



TUGAS AKHIR - SF 184801

**IDENTIFIKASI POTENSI AIR TANAH  
MENGUNAKAN *VERTICAL ELECTRICAL  
SOUNDING* DI DESA KRAMAT DAN  
BANJAREJO, KABUPATEN LAMONGAN**

**GABRIELLA REGITA CAHYANI  
NRP 01111740000075**

**Dosen Pembimbing :  
Dr. Sungkono**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2021**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



**TUGAS AKHIR - SF 184801**

**IDENTIFIKASI POTENSI AIR TANAH  
MENGUNAKAN *VERTICAL ELECTRICAL  
SOUNDING* DI DESA KRAMAT DAN  
BANJAREJO, KABUPATEN LAMONGAN**

**GABRIELLA REGITA CAHYANI  
NRP 0111174000075**

**Dosen Pembimbing :  
Dr. Sungkono**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2021**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



**FINAL PROJECT - SF 184801**

**IDENTIFICATION OF GROUNDWATER  
POTENTIAL WITH VERTICAL ELECTRICAL  
SOUNDING IN KRAMAT AND BANJAREJO,  
LAMONGAN**

**GABRIELLA REGITA CAHYANI  
NRP 0111174000075**

**Advisor:  
Dr. Sungkono**

**DEPARTMENT OF PHYSICS  
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALITIC  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2021**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LEMBAR PENGESAHAN

### **IDENTIFIKASI POTENSI AIR TANAH MENGGUNAKAN *VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING* DI DESA KRAMAT DAN BANJAREJO, KABUPATEN LAMONGAN**

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas  
Akhir Program Strata 1  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:  
**GABRIELLA REGITA CAHYANI**  
NRP 0111174000075

#### **Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir**

Pembimbing 1  
**Dr. Sungkono**  
NIP. 19850702 201404.1.002



(.....)

Pembimbing 2  
**Bramantya Ramadhani**



(.....)

Surabaya,  
Juli 2021

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# **IDENTIFIKASI POTENSI AIR TANAH MENGGUNAKAN *VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING* DI DESA KRAMAT DAN BANJAREJO, KABUPATEN LAMONGAN**

**Nama** : Gabriella Regita Cahyani  
**NRP** : 0111174000075  
**Departemen** : Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data  
ITS  
**Pembimbing** : Dr. Sungkono

## **Abstrak**

Desa Kramat, Kecamatan Lamongan dan Desa Banjarejo, Kecamatan Sukodadi berada pada Formasi Alluvium. Formasi ini diduga memiliki potensi air tanah yang baik. Oleh sebab itu, pemetaan potensi air tanah tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi Schlumberger. Pengukuran dan analisa data VES dilakukan pada 10 titik untuk mendapatkan nilai resistivitas bawah permukaan. Hasil analisa data menunjukkan bahwa akuifer air tanah diduga terdapat pada lapisan lempung pasir dengan resistivitas 2,19–10,5  $\Omega\text{m}$ , sedangkan lapisan kedap air adalah lempung dengan resistivitas 0,83–1,94  $\Omega\text{m}$ . Akuifer bebas dan tertekan masing-masing berada pada kedalaman 4–10 meter dan 13–70 meter. Ketebalan lapisan akuifer bebas berkisar antara 2–4 meter, sedangkan ketebalan akuifer tertekan berkisar antara 8–52 meter. Kandungan air tanah pada akuifer tertekan adalah air tanah payau. Kedalaman akuifer yang teridentifikasi melalui analisa VES ini sesuai dengan kedalaman sumur penduduk.

**Kata Kunci:** Air Tanah, Akuifer, Resistivitas, VES

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **IDENTIFICATION OF GROUNDWATER POTENTIAL WITH VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING IN KRAMAT AND BANJAREJO, LAMONGAN**

**Name : Gabriella Regita Cahyani**  
**NRP : 0111174000075**  
**Department : Physics, Faculty of Science and Data  
Analytics ITS**  
**Advisor : Dr. Sungkono**

## **Abstract**

Kramat Villages, Lamongan District and Banjarejo Villages, Sukodadi District are located in the Alluvium Formation. The formation is thought to have good groundwater potential. Therefore, the potential mapping was carried out using the Vertical Electrical Sounding (VES) method with the Schlumberger configuration. Measurement and analysis of VES data was carried out at 10 points to obtain subsurface resistivity values. The results of data analysis indicate that the groundwater aquifer is thought to be found in the sandy clay layer with a resistivity of 2.19–10.5  $\Omega$ m, while the impermeable layer is clay with a resistivity of 0.83-1.94 $\Omega$  m. Unconfined and confined aquifers are located at a depth of 4–7 meters and 20–70 meters, respectively. The thickness of the unconfined aquifer layer ranges from 2–4 meters, while the thickness of the confined aquifer ranges from 8–52 meters. The groundwater content in confined aquifers is brackish groundwater. The depth of the aquifer resulted by VES analysis corresponds to the depth of the local wells.

**Keywords: Aquifer, Groundwater, Resistivity, VES**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul: **“Identifikasi potensi air tanah menggunakan *Vertical Electrical Sounding* di Desa Kramat dan Banjarejo, Kabupaten Lamongan”**.

Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Sungkono selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang dengan sabar selalu membimbing, memberikan saran, serta memotivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Mas Bramantya Ramadhani yang telah membimbing dan memberikan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Acep Ruchimat yang juga telah membantu dan memberikan masukan yang membangun kepada penulis.
4. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Staff pengajar Departemen Fisika dan Laboratorium Geofisika ITS yang memberikan fasilitas kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Teman-teman tim tugas akhir, Velyn Faudy dan Devi Putri yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis.
7. Teman-teman Laboratorium Geofisika, Thoriq, Faisal, Bram dan Ifan yang telah membantu penulis.
8. Sahabatku, Deftyana, Putri Adriani, Marwa Majidah, Raisya Savira, Sheila Salsabilla, Dewinta Jalasena, Febrina Malahayati dan Gabriella Tiara yang selalu menemani dan menghibur penulis.
9. Teman-teman Deutron yang telah memberikan cerita kepada penulis pada saat perkuliahan.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan.

Surabaya, Juli 2021

**Penulis**  
**Gabriella Regita Cahyani**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
Abstrak.....	ix
Abstract.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Tujuan Penelitian.....	2
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
1.6    Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1    Siklus Hidrologi.....	5
2.2    Air Tanah.....	6
2.3    Geologi Penelitian.....	7

2.4 Resistivitas Batuan .....	10
2.5 Metode Geolistrik Resistivitas.....	12
2.6 Konfigurasi Schlumberger.....	15
2.7 Resistivitas Semu .....	16
2.8 Permodelan Kedepan VES .....	18
BAB III .....	20
METODOLOGI .....	20
3.1 Peralatan yang Dibutuhkan.....	20
3.2 Tahapan Penelitian .....	20
3.2.1 Kajian Literatur .....	21
3.2.2 Survey Geologi.....	21
3.2.3 Akuisisi Data .....	23
3.2.4 Pengolahan Data.....	23
3.2.5 Interpretasi Data .....	23
BAB IV .....	25
HASIL PENELITIAN .....	25
4.1 Analisa Data .....	25
4.2 Interpretasi Data .....	27
BAB V .....	37
KESIMPULAN .....	37
BIODATA PENULIS .....	45



