lapisan tanah di lokasi patahan yang jelas ditemukan pada kedalaman sub-permukaan sekitar 6-13 m.

Jenis sesar belum dapat diketahui secara spesifik melalui interpretasi profil anomali resistivitas, karena untuk mengetahui jenis sesar diperlukan penelitian menggunakan metode yang lebih kompleks agar dapat diketahui jenis atau pola pergerakan masing-masing bidang patahan.

### 4.3 Pola Patahan

Hasil penelitian menunjukkan pola patahan yang terbentuk di daerah penelitian relatif mengarah dari barat ke timur. Garis merah yang ada di gambar menunjukkan indikasi patahan, sedangkan garis merah putus-putus adalah terusan patahan yang mungkin terjadi di daerah penelitian. Gambar 4.10 berikut menunjukkan pola patahan bawah permukaan yang terbentuk di daerah penelitian.



Gambar 4.10 Pola Patahan di Daerah Penelitian



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai metode geolistrik untuk identifikasi sesar bawah permukaan di Desa Segoroyoso, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Data resistivitas yang didapatkan memberikan gambaran struktur bawah permukaan daerah penelitian tersusun oleh dua lapisan batuan. Lapisan pertama merupakan endapan alluvium pada kedalaman 0-6 m dengan kisaran harga resistivitas 5-131  $\Omega\text{m}$  dan lapisan kedua merupakan lapisan batuan gunungapi pada kedalaman 6-13 m dengan kisaran nilai resistivitas 232-1200  $\Omega\text{m}$ .
2. Bidang patahan untuk lintasan A berada pada titik 38 m terhadap titik awal pengukuran, sedangkan untuk lintasan B dan C berada pada titik 33 m terhadap titik awal pengukuran. Indikasi patahan ditandai dengan adanya bidang diskontinu penampang kontur resistivitas fungsi kedalaman dan perubahan signifikan pola kontur resistivitas yang ditunjukkan dengan pergeseran kedudukan lapisan batuan. Patahan ketiga lintasan berada pada satu garis lurus berarah relatif barat-timur dengan *strike* N 133° T.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Hasil penelitian ini belum dapat digunakan untuk menentukan spesifikasi jenis sesar melalui interpretasi profil anomali resistivitas, perlu penelitian menggunakan metode geofisika lainnya misalnya metode Magnetik dan metode Gaya Berat (*Gravity*).
2. Perlu dilakukan penelitian yang berkelanjutan yaitu dengan penambahan titik ukur yang berasosiasi dengan penambahan target kedalaman sehingga dapat diperoleh gambaran bawah permukaan lebih luas karena hasil penelitian ini hanya memberikan gambaran struktur bawah permukaan dangkal.
3. Sebaiknya lintasan pengukuran dibuat sejajar agar dapat diinterpretasikan menjadi model 3-D dan tegak lurus terhadap patahan untuk dapat melihat kemenerusan bidang patahan sehingga hasilnya menjadi lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, R. 2008. *Pola Wilayah Likuifaksi Di Provinsi D.I. Yogyakarta (Studi Kasus Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006)*. Skripsi. Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia.
- Alile, O.M., W.A. Molindo, & M.A. Nwachokor. 2007. Evaluation of soil profile on aquifer layer of three locations in Edo state. *International Journal of Physical Sciences*, 2 (9), pp. 249-253. Tersedia di <http://academicjournals/journal/IJPS/>.org [diakses 26-12-2014].
- Chumairoh I., A. Susilo, A.M. Juwono. 2014. Identifikasi Litologi dan Indikasi Patahan pada Daerah Karangates Malang Selatan dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipol-Dipol. *Physics Student Journal*, 2(1): 145-151. Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Brawijaya. Tersedia di <http://physics.studentjournal.ub.ac.id/> [diakses 27-12-2014].
- Damayanti, F. 2013. *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-Dipole Untuk Identifikasi Pencemaran Limbah Organik*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Fuji-ta, K. & O. Ikuta. 2000. Resistivity Structure Of The Central Part Of The Yamasaki Fault Studied By The Multiple Electrodes Resistivity Method. *Earth Planets Space*, 52: 567-571. Tersedia di <http://terrapub.co.jp/journals/EPS/> [diakses 27-12-2014].
- Geotomo. 2008. *Rapid 2-D Resistivity & IP Inversion Using The Least-Squares Method*. Penang: Geoelectrical.

- Hardjono, I. 2006. Hirarki Gempa Bumi dan Tsunami (Aceh, Nias, Bantul, Pangandaran, dan Selat Sunda). *Forum Geografi*, 20 (2): 135-141. Tersedia di <http://publikasiilmiah.ums.ac.id/> [diakses 02-01-2015].
- Hidayatullah, F.S. 2010. *Identifikasi Patahan Pada Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Seismik Refleksi 2-D Di Barat Sumatera*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Jarayanih. 2011. *Geologi Dan Studi Potensi Likuifaksi Daerah Srihardono Dan Sekitarnya Kecamatan Pundong Kabupaten Bantul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Mineral Universitas Veteran Yogyakarta.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamental of Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Nurhidayah. 2011. *Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Mengetahui Pencemaran Limbah di Sekitar Sungai di Daerah Genuk*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Rahardjo, W. & H. Rosidi. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G). 1 lembar.
- Reynold, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: Jhon Wiley & Sons, Ltd.
- Rosyidi, S.A., M.R. Taha, S.B. Lesmana, J. Wintolo, & Z. Chik. 2008. Some lessons from Yogyakarta earthquake of May 27, 2006. *Proceeding of 14<sup>th</sup> International Conference on Earthquake Engineering*. Beijing,

China: 12–17 Oktober 2008. Tersedia di <http://iitk.ac.in/> [diakses 05-01-2015].

