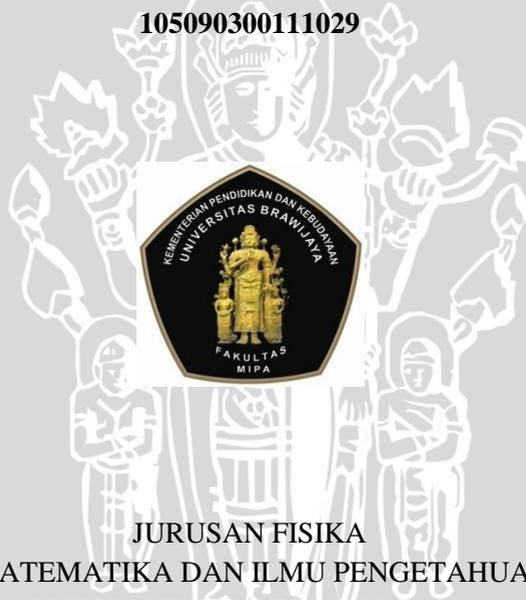


**PENENTUAN AKUIFER BAWAH PERMUKAAN  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS  
(STUDI KASUS PONDOK PESANTREN TAHFIDZUL QUR'AN  
KECAMATAN DAU-MALANG)**

**SKRIPSI**

oleh :

**Amanda Gissa Sarari  
105090300111029**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUANALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG**

**2014**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PENENTUAN AKUIFER BAWAH PERMUKAAN  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS  
(STUDI KASUS PONDOK PESANTREN TAHFIDZUL QUR'AN  
KECAMATAN DAU-MALANG)**

**SKRIPSI**

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

oleh :

**Amanda Gissa Sarari**  
**105090300111029**



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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENENTUAN AKUIFER BAWAH PERMUKAAN  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS  
(STUDI KASUS PONDOK PESANTREN TAHFIDZUL  
QUR'AN KECAMATAN DAU-MALANG)**

oleh :

**Amanda Gissa Sarari  
105090300111029**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
Pada tanggal 22 Agustus 2014  
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang fisika**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. Adi Susilo, M.Si.,Ph.D  
NIP. 19631227 199103 1 002**

**Drs. Wasis, MAB.  
NIP. 19551109 198403 1 001**

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

**Drs. Adi Susilo, M.Si.,Ph.D  
NIP. 19631227 199103 1 002**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Amanda Gissa Sarari  
NIM : 105090300111029  
Jurusan : Fisika  
Penulis Skripsi berjudul : Penentuan Akuifer Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas (Studi Kasus Pondok Pesantren Tahfidzul Qur'an Kecamatan Dau-Malang)

Dengan ini menyatakan bahwa :

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 12 Agustus 2014

Yang menyatakan,

(Amanda Gissa Sarari)

NIM. 105090300111029

## ABSTRAK

Pada kehidupan masyarakat saat ini, banyak orang memperebutkan minyak sebagai bahan bakar utama, namun beberapa tahun kedepan maka air bersih yang akan diperebutkan. Air bersih yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber kehidupan sehari – hari berasal dari air tanah yang terdistribusi mengalir di bawah permukaan. Berbagai metode dilakukan untuk dapat menemukan air tanah secara efektif, efisien, dan ekonomis, salah satu metode tersebut adalah Geolistrik Resistivitas.

Melalui elektroda arus, aliran listrik diinjeksikan ke dalam permukaan tanah dan melalui lapisan dibawahnya. Nilai resistivitas suatu lapisan diterima oleh elektroda potensial dan terbaca oleh alat. Lapisan bawah permukaan dianggap bersifat homogen dan memiliki nilai resistivitas semu. Melalui pengolahan data menggunakan *software* IPI2WIN, Progress, dan Surfer didapat nilai resistivitas lapisan, kedalaman, serta pola distribusi lapisan penyusun.

Hasil pemodelan dalam bentuk log resistivitas ditemukan akuifer pada sounding 3, kedalaman 52.57 – 114.55 m dengan ketebalan lapisan 61.98 m. Jenis akuifer yang di dapat adalah akuifer terkekang (confined akuifer) dengan produktifitas tinggi, penyebaran luas, keterusan, kisaran kedalaman muka air tanah sangat beragam. Secara umum lapisan penyusun bawah permukaan lokasi penelitian terdiri dari lempung, pasir, dan tuff.

## ABSTRACT

Nowadays, in this society life time, there are many people who fight for oil as the prime fuel, however for several years later on fresh water that will be fought for. Fresh water can be used as the source of life in the daily activities, it comes from ground water which distributed flowing under the surface. All kind of methods have done to find ground water effectively, efficient, and economic. One of the methods is Geolistic Resistivity.

Through current electrodes, electric current are injected into surface of the ground and through under layer. Resistivity value of a layer is received by potential electrode and read by equipment. The layer under surface is considered to have homogeneous characteristic and has apparent resistivity value. Processing data attained by using IPI2WIN, Progress, and Surfer. The resistivity value of layer depth, and also the distribution pattern of layer composer.

The model of result in log resistivity form are found akuifer at sounding 3, 52.57-114.55 depth with 61.98 m thickness of layer. The types of aquifer, it is confined aquifer with high productivity, large distribution, continuity, the revolution of depth water ground surface is varies. Commonly the layer under surface of observation field consists of clay, sand and tuff.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT Yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah – Nya kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “ Penentuan akuifer bawah permukaan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *schlumberger* di Pondok Pesantren Tahfidzul Qur’an Kecamatan Dau-Malang “ dengan baik dan lancar tanpa ada permasalahan yang berarti.

Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui distribusi lapisan akuifer bawah permukaan serta kedalamannya sehingga dapat ditemukan air tanah.

Penulis mengucapkan terima kasih sebanyak – banyaknya kepada seluruh pihak terkait, yang telah membantu dalam mensukseskan semua kegiatan selama Skripsi dilaksanakan hingga penyusunan laporan Skripsi selesai. Pihak terkait antara lain :

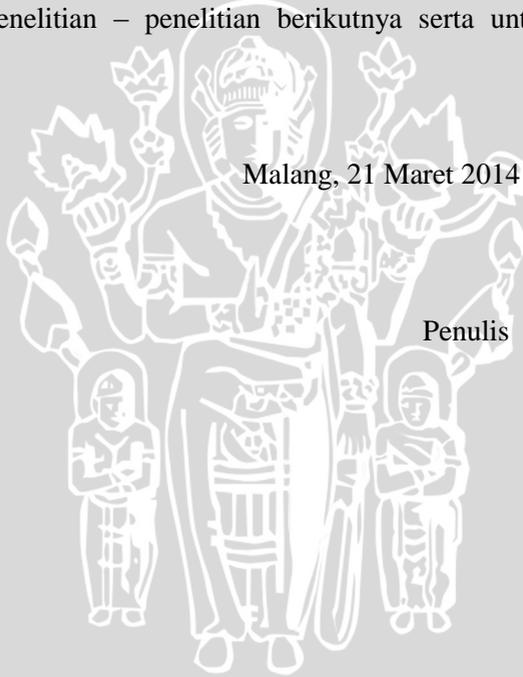
1. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA dan Pembimbing I yang telah bersedia memberikan bimbingan.
2. Bapak Drs. Wasis, M.Si selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dalam proses pembuatan laporan.
3. Bapak Ahmad selaku pengelola Ponpes Tahfidzul Qur’an yang bersedia memberikan kesempatan untuk melakukan skripsi ini.
4. Ayahanda Sugito S.Pd. dan Ibunda Dra. Sayu Nurindah tercinta yang senantiasa mendo’akan, merestui serta memberikan dukungan penuh kepada penulis.
5. Teman – teman Fisika 2010 dengan kompak memberikan bantuandan semangat mulai awal hingga skripsi ini selesai.

6. Sahabatku Viajeng Indraswuri, Martha Putri H, dan Tyas Fitra S yang tidak pernah berhenti memberi dukungan.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan serta pembuatan laporan Skripsi ini.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Demi pembelajaran dalam pembuatan laporan berikutnya agar lebih baik, maka penulis memohon maaf serta mengharap kritik dan saran dari pembaca sehingga laporan ini dapat bermanfaat untuk penelitian – penelitian berikutnya serta untuk pihak lain.

Malang, 21 Maret 2014

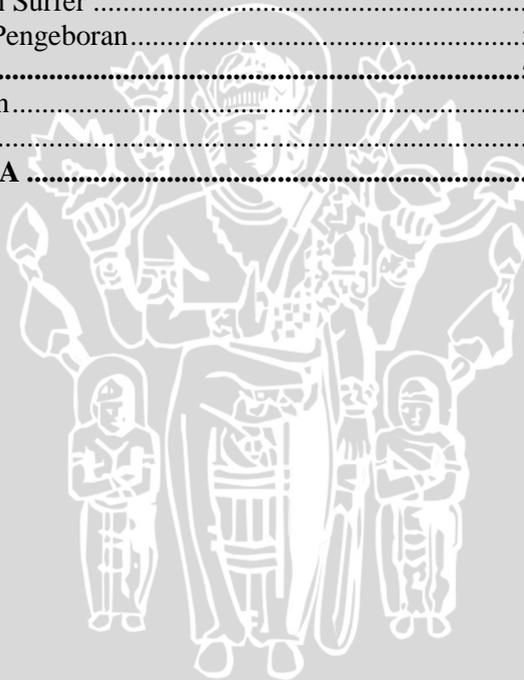
Penulis



## Daftar Isi

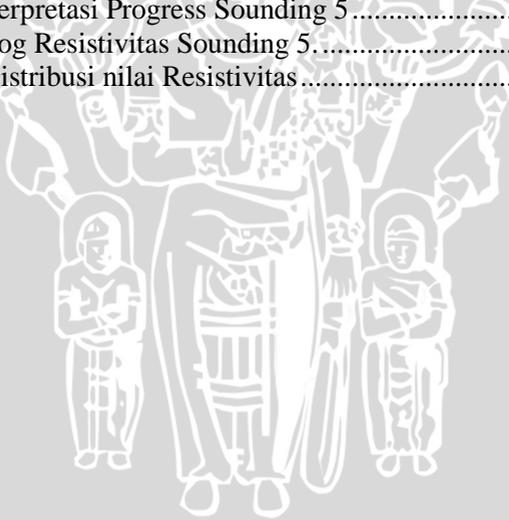
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>vii</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>ix</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>x</b>
<b>Daftar Lampiran</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>4</b>
2.1    Air Tanah.....	5
2.2    Sifat Batuan terhadap Aliran Air.....	7
2.2.1    Porositas .....	7
2.2.2    Permeabilitas .....	9
2.2.3    Porositas .....	11
2.3    Jenis-jenis Akuifer.....	11
2.4    Metode Geofisika .....	13
2.4.1    Geolistrik Resistivitas.....	13
2.4.2    Resistivitas Batuan .....	15
2.4.3    Resistivitas Semu .....	16
2.5.4    Konfigurasi Elektroda Geolistrik Resistivitas .....	18
2.5.5    Konfigurasi Schlumberger.....	20
2.5    Kondisi Geomorfologi Daerah Studi.....	21
2.6    Kondisi Geologi .....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>24</b>
3.1    Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2    Peralatan Penelitian .....	25
3.3    Desain Survey.....	26
3.4    Bentuk Penelitian .....	26

3.4.1	Akuisisi Data .....	27
3.4.2	Pengolahan Data .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>32</b>
4.1	Akuisisi Data .....	33
4.2	Pengolahan Data .....	34
4.3	Kondisi Geologi.....	35
4.4	Pembahasan dan Interpretasi Data.....	36
4.4.1	Sounding 1 .....	37
4.4.2	Sounding 2 .....	39
4.4.3	Sounding 3 .....	42
4.4.4	Sounding 4 .....	45
4.4.5	Sounding 5.....	48
4.4.6	Pemodelan Surfer .....	51
4.4.7	Hasil Pengeboran.....	514
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>545</b>
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>56</b>



## Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Siklus hidrologi yang melibatkan evaporasi,.....	8
Gambar 2 .2 Log <sub>10</sub> permeabilitas vs porositas. ....	10
Gambar 2. 3 Medium tidak homogen (berlapis) . ....	17
Gambar 2. 4 Siklus Elektrik Determinasi Resistivitas .....	20
Gambar 2. 5 Dua Pasang Elektroda Arus dan Potensial Pada.....	20
Gambar 3. 1 Peta Daerah Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Desain Survey.....	26
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 4. 1 Interpretasi Progress Sounding 1.....	37
Gambar 4. 2 Log Resistivitas Sounding 1 .....	39
Gambar 4. 3 Interpretasi Progress Sounding 2.....	40
Gambar 4. 4 Log Resistivitas Sounding 2.....	42
Gambar 4. 5 Interpretasi Progress Sounding 3.....	43
Gambar 4. 6 Log Resistivitas Sounding 3.....	45
Gambar 4. 7 Interpretasi Progress Sounding 4.....	46
Gambar 4. 8 Log Resistivitas Sounding 4.....	48
Gambar 4. 9 Interpretasi Progress Sounding 5.....	49
Gambar 4. 10 Log Resistivitas Sounding 5.....	50
Gambar 4. 11 Distribusi nilai Resistivitas.....	53



## Daftar Tabel

Tabel 2.1 Distribusi Air di Bumi .....	7
Tabel 2.2 Variasi Harga Tahanan Jenis Jenis Batuan Sedimen .....	15
Tabel 2.3 Variasi Material Bumi (Batuan) .....	15
Tabel 2.4 Porositas dan Permeabilitas Batuan .....	18
Tabel 4.1 Koordinat Seluruh Sounding .....	34
Tabel 4.2 Interpretasi Log pada Sounding 1 .....	38
Tabel 4.3 Interpretasi Log pada Sounding 2 .....	41
Tabel 4.4 Interpretasi Log pada Sounding 3 .....	44
Tabel 4.5 Interpretasi Log pada Sounding 4 .....	47
Tabel 4.6 Interpretasi Log pada Sounding 5 .....	50



## Daftar Lampiran

Lampiran 1 .....	58
Lampiran 2 .....	60
Lampiran 3 .....	62
Lampiran 4 .....	67
Lampiran 5 .....	70
Lampiran 6 .....	71
Lampiran 7 .....	72

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu elemen utama kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Elemen air sendiri terbagi atas beberapa jenis menurut tempatnya yaitu air laut dan air tanah. Air tanah dibedakan menjadi dua klasifikasi yaitu air tanah permukaan dan air tanah bawah permukaan. Air tanah permukaan adalah air yang berada di permukaan bumi berupa sungai, danau dan lain - lain. Air tanah bawah permukaan adalah air tanah yang menempati rongga dalam lapisan batuan atau formasi geologi seperti sungai bawah tanah, air sumur dan lain – lain.

Air tanah bawah permukaan dapat di temukan pada lapisan jenuh air atau akuifer. Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui lapisan akuifer dengan memanfaatkan sifat kelistrikan batuan. Sebagai makhluk hidup yang tinggal di suatu wilayah, air bersih merupakan kebutuhan primer untuk dapat melangsungkan hidup. Dibutuhkan pemanfaatan yang tepat dalam penggunaan air tanah sehingga akan membantu pemerataan distribusi air bersih. Hal ini merupakan permasalahan yang sedang dialami Pondok Pesantren Hafidz Al-Qur'an berlokasi di Jalan Raya Karang Widoro, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.

Secara topografi, Kecamatan Dau berada pada wilayah yang cukup tinggi, ditinjau berdasarkan ketinggian daerah ini merupakan area yang kaya dengan sumber air bawah tanah dangkal, namun di daerah tersebut khususnya Pondok Pesantren Hafidz Al-Qur'an tidak ditemukan air bawah tanah dangkal. Menurut Pengelola Ponpes, sebelumnya telah dilakukan pengeboran sumur sedalam 80 m namun tidak ditemukan air, dilanjutkan pengeboran sedalam 90 m menghasilkan air dengan debit yang kecil, semakin diperdalam pengeboran mencapai kedalaman 120 m tetap tidak ditemukan adanya aliran air. Hal ini mungkin disebabkan karena titik pengeboran yang tidak tepat pada lapisan akuifer.

Solusi yang dapat diberikan untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satunya dengan melakukan studi geofisika mengenaikondisi bawah permukaan. Studi yang sesuai untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan yaitu menggunakan metode resistivitas. Prinsip dasar geolistrik resistivitas yaitu memanfaatkan sifat hantaran listrik batuan dan sifat geologinya.

Pentingnya digunakan metode geolistrik resistivitas karena metode ini merupakan satu – satunya metode yang efektif mengetahui sifat kekonduktoran suatu lapisan sehingga dapat diketahui jenis lapisannya.

### **1.2 Rumusan Masalah**

- a. Bagaimana distribusi resistivitas batuan dan estimasi kedalaman akuifer di daerah studi kasus?
- b. Bagaimana gambaran litologi batuan berdasarkan data resistivitas batuan?

### **1.3 Batasan Masalah**

Studi yang dilakukan memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Penentuan struktur lapisan bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan alat resistivitymeter merk OYYO, GPS (Global Positioning System) dan data penunjang lainnya (Peta geologi, peta hidrogeologi, data sosial ekonomi, dsb).
2. Desain daerah studi diambil 5 sounding.
3. Tiap lapisan dianggap bersifat homogen.
4. Tidak ada sumber arus selain arus yang diinjeksikan di atas permukaan bumi.
5. Tidak membahas sifat – sifat air.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Menggambarkan kondisi struktur lapisan bawah permukaan secara vertikal dan horizontal di Jalan Raya Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang.
- b. Mengetahui kedalaman lapisan akuifer yang memiliki potensi debit air besar dan mencari penyebab tidak munculnya air pada kedalaman 90m.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil dari studi penelitian ini, diharapkan dapat dijadikan acuan untuk melakukan proses pengeboran sumur sehingga dapat melancarkan proses pembangunan Pondok Pesantren dan dapat terselesaikan tepat waktu. Selain itu dapat memberi Informasi pada pihak pengelola dan masyarakat sekitar agar dapat dimanfaatkan lebih lanjut.



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Air Tanah

Airtanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk itu dan di dalam retak-retak dari batuan (Sosrodarso dan Takeda, 1993). Menurut Todd (1995), airtanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer. Lapisan yang mudah dilalui oleh airtanah disebut lapisan *permeable*, seperti lapisan yang terdapat pada pasir dan kerikil, sedangkan lapisan yang sulit dilalui airtanah disebut lapisan *impermeabel*, seperti lapisan lempung atau geluh. Lapisan *impermeable* terdiri dari dua jenis yakni lapisan kedap air dan lapisan kebal air (*aquifuge*), sedangkan lapisan yang sulit dilalui airtanah seperti lapisan lempung disebut lapisan kedap air (*aquiclude*).