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Batuan (Telford et al., 1990)..... 11

Tabel 4. 1 Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada Titik  
1. Dengan  $h$  dan  $d$  merepresentasikan ketebalan dan kedalaman  
lapisan batuan tersebut ..... 29

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Raghnath, 2006) .....	5
Gambar 2.2 Peta Geologi Lamongan (Noya et al., 1992) .....	9
Gambar 2.3 (a) Peta Hidrogeologi Lembar Surabaya (b) Peta Hidrogeologi Lamongan Diambil Dari Peta Hidrogeologi Lembar Surabaya (Poespowardoyo, 1986) .....	10
Gambar 2.4 Pengukuran resistivitas pada suatu (Reynold, 1997) .....	10
Gambar 2.5 Skema Pengukuran Metode Geolistrik Resistivitas.	13
Gambar 2.6 Beda Potensial dengan Dua Sumber Arus dan Dua Elektroda Potensial.....	14
Gambar 2.7 Susunan elektroda arus dan elektroda potensial pada konfigurasi Schlumberger. ....	16
Gambar 2.8 Konsep Resistivitas Semu.....	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 3.2 Titik Pengukuran VES .....	22
Gambar 4.1 a) Perbandingan antara data pengukuran (titik hitam) dan data perhitungan (garis merah), serta resistivitas sebagai fungsi kedalaman (garis biru) hasil analisa data menggunakan IP2WIN; b) digitasi dari hasil analisa data menggunakan IP2WIN .....	26
Gambar 4.2 a) Data pengukuran pada titik 1-5 b) Hasil Resistivitas 2D pada titik 1-5 .....	31
Gambar 4.3 Interpretasi lapisan bawah permukaan pada titik 1-5 .....	32
Gambar 4.4 Sistem perlapisan batuan pada titik 2-5.....	33

Gambar 4.5 a) Data pengukuran pada Titik 6-10;b) Resistivitas 2D hasil analisa data VES pada Titik 6-10.....34

Gambar 4.6 Interpretasi lapisan bawah permukaan Titik 6-7 ...35

Gambar 4.7 Sistem perlapisan batuan pada titik 7-9.....36

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan salah satu komponen yang sangat penting bagi keberlangsungan makhluk hidup. Bagi manusia, pemanfaatan air dalam kehidupan sehari-hari bermacam-macam, mulai untuk kebutuhan dasar seperti minum, memasak, mandi sampai dengan kegiatan *agriculture* dan kegiatan industri. Terpenuhinya kebutuhan air sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sumber air, diantaranya air tanah dan air permukaan seperti sungai, mata air, bendungan, waduk maupun sumur dangkal. Di Indonesia terdapat beberapa daerah yang kekurangan sumber air bersih, hal ini menyebabkan tidak dapat terpenuhinya kebutuhan air dalam kehidupan sehari-hari.

Kabupaten Lamongan pada tahun 2020 telah mengalami kekeringan yang meluas hingga 17 Desa (Detik News, 2020) dan di tahun sebelumnya yakni 2019, krisis air bersih melanda hampir 125 desa di Lamongan. Pada saat kemarau, dari tahun ke tahun Lamongan selalu mengalami kekeringan dan membuat masyarakat sekitar sulit untuk mendapatkan air bersih. Untuk mengatasi permasalahan ini, pemanfaatan air tanah dapat dilakukan melalui pencarian reservoir air tanah yang baru. Air tanah bisa didapatkan dari suatu akuifer yaitu berupa suatu unit batuan yang dapat menghasilkan air yang dapat digunakan untuk sumur atau mata air (Heath, 1987). Air tanah berada pada lapisan batuan yang merupakan reservoir air tanah seperti pasir, kerikil dan lain-lain, yang dibawahnya terdapat lapisan dengan permeabilitas rendah, contohnya lempung.

Potensi air tanah dapat diketahui melalui metode geofisika, salah satunya melalui parameter resistivitas. Parameter resistivitas batuan merupakan parameter penting yang mencerminkan sifat fisik tanah dan struktur bawah permukaan. Salah satu metode untuk mengukur perubahan resistivitas tanah secara vertikal adalah *Vertical Electrical Sounding* (VES).

Metode VES dapat memberikan gambaran penampang bawah permukaan dan data yang didapatkan cukup akurat terhadap kedalaman (Choudhury et al., 2017). Survei VES dapat mendeteksi lapisan bawah permukaan yang mengandung air (akuifer), menentukan karakteristik akuifer dan menduga kandungan air tanah (Aoudia et al., 2020). Oleh karena itu, pada penelitian ini metode VES digunakan untuk mengidentifikasi kedalaman akuifer air tanah pada Desa Kramat, Kecamatan Lamongan dan Desa Banjarejo, Kecamatan Sukodadi, Kabupaten Lamongan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang diselesaikan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sistem perlapisan batuan melalui metode resistivitas 1D di Desa Kramat, Kec. Lamongan, dan Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi, Kab. Lamongan?
2. Bagaimana potensi air tanah di di Desa Kramat, Kec. Lamongan, dan Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi, Kab. Lamongan ?
3. Bagaimana kedalaman dan sebaran air tanah pada Desa Kramat, Kec. Lamongan, dan Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi, Kab. Lamongan?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sistem perlapisan batuan melalui metode resistivitas 1D di Desa Kramat, Kec. Lamongan, dan Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi, Kab. Lamongan
2. Mengetahui potensi air tanah di Desa Kramat, Kec. Lamongan, dan Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi, Kab. Lamongan
3. Mengetahui kedalaman dan sebaran air tanah pada Desa Kramat, Kec. Lamongan, dan Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi, Kab. Lamongan

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Wilayah penelitian mencakup area Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi, dan Desa Kramat, Kec. Lamongan, Kab. Lamongan
2. Penelitian ini dilakukan dengan metode VES dengan konfigurasi Schlumberger
3. Analisa data VES menggunakan software IP2Win
4. Pandugaan titik penelitian yang terdapat akuifer air tanah berdasarkan pengamatan kondisi fisik area penelitian didukung dengan peta geologi, peta hidrogeologi dan kedalaman sumur warga.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat mengetahui potensi dan sebaran air tanah pada wilayah penelitian. Kemudian hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam penyelesaian masalah kekurangan air bersih yang terdapat pada wilayah penelitian.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam Proposal Tugas Akhir ini ialah sebagai berikut:

1. **Bab I Pendahuluan**, pada bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, permasalahan yang diangkat dalam penelitian, tujuan dari penelitian, batasan masalah pada penelitian dan manfaat dari penelitian.
2. **Bab II Dasar Teori**, pada bab ini berisi tentang landasan-landasan dan teori yang akan digunakan sebagai acuan pengerjaan tugas akhir.
3. **Bab III Metodologi**, bab ini berisi tentang lokasi penelitian, peralatan, alur penelitian, metode penelitian yang digunakan dan metode analisa data pada penelitian.
4. **Bab IV Analisa Data**, pada bab ini berisi tentang analisa data, interpretasi hasil serta pembahasan dari hasil penelitian.