Soebowo, E., T. Adrin, & D. Sarah. 2007. Studi Potensi Likuifaksi di Daerah Zona Patahan Opak Patalan-Bantul Jogjakarta. *Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*. Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI. Tersedia di <http://ml.scribd.com/doc/51770180/Likuifaksi> [diakses 04-01-2015].

Surdaryo, B. & R.S. Afifah. 2008. Pengolahan Data Geolistrik Dengan Metode *Schlumberger*. *Teknik*, 29(2): 120-128. ISSN: 0852-1697. Tersedia di <http://eprints.undip.ac.id/> [diakses 15-01-2015].

Surono .2008. Litostratigrafi dan Sedimentasi Formasi Kebo dan Formasi Butak Di Pegunungan Baturagung, Jawa Tengah Bagian Selatan. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 3. Tersedia di <http://bgl.esdm.go.id/publication/> [diakses 15-01-2015].

Telford, M. W., L. P. Geldard, R. E. Sheriff, & D. A. Keys. 1990. *Applied Geophysics*. London: Cambridge University Press.

Twiss, R.J. & E.M. Moores. 1992. *Structural Geology*. USA: WH Freeman and Company.

van der Pluijm, B.A. & S. Marshak. 1955. *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: W.W. Norton & Company, Inc.

Walter T.R., R. Wang, B.G. Leuher, J. Wassermann, Y. Behr, S. Parolai, A. Anggaini, E. Gunther, M. Sobiesiak, H. Grosser, H.U. Wetzell, C.P.J. Milkereit, K.S.B. Puspito, P. Harjadi, & J. Zeshau. 2008. *The 26 May*

*Magnitude 6,4 Yogyakarta Earthquake South Of Merapi Vulcano : did lahar deposit amplify ground and thus lead to the disaster?. G3 9(5). 15 May, 2008. ISSN: 1525-2027. Published by AGU and the Geochemical Society. Tersedia di <http://volcanotectonics.de/> [diakses 17-02-2015].*

Waspodo, R. S. B. 2002. Investigasi Air Tanah Melalui Geolistrik di Darmaga, Bogor. *Buletin Keteknikaan Pertanian*, 16 (1). Tersedia di <http://repository.ipb.ac.id/> [diakses 23-02-2015].

## LAMPIRAN

### 1. Hasil Akuisisi Data Geolistrik Konfigurasi *Schlumberger*

#### Lintasan A

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I:AB	V:MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.0465	0.1295	0.1013	2:52:03 PM
2	1	2	2	3	4	5	0.472	0.1287	0.549	2:52:14 PM
3	1	3	3	4	5	6	0.0572	0.1303	0.3055	2:52:25 PM
4	1	4	4	5	6	7	0.1227	0.1302	0.3499	2:52:36 PM
5	1	5	5	6	7	8	0.0194	0.1302	0.0618	2:52:47 PM
6	1	6	6	7	8	9	0.1854	0.1313	0.2691	2:52:58 PM
7	1	7	7	8	9	10	0.0486	0.1316	0.0896	2:53:09 PM
8	1	8	8	9	10	11	0.118	0.1311	0.2724	2:53:20 PM
9	1	9	9	10	11	12	0.0186	0.1306	0.2172	4:32:26 PM
10	1	10	10	11	12	13	0.2532	0.1318	0.2265	2:53:38 PM
11	1	11	11	12	13	14	1.481	0.131	0.901	2:53:49 PM
12	1	12	12	13	14	15	0.0343	0.1306	0.524	2:54:00 PM
13	1	13	13	14	15	16	0.1087	0.1298	0.478	2:54:10 PM
14	2	1	1	3	4	6	0.1534	0.1314	0.2322	2:54:21 PM
15	2	2	2	4	5	7	0.0977	0.1294	0.0782	2:54:32 PM
16	2	3	3	5	6	8	0.454	0.1306	0.48	2:54:43 PM
17	2	4	4	6	7	9	0.013	0.1309	0.0681	2:54:54 PM
18	2	5	5	7	8	10	0.1121	0.1312	0.1055	2:55:05 PM
19	2	6	6	8	9	11	0.0821	0.1313	0.1488	2:55:16 PM
20	2	7	7	9	10	12	0.1089	0.1318	0.0242	2:55:27 PM
21	2	8	8	10	11	13	0.0398	0.131	0.0848	2:55:37 PM
22	2	9	9	11	12	14	0.479	0.1307	0.525	4:32:37 PM
23	2	10	10	12	13	15	0.1246	0.1315	0.238	2:55:57 PM
24	2	11	11	13	14	16	0.0822	0.1312	0.008	2:56:08 PM
25	3	1	1	4	5	8	0.1206	0.1314	0.1541	2:56:19 PM
26	3	2	2	5	6	9	0.0913	0.1309	0.0684	2:56:30 PM
27	3	3	3	6	7	10	0.0128	0.1314	0.0271	2:56:40 PM
28	3	4	4	7	8	11	0.455	0.1318	0.363	2:56:51 PM
29	3	5	5	8	9	12	0.0969	0.1319	0.1533	2:57:02 PM
30	3	6	6	9	10	13	0.1733	0.1307	0.1421	2:57:13 PM
31	3	7	7	10	11	14	0.0389	0.131	0.0721	2:57:24 PM
32	3	8	8	11	12	15	0.084	0.1308	0.1048	2:57:34 PM
33	3	9	9	12	13	16	0.3028	0.1309	0.2764	4:32:48 PM