Akuifer adalah salah satu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang permeabel baik yang terkonsolidasi (misalnya lempung) maupun yang tidak terkonsolidasi (pasir) dengan kondisi jenuh air dan mempunyai suatu besaran konduktivitas hidrolik (K) yang berfungsi menyimpan airtanah dalam jumlah besar sehingga dapat membawa air (atau air dapat diambil) dalam jumlah ekonomis. Dengan demikian, akuifer pada dasarnya adalah kantong air yang berada di dalam tanah.

Asal muasal airtanah digolongkan menjadi 4 tipe yang jelas (Todd, 1995), yaitu air meteorik, air juvenil, air rejuvenated, dan air konat.

- Air meteorik adalah airtanah yang berasal dari atmosfer mencapai zona kejenuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung oleh infiltrasi pada permukaan tanah dan secara tidak langsung oleh permukaan influen (dimana kemiringan muka airtanah menyusup di bawah arus air permukaan-kebalikan dari efluen) dari danau, sungai, saluran buatan, dan lautan. Secara langsung dengan cara kondensasi uap air (dapat diabaikan).

- Air juvenil adalah airtanah yang merupakan air baru yang ditambahkan pada zona kejenuhan dari kerak bumi yang dalam. Selanjutnya air ini dibagi lagi menurut sumber spesifikasinya kedalam air magnetik, air gunung api dan air kosmik (yang dibawa oleh meteor).
- Air diremajakan (*rejuvenated*) adalah air yang untuk sementara waktu telah dikeluarkan darisiklus hidrologi oleh pelapukan, maupun oleh sebab-sebab lain, kembali ke siklus lagi dengan prosesproses metamorforsisme, pemadatan atau proses-proses yang serupa (Todd, 1995).
- Air konat adalah air yang dijebak pada beberapa batuan sedimen atau gunung pada asal mulanya. Air tersebut biasanya sangat termineralisasi dan mempunyai salinitas yang lebih tinggi dari pada air laut.

Zona akuifer tidak jenuh adalah suatu zona penampung air di dalam tanah yang terletak di atas permukaan airtanah (*water table*) baik dalam keadaan alamiah (permanen) atau sesaat setelah berlangsungnya periode pengambilan airtanah. Zona akuifer jenuh adalah suatu zona penampung airtanah yang terletak di bawah permukaan airtanah kecuali zona penampung airtanah yang sementara jenuh dan berada di bawah daerah yang sedang mengalami pengisian airtanah.

Zona akuifer tidak jenuh merupakan zona penyimpanan airtanah yang paling berperan dalam mengurangi kadar pencemaran airtanah dan oleh karenanya zona ini sangat penting untuk usaha-usaha reklamasi dan sekaligus pengisian kembali airtanah, sedang zona akuifer jenuh seperti diuraikan di muka lebih berfungsi sebagai pemasok airtanah yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan zona akuifer tidak jenuh dalam hal akuifer yang pertama tersebut mampu memasok air tanah dalam jumlah yang lebih besar serta mempunyai kualitas air yang lebih baik.

**Tabel 2.1 Distribusi Air di Bumi**

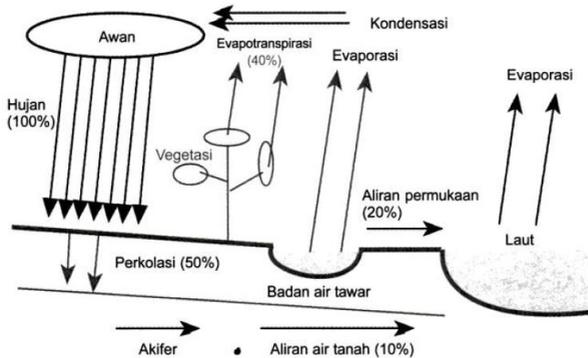
<b>Lokasi</b>	<b>Volume (x 10<sup>3</sup> km<sup>3</sup>)</b>	<b>Persentase (%)</b>
1. Laut	1.320.000 – 1.370.000	93,7
2. Air Tawar		
a. Gunung es ( <i>glacier</i> )	24.000 – 29.000	2,1
b. Uap air di atmosfer	13 – 14	0,001
c. Air tanah hingga kedalaman 4.000 m	4.000 – 8.000	0,6
d. Uap air di tanah	60 – 80	0,006
e. Sungai	1,2	0,00009
f. Danau asin	104	0,007
g. Danau air tawar	125	0,009

Sumber: Jaffries and Mills, 1996

## **2.2 Sifat Batuan terhadap Aliran Air**

### **2.2.1 Porositas**

Air tawar yang tersedia selalu mengalami siklus hidrologi. Siklus hidrologi air tergantung pada proses evaporasi dan presipitasi. Air yang terdapat di permukaan bumi berubah menjadi uap air di lapisan atmosfer melalui proses evaporasi (penguapan) air sungai, danau, dan laut; serta proses evapotranspirasi atau penguapan oleh tanaman (Gambar 2.1). Uap air bergerak ke atas hingga membentuk awan yang dapat berpindah karena tiupan angin. Ruang udara yang mendapat akumulasi uap air secara kontinu akan menjadi jenuh. Oleh pengaruh udara dingin pada lapisan atmosfer, uap air tersebut mengalami sublimasi sehingga butiran – butiran uap air membesar dan akhirnya jatuh sebagai hujan. Zat yang bersifat higrokopis (menyerap air) dapat mempercepat integrasi pengikatan molekul uap air menjadi air. Sehingga, pada pembuatan hujan buatan, dilakukan penambahan zat yang bersifat higrokopis terhadap awan (NaCl atau urea).



**Gambar 2.1 Siklus hidrologi yang melibatkan evaporasi, evapotranspirasi, kondensasi dan presipitasi (Peavy et al., 1985).**

Airtanah adalah salah satu fase dalam daur hidrologi, yakni suatu peristiwa yang selalu berulang dari urutan tanah yang dilalui air dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer; penguapan dari darat atau laut atau air pedalaman, pengembunan membentuk awan, pencurahan, pelonggokan dalam badai air dan penguapan kembali (Kamus Hidrologi 1987). Airtanah merupakan semua air yang terdapat di bawah permukaan tanah pada lajur atau zona jenuh air (*zone of saturation*). Airtanah berasal dari air hujan dan air permukaan yang meresap (*infiltrate*) mula – mula ke zona tak jenuh (*zone of aeration*) dan kemudian meresap makin dalam (*percolate*) hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi airtanah. Airtanah sebagai salah satu komponen dari sistem daur air yang keberadaannya sangat dipengaruhi oleh komponen – komponen air lainnya dalam sistem daur tersebut, seperti intensitas hujan, penggunaan lahan, jenis tanah, dan jenis batuan. Air dapat keluar dari akifer tersebut ke permukaan tanah sebagai mata air, air rembesan, atau air yang dialirkan ke permukaan oleh manusia dengan membuat sumur bor, sumur gali atau terowongan.

Airtanah dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Airtanah dangkal atau air tanah bebas adalah airtanah yang terdapat di akuifer yang tidak tertutup oleh lapisan *impermeable* atau lapisan kedap air serta berada pada

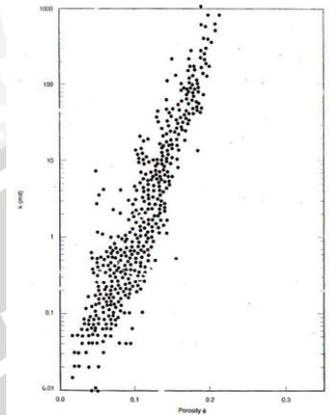
kedalaman yang relatif terjangkau untuk diambil oleh penduduk, melalui berbagai teknik pemanfaatan air. Sedangkan airtanah dalam adalah airtanah yang terdapat di akuifer yang tertutup oleh lapisan impermeable dan mendapat tekanan, sehingga airtanah ini disebut juga dengan airtanah terkekang. Semua akuifer mempunyai dua sifat mendasar yaitu kapasitas airtanah dan kapasitas mengalirkan air tanah. (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

### 2.2.2 Permeabilitas

Batupasir adalah batu-batu yang renggang (*loose*) tapi padat (*compact*), yang terdiri dari fragmen-fragmen dengan diameter berkisar antara 0,05 mm sampai 0,2 mm, dan fragmen-fragmen tersebut menyatu dan mengeras (*cemented*) (Lange, 1991).

Kelulusan atau permeabilitas adalah suatu sifat batuan reservoir untuk dapat meluluskan cairan melalui pori – pori yang berhubungan, tanpa merusak partikel pembentuk atau kerangka batuan tersebut. Permeabilitas pada suatu batuan tergantung pada : Porositas, ukuran pori, bentuk pori, morfologi permukaan pori bagian dalam, susunan pori dan batang pori (topologi dari jaringan pori), ukuran butir dan distribusinya serta kompaksi dan sementasi (Cole, 1983).

Porositas cenderung berhubungan secara linier terhadap logaritma permeabilitas. Contoh hasil penelitian hubungan antara log permeabilitas terhadap porositas pada batupasir *carboniferous* ditunjukkan pada (Gambar 2.2). Dalam beberapa kondisi, hubungan antara porositas dan log (k) adalah lemah. Sebagai tambahan untuk porositas, permeabilitas juga tergantung pada *sorting* (pemilahan), ukuran butir dan litologi (contoh pasir vs lempung). Peningkatan permeabilitas dengan peningkatan porositas sangat dipengaruhi oleh jenis batuan (Schoen, J.H. 1996).



**Gambar 2.2** Log10 permeabilitas vs porositas untuk lapisan atas batupasir *Carboniferous* (Schoen, 1996).

Permeabilitas menurut Darcy dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{kA\Delta p}{\mu L} \quad \text{atau} \quad k = \frac{q\mu dL}{A \Delta p} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan

Q adalah laju rata-rata aliran melalui media pori (cm<sup>3</sup>/dt),

k adalah permeabilitas,

A adalah luas alas benda yang dilalui aliran (cm<sup>2</sup>),

μ adalah viskositas fluida yang mengalir (sentipoise) dan

dL/d adalah tekanan per panjang benda (atm/cm)

Tanda negatif dalam persamaan menunjukkan bahwa bila tekanan bertambah dalam satu arah, maka arah alirannya berlawanan dengan arah pertambahan tekanan tersebut. (Henry Darcy, 1856).

Menurut (Koesoemadinata, 1980). Permeabilitas beberapa reservoir dikelompokkan menjadi :

- Ketat (*tight*) < 5 mD
- Cukup (*fair*) 5 - 10 mD
- Baik (*good*) 10 - 100 mD
- Baik sekali 100 - 1000 mD
- (*very good*) >1000 mD

### 2.2.3 Porositas

Perbandingan antara ruang pori yang saling berhubungan dan volume total batuan disebut porositas efektif. Porositas suatu medium adalah perbandingan volum rongga – rongga pori terhadap volum total seluruh batuan. Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen. Menurut Koesoemadinata porositas yang terdapat pada batupasir bersifat *intergranuler*. Pori-pori yang terdapat diantara butir-butir dan khususnya terjadi secara primer, jadi rongga-rongga terjadi pada waktu pengendapan. Jika bentuk butiran mendekati bentuk bola maka permeabilitas dan porositasnya akan lebih meningkat. Segala bentuk yang menyudut biasanya memperkecil rongga, karena masing-masing sudutnya akan mengisi rongga yang ada, dan karenanya akan memberikan kemas yang lebih ketat. (Koesoemadinata, 1980).

menurut Levorsen Porositas adalah:

$$\phi = \frac{\text{volumepori-pori}}{\text{volumakeseluruhanbatuan}} \times 100\%$$

Sedangkan porositas efektif didefinisikan sebagai :

$$\phi_e = \frac{\text{volumeporibersambungan}}{\text{volumebatuankeseluruhan}} \times 100\%$$

Porositas beberapa reservoir dikelompokkan menjadi :

Diabaikan ( <i>negligible</i> )	0 - 5 %
Buruk ( <i>poor</i> )	5 - 10 %
Cukup ( <i>fair</i> )	10 - 15 %
Baik ( <i>good</i> )	15 - 20 %
Sangat baik ( <i>very good</i> )	20 - 25 %
Istimewa ( <i>excellent</i> )	> 25 %

### 2.3 Jenis-jenis Akuifer

Akiclud ( <i>aquiclud</i> )	= lapisan batuan semi <i>permeable</i> , pada lapisan ini air masih bergerak baik pada arah mendatar maupun vertikal.
Akitard ( <i>aquitard</i> )	= lapisan batuan semi <i>permeable</i> yang mengandung air dan mampu

- memindahkan dalam jumlah yang berarti, tetapi hanya pada arah vertikal saja
- Impermeabel (*impermeable*) = lapisan batuan yang tidak dapat tembus
- Aquifug (*aquifuge*) = lapisan batuan yang *impermeable* dan tidak mampu meluluskan air sehingga tidak mampu menyimpan air dalam jumlah yang berarti juga merupakan lapisan kebal air. (Sosrodarsono & Takeda, 1987).

Berdasarkan susunan lapisan geologi dan harga kelulusan air, corak akuifer dapat dibedakan menjadi empat macam yaitu (Sosrodarsono, 1983):

1. Akuifer Bebas (*Unconfined Akuifer*) : akuifer yang muka airtanahnya merupakan bidang batas sebelah atas dari daerah jenuh air dan bagian bawahnya di batasi oleh lapisan kedap air (*impermeable*).
2. Akuifer terkekang (*Confined Akuifer*) : akuifer yang sepenuhnya jenuh air yang bagian bawah dan atasnya dibatasi oleh lapisan kedap air (*Impermeable*) dan mempunyai tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer.
3. Akuifer setengah terkekang (*Semi Confined Akuifer*) : akuifer yang sepenuhnya jenuh air dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air (*Semi impermeable*) dan bagian bawahnya terletak pada dasar yang kedap air (*Impermeable*).
4. Akuifer menggantung : akuifer yang mempunyai massa air tanah terpisah dari tanah induk oleh lapisan yang relatif kedap air yang begitu luas dan terletak diatas daerah jenuh.

## 2.4 Metode Geofisika

Di bawah permukaan tanah terdapat perlapisan batuan yang terbedakan antara yang satu dengan yang lain karena mempunyai karakteristik fisika tertentu. Dengan metode geofisika dapat diduga jenis litologi, kedalaman dan struktur lapisan batuan di bawah permukaan tanah. Metode geofisika secara garis besar terbagi dua yaitu yang bersifat statis dan dinamis (Damtoro, 2007). Pada metode geofisika statis yang diukur adalah besaran fisika yang sudah ada dalam batuan tanpa pengaruh dari luar, misalnya metode gravitasi, magnetik dan paleomagnetik. Pada metode geofisika dinamis dilakukan perlakuan khusus terhadap perlapisan batuan, sehingga dapat diduga jenis litologinya dari respon yang terjadi.

### 2.4.1 Geolistrik Resistivitas

Geolistrik merupakan metode penyelidikan air tanah dari permukaan bumi yang paling populer dalam bidang hidrogeologi (Todd, 1980) hal ini disebabkan peralatan geolistrik mudah dibawa, mudah dioperasikan, waktu pengukuran cepat dengan biaya murah serta akurasi data yang cukup presisi. Pada dasarnya geolistrik merupakan alat untuk mendeteksi perlapisan batuan di bawah permukaan bumi. Prinsip utamanya adalah bahwa tiap perlapisan batuan mempunyai tahanan yang berbeda – beda bila dialiri listrik yang disebut tahanan jenis (*resistivity*). Hasil pendugaan pada berbagai jenis batuan menunjukkan adanya kisaran nilai tahanan jenis yang bervariasi. Secara umum batuan metamorf mempunyai tahanan jenis antara  $10^2$  hingga  $10^8 \Omega m$ , sedangkan pada batuan sedimen dan pada bahan lepas (pasir dan kerikil) bervariasi dari 1 hingga  $10^4 \Omega m$  (Todd, 1980).

Tujuan survey geolistrik tahanan jenis adalah untuk mengetahui resistivitas bawah permukaan bumi dengan melakukan pengukuran di permukaan bumi. Resistivitas bumi berhubungan dengan mineral, kandungan fluida dan derajat saturasi air dalam batuan. Metode yang bisa digunakan pada pengukuran resistivitas secara umum yaitu dengan menggunakan dua elektroda arus (C1 dan C2), dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda tegangan (P1 dan P2).

Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya yang ke 4 buah elektrodanya terletak dalam suatu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi yaitu konfigurasi Wenner dan Schlumberger (Damtoro, 2007).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## 2.4.2 Resistivitas Batuan

Tabel 2.2 Variasi Harga Tahanan Jenis Dari Beberapa Jenis Batuan Sedimen

Jenis Batuan	Nilai Tahanan Jenis $\Omega m$
Lempung	3 – 30
Lempung Berdebu	5 – 40
Pasir Berlempung	5 – 50
Lempung Berpasir	30 – 100
Lempung Shale	50 – 200
Pasir, Gravel	$10^2 - 5 \cdot 10^3$
Gips, Batu Gamping	$10^2 - 5 \cdot 10^3$
Batuan Kristalin	$2 \cdot 10^2 - 10^5$
Batu Bergaram, Anhydrate	$2 \cdot 10^3 <$

Sumber: Dohr, 1975 dalam Rolia Eva, 2002)

Tabel 2.3 Variasi Material Bumi (Batuan)

Bahan	Resistivitas ( $\Omega m$ )
Udara	~
Pirit	$3 \times 10^{-1}$
Galana	$2 \times 10^{-3}$
Kwarsa	$4 \times 10^{10}$ s.d. $2 \times 10^{14}$
Kalsit	$1 \times 10^{12}$ s. d. $1 \times 10^{13}$
Batuan Garam	30 s. d. $1 \times 10^{13}$
Mika	$9 \times 10^{12}$ s. d. $1 \times 10^{14}$
Garnit	$10^2$ s. d. $1 \times 10^6$
Gabro	$1 \times 10^3$ s. d. $1 \times 10^6$
Basalt	10 s. d. $1 \times 10^7$
Batuan Gamping	50 s. d. $1 \times 10^7$
Batuan Pasir	1 s. d. $1 \times 10^8$
Batuan Serpih	20 s. d. $1 \times 10^3$
Dolomit	$10^2$ s. d. $10^4$
Pasir	1 s. d. $10^3$
Lempung	1 s. d. $10^2$
Air Tanah	0.5 s. d. $3 \times 10^2$
Air Laut	0.2

Sumber: Djoko Santoso, 2001 : 140

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya harga tahanan jenis adalah: (Eva Rosalia, 2002).