4

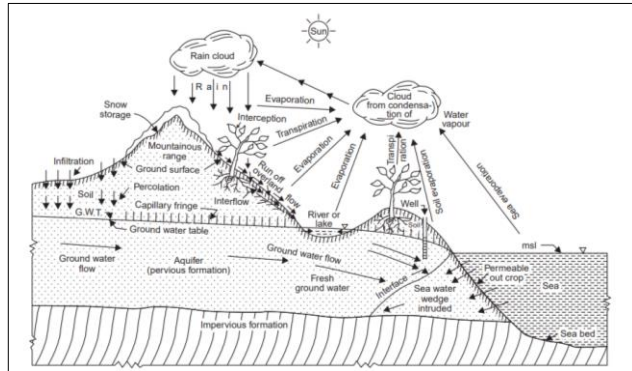
5. **Bab V Kesimpulan**, bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah siklus transfer air yang terjadi secara terus menerus di alam. Proses siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 2.1 Ada 3 fase penting pada siklus hidrologi, yaitu: evaporasi, evapotranspirasi dan presipitasi.



**Gambar 2.1** Siklus Hidrologi (Ragunath, 2006)

Evaporatranspirasi adalah jumlah air yang menguap akibat evaporasi dan transpirasi. Evaporasi sendiri merupakan penguapan yang terjadi di permukaan tanah, seperti penguapan permukaan kolam, danau, sumber air, permukaan air laut dan lain lain. Selanjutnya transpirasi mendeskripsikan tentang penguapan yang berasal dari vegetasi permukaan dari daun-daun tanaman. Saat terjadi penguapan, uap tersebut naik ke atmosfer kemudian terjadi kondensasi pada ketinggian tertentu dan membentuk awan.

Setelah itu, terjadi proses prepitisasi, proses prepitisasi adalah proses turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi. Proses ini dapat berupa hujan, salju, embun dan lain-lain. Prepitisasi ditentukan oleh tekanan atmosfer, angin dan temperatur.

Kemudian, sebagian hujan ini mengalir diatas tanah dan sebagian masuk ke dalam tanah yang disebut infiltrasi (Raghunath, 2006).

## **2.2 Air Tanah**

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah berada dalam pori-pori batuan yang terletak di bawah permukaan bumi dan pergerakannya selalu mengikuti hukum-hukum fluida. Adanya air tanah bergantung pada permeabilitas dan porositas batuan. Setiap batuan memiliki kemampuan untuk meloloskan air dalam volume yang sesuai dengan luas pori-pori batuan (Maidment, 1993).

Porositas batuan dapat diartikan sebagai ruang kosong diantara material, yang mengindikasikan berapa jumlah air yang dapat ditahan oleh batuan atau tanah. Sedangkan permeabilitas batuan adalah kemampuan dari batuan atau tanah untuk mentransmisikan air atau fluida lainnya (Thompson and Turk, 1998).

Air dapat mengalir secara cepat melewati pori-pori batuan yang memiliki permeabilitas tinggi. Kebanyakan batuan dengan porositas yang tinggi juga memiliki permeabilitas yang tinggi, namun permeabilitas juga bergantung pada seberapa baik pori-pori batuan tersebut saling berhubungan dan juga ukuran pori. Hubungan antar pori batuan mempengaruhi permeabilitas, karena tidak peduli seberapa besar ukuran pori, harus saling berhubungan agar air dapat mengalir melewati batuan atau tanah (Thompson and Turk, 1998).

Selanjutnya, jika ditinjau dari sifat batuan (porositas dan permeabilitas) dan perilaku batuan terhadap air tanah terutama sifat fisika, struktur, dan tekstur maka batuan dapat dibedakan kedalam 4 (empat) macam antara lain (Kruseman and Ridder, 1994):

1. Akuifer didefinisikan sebagai unit geologi yang permeabel sehingga dapat mengalirkan dan menyimpan air.
2. Akuitar adalah lapisan batuan yang dapat mengalirkan air dalam jumlah yang sangat terbatas.

3. Akuiklud disebut sebagai lapisan batuan yang tidak permeabel karena tidak dapat mengalirkan air, namun dapat menyimpan.
4. Akuifug adalah lapisan batuan yang tidak dapat menyimpan dan mengalirkan air.

Air tanah dapat ditemukan dalam lapisan Akuifer. Akuifer merupakan suatu lapisan yang dapat meloloskan air yang berada didalam tanah (Kodoatie dan Sjarief, 2008). Akuifer adalah bagian dari batuan atau tanah yang dapat menyimpan kuatintitas air yang signifikan. Akuifer haruslah berpori dan permeabelitas yang besar sehingga air dapat mengalir. Pasir, kerikil, batuan pasir, batuan kapur dan batuan dasar yang berupa rekahan merupakan akuifer yang bagus. Batuan serpih, lempung, dan batuan metamorf merupakan akuifer yang buruk.

Selanjutnya berdasarkan litologinya, akuifer dibedakan menjadi (Raghunath, 2006):

- a. Akuifer bebas (*Unconfined Aquifer*)  
Adalah akuifer yang dibawahnya merupakan lapisan kedap air (contohnya seperti lempung dan shale) dan diatasnya adalah lapisan dengan permeabilitas tinggi
- b. Akuifer tertekan (*Confined Aquifer*)  
Adalah akuifer dimana akuifer tersebut berada diantara lapisan kedap air.

## 2.3 Geologi Penelitian

Secara geografis Kabupaten Lamongan terletak antara 6° 51' 54'' – 7°23'6'' lintang selatan dan antara 112° 4'41''–112° 33'12'' bujur timur. Luas wilayah kabupaten Lamongan sebesar 1.812,8 km<sup>2</sup>. Ibukota Kabupaten Lamongan berada di kota Lamongan dengan batas wilayah administratif yaitu sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Gresik, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Jombang dan Mojokerto, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Bojonegoro dan Tuban (BAPPEDA, 2015).

Kabupaten Lamongan terdiri dari 27 kecamatan yang terbagi menjadi 3 karakteristik daratan berdasarkan aliran sungai Bengawan Solo, yaitu bagian tengah selatan merupakan dataran rendah yang relatif agak subur yang membentang dari Kecamatan Kedungpring, Babat, Sukodadi, Pucuk, Lamongan, Deket, Tikung, Sugio, Maduran, Sarirejo dan Kembangbahu.

Selain itu, bagian utara dan selatan yang merupakan pegunungan kapur berbatu-batu dengan kesuburan sedang meliputi Kecamatan Mantup, Sambeng, Ngimbang, Bluluk, Sukorame, Modo, Brondong, Paciran, dan Solokuro serta bagian tengah utara yang merupakan daerah rawan banjir meliputi Kecamatan Sekaran, Laren, Karanggeneng, Kalitengah, Turi, Karangbinangun, Glagah (BAPPEDA, 2015).

Secara aspek klimatologi (berdasarkan suhu dan curah hujan), keadaan iklim di kabupaten Lamongan merupakan iklim tropis yang terdiri dari dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember hingga Maret, sedangkan pada bulan-bulan lain relatif rendah. Secara umum keberadaan air di kabupaten Lamongan didominasi oleh air permukaan. Ketersediaan air permukaan ini tertampung pada waduk, rawa, embung dan sebagian lagi pada sungai. Terdapat 3 sungai besar pada kabupaten Lamongan, yaitu Bengawan Solo, Kali Blawi, dan Kali Lamong (BAPPEDA, 2015).