34	4	1	1	5	6	10	0.0594	0.1304	0.077	2:57:53 PM
35	4	2	2	6	7	11	0.0241	0.129	0.124	2:58:05 PM
36	4	3	3	7	8	12	0.0582	0.1301	0.3007	2:58:15 PM
37	4	4	4	8	9	13	0.568	0.13	0.665	2:58:26 PM
38	4	5	5	9	10	14	0.06	0.1298	0.0475	2:58:37 PM
39	4	6	6	10	11	15	0.028	0.1305	0.0421	2:58:48 PM
40	4	7	7	11	12	16	0.054	0.1312	0.0691	2:58:59 PM
41	5	1	1	6	7	12	0.142	0.1291	0.107	2:59:10 PM
42	5	2	2	7	8	13	0.2853	0.1295	0.449	2:59:20 PM
43	5	3	3	8	9	14	1.449	0.1295	0.669	2:59:31 PM
44	5	4	4	9	10	15	0.0909	0.1314	0.0837	2:59:42 PM
45	5	5	5	10	11	16	0.0082	0.1306	0.0155	2:59:53 PM
46	6	1	1	7	8	14	0.1116	0.1283	0.1584	3:00:04 PM
47	6	2	2	8	9	15	0.3572	0.1284	0.149	3:00:15 PM
48	6	3	3	9	10	16	0.0924	0.1306	0.0892	3:00:25 PM
49	7	1	1	8	9	16	0.3358	0.1299	0.621	3:00:36 PM

## Lintasan B

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I:AB	V:MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.0553	0.1278	0.2132	8:01:36 AM
2	1	2	2	3	4	5	1.453	0.1292	0.568	8:01:46 AM
3	1	3	3	4	5	6	0.0473	0.1291	0.2762	8:01:57 AM
4	1	4	4	5	6	7	0.0621	0.1303	0.2704	8:02:08 AM
5	1	5	5	6	7	8	0.0794	0.1289	0.1651	8:02:19 AM
6	1	6	6	7	8	9	0.0361	0.1298	0.0544	8:02:30 AM
7	1	7	7	8	9	10	0.198	0.1297	0.2909	8:02:41 AM
8	1	8	8	9	10	11	0.0237	0.1295	0.13	8:02:52 AM
9	1	9	9	10	11	12	0.0747	0.1314	0.309	8:40:25 AM
10	1	10	10	11	12	13	0.805	0.1293	0.457	8:03:11 AM
11	1	11	11	12	13	14	0.888	0.1308	1.17	8:03:22 AM
12	1	12	12	13	14	15	0.0868	0.1304	0.563	8:03:33 AM
13	1	13	13	14	15	16	0.0969	0.1298	0.649	8:03:44 AM
14	2	1	1	3	4	6	0.1466	0.1292	0.19	8:03:55 AM
15	2	2	2	4	5	7	0.1138	0.1312	0.1095	8:04:06 AM
16	2	3	3	5	6	8	0.3788	0.1287	0.3959	8:04:17 AM
17	2	4	4	6	7	9	0.0281	0.1313	0.0627	8:04:28 AM
18	2	5	5	7	8	10	0.0003	0.1285	0.0079	8:04:39 AM
19	2	6	6	8	9	11	0.2929	0.13	0.3307	8:04:50 AM
20	2	7	7	9	10	12	0.1835	0.129	0.1441	8:05:00 AM
21	2	8	8	10	11	13	0.0246	0.13	0.0745	8:05:12 AM



22	2	9	9	11	12	14	0.578	0.1315	0.645	8:40:48 AM
23	2	10	10	12	13	15	0.1589	0.1305	0.237	8:05:31 AM
24	2	11	11	13	14	16	0.0081	0.1311	0.1339	8:05:42 AM
25	3	1	1	4	5	8	0.1949	0.1312	0.2118	8:05:53 AM
26	3	2	2	5	6	9	0.2329	0.1314	0.2273	8:06:03 AM
27	3	3	3	6	7	10	0.1051	0.128	0.0938	8:06:15 AM
28	3	4	4	7	8	11	0.2928	0.1296	0.2505	8:06:25 AM
29	3	5	5	8	9	12	0.2848	0.1302	0.3135	8:06:36 AM
30	3	6	6	9	10	13	0.2185	0.1304	0.204	8:06:47 AM
31	3	7	7	10	11	14	0.0094	0.1307	0.0306	8:06:58 AM
32	3	8	8	11	12	15	0.0076	0.13	0.0239	8:07:09 AM
33	3	9	9	12	13	16	0.453	0.1312	0.415	8:41:12 AM
34	4	1	1	5	6	10	0.2658	0.1296	0.2713	8:07:27 AM
35	4	2	2	6	7	11	0.0847	0.1302	0.1471	8:07:38 AM
36	4	3	3	7	8	12	0.2715	0.1294	0.412	8:07:49 AM
37	4	4	4	8	9	13	0.746	0.1293	0.782	8:08:00 AM
38	4	5	5	9	10	14	0.0908	0.1318	0.0856	8:08:11 AM
39	4	6	6	10	11	15	0.0054	0.1298	0.0148	8:08:22 AM
40	4	7	7	11	12	16	0.0415	0.1298	0.0326	8:08:33 AM
41	5	1	1	6	7	12	0.1492	0.1302	0.126	8:08:43 AM
42	5	2	2	7	8	13	0.0775	0.1307	0.0057	8:08:54 AM
43	5	3	3	8	9	14	0.607	0.1306	0.765	8:09:05 AM
44	5	4	4	9	10	15	0.1279	0.1306	0.1248	8:09:16 AM
45	5	5	5	10	11	16	0.0106	0.1311	0.0048	8:09:27 AM
46	6	1	1	7	8	14	0.1244	0.1289	0.3062	8:09:38 AM
47	6	2	2	8	9	15	0.546	0.1316	0.455	8:09:49 AM
48	6	3	3	9	10	16	0.1325	0.13	0.1293	8:10:00 AM
49	7	1	1	8	9	16	0.521	0.1283	0.707	8:10:11 AM