#### 1. Jenis Material

Besarnya tahanan jenis tergantung pada daya hantar listrik setiap material. Semakin mudah material menghantarkan arus listrik, maka tahanan jenisnya semakin kecil.

#### 2. Kandungan Air Dalam Batuan

Semakin banyak kandungan air dalam batuan, maka tahanan jenisnya semakin kecil, karena air merupakan media penghantar arus listrik.

#### 3. Porositas Batuan

Semakin besar porositas batuan, berarti semakin banyak pori-pori dalam batuan, maka semakin kecil tahanan jenisnya karena semakin banyak air yang terkandung di dalamnya.

#### 4. Sifat Kimiawi

Air asin lebih mudah menghantarkan listrik daripada air tawar, sehingga tahanan jenisnya semakin kecil. Hal ini disebabkan karena terdapatnya ion-ion ( $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ ) yang mampu menghantarkan arus listrik.

### 2.4.3 Resistivitas Semu

Pada metode tahanan jenis diasumsikan bahwa bumi bersifat homogen isotropik, dimana nilai tahanan jenis yang terukur bukan merupakan harga sebenarnya akan tetapi merupakan nilai tahanan jenis semu (*apparent Resistivity*). Data hasil pengukuran di lapangan berupa beda potensial dan arus dapat digunakan untuk menghitung harga resistivitas semu. (Wuryantoro, 2007).

Kombinasi dari jarak  $AB/2$ , jarak  $MN/2$ , besarnya arus listrik yang dialirkan serta tegangan listrik yang terjadi akan didapat suatu harga tahanan jenis semu (*Apparent Resistivity*). Disebut tahanan jenis semu karena tahanan jenis yang terhitung tersebut merupakan gabungan dari banyak lapisan batuan di bawah permukaan yang dilalui arus listrik (Damtoro, 2007). Bumi diasumsikan berlapis-lapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogeny yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Sebagai contoh adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.3**Medium tidak homogen (berlapis) dan medium homogen (Wuryantoro, 2007).

Medium berlapis yang ditinjau terdiri dari dua lapis yang berbeda resistivitasnya ( $\rho_1$  dan  $\rho_2$ ) dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang mempunyai satu harga resistivitas, yaitu resistivitas semu  $\rho_a$ , dengan konduktansi lapisan fiktif sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan. (Wuryantoro, 2007).

Namun pada kenyataannya bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan  $\rho$  yang berbeda-beda sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan lapisan tersebut. Maka harga resistivitas yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja, tetapi beberapa lapisan. Menurut Damtoro (2007), untuk menghitung nilai resistivitas semu, diperlukan suatu bilangan faktor geometri (K) yang tergantung pada jenis konfigurasi, jarak  $AB/2$  dan  $MN/2$ . Perhitungan bilangan konstanta (K) ini berdasarkan rumus :

**Apparent Resistivity :**

**Schlumberger & Wenner :**

Keterangan rumus :

AM = Jarak antara elektroda arus (A) dan tegangan (M) (meter)

BM = Jarak antara elektroda arus (B) dan tegangan (M) (meter)

AN = Jarak antara elektroda arus (A) dan tegangan (N) (meter)

BN = Jarak antara elektroda arus (B) dan tegangan (M) (meter)

$\pi$  = 3.141592654

$\rho_a$  = Apparent Resistivity (Ohm meter)

K = Faktor geometri (meter)

V = Tegangan listrik pada elektroda MN (mV, milliVolt)

I = Arus listrik yang diinjeksikan melalui elektroda AB (mA)

$$\rho_a = k \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$k = \frac{2 \times \pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Kisaran nilai porositas dan permeabilitas beberapa batuan ditunjukkan oleh tabel di bawah ini:

**Tabel 2 4Porositas dan Permeabilitas Batuan (Seyhan, 1990)**

Tipe Batuan	Porositas (%)	Koefisien Permeabilitas (m/hari)
Kerikil	25 – 35	100 – 1000
Pasir	30 – 40	5 – 40
Konglomerat	10 – 25	5 – 15
Loess	25 – 50	≈ 0.1
Batuan pasir (panas)	5 – 20	5 – 20
Batuan pasir dengan lipatan dan fraktur (patahan)	Hingga 40	≥ 50
Batuan kapur dengan permeabilitas primer	20 – 35	± 25
Batuan kapur dengan permeabilitas sekunder	>> 35	>> 25

#### 2.4.4 Konfigurasi Elektroda Geolistrik Resistivitas

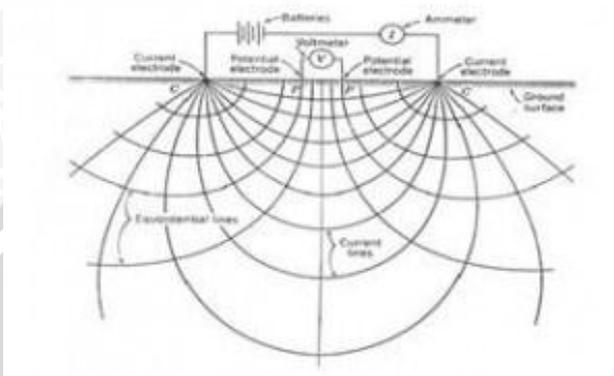
Penyusunan konfigurasi elektroda geolistrik resistivitas adalah dengan menginjeksi 4 buah elektroda, dua elektroda arus (*current elektrode*) dan dua elektroda potensial (*potential elektrode*) ke dalam permukaan tanah. 2 elektroda arus yaitu A dan B ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Dengan adanya aliran arus listrik tersebut maka akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multi meter yang terhubung melalui 2 “buah elektroda tegangan M dan N yang jaraknya lebih pendek dari pada jarak elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan

yang ikut terinjeksi arus listrik pada pada kedalaman yang lebih besar. Dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa di tembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak AB yang bisa disebut  $AB/2$  (Todd, 1980). Adapun macam – macam konfigurasi elektroda yang umum digunakan adalah :

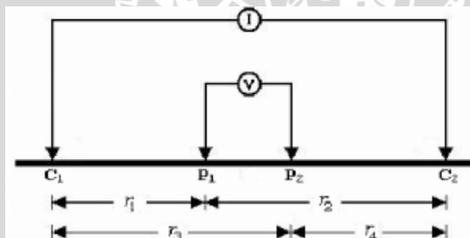
1. Konfigurasi Wenner  
Jarak AM, MN dan NB adalah sama dan biasanya dinamakan a.
2. Konfigurasi Schlumberger  
Jarak  $AO = BO = s$ ,  $MO = NO = b$ , eksentrisitas  $b/s < 1/3$ , titik O adalah pusat konfigurasi.
3. Konfigurasi Dipole – Dipole  
Jarak  $AB = MN = a$ ,  $BM = na$ .

Hasil pengukuran di lapangan berupa nilai hambatan jenis dan jarak antar elektroda, sehingga diperlukan proses agar diperoleh nilai hambatan jenis terhadap kedalaman. Nilai hambatan jenis yang diplot terhadap jarak antar elektroda dengan menggunakan grafik seismolog akan diperoleh kurva hambatan jenis. Dengan menggunakan kurva standart yang diturunkan berdasarkan berbagai variasi perubahan nilai hambatan jenis terhadap kedalaman. Cara ini dapat menduga ketebalan lapisan berdasarkan nilai hambatan jenisnya, dan kedalaman lapisan – lapisan batuan di bawah permukaan dapat ditafsirkan (Santoso, 2002).

### 2.4.4 Konfigurasi Schlumberger



**Gambar 2.4** Siklus Elektrik Determinasi Resistivitas dan Lapangan Elektrik Untuk Stratum Homogenous Permukaan bawah tanah (Todd, D.K, 1980)



**Gambar 2.5** Dua Pasang Elektroda Arus dan Potensial Pada Permukaan Medium Homogen Isotropis.

Dengan Tahanan Jenis Potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 adalah (Sosrodarsono, 2006)

$$V_{11} = \left( \frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r_1} \dots\dots\dots (2.4)$$

Karena arus pada kedua elektroda sama dan berlawanan arah, maka potensial pada titik P2 akibat elektroda arus C2 dapat ditulis,

$$V_{12} = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_2} \dots\dots\dots(2.5)$$

sehingga potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 dan C2

$$\text{adalah } V_{11} + V_{12} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan cara yang sama, potensial yang sama pada P2 akibat elektroda arus C1 dan C2 adalah,

$$V_{21} + V_{22} = \frac{I\rho}{2} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right) \dots\dots\dots(2.7)$$

Akhirnya antara potensial P1 dan P2 dapat ditulis sebagai,

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right) \right\} \dots\dots\dots(2.8)$$

Metode yang bisa digunakan pada pengukuran resistivitas secara umum yaitu dengan menggunakan dua elektroda arus (C1 dan C2), dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda tegangan (P1 dan P2), dari besarnya arus dan beda potensial yang terukur maka nilai resistivitas dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho = k \frac{V}{I}$$

Dengan k adalah factor geometri yang tergantung penempatan elektroda permukaan.

## 2.5 Kondisi Geomorfologi Daerah Studi

Informasi Geologi diperoleh dari Peta Geologi 1 : 100.000 Lembar Malang (Santosa et.al., 1992). Secara umum tanah yang berkembang di wilayah Malang berkembang dari bahan vulkanik hasil gunung api, Berdasarkan Peta Geologi Lembar Malang (Santosa et.al., 1992), formasi geologi yang dijumpai kawasan kota DAS Sumber Brantas ada lima, berturut – turut dari yang paling luas yaitu: 1) Qvaw (Batuan Gunungapi Arjuna Welirang), 2) Qpat (Batuan Gunungapi Anjasmara tua), 3) Qpv (Batuan Gunungapi Panderman), 4)

Qpvkb (Batuan Gunungapi Kawi – Butak) dan 5) Qpva (Batuan Gunungapi Anjasmara Muda). Sebaran masing – masing formasi ditinjau dari umur batuan, kompleks pegunungan Anjasmara – Lalijiwa adalah pegunungan tua yang telah mati dan mengalami perusakan bentuk krucut Gunungapi. Kompleks pegunungan yang paling muda adalah Arjuna – Welirang, dimana Gunung Arjuna sedang istirahat dan Gunung Welirang massif aktif dengan mengeluarkan gas (belerang).

## 2.5 Kondisi Geologi

Ditinjau dari peta geologi, lokasi penelitian masuk dalam wilayah geologi lembar Malang dimana dalam peta ditunjukkan dengan luasan area berwarna kuning muda yang menunjukkan daerah tersebut dilingkupi oleh tuf Malang (Qvtm). Lembar Malang terletak pada Lajur Solo – Gunungapi Kuartar yang diapit oleh Lajur Kendeng di bagian utara dan Lajur Pegunungan selatan. (Nachrowi, dr., 1978). Lajur Solo – Gunungapi Kuartar ini terdiri dari pegunungan dan kerucut gunungapi antara lain G. Kawi, G. Anjasmara, G. Arjuna – Welirang, G. Pananggungan dan Pegunungan Tengger – Semeru. Lajur Pegunungan Selatan terdiri dari deretan pegunungan, pegunungan dan dataran yang membentang dari barat ke timur dan ditempati sebagian besar oleh batuan sedimen, piroklastika, karbonat dan terobosan.

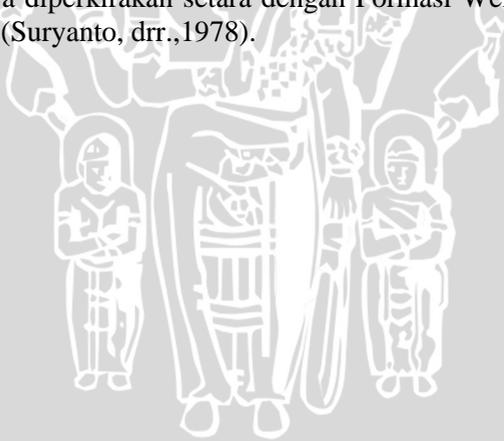
Tuf Malang merupakan merupakan endapan epiklastikal yang bahanya berasal dari rombakan batuan Gunungapi Kuartar Bawah di sekitarnya yang menindih batuan Gunungapi Gendis dan batuan Gunungapi Buring, merupakan runtunan dari berbagai tuf; umurnya diperkirakan Plistosen – Holosen. Secara Litologi satuan batuan Tuf Malang mencakup antara lain Tuf Batuapung, Tuf Pasiran, Tuf Breksi, Tuf Halus, dan Tuf Lapili.

- Tuf batuapung, kuning keruh, putih dan kelabu; berbutir pasir kasar, lapili kasar, menyudut tanggung membulat; berkomponen sebagian besar batuapung, feldspar, kaca gunungapi, pecahan batuan dan partikel warna hitam;

sebagai lapisan membaji atau kantong, berselingan dengan tuf lainnya, tebal lapisannya beberapa puluh centimeter.

- Tuf Pasiran, klabu coklat kemerahan, kasar hingga halus; mengandung sebagian besar bahan piroklastika, pecahan batuan, mineral hitam dan oksida besi, setempat terdapat sisa tumbuhan; tebalnya puluhan centimeter.
- Tuf Breksi, coklat – kuning keruh; berbutir pasir hingga kerakal, menyudut tanggung – membundar tanggung; mengandung pecahan batuan, batuapung, obsidian, mineral terang dan kaca gunungapi, kerakalnya tersebar dan terpencar; tebal lapisan beberapa meter.
- Tuf Halus, putih – coklat; sangat halus – sedang; agak pejal, mampat, sedikit keras, tebalnya antara belasan centimeter dan beberapa meter, umumnya terdapat pada bagian atas dan berbentuk lapisan membaji atau terputus – putus.

Tuf Lapili, putih, kuning keruh dan coklat, berbutir pasir hingga lapili; mengandung batuapung, kaca gunungapi dan pecahan batuan; tebal puluhan centimeter, sebagai selingan di antara tuf lainnya, terutama pada bagian atas. Tuf ini tebalnya diduga antara 70 m dan 150 m. Umurnya diperkirakan setara dengan Formasi Welang, yaitu Plistosen Akhir. (Suryanto, dr., 1978).



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

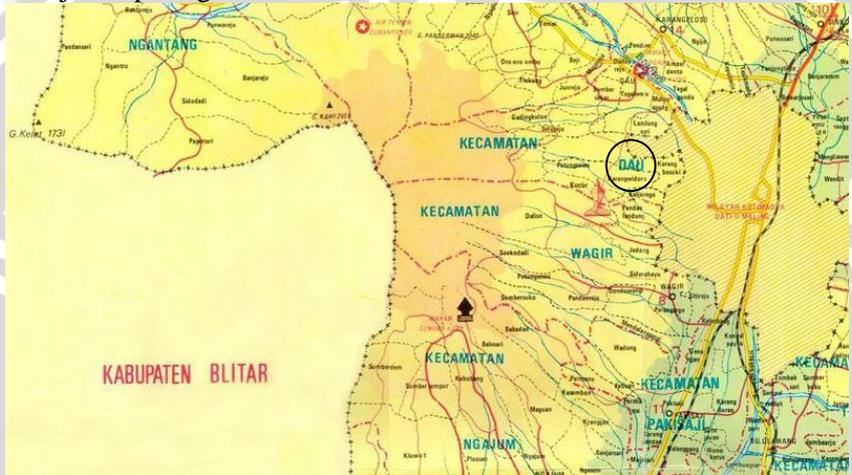
Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2014, di Pondok Pesantren Tahfidzul Qur'an yang berada di Jalan Raya Karang Widoro Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Letak daerah survei ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 3.1 Peta Daerah Penelitian

Keterangan

- Lokasi Survei  
Peta Kota Malang ([www.infokepanjen.com](http://www.infokepanjen.com))

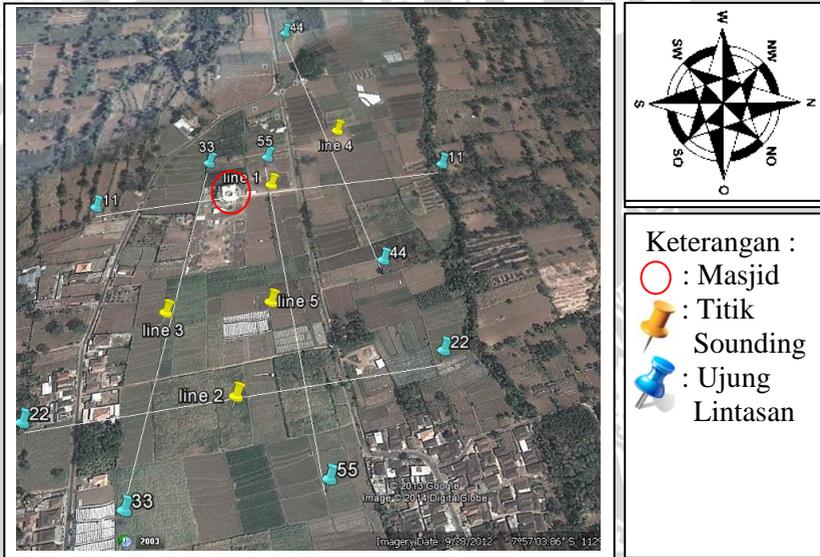
### 3.2 Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk studi dengan metode geolistrik resistivitas adalah:

1. Resistivity Meter merek OYYO TIPE MCOHM-EL MODEL-2119D
2. Elektroda Arus dan Potensial (@ 2 unit)
3. Kabel Arus dan Potensial (@ 2 unit)
4. Accu kering (26 Ampere/ 12 Volt)

5. Palu
6. Kompas geologi
7. GPS (Global Positioning System)
8. Roll meter 100 m
9. Seperangkat komputer
10. Pasak
11. Mistar