Penelitian dilakukan di Desa Kramat, Kecamatan Lamongan dan Desa Banjarejo, Kecamatan Sukodadi, Kabupaten Lamongan. Kondisi geologi wilayah penelitian dapat diketahui dari peta geologi pada Gambar 2.2, dari peta tersebut dapat dilihat bahwa terdapat beberapa formasi batuan, diantaranya:

- a. Alluvium yang tersusun atas kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lumpur.
- b. Formasi Kabuh yang terdiri dari batu kapur, tufan bersisipan batu lempung, konglomerat dan tuf.

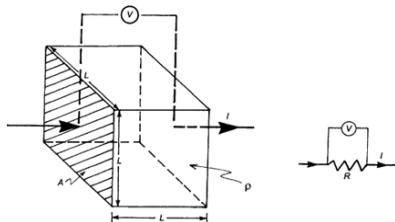


**Gambar 2.3** Peta hidrogeologi Lamongan (Poespowardoyo, 1986)

## 2.4 Resistivitas Batuan

Resistansi adalah besar daya hambat suatu material saat dialiri arus listrik. Resistansi dipengaruhi oleh bahan, luas objek, dan panjang dari objek. Dengan kata lain, resistansi bergantung pada sifat bahan dan juga pada ukuran atau geometri.

Resistivitas merupakan kemampuan suatu bahan atau medium untuk menghambat arus listrik. Resistivitas merupakan besaran karakteristik bahan atau material yang mendefinisikan parameter karakteristik dari suatu material. Resistivitas adalah resistansi yang dinormalisasi terhadap geometri. Pengukuran resistivitas pada suatu benda dapat dilihat pada Gambar 2.4 (Reynold, 1997). Secara matematis pengukuran resistivitas dapat ditulis sebagai berikut:



**Gambar 2.4** Pengukuran resistivitas pada suatu bidang (Reynold, 1997)

Secara matematis pengukuran resistivitas dapat ditulis sebagai berikut:

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

dengan R merupakan resistansi atau tahanan jenis yang diukur ( $\Omega$ ),  $\rho$  adalah resistivitas bahan ( $\Omega\text{m}$ ), L menotasikan panjang

(m), dan A mengindikasikan luas penampang ( $m^2$ ) (Reynold, 1997).

Resistivitas batuan dipengaruhi banyak faktor, seperti porositas, resistivitas menurun seiring meningkatnya porositas dan rekahan (Schon, 2011). Resistivitas juga dipengaruhi oleh koneksi antar pori, kandungan lempung, kandungan fluida, densitas, permeabilitas dan temperatur. Kemudian tipe batuan juga berpengaruh pada nilai resistivitas, Tabel 2.1 menunjukkan bahwa resistivitas dipengaruhi oleh jenis batuan (Telford et al., 1990).

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

<b>Material</b>	<b>Resistivitas</b>
Udara ( <i>Air</i> )	~
Pirit ( <i>Pyrite</i> )	0,01-100
Kwarsa ( <i>Quartz</i> )	500-800000
Kalsit ( <i>Calcite</i> )	$1 \times 10^{12}$ - $1 \times 10^{13}$
Garam Batu ( <i>Rock Salt</i> )	$30$ - $1 \times 10^{13}$
Granit ( <i>Granite</i> )	200-10000
Andesit ( <i>Andesite</i> )	$1,7 \times 10^2$ - $45 \times 10^4$
Basal ( <i>Basalt</i> )	200-100000
Gamping ( <i>Limestone</i> )	500-10000
Batu Pasir ( <i>Sandstone</i> )	200-8000
Batu Tulis ( <i>Shales</i> )	20-2000
Pasir ( <i>Sand</i> )	1-1000
Lempung ( <i>Clay</i> )	1-100
Air Tanah ( <i>Ground water</i> )	0,5-300
Air Asin ( <i>Sea Water</i> )	0,2
Magnetit ( <i>Magnetite</i> )	0,01-1000
Kerikil Kering ( <i>Dry Gravel</i> )	600-10000
Aluvium ( <i>Alluvium</i> )	10-800
Kerikil ( <i>Gravel</i> )	100-600

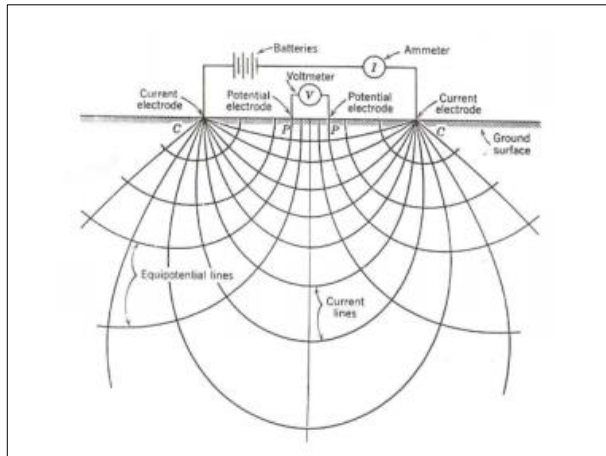
Resistivitas batuan dipengaruhi banyak faktor, seperti porositas, resistivitas menurun seiring meningkatnya porositas dan rekahan (Schon, 2011). Resistivitas juga dipengaruhi oleh koneksi antar pori, kandungan lempung, kandungan fluida, densitas, permeabilitas dan temperatur. Selain itu, tipe batuan juga berpengaruh pada nilai resistivitas (Tabel 2.1).

## **2.5 Metode Geolistrik Resistivitas**

Metode geolistrik mempelajari tentang sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara merefleksikannya di permukaan bumi. Metode geolistrik dibedakan menjadi geolistrik aktif dan geolistrik pasif. Metode geolistrik aktif digunakan untuk mengetahui perubahan tahanan jenis (resistivitas) lapisan batuan dibawah permukaan bumi dengan cara mengalirkan arus ke dalam tanah (Rolia, 2011). Metode ini dimanfaatkan untuk berbagai jenis kebutuhan, diantaranya dalam bidang geologi, pertambangan, arkeologi dan hidrogeologi. Dalam pemanfaatannya, metode geolistrik digunakan untuk mengetahui persebaran mineral didalam lapisan tanah, dan untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan dibawah permukaan bumi. Salah satu metode geolistrik aktif adalah metode resistivitas, metode resistivitas mempelajari tentang perubahan resistivitas batuan terhadap kedalaman (Barounis and Karadima, 2011).

Prinsip kerja dari metode geolistrik resistivitas adalah dengan menginjeksikan arus menggunakan dua buah elektroda arus yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak antar elektroda, akan menyebabkan arus listrik dapat menembus lapisan batuan lebih dalam. Dengan kata lain kedalaman penetrasi arus sebanding dengan bertambahnya jarak antar elektroda arus. Dengan adanya aliran arus tersebut maka dapat menimbulkan adanya beda potensial diantara kedua elektroda potensial. Gambar 2.5 merupakan skema pengukuran metode geolistrik resistivitas.