## Lintasan C

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I:AB	V:MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.695	0.128	0.81	11:06:18 AM
2	1	2	2	3	4	5	0.2109	0.118	0.2778	11:06:29 AM
3	1	3	3	4	5	6	0.0984	0.1287	0.3164	11:06:39 AM
4	1	4	4	5	6	7	0.0466	0.1288	0.2729	11:06:50 AM
5	1	5	5	6	7	8	0.1823	0.1305	0.2695	11:07:01 AM
6	1	6	6	7	8	9	0.0481	0.1257	0.1638	11:07:12 AM
7	1	7	7	8	9	10	0.1568	0.1299	0.2291	11:07:23 AM
8	1	8	8	9	10	11	0.1635	0.1287	0.199	11:07:34 AM
9	1	9	9	10	11	12	0.096	0.1281	0.2082	11:07:45 AM

10	1	10	10	11	12	13	0.0031	0.0805	0.056	11:27:17 AM
11	1	11	11	12	13	14	0.531	0.1292	0.563	11:27:28 AM
12	1	12	12	13	14	15	0.0971	0.1317	0.1888	11:27:39 AM
13	1	13	13	14	15	16	0.092	0.0755	0.1196	11:27:50 AM
14	2	1	1	3	4	6	0.1591	0.1295	0.0682	11:28:02 AM
15	2	2	2	4	5	7	0.1389	0.1191	0.1128	11:28:12 AM
16	2	3	3	5	6	8	0.164	0.1306	0.1347	12:09:32 PM
17	2	4	4	6	7	9	0.1346	0.1289	0.1991	11:28:34 AM
18	2	5	5	7	8	10	0.0539	0.1315	0.0419	11:28:45 AM
19	2	6	6	8	9	11	0.0709	0.1285	0.1203	11:28:56 AM
20	2	7	7	9	10	12	0.0366	0.1306	0.0757	11:29:06 AM
21	2	8	8	10	11	13	0.0587	0.0743	0.0651	11:29:18 AM
22	2	9	9	11	12	14	0.0561	0.1285	0.0776	11:29:29 AM
23	2	10	10	12	13	15	0.0314	0.1321	0.0605	11:35:25 AM
24	2	11	11	13	14	16	0.1051	0.1318	0.1462	11:29:48 AM
25	3	1	1	4	5	8	0.0236	0.1305	0.0001	11:29:59 AM
26	3	2	2	5	6	9	0.0815	0.1112	0.0583	11:30:10 AM
27	3	3	3	6	7	10	0.1476	0.1319	0.1836	11:30:21 AM
28	3	4	4	7	8	11	0.476	0.1299	0.404	11:30:32 AM
29	3	5	5	8	9	12	0.0586	0.1312	0.1322	11:30:43 AM
30	3	6	6	9	10	13	0.1322	0.0724	0.138	11:30:54 AM
31	3	7	7	10	11	14	0.0457	0.1293	0.0338	11:31:05 AM
32	3	8	8	11	12	15	0.123	0.1314	0.1249	11:31:16 AM
33	3	9	9	12	13	16	0.0706	0.1296	0.0838	11:31:27 AM
34	4	1	1	5	6	10	0.043	0.1306	0.0653	11:31:38 AM
35	4	2	2	6	7	11	0.07	0.1141	0.0133	11:31:48 AM
36	4	3	3	7	8	12	0.1629	0.1307	0.3959	11:31:59 AM
37	4	4	4	8	9	13	0.0492	0.0747	0.0148	11:32:10 AM
38	4	5	5	9	10	14	0.993	0.1288	0.99	11:32:21 AM
39	4	6	6	10	11	15	0.0289	0.1316	0.0215	11:32:32 AM
40	4	7	7	11	12	16	0.0838	0.1314	0.0882	11:32:43 AM
41	5	1	1	6	7	12	0.037	0.1309	0.0052	11:32:54 AM
42	5	2	2	7	8	13	0.1391	0.0602	0.1832	11:33:04 AM
43	5	3	3	8	9	14	0.0527	0.1307	0.2029	11:33:15 AM
44	5	4	4	9	10	15	0.827	0.1316	0.825	11:33:26 AM
45	5	5	5	10	11	16	0.0387	0.1324	0.0343	11:33:37 AM
46	6	1	1	7	8	14	0.0044	0.1296	0.2779	11:33:48 AM
47	6	2	2	8	9	15	0.0576	0.1184	0.1479	11:33:59 AM
48	6	3	3	9	10	16	0.772	0.1311	0.774	11:34:10 AM
49	7	1	1	8	9	16	0.0628	0.1314	0.2306	11:34:22 AM