### 3.3 Desain Survei

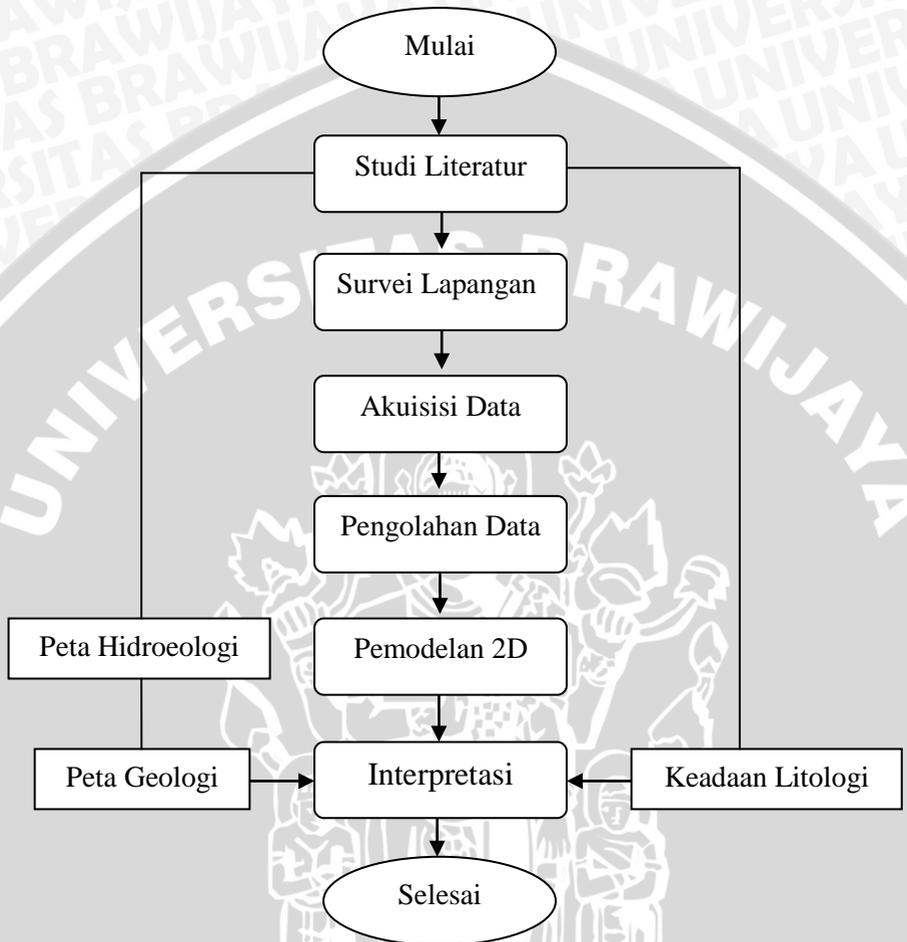


**Gambar 3.2**Desain Survey

Tahun Pembuatan : 2013  
 Sumber : <http://earth.google.co.id/>

### 3.4 Bentuk Penelitian

Penelitian untuk mencari lapisan akuifer dilakukan dengan metode geolistrik resistivitas konfigurasi schlumberger. Pengambilan data berupa nilai resistivitas dengan cara menginjeksikan arus ke dalam permukaan tanah kemudian akan terbaca oleh alat brupa nilai resistivitas lapisan tersebut. Langkah-langkah dalam penelitian mengikuti diagram alir dibawah.



**Gambar 3 3Diagram Alir Penelitian**

### 3.4.1 Akuisisi Data

Salah satu proses utama di awal terkait dilakukannya suatu penelitian lapangan adalah dengan melakukan survey atau pengamatan awal mengenai lokasi penelitian guna mendapatkan gambaran yang konkret tentang kondisi geologi. Survey awal akan membantu dalam menentukan jenis metode yang sesuai dengan

tujuan dilakukanya penelitian. Peta geologi dan peta topografi merupakan panduan utama dalam proses orientasi kondisi morfologi lokasi penelitian. Proses selanjutnya yaitu perencanaan titik pengambilan data berupa garis VES, dengan mengetahui titik koordinat lokasi maka dapat ditentukan posisi titik (sounding), panjang lintasan serta spasi antar titik.

Dengan menginjeksikan arus DC ke dalam permukaan tanah melalui elektroda luar yaitu AB sebagai elektroda yang mengalirkan arus kemudian diterima oleh elektroda dalam yaitu elektroda potensial MN berupa beda potensial ( $\Delta V$ ) dan terbaca oleh alat sebagai arus listrik (I) yang memiliki nilai hambatan sebesar (mA). Besarnya rentang arus yang diinjeksikan yaitu antara 2 hingga 100 mA. Panjang spasi masing-masing elektroda diukur sebagai MN/2 dan AB.

Konfigurasi yang digunakan untuk pengambilan data adalah Schlumberger. Panjang bentangan lintasan AB adalah 400 m, spasi antar titik adalah sekitar 75 m, jumlah sounding 5 titik. Bentuk desain survey adalah berupa persegi yang terdiri dari 5 grid lintasan. Langkah-langkah pengambilan data dilakukan sebagai berikut :

1. Elektroda-elektroda disusun sesuai konfigurasi schlumberger dengan mengambil jarak perubahan terpendek antar elektroda yaitu 5 m dan kemudian dicatat besarnya arus dan resistansi yang terukur.
2. Rubah posisi elektroda arus pada posisi ke 2 dimana jaraknya semakin memanjang dengan menggesernya ke arah yang lurus dengan elektroda lainnya. Posisi elektroda potensial tetap. Dicitat besarnya kuat arus dan hambatan yang terbaca.
3. Ulangi langkah 2 hingga jarak tertentu dimana nilai resistansinya sudah sangat kecil.
4. Rubah jarak MN dengan menggeser elektroda tersebut lebih panjang dan tetap lurus dengan elektroda AB. Elektroda AB tetap pada posisi yang sama.
5. Lanjutkan langkah 2,3,4 hingga jarak bentangan maksimum tercapai.

### 3.4.2 Pengolahan Data

Konfigurasi Schlumberger adalah survey metode geofisika resistivitas dengan menampilkan pendugaan penampang bawah permukaan dalam bentuk kedalaman atau secara vertikal ke dalam. Penampang ini dihasilkan dari besarnya nilai resistivitas lapisan bawah permukaan dengan kedalaman. Proses akhir dari dihasilkannya nilai resistivitas berkaitan dengan pengolahan data yang dilakukan melalui beberapa tahap perhitungan dan permodelan menggunakan *software*.

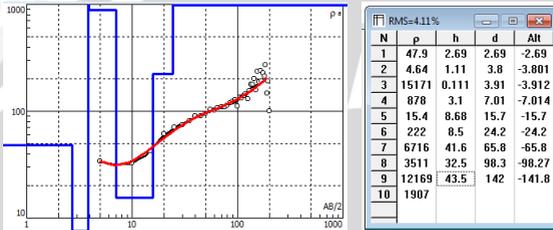
Data yang diperoleh di lapangan diolah menggunakan *software* Microsoft Excel, IPI2WIN dan Prograss 3.0. Microsoft Excel digunakan untuk melakukan perhitungan nilai resistivitas ( $\rho$ ), faktor geometri (K). nilai ini dihitung berdasarkan data mentah yaitu beda potensial pada tiap titik ( $\Delta V$ ) dalam satuan volt dengan besar arus yang diberikan (I) dalam miliamper, kemudian dapat diketahui nilai hambatan ( $\rho$ ) dalam Ohm meter, serta jarak bentangan AB/2 dan MN dalam meter. Perhitungan Microsoft Excel dilakukan berdasarkan persamaan yang tertera pada bab 2. Tahap selanjutnya yaitu permodelan menggunakan *Software* IPI2WIN.

#### IPI2WIN

IPI2WIN merupakan *software* permodelan dengan metoda Matching Curve. Pada Matching Curve akan diketahui nilai penampang bawah permukaan secara vertikal berupa garis kurva yang menampilkan jumlah lapisan, nilai resistivitas tiap lapisan beserta kedalamannya. Input berupa nilai resistivitas, jarak bentangan MN/2 dan AB, beda potensial ( $\Delta V$ ), arus (I) dan hambatan ( $\rho$ ).

Garis pada *software* merupakan garis yang mewakili nilai data yang telah diinput sebelumnya. Garis warna hitam merupakan garis data percobaan dan garis merah merupakan garis teori. Diketahui nilai error menunjukkan besarnya ketidak sesuaian garis percobaan dengan garis teori. Pada Table 3.4 menunjukkan keterangan N adalah susunan lapisan, h adalah ketebalan, d kedalaman dari permukaan, Alt adalah altitude atau jarak pandang dari permukaan.

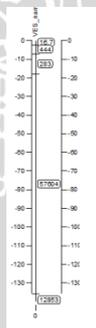
*Edit Field Curve* berfungsi untuk mendekati garis percobaan atau data lapangan ke garis teori sehingga nilai rho percobaan akan berubah menyesuaikan teori sehingga menghasilkan error yang lebih kecil dan hasilnya mendekati benar. Hasil Akhir dari proses editing field curve menghasilkan nilai rho, h, d yang lebih rata dan memungkinkan untuk menggambarkan keadaan sesungguhnya.



**Gambar 3.4** Grafik hasil hasil pengolahan.

### IPIres3

Pemodelan nilai resistivitas secara detail dapat dilakukan menggunakan Log resistivitas. Aplikasi ini sudah termasuk dalam IPI2WIN, merupakan pemodelan 2D tidak berwarna yang menunjukkan keterangan jangkauan maksimum kedalaman dari log yang dicapai, termasuk ketebalan tiap lapisan serta nilai resistivitas lapisan tersebut. Input data adalah data olahan dari grafik IPI2WIN yang telah disimpan dalam format (.dat) sebelumnya. Penampang VES ditampilkan dalam bentuk Log resistivitas. Nilai di samping kanan – kiri menunjukkan kedalaman dan nilai dalam log adalah resistivitas lapisan.



**Gambar 3 5** Hasil pemodelan Log dari IPIres3.

### **Progress 3.0**

Pemodelan akhir yang dilakukan adalah memasukan semua input ke dalam aplikasi progress. Pada aplikasi ini tidak dapat dilakukan proses *matching curve* atau penyesuaian data lapangan terhadap data secara teori. Satu satunya yang mempengaruhi grafik progress adalah input data yang terdiri dari panjang spasi dan nilai  $\rho$  (resistivitas) sebagai observer data, kemudian dimodelkan dengan *forward modeling* dimana akan dimasukan nilai resistivitas yang berasal dari pengolahan IPI2WIN, sehingga menghasilkan kurva yang kemudian dilanjutkan pada tahap berikutnya yaitu invers model, dan interpretasi.

### **Surfer 10**

Pemodelan akhir adalah mengetahui pola distribusi persebaran material penyusun. Pada aplikasi surfer digunakan 3 variabel yaitu koordinat X dengan input latitude, koordinat Y input altitude, dan koordinat Z input nilai  $\rho$  padakedalaman yang diinginkan. Penampang Surfer yang dihasilkankemudian disesuaikan *color scale* untuk mendapatkan degradasi warna yang diinginkan sehingga diketahui range nilai resistivitas batuan. Untuk mendapatkan gabungan dari masing – masing penampang pada kedalaman yang berbeda – beda dilakukan melalui proses *overlay* dan *trackball*.

### **3.5 Interpretasi**

Proses akhir dari penelitian adalah melakukan interpretasi data yaitu menerjemahkan hasil pengolahan dan pemodelan data dengan menyesuaikan keadaan litologi lokasi penelitian serta panduan utama untuk menentukan gambaran bawah permukaan yang sesungguhnya dan fenomena alam yang terjadi di permukaan. Interpretasi dilakukan dengan melihat hasil pemodelan dan mengacu pada peta geologi, serta table resistivitas batuan.

# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Akuisisi Data

Penelitian untuk mengetahui letak lapisan akuifer di Pondok Pesantren Thafidzul Qur'an Kecamatan Dau Kabupaten Malang dilakukan Menggunakan metode Geolistrik Resistivitas konfigurasi Schlumberger. Metode ini menghasilkan penampang dalam bentuk kedalaman. Jumlah lintasan sebanyak 5 line, masing – masing memiliki 1 titik sounding sehingga dihasilkan 5 titik sounding antara lain Line 1, Line 2, Line 3, Line 4, dan Line 5. Panjang setiap lintasan yang digunakan adalah 400 m. Pengambilan data lapangan dilakukan dengan penginjeksian arus sebesar 2 mA terhadap elektroda arus yang terus dipindah secara bergeser mengikuti jarak yang telah ditentukan sepanjang lintasan tersebut, setiap perpindahannya akan menghasilkan nilai resistivitas dan dicatat.

Titik koordinat diambil tepat pada titik sounding *Schlumberger* dimana titik ini berada pada *center* lintasan, selain itu juga diambil pada masing – masing ujung titik sebagai titik ikat untuk memastikan VES (*vertical electric sounding*) tersebut linier dan sesuai design survey. Pengambilan data lapangan seharusnya dilakukan sesuai design survey yang telah dirancang, namun pada kenyataan tetap ada perbedaan kondisi dimana proses harus menyesuaikan kondisi lapangan yang ada. Terjadi sedikit pergeseran titik koordinat dilapangan, hal ini terlihat dari hasil plot koordinat pada *Google Earth*. Panjang pergeseran berkisar antara 2 - 5 m. Berikut adalah koordinat masing – masing lintasan yang disajikan dalam bentuk table. S adalah koordinat lintang dan E adalah bujur sedangkan e merupakan elevasi atau ketinggian dalam satuan (m) meter.

**Tabel 4.1 Koordinat Seluruh Sounding**

Lintasan		1	2	3	4	5
Koordinat Ujung I	S	7° 57' 12.26"	7° 57' 17.26"	7° 57' 7.91"	7° 57' 01.73"	7° 57' 50.76"
	E	112° 33' 55.15"	112° 34' 01.95"	112° 33' 55.75"	112° 33' 50.76"	112° 33' 56.81"
	e	693 m	680 m	700 m	714 m	700 m
Koordinat Sounding	S	7° 57' 06.50"	7° 57' 11.58"	7° 57' 12.70"	7° 57' 02.99"	7° 57' 09.01"
	E	112° 33' 58.11"	112° 34' 05.01"	112° 34' 00.9"	112° 33' 57.19"	112° 34' 02.61"
	e	698 m	681 m	686 m	703 m	687 m
Koordinat Ujung II	S	7° 57' 00.61"	7° 57' 05.37"	7° 57' 15.80"	7° 57' 04.96"	7° 57' 10.59"
	E	112° 34' 01.01"	112° 34' 07.55"	112° 34' 06.27"	112° 34' 03.42"	112° 34' 08.96"
	e	697 m	683 m	674 m	688 m	676 m

## 4.2 Pengolahan Data

Dalam proses pengolahan digunakan beberapa software, yaitu Microsoft Excel, IPI2WIN dan Progress. Microsoft Excel digunakan dalam melakukan perhitungan resistivitas. Data lapangan

yang didapat berupa nilai resistivitas semu, beda potensial, arus, dan hambatan. Nilai faktor geometri (K) dan rho resistivitas (R) dihitung dengan memanfaatkan rumus pada Excel dengan memasukan persamaan yang telah tercantum pada dasar teori, dengan begitu dapat dijadikan input dalam software IPI2WIN untuk selanjutnya dimodelkan.

Pada IPI2WIN input yang dimasukan merupakan data sekunder, antara lain AB/2, MN, dan Rho *apparent* atau resistivitas sesungguhnya yang telah melalui tahap pengolahan sebelumnya. Seluruh lintasan diolah dengan langkah yang sama yaitu matching curve, dimana langkah dari semua proses telah dijelaskan pada bab metodologi. Hasil akhir dari pengolahan IPI2WIN selanjutnya di input pada IPI2WIN Log sehingga menghasilkan tampilan berupa log lengkap dengan nilai kedalaman dan resistivitasnya. Setelah proses IPI2WIN dilanjutkan dengan menginput semua data ke dalam aplikasi Progress 3.0 untuk mengetahui interpretasi. Penampang akhir berupa nilai resistivitas pada log diinterpretasi mengacu pada table resistifitas, litologi lokasi penelitian dan peta geologi lembar Malang.

### **4.3 Kondisi Geologi**

Desa Tidar, Jalan Karang Widoro yang merupakan lokasi Pondok Pesantren Tahfidzul Qur'an merupakan suatu wilayah dengan rata - rata ketinggian lebih dari 600 -700 m dari permukaan laut. Jalan ini juga merupakan jalan penghubung Kota Malang dengan Kota Batu, dimana Batu terkenal daerah puncak dengan ketinggian mencapai 680 – 1.200 mdpl Sehingga terkenal sangat dingin dengan suhu berkisar antara 15 – 19 °C

Bangunan Ponpes masih banyak dikelilingi oleh berbagai kebun dan sawah. Luas wilayah yang dimiliki Ponpes sekitar 40.000 m<sup>2</sup> dengan panjang 200 m dan lebar 200 m, sehingga dengan akuisisi yang dilakukan dengan bentangan lintasan masing – masing sepanjang 400 m dianggap dapat menjangkau seluruh luasan Ponpes dan dapat menjangkau kedalaman yang dibutuhkan untuk mengetahui lapisan akuifer. Keadaan tanah di sekitar lokasi penelitian dapat dikatakan sebagai dataran tinggi sehingga cocok

untuk pertanian, terbukti dengan adanya berbagai jenis tanaman seperti tomat, lombok, tebu, dan sawah.

Ditinjau dari peta geologi, lokasi penelitian masuk dalam wilayah geologi lembar Malang dimana dalam peta ditunjukkan dengan luasan area berwarna kuning muda yang menunjukkan daerah tersebut dilingkupi oleh tuf Malang (Qvtm). Batuan penyusun wilayah tersebut tidak terlalu kompleks dan sederhana. Jenis batuan antara lain yaitu lempung, lempung shale, pasir, dan lempung berdebu.

*Supply* kebutuhan air dalam Ponpes berasal dari dua sumber yaitu sumur bor dan aliran mata air. Sumber mata air dengan debit besar di dekat daerah penelitian bernama Bedengan yang berada di Desa Selorejo berjarak kurang lebih 8 km disebelah barat lokasi penelitian. Mata air Bedengan berasal dari atas bukit dan mengalir berupa sungai besar. Aliran sungai bedengan oleh warga dijadikan tempat wisata dengan nama Wisata Bedengan, selain itu alirannya digunakan untuk memenuhi kehidupan sehari – hari warga sekitar dengan menanamkan pipa air di bawah permukaan tanah. Desa Tidar dan selorejo yang masuk dalam kecamatan Dau merupakan desa dengan sumber air yang berasal dari Bedengan. Program pemerintah PNPM Mandiri telah membangun Tandon air di Jln. Karang Widoro untuk menampung air yang akan dialirkan pada warga sekitar Desa Tidar, sehingga warga sekitar memiliki dua sumber air berasal dari PDAM dan mata air Bedengan.