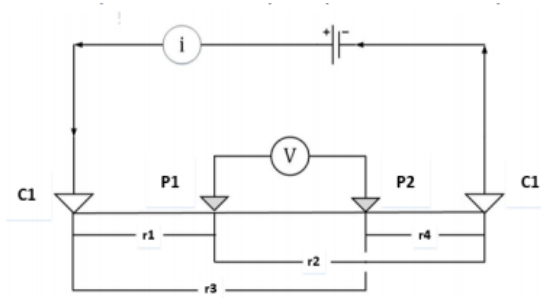
**Gambar 2.5** Skema pengukuran metode geolistrik resistivitas

Metode geolistrik resistivitas dapat dijelaskan menggunakan konsep arus listrik yang merambat dalam medium homogeny (Gambar 2.5). Arus merambat membentuk setengah bola, dengan arus yang mengalir diradius yang sama yaitu  $r$  memiliki nilai yang sama. Apabila ada suatu lapisan dengan tebal permukaan  $dr$  maka nilai beda potensial dengan menggunakan Persamaan (2.1) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$dV = i(R) = i\left(\rho \frac{L}{A}\right) = i\left(\rho \frac{dr}{2\pi r^2}\right) \quad (2.2)$$

Selanjutnya, potensial  $V_r$  pada jarak  $r$  dari sumber arus dapat dituliskan pada Persamaan (2.3)

$$V_r = \int dV = \int \rho \frac{i}{2\pi r^2} dr = \frac{\rho i}{2\pi r} \quad (2.3)$$



**Gambar 2.6** Beda Potensial dengan dua sumber arus dan dua elektroda potensial

Apabila menggunakan dua sumber arus (Gambar 2.6), nilai potensial  $P$  dapat dideskripsikan oleh  $V_p = V_{p1} + V_{p2}$  (Reynold, 1997). Dengan demikian, nilai potensial pada masing-masing  $P$  dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_{p1} = \frac{i \rho}{2\pi r_1} + \left( -\frac{i\rho}{2\pi r_2} \right) \quad (2.4)$$

$$V_{p2} = \frac{i \rho}{2\pi r_3} + \left( -\frac{i\rho}{2\pi r_4} \right) \quad (2.5)$$

Dengan demikian, maka beda potensial antara  $P1$  dan  $P2$  dapat ditulis:

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} = \left( \frac{i\rho}{2\pi r_1} - \frac{i\rho}{2\pi r_2} \right) - \left( \frac{i\rho}{2\pi r_3} - \frac{i\rho}{2\pi r_4} \right) \quad (2.6)$$

$$\Delta V = \frac{i\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.7)$$

Selanjutnya, berdasarkan Persamaan (2.7) nilai  $\rho$  dapat diperoleh:

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

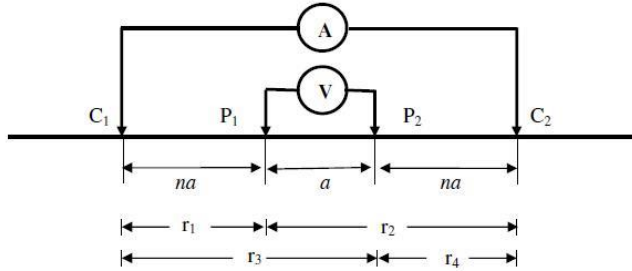
$$\rho = \frac{\Delta V}{i} k \quad (2.9)$$

dengan nilai  $k$  adalah koreksi atau faktor geometri. Dengan membandingkan antara Persamaan (2.1) dan Persamaan (2.9) dapat diketahui bahwa faktor geometri ini digunakan untuk menormalisasi terhadap geometri (berhubungan dengan konfigurasi pengukuran yang digunakan).

## 2.6 Konfigurasi Schlumberger

Metode resistivitas memiliki berbagai konfigurasi elektroda yang digunakan untuk akuisisi data. Penggunaan konfigurasi tersebut memiliki keunggulan dan kelemahannya masing-masing bergantung pada keperluan. Konfigurasi Schlumberger memiliki kemampuan untuk mendeteksi non homogenitas lapisan batuan pada jangkauan yang lebih dalam (Reynold, 1997).

Pada konfigurasi Schlumberger digunakan empat elektroda, dua elektroda arus dibagian luar, C1 dan C2 dan dua elektroda potensial dibagian dalam, P1 dan P2 (Gambar 2.7). Elektroda potensial disusun ditengah sebagai *fixed base*, dengan jarak yang tidak terlalu jauh. Jarak antar elektroda potensial kurang dari sama dengan 1/5 jarak elektroda arus (Reynold, 1997). Kemudian elektroda arus digerakkan menjauhi elektroda potensial secara simteris dengan spasi tertentu.



**Gambar 2.7** Susunan elektroda arus dan elektroda potensial pada konfigurasi Schlumberger.

Selanjutnya, berdasarkan Persamaan (2.8) dan (2.9) dapat diketahui bahwa faktor geometri dari konfigurasi Schlumberger dapat ditulis sebagai berikut:

$$k = 2\pi \left[ \frac{1}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}} \right] \quad (2.10)$$

Dengan mensubstitusikan jarak antar elektroda pada Persamaan (2.10) akan didapatkan:

$$k = 2\pi \left[ \frac{1}{\frac{1}{na} - \frac{1}{(na+a)} - \frac{1}{(na+a)} + \frac{1}{a}} \right] = \pi(n+1)na \quad (2.11)$$

Dengan demikian, hubungan antara faktor geometri dengan resistivitas pada Persamaan (2.9) untuk konfigurasi Schlumberger dapat ditulis menjadi:

$$\rho = \pi(n+1)na \frac{\Delta V}{I} \quad (2.12)$$

Dengan  $a$  adalah jarak spasi elektroda potensial dan  $na$  menotasikan jarak antara elektroda arus dengan elektroda

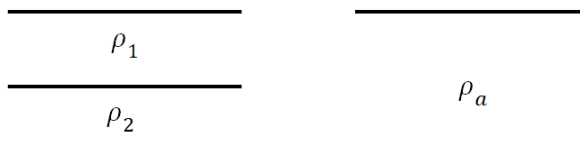
potensial dengan kelipatan sebesar  $n$  pada setiap pergerakannya (Prameswari et al., 2021).

## 2.7 Resistivitas Semu

Pada konsep pengukuran (subbab sebelumnya), bumi dianggap homogen (tidak berlapis) yang dilakukan untuk memudahkan dalam penjelasan. Dengan asumsi ini resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya, sebagai berikut:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (2.13)$$

dengan  $\rho_a$  merupakan resistivitas semu. Namun pada kenyataannya bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh setiap lapisan batuan tersebut. Untuk kasus ini, Resistivitas yang terukur merupakan resistivitas semu. Resistivitas semu merupakan resistivitas fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau (Gambar 2.8). Gambar 2.8 terdapat dua lapisan dengan resistivitas yang berbeda ( $\rho_1$  dan  $\rho_2$ ) dianggap sebagai satu lapisan homogen yang mempunyai satu harga resistivitas semu, yaitu  $\rho_a$  (Abidin dan Palili, 2011). Untuk mendapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya (nilai resistivitas setiap lapisan), analisa data (pencocokkan data perhitungan dan observasi) perlu dilakukan



**Gambar 2.8** Konsep resistivitas semu

## 2.8 Permodelan Kedepan VES

Dalam permodelan data geofisika, suatu parameter model yang menghasilkan respons yang cocok atau fit dengan data pengamatan atau data lapangan dicari. Dengan demikian, model tersebut dapat dianggap merepresentasikan kondisi bawah permukaan di tempat pengukuran data tersebut. Permodelan kedepan biasa dilakukan dengan cara mengubah-ubah harga parameter model yang bertujuan untuk menghasilkan respon yang cocok dengan data (Grandis, 2009).