2. Data Inputan *Res2dinv*

Posisi X	Spasi	n	Rho	Posisi X	Spasi	n	Rho	Posisi X	Spasi	n	Rho
7.5	5	1	13.2941	7.5	5	1	38.8151	7.5	5	1	785.398
12.5	5	1	18.7958	12.5	5	1	215.194	12.5	5	1	17.8112
17.5	5	1	59.8663	17.5	5	1	55.7018	17.5	5	1	53.2142
22.5	5	1	54.821	22.5	5	1	50.2221	22.5	5	1	55.1974
27.5	5	1	10.2307	27.5	5	1	20.8871	27.5	5	1	20.9921
32.5	5	1	20.0268	32.5	5	1	4.42921	32.5	5	1	28.9166
37.5	5	1	9.78763	37.5	5	1	22.5022	37.5	5	1	17.4855
42.5	5	1	36.9994	42.5	5	1	25.7877	42.5	5	1	8.66562
47.5	5	1	47.7734	47.5	5	1	56.0179	47.5	5	1	27.5165
52.5	5	1	6.36423	52.5	5	1	84.5533	52.5	5	1	20.6447
57.5	5	1	139.093	57.5	5	1	67.7316	57.5	5	1	7.78103
62.5	5	1	117.798	62.5	5	1	114.726	62.5	5	1	21.8743
67.5	5	1	89.3829	67.5	5	1	133.627	67.5	5	1	11.4845
12.5	5	2	56.52	12.5	5	2	31.6591	12.5	5	2	66.1554
17.5	5	2	14.2027	17.5	5	2	3.08891	17.5	5	2	20.6538
22.5	5	2	18.763	22.5	5	2	12.5224	22.5	5	2	21.1444
27.5	5	2	39.6719	27.5	5	2	24.836	27.5	5	2	47.1604
32.5	5	2	4.74112	32.5	5	2	5.57419	32.5	5	2	8.60056
37.5	5	2	47.8776	37.5	5	2	27.4043	37.5	5	2	36.2322
42.5	5	2	60.5674	42.5	5	2	28.7857	42.5	5	2	28.2166
47.5	5	2	32.3752	47.5	5	2	36.1766	47.5	5	2	8.11825
52.5	5	2	33.1706	52.5	5	2	48.0198	52.5	5	2	15.7691
57.5	5	2	81.2753	57.5	5	2	56.4042	57.5	5	2	20.7616
62.5	5	2	53.3017	62.5	5	2	90.4376	62.5	5	2	29.3899
17.5	5	3	48.0563	17.5	5	3	24.2803	17.5	5	3	33.9436
22.5	5	3	32.9759	22.5	5	3	8.03329	22.5	5	3	39.3264
27.5	5	3	20.5136	27.5	5	3	16.6406	27.5	5	3	51.4468
32.5	5	3	131.575	32.5	5	3	61.5228	32.5	5	3	104.478
37.5	5	3	80.6001	37.5	5	3	41.5501	37.5	5	3	105.741
42.5	5	3	44.9966	42.5	5	3	20.96	42.5	5	3	15.1005
47.5	5	3	47.7714	47.5	5	3	30.5746	47.5	5	3	17.348
52.5	5	3	29.9748	52.5	5	3	23.6344	52.5	5	3	2.72558
57.5	5	3	38.0159	57.5	5	3	54.5947	57.5	5	3	19.1986
22.5	5	4	42.4019	22.5	5	4	13.3324	22.5	5	4	53.6428
27.5	5	4	243.291	27.5	5	4	150.565	27.5	5	4	156.116
32.5	5	4	585.577	32.5	5	4	341.108	32.5	5	4	560.054
37.5	5	4	234.411	37.5	5	4	87.4689	37.5	5	4	144.673
42.5	5	4	30.2542	42.5	5	4	12.3947	42.5	5	4	7.31737

47.5	5	4	33.9436	47.5	5	4	22.7511	47.5	5	4	17.6655
52.5	5	4	36.157	52.5	5	4	21.541	52.5	5	4	10.5198
27.5	5	5	127.756	27.5	5	5	83.9688	27.5	5	5	114.48
32.5	5	5	595.69	32.5	5	5	258.875	32.5	5	5	345.21
37.5	5	5	2838.35	37.5	5	5	570.105	37.5	5	5	541.546
42.5	5	5	25.8213	42.5	5	5	11.1856	42.5	5	5	7.16168
47.5	5	5	26.3403	47.5	5	5	20.8481	47.5	5	5	15.6605
32.5	5	6	240.651	32.5	5	6	930.486	32.5	5	6	1392.26
37.5	5	6	1069.76	37.5	5	6	456.199	37.5	5	6	503.159
42.5	5	6	16.165	42.5	5	6	16.2396	42.5	5	6	10.0646
37.5	5	7	1931.29	37.5	5	7	1275.25	37.5	5	7	1123.32