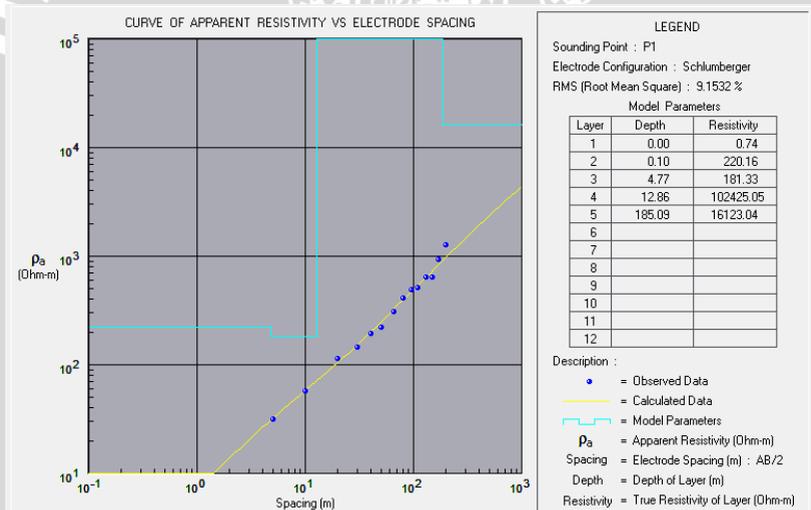
#### **4.4 Pembahasan dan Interpretasi Data**

Pembahasan dari hasil interpretasi data ditampilkan dalam bentuk table yang mengacu berdasarkan hasil pengolahan IPI2WIN, Log resistivitas lapisan dan Progress. Nilai resistivitas diterjemahkan menggunakan table variasi harga tahanan jenis batuan. Keterangan pada table,  $d$  menunjukkan kedalaman lapisan diukur dari permukaan,  $h$  adalah ketebalan lapisan,  $\rho$  nilai resistivitas jenis lapisan,  $N$  susunan lapisan, dan Jenis Material atau jenis lapisannya. Pembahasan selanjtnya pada pemodelan menggunakan aplikasi surfer. Penampang bawah permukaan akan digambarkan melalui surfer sehingga

diketahui arah distribusi akuifer dan distribusi nilai resistivitas lapisanya.

#### 4.4.1 Sounding 1

Lokasi sounding 1 berada membentang dari arah utara – selatan tepat di depan bangunan masjid. Disebelah utara masjid berjarak kurang lebih 5 m telah dibangun sumur bor pertama, dimana ketika dibor ditemukan sumber air pada kedalaman 80 - 90 m dengan debit yang sangat kecil. Dengan adanya sumur tersebut maka dimungkinkan adanya lapisan akuifer yang sedikit terdistribusi di dekat titik tersebut sehingga dilakukan pengambilan titik sounding pada titik tersebut. Pada tahap pengolahan data sounding 1 menggunakan progress didapatkan hasil kedalaman dengan nilai resistivitas sesuai seperti gambar 4.1 dibawah.



**Gambar 4.1 Interpretasi Progress Sounding 1**

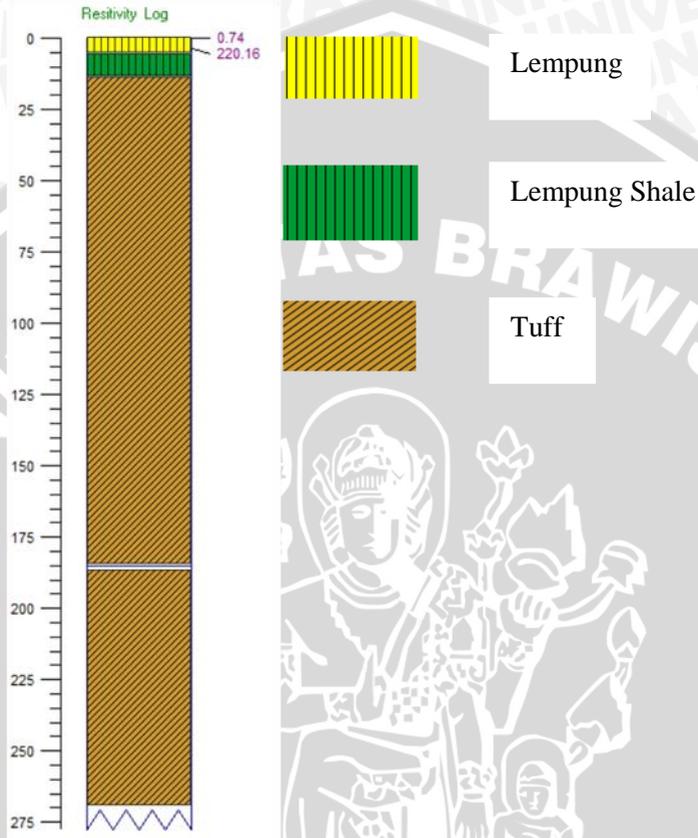
Dari Hasil akuisisi maupun pengolahan data tidak menunjukkan adanya lapisan jenuh air atau akuifer. Tabel dibawah menunjukkan lapisan pertama adalah lempung dan hal ini terbukti di lapangan. Hampir keseluruhan luas wilayah Ponpes permukaan tanahnya berupa lempung, diikuti lempung shale, dan Tuff.

Karakteristik air tanah tidak berada di permukaan melainkan dia akan terbatas oleh lapisan – lapisan bawah permukaan yang bersifat impermeable sehingga akan terkekang pada suatu lapisan tertentu. Berikut telah disajikan secara berurutan tabel interpretasi log dari sounding 1 pada table 4.2 serta hasil pemodelan log resistivity bawah permukaan sounding 1 oleh gambar 4.2.

**Tabel 4.2 Interpretasi Log pada Sounding 1**

d (m)	h (m)	$\rho$ ( $\Omega$ m)	Jenis Material
0 - 0.1	0.1	0.74	Lempung
0.1 - 4.77	4.67	220.16	Lempung
4.77 – 12.86	8.09	181.33	Lempung shale
12.86 – 185.09	172.23	102425.05	Tuff
185.09 - ~	~	16123.04	Tuff



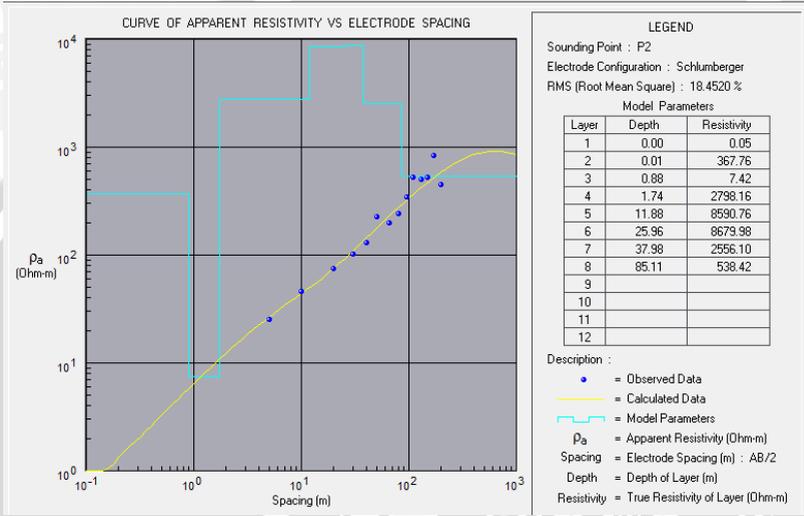


**Gambar 4.2 Resistivitas Sounding 1**

#### 4.4.2 Sounding 2

Lintasan sounding 2 berada di sebelah timur, memanjang dari arah utara – selatan sejajar sounding 1 dengan ketinggian 681 m dpl. Sepanjang lintasan ini melalui permukaan tanah dengan jenis lempung, dikarenakan lokasinya berada diatas sawah dan kebun tanaman seperti tomat dan tebu. Selama perjalanan elektroda ditancapkan pada alur jalan pembatas kebun atau pembatas sawahsehingga medan lintasan sounding ini dapat dikatakan

mudah. Pada gambar 4.3 merupakan gambaran proses pengolahan data sehingga di dapat jangkauan kedalaman dan nilai resistivitas bawah permukaan sehingga nantinya dapat dimodelkan menggunakan Log resistivity seperti pada gambar 4.4.



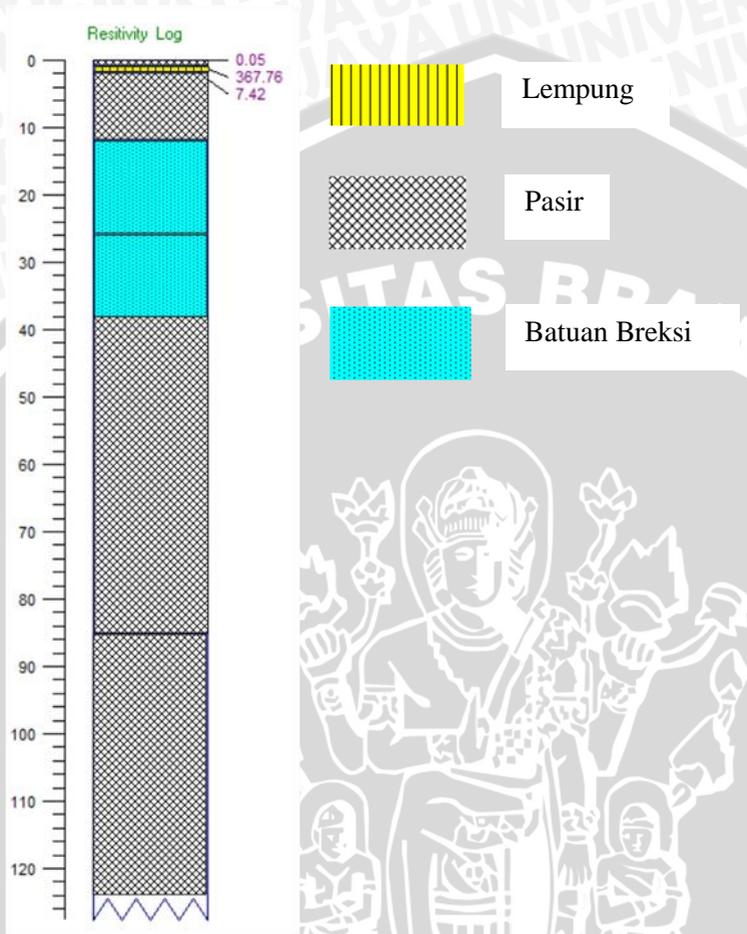
**Gambar 4.3 Interpretasi Progress Sounding 2**

Hasil Interpretasi (gambar 4.4) menunjukkan lokasi penelitian sounding 2 pada bagian permukaan dilapisi oleh tanah lempung, hal ini karena lokasi merupakan tanah yang dimanfaatkan untuk bercocok tanam sehingga tanahnya cenderung dengan sengaja diairi secara terus – menerus yang menyebabkan kandungan air dipermukaan menjadi lebih besar dari keadaan idealnya, diikuti pasir atau batuan serpih, dan seterusnya, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3 dibawah. Semakin ke dalam nilai resistivitas materialnya semakin besar dan tidak ditemukan adanya lapisan akuifer. Akuisisi data di titik ini dilakukan pada keadaan ideal dan tidak dipengaruhi oleh kondisi eksternal. Pada table 4.3 telah dijelaskan material penyusun bawah permukaan yang dihasilkan dari pengolahan data beserta jenis material yang terkandung.

**Tabel 4.3 Interpretasi Log pada Sounding 2**

d (m)	h (m)	$\rho$ ( $\Omega$ m)	Jenis Material
0 - 0.01	0.01	0.05	Lempung
0.01 – 0.88	0.87	367.76	Pasir
0.88 – 1.74	0.86	7.42	Lempung
1.74 – 11.88	10.14	2798.16	Pasir
11.88 – 25.96	14.08	8590.76	Tuff Pasiran
25.96 – 37.98	12.02	8679.98	Tuff Pasiran
37.98 – 85.11	47.13	2556.10	Pasir
85.11 - ~	~	538.42	pasir



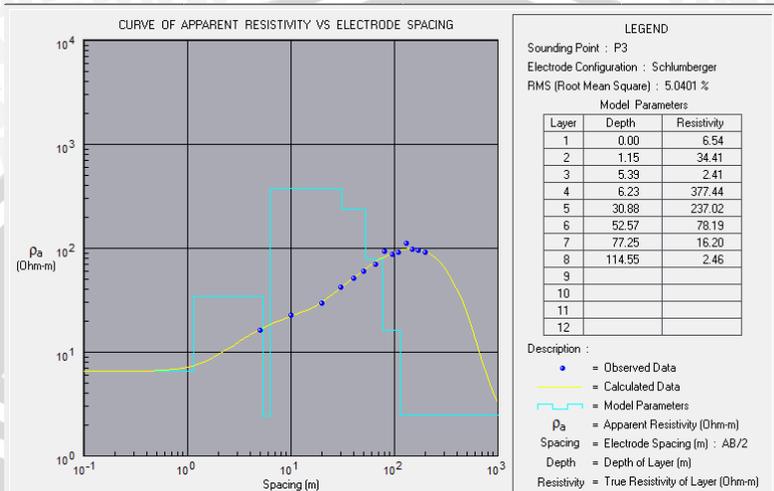


**Gambar 4.4 Log Resistivitas Sounding 2**

#### 4.4.3 Sounding 3

Bentangan lintasan berbentuk persegi di bagian selatan yaitu ditempati oleh sounding 3. Lintasan sounding ini memotong lintasan sounding 1, dimana letak perpotongannya berada di sebelah selatan bangunan masjid tepat sumur pertama di bor. Berikut data hasil

pengolahan menggunakan IPI2WIN dan Progress ditunjukkan oleh gambar 4.5.



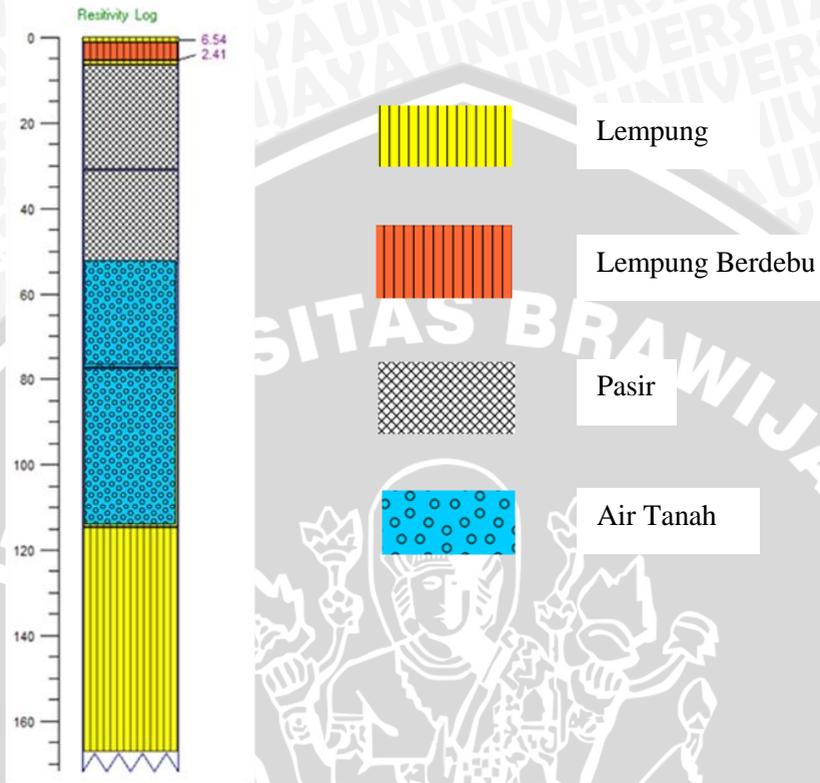
**Gambar 4.5 Interpretasi Progress Sounding 3**

Menurut hasil pengolahan data yang di interpretasikan, menunjukkan adanya lapisan akuifer atau nilai resistivitas air tanah yang berada pada kedalaman 52.57 – 114.55 m dari permukaan, dengan ketebalan 61.98 m. Cuaca ketika dilakukan pengambilan data pada sounding 3 sangat cerah, tidak terjadi hujan sehingga walaupun jenis lapisannya secara umum berupa lempung namun hasil tersebut adalah kondisi ideal bawah permukaannya, tidak dipengaruhi faktor external. Dengan ditemukannya lapisan akuifer pada titik ini maka siap untuk selanjutnya dilakukan proses selanjutnya yaitu pengeboran sumur air pada lokasi tersebut. Tabel 4.4 menunjukkan hasil pemodelan bawah permukaan secara jelas beserta jenis – jenis lapisan penyusunnya.

**Tabel 4.4 Interpretasi Log pada Sounding 3**

d (m)	h (m)	$\rho$ ( $\Omega$ m)	Jenis Material
0 – 1.15	1.15	6.54	Lempung
1.15 – 5.39	4.24	34.41	Lempung
5.39 – 6.23	0.84	2.41	Lempung
6.23 – 30.88	24.65	377.44	Pasir
30.88 – 52.57	21.69	237.02	Pasir
52.57 – 77.25	24.68	78.19	Air tanah
77.25 – 114.55	37.3	16.20	Air tanah
114.55 - ~	~	2.46	lempung

Menurut susunan lapisan geologi dan harga kelulusan air, airtanah pada keadaan ini dapat disebut airtanah atau akuifer setengah terkekang (*Confined Akuifer*) yaitu akuifer yang sepenuhnya jenuh air yang bagian atasnya dibatasi oleh lapisan yang dapat dilalui air (*Permeable*) dan bagian bawahnya terletak pada dasar yang kedap air atau sulit dilalui air (*Impermeable*). Hal ini terbukti dimana lapisan pembatas bagian atas air tanah adalah lapisan pasir yang bersifat *permeable* dan bagian bawahnya adalah lempung bersifat *impermeable* sehingga akuifer terkekang diantara kedua lapisan tersebut. Penampang bawah permukaan sounding 3 ditampilkan oleh gambar 4.6.