Fungsi permodelan kedepan pada metode geolistrik 1D dirumuskan dengan integral Hankel. Integral ini merepresentasikan tahanan jenis semu ( $\rho_a$ ) sebagai fungsi tahanan jenis dan ketebalan lapisan ( $\rho_k, h_k$ ) batuan, yang dideskripsikan melalui persamaan berikut:

$$\rho_a = s^2 \int_0^\infty T(\lambda) J_1(\lambda s) \lambda d\lambda \quad (2.14)$$

dengan  $k=1,2,3, \dots, n$  dan  $n$  adalah jumlah lapisan,  $s$  adalah setengah jarak antar elektroda arus.  $J_1$  adalah fungsi Bessel orde 1 dan  $T(\lambda)$  merupakan fungsi transformasi tahanan jenis yang dapat estimasi melalui persamaan rekursif Parkeris sebagai berikut:

$$T_1(\lambda) = \frac{T_{k+1} + \rho_k \tanh(\lambda h_k)}{1 + \frac{T_{k+1}(\lambda) \tanh(\lambda h_k)}{\rho_k}}; k=n-1, \dots, 1 \quad (2.15)$$

Perhitungan resistivitas semu melalui Persamaan (2.14) cukup sulit untuk dilakukan. Untuk mempermudah proses perhitungan ini, resistivitas semu dapat destimasi melalui konsep konvolusi antara Persamaan (2.16) dengan filter Ghosh  $f_k$ . Melalui filter ini, nilai resistivitas semu dapat dihitung melalui:

$$\rho_a = \sum_k T_k(\lambda) f_k \quad (2.16)$$

Dengan  $f_k$  menotasikan koefisien filter Linier Gosh (Martinez and Gonzalo, 2012).

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Peralatan**

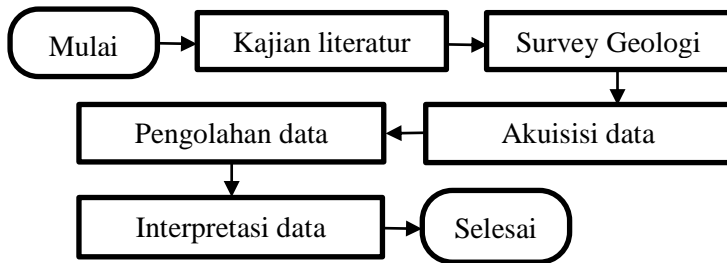
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- 1) *Seperangkat Resistivity Meter*  
*Resistivity meter* digunakan untuk mengukur resistivitas pada setiap titik pengukuran.
- 2) Elektroda  
Elektroda terdiri dari elektroda arus dan elektroda potensial.
- 3) Kabel Penghubung  
Kabel penghubung digunakan untuk menghubungkan elektroda dengan *resistivity meter*.
- 4) *Roll Meter*  
*Roll meter* digunakan untuk mengukur panjang lintasan serta untuk mengukur spasi antar elektroda arus dengan elektroda potensial.
- 5) Palu Geologi  
Palu geologi digunakan untuk menancapkan elektroda ke tanah.
- 6) *Global Positioning System (GPS)*  
GPS digunakan untuk mengetahui koordinat titik pengukuran.
- 7) Laptop  
Laptop digunakan untuk pengolahan data.

### **3.2 Tahapan Penelitian**

Langkah kerja pada penelitian ini adalah sebagai mana diagram alir (Gambar 3.1). Masing-masing langkah penelitian dapat dideskripsikan sebagai berikut:





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

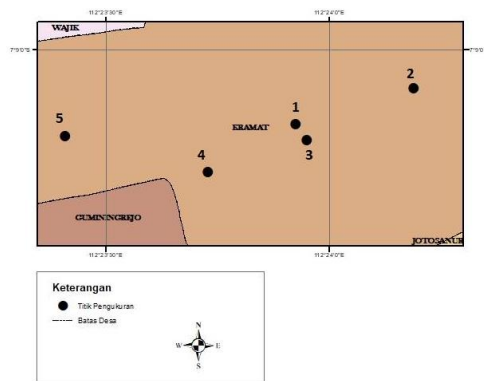
### 1. Kajian literatur

Studi literatur dilakukan dari berbagai sumber, seperti: jurnal, *paper*, dan buku-buku yang bertujuan untuk memahami teori-teori dan konsep dasar yang berkaitan dengan penelitian. Misalnya: terkait dengan metode resistivitas khususnya VES, konfigurasi Schlumberger, analisa data VES, resistivitas batuan dan air tanah. Studi literatur juga dilakukan dari peta geologi, peta hidrogeologi dan kondisi geologi daerah penelitian.

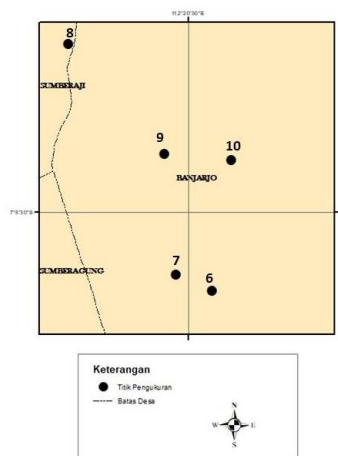
### 2. Survei geologi

Survei geologi merupakan tahapan awal penelitian. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi fisik dan geologi wilayah yang diteliti, serta informasi mengenai ketersediaan air melalui sumur warga. Survei ini dilakukan agar memudahkan analisa data dan agar hasil analisa data sesuai dengan kondisi wilayah penelitian. Gambar 3.2 merupakan lokasi titik pengukuran VES.

Pengukuran VES dilakukan di dua Desa, yaitu Desa Kramat, Kecamatan Lamongan dan Desa Banjarejo, Kecamatan Sukodadi, Kabupaten Lamongan. Wilayah tersebut memiliki kondisi geologi yang berupa Formasi Kabuh yang terdiri dari batu pasir, tufan bersisipan batu lempung, dan juga Alluvium yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lumpur (Noya et al., 1992).



(a)



(b)

**Gambar 3.2** a) Titik pengukuran VES Desa Kramat, Kec. Lamongan (Titik 1-5); b) Titik pengukuran VES Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi (Titik 6-10)

### 3. Akuisisi data

Pengukuran dilakukan di dua desa, yaitu Desa Banjarejo, Kec. Sukodadi dan Desa Kramat, Kec. Lamongan yang terletak pada Kabupaten Lamongan. Pengukuran terdiri 10 titik pengukuran, yakni 5 titik untuk masing-masing desa. Panjang lintasan 300 meter, yakni 150 meter ke kanan dan 150 meter ke kiri dari titik pengukuran sesuai desain akuisisi.

Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial yang ditancapkan ke tanah dan dihubungkan dengan *resistivity meter* menggunakan kabel penghubung. Arus diinjeksikan ke dalam tanah dan didapatkan nilai resistansi yang terekam pada *resistivity meter*. Pada saat akuisisi data diperhatikan *trend* data pada saat pengukuran dan juga nilai error yang terbaca pada *resistivity meter*.