### 3. Data Pengolahan *Software Surfer 10.0*

x	y	rho-1.25	x	y	rho-3.87	x	y	rho-6.67
7.5	0	18.94	7.5	0	29.79	7.5	0	0
12.5	0	17.9	12.5	0	19.27	12.5	0	44.27
17.5	0	11.77	17.5	0	13.03	17.5	0	26.69
22.5	0	14.64	22.5	0	15.34	22.5	0	32.58
27.5	0	25.76	27.5	0	33.82	27.5	0	87.3
32.5	0	64.52	32.5	0	57.38	32.5	0	204.41
37.5	0	110.59	37.5	0	179.1	37.5	0	363.11
42.5	0	15.55	42.5	0	10.13	42.5	0	15.73
47.5	0	14.63	47.5	0	16.11	47.5	0	17.78
52.5	0	10.53	52.5	0	22.98	52.5	0	30.11
57.5	0	50.82	57.5	0	37.51	57.5	0	42.71
62.5	0	82.29	62.5	0	115.31	62.5	0	108.76
67.5	0	260.89	67.5	0	184.6	67.5	0	0
7.5	20	183.69	7.5	20	100.09	7.5	20	0
12.5	20	139.07	12.5	20	68.57	12.5	20	26.61
17.5	20	15.44	17.5	20	12.46	17.5	20	4.02
22.5	20	13.8	22.5	20	4.34	22.5	20	3.13
27.5	20	31.86	27.5	20	19.57	27.5	20	45.69
32.5	20	50.31	32.5	20	91.95	32.5	20	457.45
37.5	20	140.43	37.5	20	61.67	37.5	20	54.37
42.5	20	18.87	42.5	20	4.09	42.5	20	1.14
47.5	20	29.25	47.5	20	69.76	47.5	20	36.82
52.5	20	48.32	52.5	20	102.71	52.5	20	81.2
57.5	20	116.89	57.5	20	169.4	57.5	20	116.34
62.5	20	218.15	62.5	20	175.87	62.5	20	102.24
67.5	20	178.8	67.5	20	128.3	67.5	20	0

7.5	40	824.28	7.5	40	731.73	7.5	40	0
12.5	40	20.45	12.5	40	45.88	12.5	40	320.4
17.5	40	8.84	17.5	40	12.89	17.5	40	55.55
22.5	40	12.27	22.5	40	13.69	22.5	40	44.29
27.5	40	24.45	27.5	40	38.89	27.5	40	119.73
32.5	40	85.8	32.5	40	91.82	32.5	40	191.32
37.5	40	219.41	37.5	40	66.37	37.5	40	21.51
42.5	40	12.4	42.5	40	6.79	42.5	40	2.77
47.5	40	12.61	47.5	40	28.39	47.5	40	27.35
52.5	40	8.62	52.5	40	15.66	52.5	40	25.97
57.5	40	21.91	57.5	40	28.32	57.5	40	27.64
62.5	40	42.49	62.5	40	33.1	62.5	40	20.95
67.5	40	12.12	67.5	40	13.63	67.5	40	0

x	y	rho-9.94	x	y	rho-13.4
7.5	0	0	7.5	0	0
12.5	0		12.5	0	
17.5	0	115.33	17.5	0	
22.5	0	151.89	22.5	0	
27.5	0	329.38	27.5	0	1895.2
32.5	0	880.39	32.5	0	1800
37.5	0	859.44	37.5	0	1800
42.5	0	61.87	42.5	0	432.56
47.5	0	45.66	47.5	0	493.19
52.5	0	56.67	52.5	0	
57.5	0	72.34	57.5	0	
62.5	0		62.5	0	
67.5	0	0	67.5	0	0
7.5	20	0	7.5	20	0
12.5	20		12.5	20	
17.5	20	33.79	17.5	20	
22.5	20	79.4	22.5	20	
27.5	20	521.21	27.5	20	1800
32.5	20	1800	32.5	20	1800
37.5	20	84.17	37.5	20	168.83
42.5	20	0.81	42.5	20	1.02
47.5	20	13.88	47.5	20	21.45
52.5	20	31.49	52.5	20	
57.5	20	58.7	57.5	20	
62.5	20		62.5	20	
67.5	20	0	67.5	20	0

7.5	40	0	7.5	40	0
12.5	40		12.5	40	
17.5	40	485.08	17.5	40	
22.5	40	327.18	22.5	40	
27.5	40	562.89	27.5	40	1800
32.5	40	335.93	32.5	40	632.9
37.5	40	16.24	37.5	40	19.49
42.5	40	1.7	42.5	40	1.46
47.5	40	14.84	47.5	40	10.04
52.5	40	20.83	52.5	40	
57.5	40	20.1	57.5	40	
62.5	40		62.5	40	
67.5	40	0	67.5	40	0

#### 4. Data Pengolahan *Software Rockwork 15*

X	Y	Z	Resistivity
2,500	10,000	-1,250	200
7,500	10,000	-1,250	260.89
12,500	10,000	-1,250	82.29
17,500	10,000	-1,250	50.82
22,500	10,000	-1,250	10.53
27,500	10,000	-1,250	14.63
32,500	10,000	-1,250	15.55
37,500	10,000	-1,250	110.59
42,500	10,000	-1,250	64.52
47,500	10,000	-1,250	25.76
52,500	10,000	-1,250	14.64
57,500	10,000	-1,250	11.77
62,500	10,000	-1,250	17.9
67,500	10,000	-1,250	18.94
72,500	10,000	-1,250	20
2,500	30,000	-1,250	20
7,500	30,000	-1,250	12.12
12,500	30,000	-1,250	42.49
17,500	30,000	-1,250	21.91
22,500	30,000	-1,250	8.62
27,500	30,000	-1,250	12.61
32,500	30,000	-1,250	12.4
37,500	30,000	-1,250	219.41
42,500	30,000	-1,250	85.8