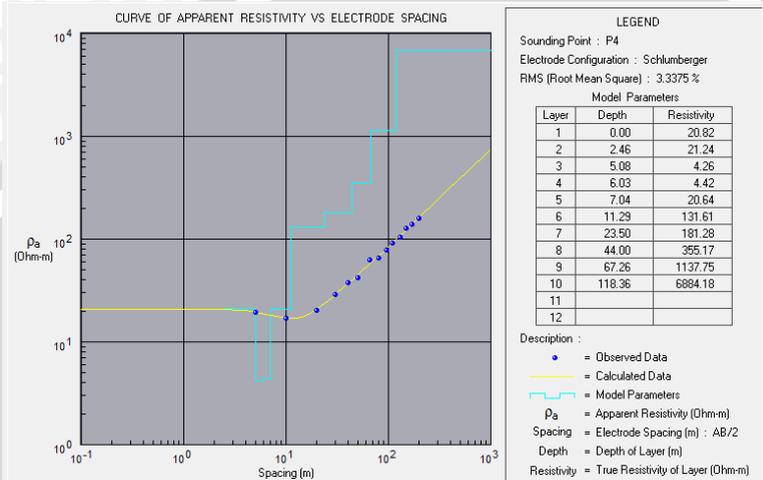


**Gambar 4. 6 Log Resistivitas Sounding 3.**

#### 4.4.4 Sounding 4

Salah satu dari keempat komponen persegi dari desain survey penelitian ini adalah sounding 4 yang berada di sebelah utara bangunan masjid dan lintasannya sejajar dengan Jalan Raya Karang Widoro. Jarak antara bangunan masjid dengan sounding sekitar 150 m. lintasan ini tidak tepat membentuk persegi melainkan condong ke arah barat dikarenakan menyesuaikan medan lapangan yang tidak memungkinkan. Pada ujung bentangan sounding 4 sebelah timur adalah berupa kebun tebu siap panen sehingga daunnya sangat tinggi dan lebat sedangkan sela jalan antar pohonnya terlalu sempit untuk dapat dilalui. Data lapangan yang diperoleh pada VES 4 selanjutnya diolah menggunakan software progress dan ditampilkan oleh gambar

4.7.pada gambar sebelah kiri adalah kurva inputan data lapangan yang telah diolah terlebih dahulu menggunakan IPI2WIN, sebelah kanan hasil pengolahan yang menunjukkan jangkauan kedalaman dan nilai resistivitas pada kedalaman tersebut.



**Gambar 4.7 Interpretasi Progress Sounding 4.**

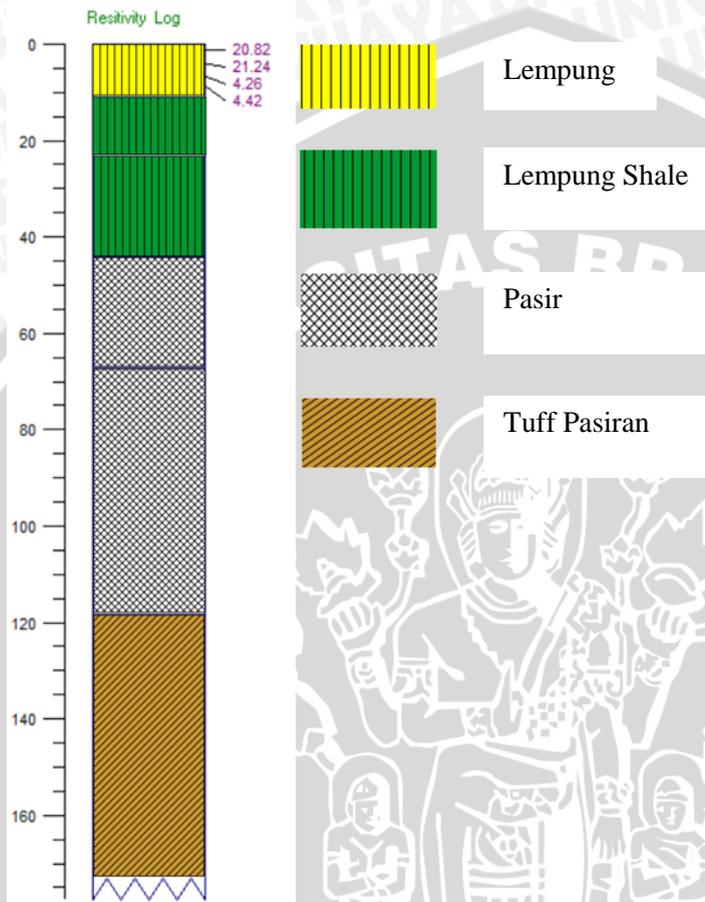
Setelah dilakukan interpretasi nilai resistivitas dan keadaan litologi lokasi penelitian diawali dari permukaan lapisan yaitu lempung diikuti pasir berlempung dan seterusnya. Semakin ke dalam jenis lapisanya menunjukkan nilai resistivitas yang semakin besar dapat diartikan porositas jenis batuanya semakin kecil, karena porositas kecil maka menunjukkan pori – pori batuan yang smakin sedikit pula sehingga semakin sedikit air yang dapat tertampung di dalamnya. Secara keseluruhan semakin ke bawah jenis batuanya semakin padat. Secara ideal interpretasi jenis batuan dari sebuah *software* maximal hanya sampai N 8 atau lapisan ke 8. Pada table dibawah jumlah N mencapai 10 sehingga setelah N ke 8 hasil interpretasinya kurang bagus. Pada tabel 4.5 ditunjukan keterangan bawah permukaan pada sounding 4 meliputi kedalaman, ketebalan, nilai resistivitas sekaligus jenis material yang diinterpretasikan sesuai

tabel resistivitas batuan, peta geologi serta keadaan litologi daerah penelitian.

**Tabel 4.5 Interpretasi Log pada Sounding 4**

d (m)	h (m)	$\rho$ ( $\Omega$ m)	Jenis Material
0 – 2.46	2.46	20.82	Lempung
2.46 – 5.08	2.62	21.24	Lempung
5.08 – 6.03	0.95	4.26	Lempung
6.03 – 7.04	1.01	4.42	Lempung
7.04 – 11.29	4.25	20.64	Lempung
11.29 – 23.50	12.21	131.61	Lempung shale
23.50 – 44.00	20.5	181.28	Lempung shale
44.00 – 67.26	23.26	355.17	Pasir
67.26 – 118.36	51.1	1137.75	Pasir
118.36 - ~	~	6884.18	Tuff Pasiran

Gambaran secara jelas mengenai penampang bawah permukaan pada VES 4 (*vertical electric sounding*) dimodelkan menggunakan log resistivitas melalui program IPI2WIN yang ditunjukkan oleh gambar 4.8.

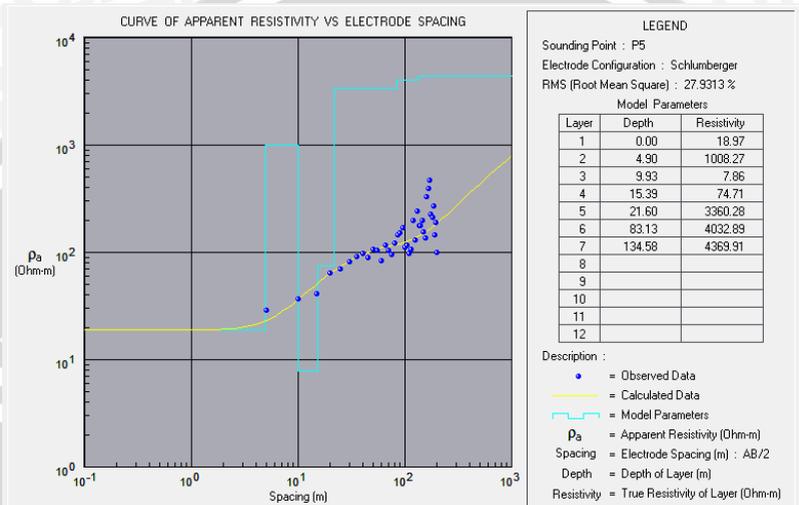


**Gambar 4.8 Log Resistivitas Sounding 4**

#### 4.4.5 Sounding 5

Desain survey lokasi penelitian adalah berupa persegi yang terdiri dari 4 bentangan yang menghasilkan 4 sounding, dibutuhkan lintasan yang memotong antar sounding. Titik sounding pada lintasan 5 diambil untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hasil akuisisi di lapangan menghasilkan data yang kemudian diolah menggunakan

metode *matching curve* pada software IPI2WIN dan Progress seperti ditunjukkan oleh gambar 4.9, dihasilkan nilai kedalaman dan nilai resistivitas bawah permukaanya.

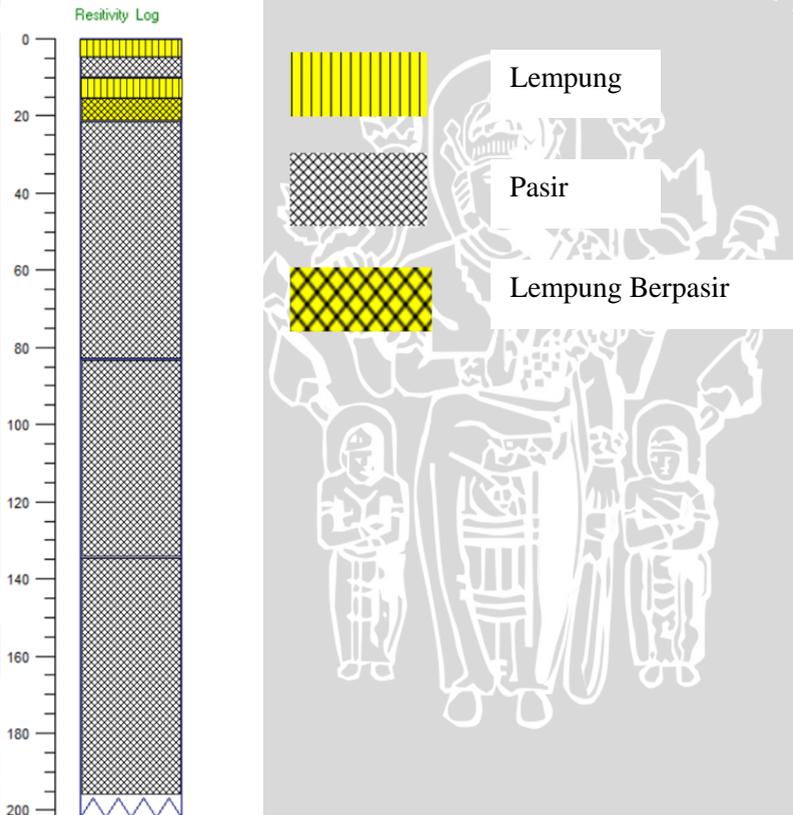


**Gambar 4.9 Interpretasi Progress Sounding 5**

Keadaan lapangan ketika pengambilan data sounding 5 terjadi hujan yang deras sehingga kemungkinan menjadikan hasil pengambilan data lapangan kurang maksimal. Banyaknya debit air hujan yang masuk ke permukaan tanah menjadikan tanah lebih becek dan berpengaruh terhadap nilai resistivitas lapisan dibawahnya, semakin banyak kandungan air di dalam batuan menyebabkan tahanan jenisnya semakin kecil, karena air merupakan media penghantar arus listrik. Fenomena ini terbukti dari Table 4.6 dibawah terlihat keseluruhan jenis lapisan yang menempati sounding 5 Secara umum lapisan dipenuhi oleh lempung dan pasir dengan nilai resistivitas relatif rendah. Hasil interpretasi nilai resistivitas lapisan paling permukaan ditempati oleh lempung yang diselingi pasir. dan tidak terdapat adanya lapisan akuifer. Keterangan secara jelas lapisan bawah permukaan sounding 5 ditampilkan pada tabel 4.6 dan pemodelan lapisan log resistivity ditunjukkan oleh gambar 4.10.

**Tabel 4.6 Interpretasi Log pada Sounding 5**

d (m)	h (m)	$\rho$ ( $\Omega$ m)	Jenis Material
0 – 4.90	4.90	18.97	Lempung
4.90 – 9.93	5.03	1008.27	Pasir
9.93 – 15.39	5.46	7.86	Lempung
15.39 – 21.60	6.21	74.71	Lempung berpasir
21.60 – 83.13	61.53	3360.28	Pasir
83.13 – 134.58	51.45	4032.89	Pasir
134.58 - ~	~	4369.91	Pasir



**Gambar 4.10 Log Resistivitas Sounding 5.**

Menurut Dinas Energy dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Timur menyebutkan, data wilayah kerentanan gerakan tanah di Jawa Timur, Kecamatan Dau bukan termasuk dalam kategori kerentanan gerakan tanah yang menengah – tinggi, hal ini dapat diartikan bahwa tanah pada lokasi peneliti memiliki suktur pergerakan yang rendah sehingga dapat dikatakan cukup stabil.

Penggabungan kedua Sounding atau lintasan ini berdasarkan letak bentangan dari kedua sonding, yang berada saling sejajar satu sama lain sehingga memungkinkan lapisan dari keduanya membentuk suatu pola yang berkesinambungan sehingga akan berkaitan satu sama lain, namun kedua Sounding memiliki elevasi dan jangkauan kedalaman yang berbeda sehingga tetap tidak dapat disamakan pola lapisannya. Digunakan pemodelan berikutnya yaitu Surfer untuk dapat menggambarkan distribusi batuan penyusunnya serta pola dari lapisan akuifer bawah permukaan yang telah ditemukan pada sounding 3.

#### **4.4.6 Pemodelan Surfer Distribusi Resistivitas Lapisan**

Hasil pemodelan 2D menggunakan Log resistivitas telah menunjukkan titik lokasi lapisan akuifer bawah permukaan. Ditemukannya lapisan akuifer terkekang (confined akuifer) berada pada sounding 3 pada kedalaman 52.57 – 114.55 m dengan ketebalan kurang lebih 61.98 m. Untuk mengetahui distribusi lapisan akuifer bawah permukaan maka berikutnya dimodelkan menggunakan software Surfer dengan tinjauan kedalaman secara berurutan 20 m, 40 m, 60 m, 80 m, 120 m. Gambar 4.11 menunjukkan penampang bawah permukaan sesuai dengan nilai resistivitas batuan penyusun. Nilai resistivitas airtanah berada pada range 0 – 100  $\Omega$ m, ditunjukkan oleh warna hijau sesuai keterangan skala warna.

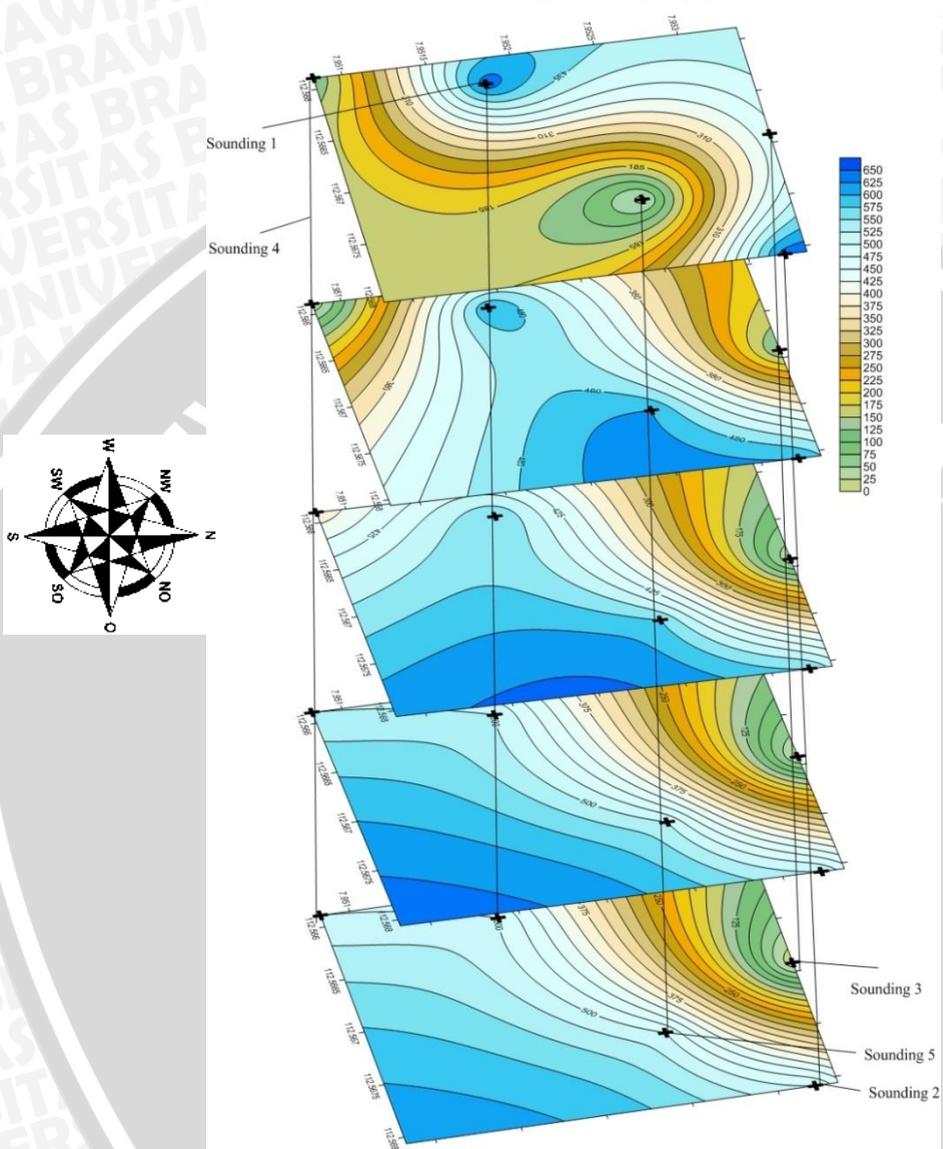
Distribusi resistivitas lapisan dari kedalaman 20 m menuju kedalaman 40 m menunjukkan banyak perbedaan pola lapisan. Pergerakan lapisan dengan nilai resistivitas dibawah 325  $\Omega$ m terlihat bergeser mengarah ke selatan bersamaan dengan material pada sounding 2 bergerak semakin melebar ke arah selatan menuju sounding 5. Mengacu pada peta geologi daerah penelitian yaitu

lembar malang, resistivitas tinggi dari skala gambar di bawah diinterpretasikan adalah pasir. Berdasarkan skala pemodelan secara berurutan dari nilai resistivitas rendah yaitu range nilai resistivitas 1-30  $\Omega\text{m}$  berupa lempung, 1 – 100  $\Omega\text{m}$  akuifer, 100 – 200  $\Omega\text{m}$  lempung berdebu, 200 – 500  $\Omega\text{m}$  pasir,  $\geq 500 \Omega\text{m}$  adalah tuff.