### 4. Analisa data

Data yang didapat setelah akuisisi adalah datum, spasi dan nilai resistansi pada setiap titik pengukuran. Selanjutnya, data-data tersebut dikoreksi dengan faktor geometri untuk konfigurasi Schlumberger menggunakan Persamaan (2.9) untuk menghitung nilai resistivitas semu.

Hasil resistivitas semu dan setengah jarak elektroda arus digunakan untuk menentukan nilai resistivitas yang sebenarnya menggunakan *software* IP2Win.. Analisa data dilakukan melalui mengubah-ubah parameter resistivitas dan ketebalan lapisan batuan bawah permukaan secara coba-coba sehingga data resistivitas semu perhitungan dan pengukuran tumpang tindih. Pada analisa ini, proses perhitungan permodelan kedepan (*forward modeling*) resistivitas semu menggunakan Persamaan (2.16).

### 5. Interpretasi analisa data

Hasil pengolahan *software* IP2Win akan menunjukkan jumlah lapisan, nilai resistivitas lapisan batuan penyusun, dan ketebalan tiap lapisan batuan penyusunya. Selanjutnya, hasil tersebut

dianalisis dan diinterpretasi untuk mengetahui lapisan batuan yang bertindak sebagai reservoir air tanah.

Reservoir air tanah ini ditentukan melalui nilai resistivitas batuan hasil analisa data dan geologi daerah penelitian

## **BAB IV HASIL PENELITIAN**

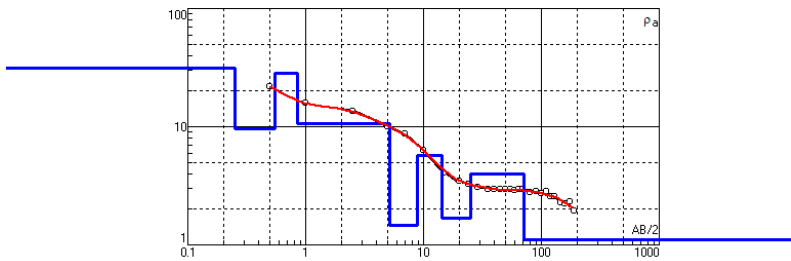
### **4.1 Analisa Data**

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Lamongan dengan koordinat  $6^{\circ} 51' 54''$   $-7^{\circ} 23' 6''$  Lintang Selatan dan antara  $112^{\circ} 4' 41''$   $-112^{\circ} 33' 12''$  Bujur Timur. Penelitian dilakukan pada dua lokasi yang berbeda, yaitu Desa Kramat, Kecamatan Lamongan dan Desa Banjarjo, Kecamatan Sukodadi. Wilayah tersebut memiliki kondisi geologi yang berupa Formasi Kabuh yang terdiri dari batu pasir, tufan bersisipan batu lempung, dan juga Alluvium yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lumpur (Noya et al., 1992). Lapisan kerakal, pasir, kerikil, dan tufan merupakan akuifer yang bagus, sedangkan lempung dan lanau merupakan lapisan yang tidak permeabel yang dapat menjadi lapisan kedap air yang mampu berperan sebagai lapisan penahan air tanah. Menurut Poespowardoyo (1986) produktivitas akuifer pada Kabupaten Lamongan dapat digolongkan sebagai akuifer berproduktifitas sedang. Pada wilayah penelitian termasuk daerah air tanah dangkal yang berada diatas air tanah payau atau asin.

Metode VES digunakan untuk mengetahui nilai resistivitas batuan tiap lapisan bawah permukaan di daerah penelitian. Nilai resistivitas ini selanjutnya digunakan untuk pembuatan model lapisan bawah permukaan untuk mengidentifikasi keberadaan reservoir air tanah.

Akuisisi data VES dilakukan di 10 titik yang berbeda dengan panjang lintasan 300 meter. Masing-masing titik pengukuran menghasilkan 35–36 nilai resistansi yang digunakan untuk menghitung resistivitas semu. Selanjutnya, data resistivitas semu dianalisa menggunakan software IP2Win untuk mendapat nilai resistivitas dan ketebalan tiap lapisan batuan pada setiap titik pengukuran.

Data yang diperlukan untuk analisa data adalah  $AB/2$ , dengan  $AB$  merupakan jarak antar dua elektroda arus dan nilai resistivitas semu. Analisa data dilakukan dengan cara mencocokkan data perhitungan (garis merah) dengan data pengukuran (titik hitam) sebagaimana Gambar 4.1. Hal ini dilakukan cara mengubah-ubah nilai ketebalan dan resistivitas lapisan batuan bawah permukaan (kurva biru) yang dilakukan secara coba-coba.



(a)

N	$\rho$	h	d	Alt
1	31.45	0.2487	0.2487	-0.248
2	9.596	0.2981	0.5468	-0.546
3	28.44	0.2973	0.8441	-0.844
4	10.6	4.287	5.131	-5.131
5	1.473	3.682	8.813	-8.813
6	5.747	5.526	14.34	-14.33
7	1.683	10.78	25.12	-25.11
8	3.981	46.03	71.15	-71.14
9	1.105			

(b)

**Gambar 4.1** a) Perbandingan antara data pengukuran (titik hitam) dan data perhitungan (garis merah), serta resistivitas sebagai fungsi kedalaman (garis biru) hasil analisa data menggunakan IP2WIN; b) digitasi dari hasil analisa data menggunakan IP2WIN

Pencocokan kurva dilakukan dengan memperhatikan kondisi geologi dan nilai error. Nilai error ini mencerminkan kecocokan antara data pengukuran dan data perhitungan. Nilai error hasil analisa data menggunakan software IP2Win untuk Titik 1–10 sebesar 1,72%–4,97% (Gambar L1.1–L1.10). Dalam pencocokan data perhitungan dan observasi, geologi didaerah penelitian harus dipertimbangkan. Hal tersebut dilakukan agar model yang dibuat sesuai dan tidak menyimpang jauh dengan karakteristik geologi setempat. Pada umumnya, model resistivitas bawah permukaan yang bagus apabila nilai error kecil (data pengukuran dan perhitungan dekat) dan juga yang sesuai dengan kondisi geologi daerah penelitian.

Gambar 4.1b) menunjukkan bahwa  $N$  yang merupakan jumlah lapisan,  $\rho$  menotasikan nilai resistivitas,  $h$  mendeskripsikan ketebalan lapisan dan  $d$  ialah kedalaman lapisan. Pada lapisan ke-9 tidak diketahui kedalaman maksimumnya. Hal tersebut mengindikasikan lapisan memang tidak diketahui kedalaman maksimumnya atau dapat juga menandakan kedalaman maksimum yang mampu dijangkau oleh konfigurasi pengukuran (*half space*) (Szalai, 2009).

## 4.2 Interpretasi Data

Secara umum air tanah tersimpan pada akuifer Lapisan ini dapat berupa pasir, kerikil, gamping atau lapisan batuan yang memiliki porositas tinggi (Supadi, 2005). Akuifer dapat dibedakan menjadi dua, yaitu lapisan akuifer bebas dan akuifer tertekan. Akuifer bebas adalah lapisan yang berada dekat dengan permukaan tanah, lapisan ini berada diatas lapisan kedap air. Sedangkan akuifer tertekan adalah akuifer yang lapisan atas dan bawahnya merupakan lapisan kedap air. Lapisan kedap air adalah lapisan yang tidak dapat mengalirkan air (Darsono et al., 2017). Lapisan yang berperan sebagai lapisan kedap air contohnya adalah lapisan lempung atau lanau.