47,500	30,000	-1,250	24.45
52,500	30,000	-1,250	12.27
57,500	30,000	-1,250	8.84
62,500	30,000	-1,250	20.45
67,500	30,000	-1,250	824.28
72,500	30,000	-1,250	788
2,500	10,000	-3,938	185
7,500	10,000	-3,938	184.6
12,500	10,000	-3,938	115.31
17,500	10,000	-3,938	37.51
22,500	10,000	-3,938	22.98
27,500	10,000	-3,938	16.11
32,500	10,000	-3,938	10.13
37,500	10,000	-3,938	179.1
42,500	10,000	-3,938	57.38
47,500	10,000	-3,938	33.82
52,500	10,000	-3,938	15.34
57,500	10,000	-3,938	13.03
62,500	10,000	-3,938	19.27
67,500	10,000	-3,938	29.79
72,500	10,000	-3,938	30
2,500	30,000	-3,938	15
7,500	30,000	-3,938	13.63
12,500	30,000	-3,938	33.1
17,500	30,000	-3,938	28.32
22,500	30,000	-3,938	15.66
27,500	30,000	-3,938	28.39
32,500	30,000	-3,938	6.79
37,500	30,000	-3,938	66.37
42,500	30,000	-3,938	91.82
47,500	30,000	-3,938	38.89
52,500	30,000	-3,938	13.69
57,500	30,000	-3,938	12.89
62,500	30,000	-3,938	45.88
67,500	30,000	-3,938	731.73
72,500	30,000	-3,938	720
2,500	10,000	-7,028	100
7,500	10,000	-7,028	105
12,500	10,000	-7,028	108.76
17,500	10,000	-7,028	42.71
22,500	10,000	-7,028	30.11

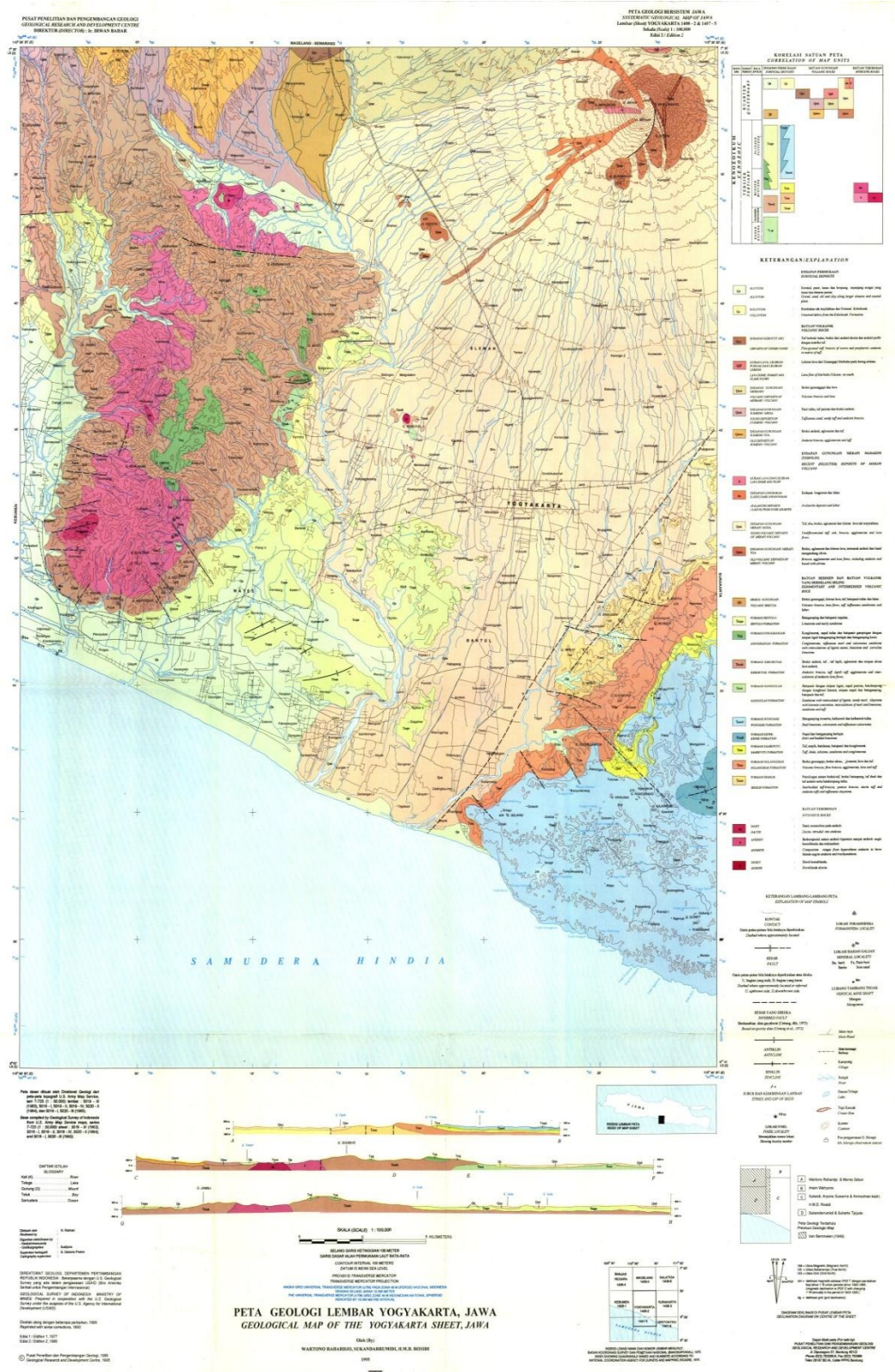
27,500	10,000	-7,028	17.78
32,500	10,000	-7,028	15.73
37,500	10,000	-7,028	363.11
42,500	10,000	-7,028	204.41
47,500	10,000	-7,028	87.3
52,500	10,000	-7,028	32.58
57,500	10,000	-7,028	26.69
62,500	10,000	-7,028	44.27
67,500	10,000	-7,028	50
72,500	10,000	-7,028	45
2,500	30,000	-7,028	25
7,500	30,000	-7,028	25
12,500	30,000	-7,028	20.95
17,500	30,000	-7,028	27.64
22,500	30,000	-7,028	25.97
27,500	30,000	-7,028	27.35
32,500	30,000	-7,028	2.77
37,500	30,000	-7,028	21.51
42,500	30,000	-7,028	191.32
47,500	30,000	-7,028	119.73
52,500	30,000	-7,028	44.29
57,500	30,000	-7,028	55.55
62,500	30,000	-7,028	320.4
67,500	30,000	-7,028	310
72,500	30,000	-7,028	300
2,500	10,000	-10,582	74
7,500	10,000	-10,582	75
12,500	10,000	-10,582	70
17,500	10,000	-10,582	72.34
22,500	10,000	-10,582	56.67
27,500	10,000	-10,582	45.66
32,500	10,000	-10,582	61.87
37,500	10,000	-10,582	859.44
42,500	10,000	-10,582	880.39
47,500	10,000	-10,582	329.38
52,500	10,000	-10,582	151.89
57,500	10,000	-10,582	115.33
62,500	10,000	-10,582	115
67,500	10,000	-10,582	120
72,500	10,000	-10,582	110
2,500	30,000	-10,582	30