Pada kedalaman 20 m sounding 5 menunjukkan nilai resistivitas rendah, lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai jenis aquifug (aquifuge) yaitu lapisan batuan yang impermeabel dan tidak mampu meluluskan air sehingga tidak mampu menyimpan air dalam jumlah besar juga merupakan lapisan kebal air yang hanya berada di permukaan, sehingga pada kedalaman 40 m tidak terdistribusi. Secara umum distribusi lapisan akuifer terkekang pada kedalaman tersebut menuju arah utara. Pada kedalaman 40 m menuju 60 m dan seterusnya membentuk pola tidak jauh berbeda, perubahan atau pergeseran lapisan pasir menuju arah utara, sedangkan pola akuifer terkekang dari kedalaman 40 m semakin melebar hingga kedalaman 60 m, dan stabil hingga kedalaman 120 m.

Mengacu dari literatur peta hidrogeologi daerah penelitian masuk dalam lembar Kediri. Kabupaten Malang berada diantara 2 bagian gunung – gunung, disebelah timur adalah G. Bromo, G. Semeru, G. Pananjakan, dan G. Batur di sebelah barat G. Kelud, G. Kawi, G. Butak, G. Pitrang, dan G. Panderman. Keadaan pegunungan yang menghimpit Kabupaten Malang, menyebabkan daerah ini berada pada cekungan rendah antar dua bagian lereng gunung sehingga aliran air yang berasal dari ke-dua bagian pegunungan yang tinggi akan sama – sama mengalir ke tempat yang lebih rendah, dimana titik pertemuannya berada di Kabupaten Malang. Pada peta hidrogeologi lokasi penelitian ditunjukkan oleh skala warna hijau tua yang berarti akuifer produktif tinggi dengan penyebaran luas, serta akuifer dengan keterusan dan kisaran kedalaman muka air tanah sangat beragam, debit sumur umumnya lebih dari 51/ day.

Kabupaten Malang merupakan kabupaten yang kaya akan distribusi airtanah. Mengacu dari peta hidrogeologi, seluruh wilayah Malang rata terdistribusi akuifer produktif tinggi, kendala tidak ditemukannya airtanah pada suatu titik tertentu adalah faktor kedalaman yang tidak tepat pada lapisan akuifer.



**Gambar 4. 11**Distribusi nilai Resistivitas pada kedalaman 20, 40, 60, 80, 120 m.

Pada penelitian dan pengeboran sumur yang telah dilakukan terlebih dahulu pada sounding 1 dibagian ujung arah barat ditemukan air tanah dengan debit air kecil pada kedalaman 80 m diperkirakan terdapat distribusi airtanah yang tersebar pada sumur tersebut namun dengan luasan kecil. Antara sounding 1 sebelah barat dan sounding 3 sebelah timur berada hampir sejajar, hanya berbeda pada elevasi, jika pada sounding 1 ditemukan distribusi airtanah dalam jumlah kecil sedangkan pada sounding 3 ditemukan distribusi airtanah dalam jumlah besar, dapat diasumsikan 2 kemungkinan. Kemungkinan pertama adalah arah aliran akuifer yang mungkin dialiri air tanah tidak mengalir dari arah barat ke timur melainkan ke arah lainnya, dan kemungkinan kedua adalah kedalaman ditemukannya airtanah jauh lebih dalam dari jangkauan penelitian yang telah dilakukan.

#### **4.4.7 Hasil Pengeboran**

Sesuai hasil interpretasi dan pemodelan pada tahap sebelumnya, maka berikutnya dilakukan proses pengeboran terhadap titik sounding ditemukannya lapisan akuifer yaitu pada sounding 3. Target pengeboran sumur dijangkau hingga kedalaman 120 m, hingga saat ini telah dilakukan pengeboran sedalam 70 m. Pengeboran pada kedalaman 50 m telah menghasilkan air yang cukup besar, dilanjutkan hingga kedalaman 70 m masih menunjukkan tanda – tanda munculnya air yang kontinyu, sehingga nantinya akan diperdalam hingga 120 m. Sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup di Pondok Pesantren Tahfidzul Quran berasal dari dua sumber yaitu sumur bor dan tandon air yang memuat air dari aliran mata air Bedengan di Desa Selorejo Kecamatan Dau.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Menurut hasil pengolahan serta interpretasi yang telah dilakukan secara keseluruhan, telah memberikan beberapa informasi mengenai kondisi geologi dan hidrogeologi bawah permukaan. Yang dinyatakan dalam beberapa kesimpulan sebagai berikut.

Titik sounding yang berpotensi memiliki lapisan dengan jenis akuifer terkekang, diidentifikasi hanya berada pada sounding 3 kedalaman 52.57 – 114.55 m dengan ketebalan lapisan 61.98 m. Pada lokasi penelitian sumur yang telah dibor sebelumnya diwakili oleh sounding 1 tidak ditemukan lapisan dengan nilai resistivitas yang termasuk dalam range akuifer 1 – 100  $\Omega$ m. Ditemukanya air dalam kedalaman 80 – 90 m dalam sumur diperkirakan lapisan akuifer yang terdistribusi dalam luasan kecil.

#### **5.2 Saran**

Agar didapat hasil penampang yang lebih lengkap mengenai distribusi lapisan lokasi tersebut, sebaiknya dilakukan dengan pengambilan data menggunakan konfigurasi lain, yang menggambarkan bawah permukaan secara vertical, seperti Wenner dan Dipole – dipole atau mengambil titik sounding lebih banyak disekitar titik ditemukanya akuifer sehingga diketahui distribusi arah aliran. Selain itu lebih baik jika dapat ditampilkan dalam bentuk 3D.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cole, F.W. 1983. *Reservoir Engineering Manual*. Gulf Publishing Company. Texas
- Damtoro, J.2007. *Metode Geofisika*. Block Damtoro Juswanto. Diakses 22 Januari 2014 di <http://www.Beave3x.com/Damtoro/geofisika.htm>
- Jeffries, M., and D.Mills.1996.*Freshwater Ecology, Principles and Applications*.John Wileyand sons. Chicester UK.
- Kamus Hidrogeologi. 1987. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Koesoemadinata, 1980, *Geologi Minyak dan Gas Bumi*, Jilid 1 Edisi Kedua, ITB Bandung.
- Lange, O., Ivanova, M., dan Lebedeva, N. 1991.*Geologi Umum*. Jakarta. Gaya Media Pratama.
- Levorsen, A.I. 1954. *Geology Of Petroleum*. San Fransisco. W.H. Freeman& Company.
- Peavy, Howard S et.al.1985.*Enviromental Engineering*. Mc Graw-Hill.Singapura.
- Rolia, Eva. 2002. *Studi Air Tanah Di Daerah Pesisir Teluk Lampung Dengan Metode Geolistrik*.Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Departemen TeknikGeofisika ITB.
- Schoen, J.H. 1996. *Physical Property of Rocks: Fundamental and Principles of Petrophysics*. Pergamon Press.
- Sosrodarsono, Suyono. 1983. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 380 hlm.
- Tood, David Keith. 1995. Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada
- Tood, David Keith. 1980. *Groundwater Hidrology*. California. 535 hlm.University Press.

Wuryantoro. 2007. Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Menentukan Letak Dan Kedalaman Aquifer Air Tanah (Studi Kasus di Desa Temperak Kecamatan Sarang Kabupaten Rembang Jawa Tengah). UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG.

Santosa Sn T. Suwarti.1992. *Geologi Lembar Malang.Jawa.Pusat* Penelitian dan Pengembangan Geologi. Indonesia.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## Lampiran 1

Data Hasil Lapangan  
VES 5

LOKASI : VES 5

TIME/DATE : 22 02 2014

ELEVASI : 687 m

KOORDINAT S: 07 57 09.01

E: 112 34 02.61

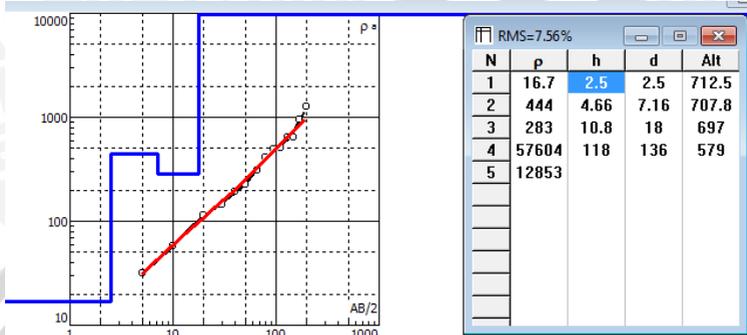
NO	AB/2 (m)	MN (m)	I (mA)	V	R1	R2	R3	R4 (Ohm.m)
1	5	3	2	2,908	1,444	1,401	1,408	1,413
2	10	3	2	0,562	0,273	0,281	0,270	0,275
3	15	3	2	0,237	0,121	0,116	0,114	0,115
4	20	3	2	0,353	0,167	0,177	0,170	0,171
5	25	3	2	0,252	0,125	0,121	0,121	0,122
6	30	3	2	0,470	0,228	0,257	0,227	0,228
7	35	3	2	0,471	0,141	0,228	0,262	0,228
8	40	5	2	0,224	0,170	0,105	0,088	0,108
9	45	5	2	0,020	0,010	0,017	0,008	0,009
10	50	5	2	0,059	0,034	0,026	0,027	0,028
11	55	5	2	0,115	0,054	0,063	0,047	0,056
12	60	5	2	0,031	0,016	0,017	0,005	0,015
13	65	5	2	0,035	0,016	0,020	0,016	0,017
14	70	5	2	0,055	0,030	0,018	0,020	0,026
15	75	5	2	0,050	0,034	0,032	0,018	0,024
16	80	5	2	0,047	0,014	0,028	0,029	0,022
17	85	5	2	0,072	0,039	0,047	0,043	0,035
18	90	5	2	0,058	0,033	0,035	0,024	0,028
19	95	5	2	0,066	0,029	0,023	0,037	0,032
20	100	5	2	0,026	0,027	0,022	0,010	0,012
21	105	5	2	0,032	0,016	0,019	0,019	0,013
22	110	5	2	0,027	0,018	0,010	0,011	0,013
23	115	5	2	0,024	0,005	0,011	0,025	0,011
24	120	5	2	0,127	0,077	0,061	0,052	0,061
25	125	5	2	0,024	0,011	0,013	0,018	0,011
26	130	7	2	0,257	0,204	0,139	0,089	0,124
27	135	7	2	0,043	0,020	0,028	0,019	0,020

28	140	7	2	0,038	0,022	0,021	0,020	0,018
29	145	7	2	0,038	0,010	0,041	0,016	0,018
30	150	7	2	0,032	0,017	0,014	0,016	0,015
31	155	7	2	0,025	0,015	0,014	0,011	0,011
32	160	10	2	0,130	0,087	0,062	0,055	0,063
33	165	10	2	0,084	0,068	0,049	0,025	0,042
34	170	10	2	0,095	0,058	0,056	0,049	0,046
35	175	10	2	0,059	0,034	0,022	0,010	0,028
36	180	10	2	0,040	0,026	0,022	0,017	0,019
37	185	10	2	0,047	0,017	0,03p0	0,031	0,022
38	190	10	2	0,025	0,011	0,022	0,007	0,012
39	195	10	2	0,038	0,002	0,010	0,034	0,018
40	200	10	2	0,032	0,007	0,008	0,007	0,010

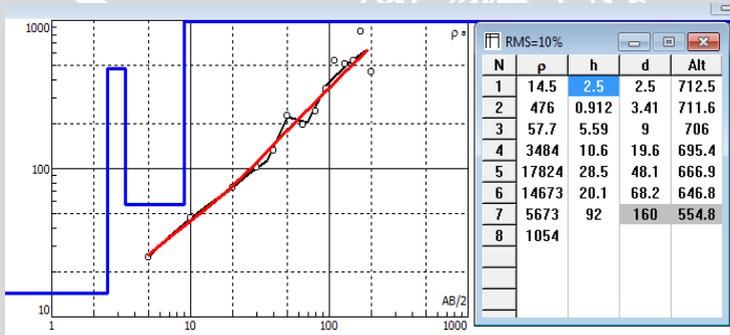


## Lampiran 2

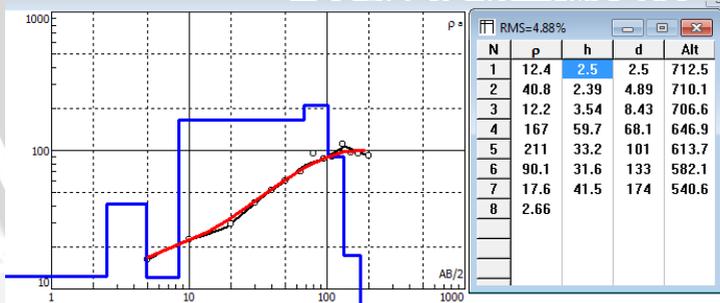
### Pengolahan Menggunakan IPI2WIN



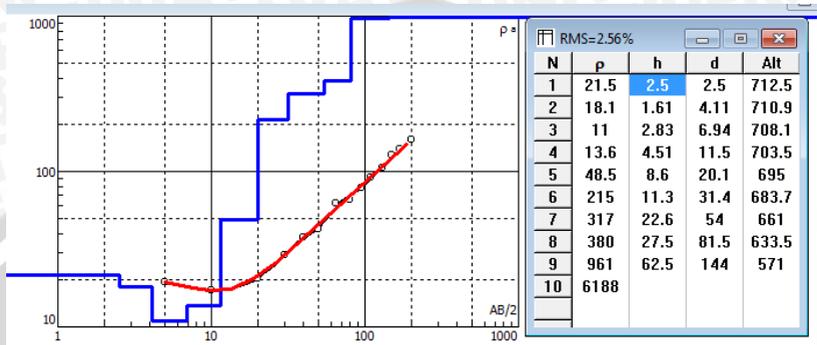
(a)



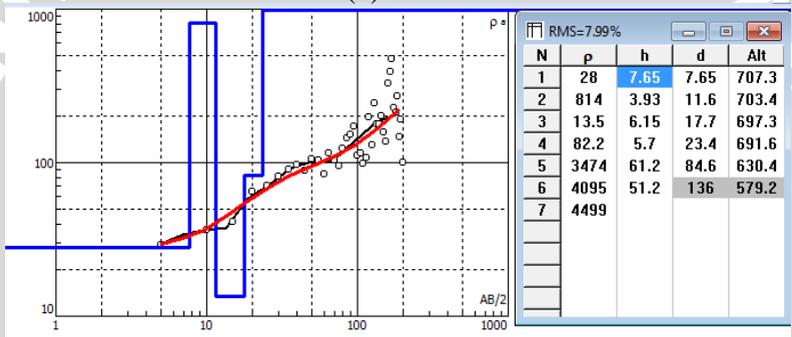
(b)



(c)



(d)



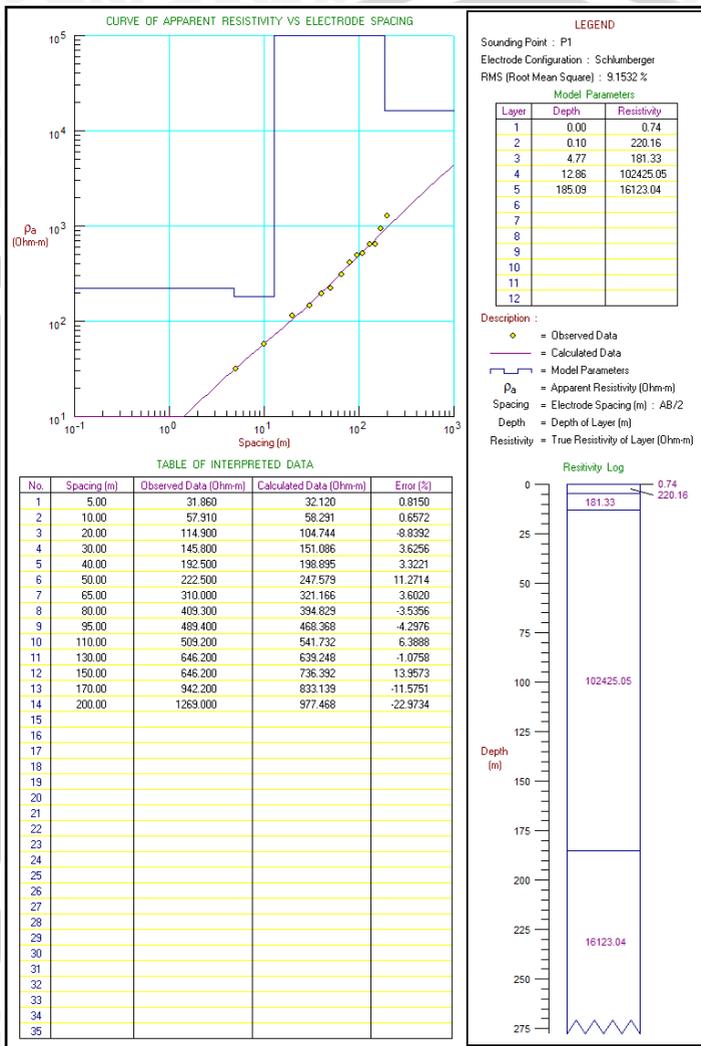
(e)