7,500	30,000	-10,582	26
12,500	30,000	-10,582	25
17,500	30,000	-10,582	20.1
22,500	30,000	-10,582	20.83
27,500	30,000	-10,582	14.84
32,500	30,000	-10,582	1.7
37,500	30,000	-10,582	16.24
42,500	30,000	-10,582	335.93
47,500	30,000	-10,582	562.89
52,500	30,000	-10,582	327.18
57,500	30,000	-10,582	485.08
62,500	30,000	-10,582	480
67,500	30,000	-10,582	460
72,500	30,000	-10,582	450
2,500	10,000	-14,670	498
7,500	10,000	-14,670	500
12,500	10,000	-14,670	490
17,500	10,000	-14,670	480
22,500	10,000	-14,670	500
27,500	10,000	-14,670	493.19
32,500	10,000	-14,670	432.56
37,500	10,000	-14,670	1800
42,500	10,000	-14,670	1800
47,500	10,000	-14,670	1800
52,500	10,000	-14,670	1,750
57,500	10,000	-14,670	1,760
62,500	10,000	-14,670	1,750
67,500	10,000	-14,670	1,800
72,500	10,000	-14,670	1,800
2,500	30,000	-14,670	17
7,500	30,000	-14,670	20
12,500	30,000	-14,670	15
17,500	30,000	-14,670	12
22,500	30,000	-14,670	15
27,500	30,000	-14,670	10
32,500	30,000	-14,670	10.04
37,500	30,000	-14,670	1.46
42,500	30,000	-14,670	19.49
47,500	30,000	-14,670	632.9
52,500	30,000	-14,670	1800
57,500	30,000	-14,670	1,756

62,500	30,000	-14,670	1,787
67,500	30,000	-14,670	1,800
72,500	30,000	-14,670	1,767
2,500	10,000	-19,370	1,778
7,500			

### 5. Peta Geologi Lembar Yogyakarta



6. Foto Akuisisi Data Geolistrik



## 7. SK Pembimbing



**KEPUTUSAN  
DEKAN FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
Nomor:  
Tentang  
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER  
GASAL/GENAP  
TAHUN AKADEMIK 2014/2015**

- Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Tanggal 27 Oktober 2014

**MEMUTUSKAN**

Menetapkan :

PERTAMA :

Menunjuk dan menugaskan kepada:

1. Nama : Dr. Khumaedi, M.Si.  
NIP : 196306101989011002

Pangkat/Golongan : IV/A  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Sebagai Pembimbing I

2. Nama : Drs. Hadi Susanto, M.Si.  
NIP : 195308031980031003

Pangkat/Golongan : IV/A  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Sebagai Pembimbing II

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama : ISMI LUTFINUR

NIM : 4211411061

Jurusan/Prodi : Fisika/Fisika

Topik : IDENTIFIKASI SESAR BAWAH PERMUKAAN  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITY  
KONFIGURASI SHLUMBERGER (STUDI KASUS SUNGAI  
OPAK YOGYAKARTA)

KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan  
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik  
2. Ketua Jurusan  
3. Petinggal

DITETAPKAN DI : SEMARANG  
PADA TANGGAL : 29 Oktober 2014  
DEKAN



Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.

/ NIP 196310121988031001



4211411061

...: FM-03-AKD-24/Rev. 00 :...