**Gambar 2.** Hasil Pengolahan IPI2WIN

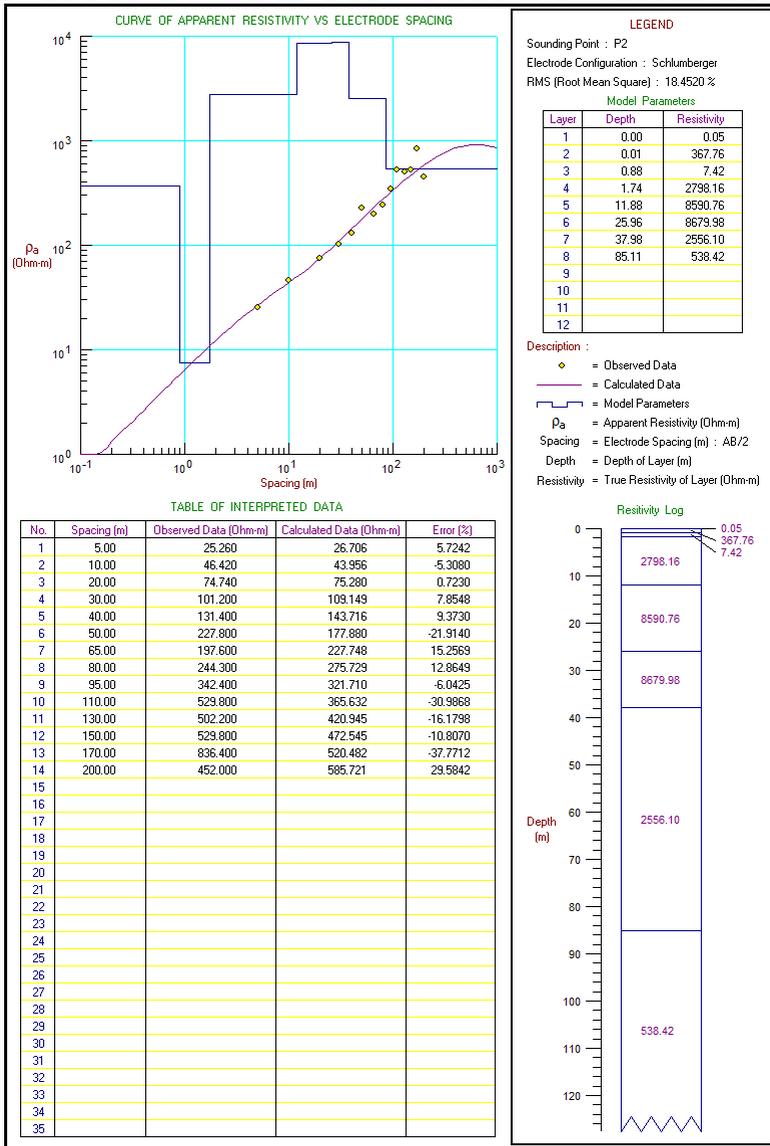
- (a) Sounding 1
- (b) Sounding 2
- (c) Sounding 3
- (d) Sounding 4
- (e) Sounding 5

# Lampiran 3

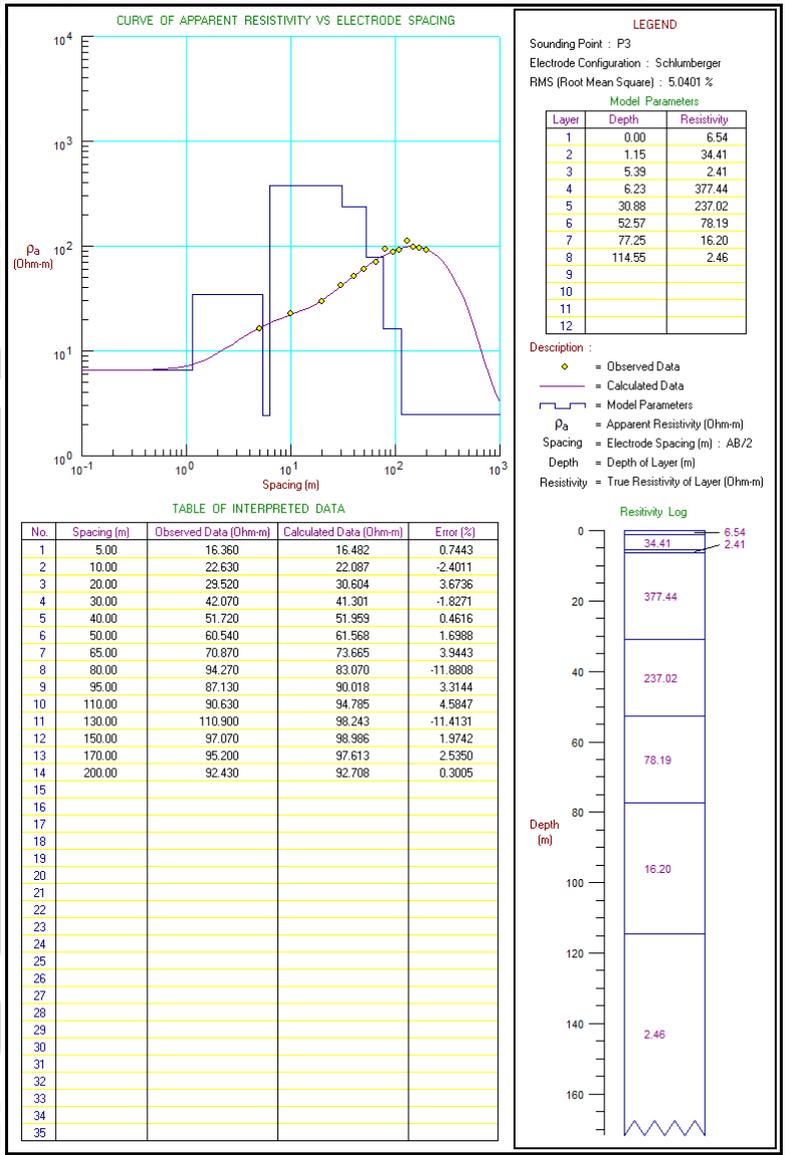
## Aplikasi Progress 3.0



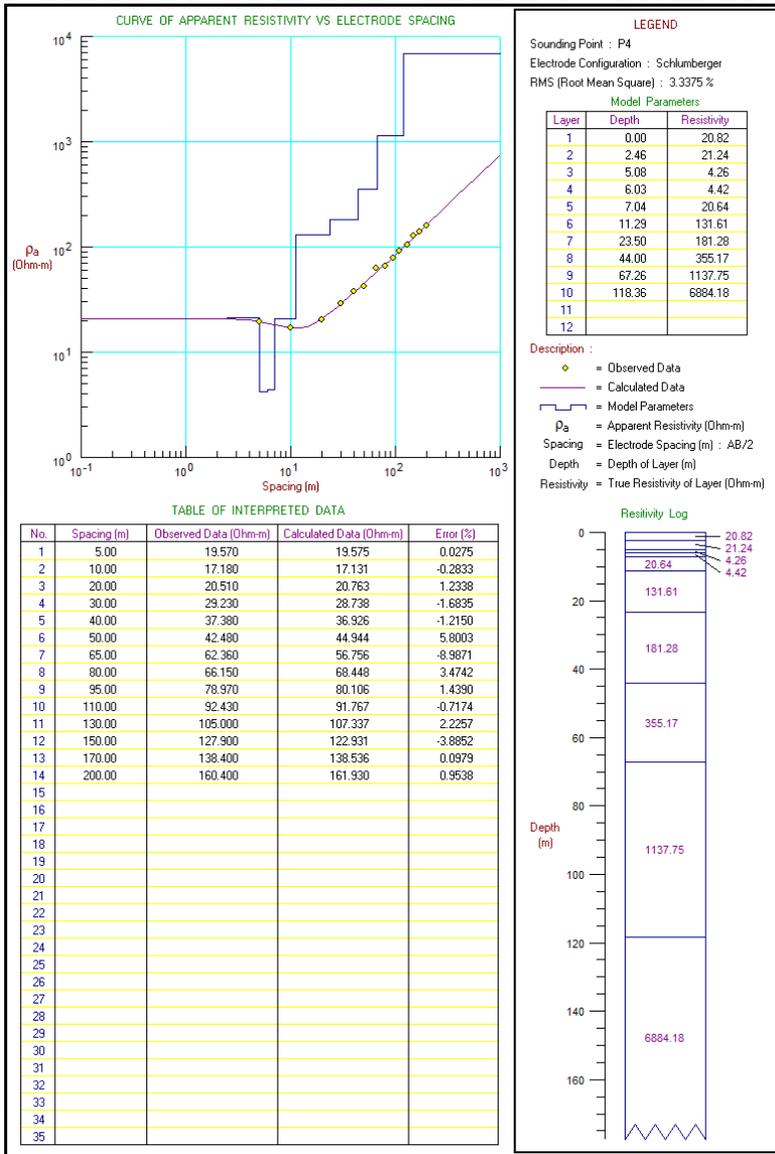
(a)



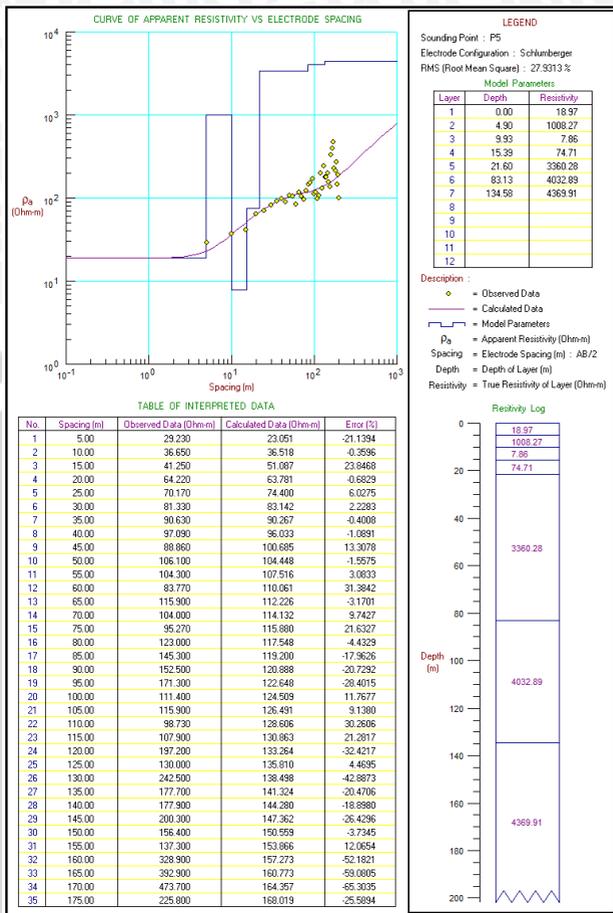
(b)



(c)



(d)



(e)

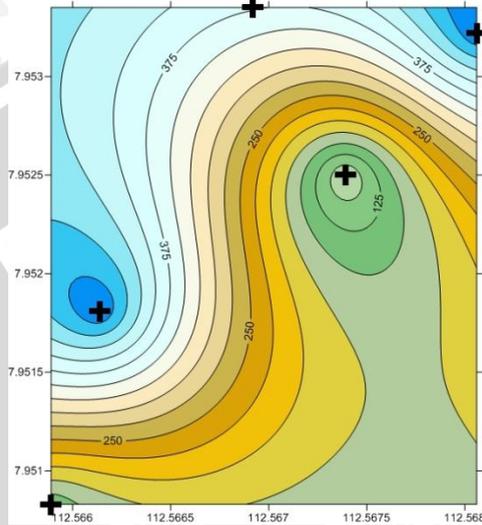
**Gambar 3. Pengolahan Data Progress**

- (a) Sounding 1
- (b) Sounding 2
- (c) Sounding 3
- (d) Sounding 4
- (e) Sounding 5

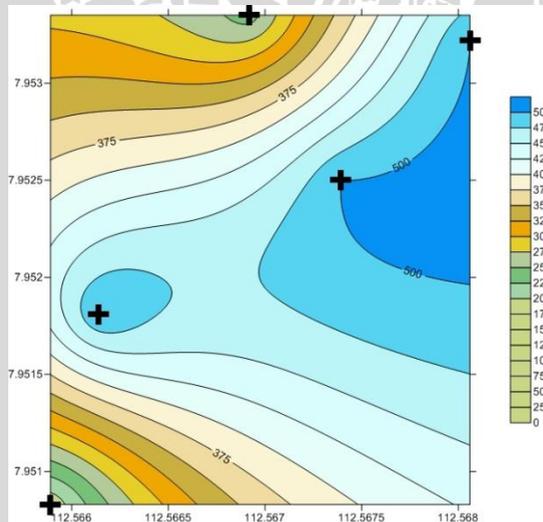
## Lampiran 4

### Pemodelan Menggunakan Surfer

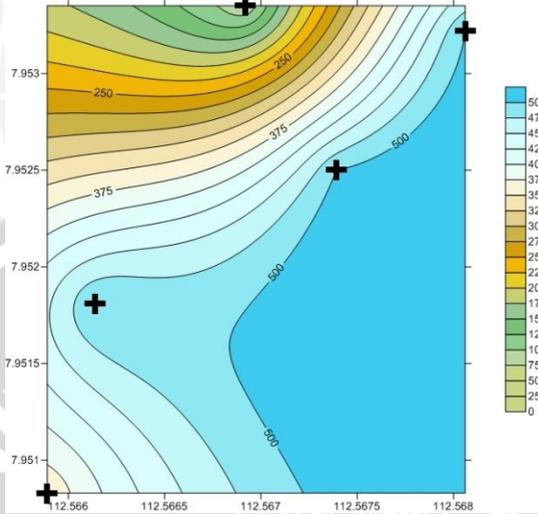
Distribusi nilai resistivitas batuan pada masing – masing kedalaman.



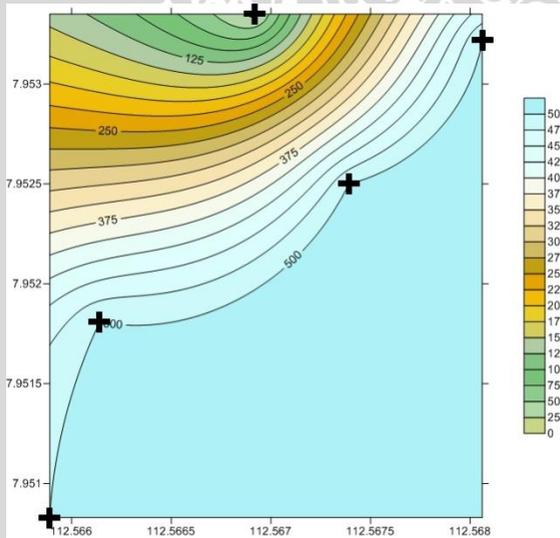
(a)



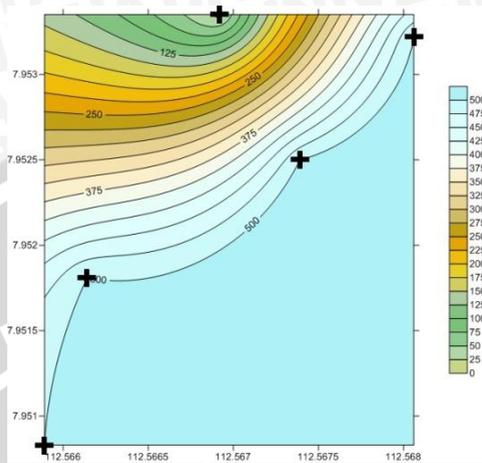
(b)



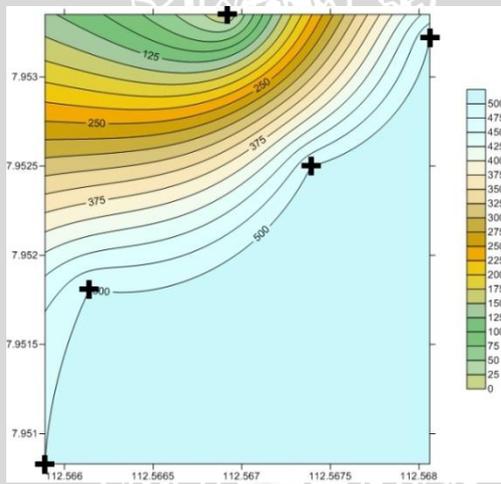
(c)



(d)



(e)



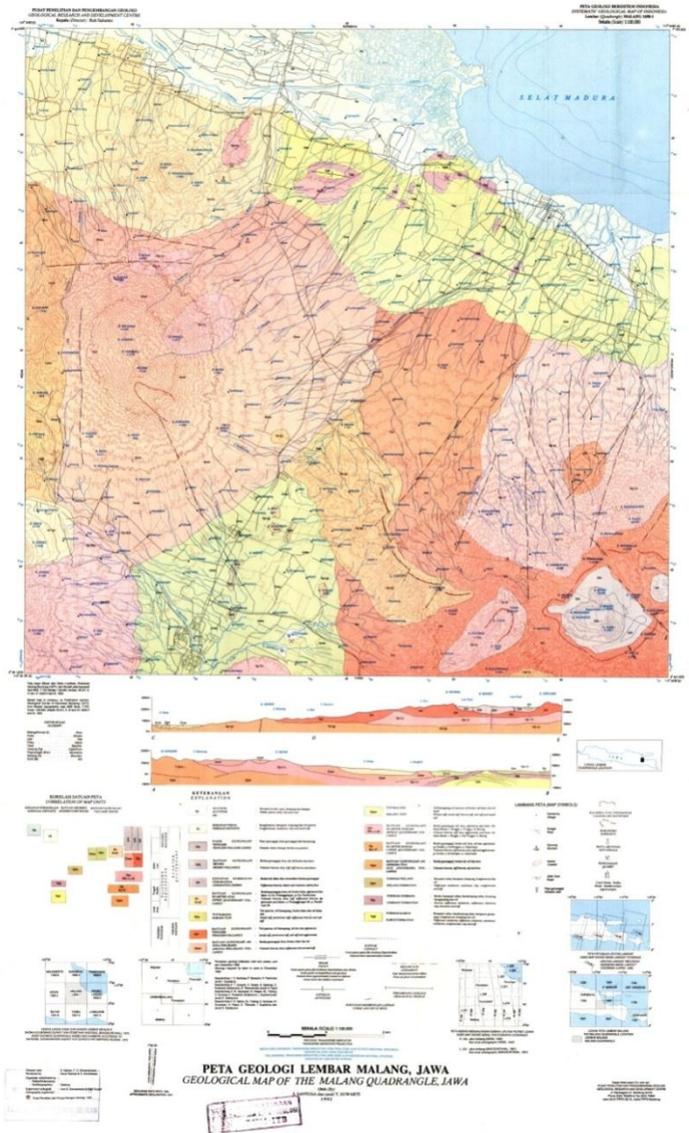
(f)

**Gambar 4.** Penampang Lapisan pada kedalaman tertentu

- (a) Kedalaman 20 m
- (b) Kedalaman 40 m
- (c) Kedalaman 60 m
- (d) Kedalaman 80 m
- (e) Kedalaman 120 m

# Lampiran 5

## Peta Geologi Lembar Malang





**Lampiran 7**  
Dokumentasi Proses Akuisisi Data



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

**Gambar 5.** (Dokumentasi Akuisisi data lapangan)