Keberadaan air tanah dapat diketahui dengan mengidentifikasi akuifer pada lokasi penelitian. Identifikasi ini

dapat dilakukan dengan menggunakan parameter resistivitas lapisan batuan bawah permukaan. Resistivitas batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti porositas, permeabilitas, homogenitas batuan, kandungan air, kandungan mineral pada batuan dan saturasi fluida (Hidayat and Sampurno, 2015). Jenis batuan dengan porositas dan permeabilitas yang tinggi dapat dengan mudah menyimpan dan mengalirkan fluida air yang biasanya memiliki resistivitas yang kecil (Schon, 2011). Besar resistivitas batuan juga dipengaruhi oleh jenis batuan, kandungan lempung, dan kandungan fluida. Batuan dengan kandungan lempung dan fluida air yang asin akan cenderung memiliki resistivitas yang lebih rendah.

Desa Kramat, Kecamatan Lamongan memiliki formasi kabuh yang terdiri dari batupasir, tufan bersisipan batu lempung. Selain itu, wilayah ini juga tersusun atas alluvium yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lumpur. Endapan alluvium merupakan peselang selingan endapan lempung dan pasir (Noya et al., 1992). Sedangkan Desa Banjarjo, Kecamatan Sukodadi berdasarkan peta geologi terdiri dari endapan alluvium (Noya et al., 1992). Lapisan yang dapat berperan sebagai akuifer pada lapisan di wilayah penelitian adalah batu pasir, pasir, kerakal dan kerikil yang memiliki porositas yang besar. Pada lapisan alluvium, batuan yang berperan sebagai lapisan akuifer adalah pasir lempungan dan lempung pasiran (Saputra et al., 2015).

Untuk nilai resistivitas masing-masing batuan mengacu pada Tabel 2.1 yaitu untuk pasir 1–1000  $\Omega\text{m}$ , batu pasir 200–8000  $\Omega\text{m}$  dan lempung 1–100  $\Omega\text{m}$  (Telford et al., 1990). Nilai-nilai tersebut tidak termasuk fluida yang terkandung dalam batuan tersebut. Biasanya pasir yang bercampur dengan lempung atau fluida air asin akan memiliki resistivitas yang lebih kecil. Lempung jenuh memiliki resistivitas 0,5–2  $\Omega\text{m}$ , lempung pasiran dengan air payau 2–4  $\Omega\text{m}$ , lempung pasiran dengan air tawar kualitas rendah 4–10  $\Omega\text{m}$ , pasir lempungan 10 – 15  $\Omega\text{m}$  (Telford et al., 1990).

Tabel 4.1 merupakan interpretasi dari hasil analisa data VES untuk Titik 1. Pada Titik 1 terdapat lapisan kedap air yang



diidentifikasi sebagai lempung. Lempung memiliki karakteristik matrik butiran penyusunnya sangat kecil dan halus, sehingga ketika membentuk suatu lapisan batuan dapat mengakibatkan porositas yang kecil sehingga sulit untuk mengalirkan fluida. Lempung ini secara umum memiliki resistivitas yang kecil. Selanjutnya, pada Titik 1, lapisan yang diidentifikasi sebagai lapisan yang dapat menyimpan air adalah pasir lempungan dan lempung pasiran. Pasir lempungan ialah pasir yang terdapat lempung. Nilai resistivitas lapisan pasir lempungan dipengaruhi oleh persentase campuran pasir dan lempung.

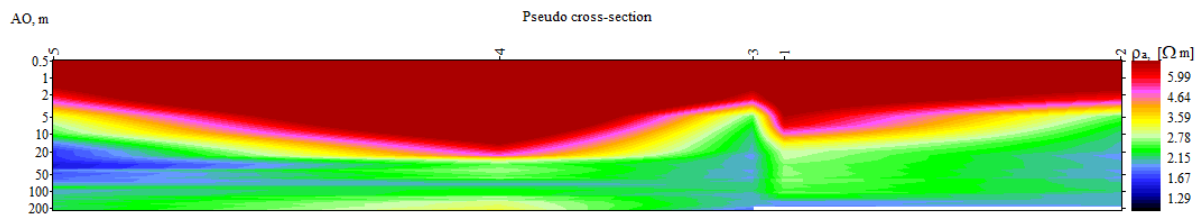
**Tabel 4.1** Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada Titik 1. Dengan ***h*** dan ***d*** merepresentasikan ketebalan dan kedalaman lapisan batuan tersebut

Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Identifikasi
31,45	0,2487	0,2487	Top Soil
9,596	0,2981	0,5468	Top Soil
28,44	0,2973	0,8441	Top Soil
10,6	4,287	5,131	Pasir Lempungan
1,473	3,682	8,813	Lempung
5,747	5,526	14,34	Lempung Pasiran
1,683	10,78	25,12	Lempung
3,981	46,03	71,15	Lempung Pasiran
1,105	$\infty$	$\infty$	Lempung

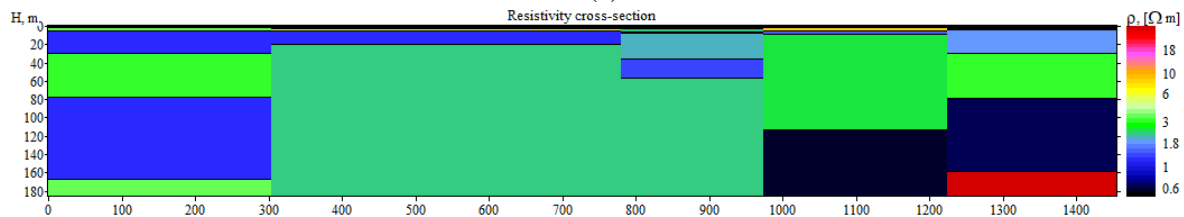
Tabel 4.1 juga mengindikasikan bawah terdapat dua jenis akuifer yang teridentifikasi pada Titik 1, yaitu akuifer bebas yang berada pada kedalaman 0,8 – 5 meter. Hal ini dikarenakan di bawah lapisan tersebut merupakan lapisan yang kedap air dan di atasnya adalah lapisan dengan permeabilitas lebih tinggi. Sedangkan, akuifer tertekan pada kedalaman 8,8–14 meter, karena lapisan atas dan bawahnya merupakan lapisan kedap air dengan permeabilitas yang lebih rendah.

Selanjutnya, analisa data dan interpretasi ini juga dilakukan untuk titik-titik pengukuran yang lainnya. Sebagaimana beberapa data pengukuran yang terdapat pada Gambar 4.2a dianalisa untuk menghasilkan nilai resistivitas sebagai fungsi kedalaman (Gambar 4.2b). Skala warna pada bagian kanan menunjukkan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan untuk masing-masing titik pengukuran. Setelah itu, resistivitas 2D diinterpretasikan sehingga menghasilkan Gambar 4.3. Gambar 4.3 ini menunjukkan bahwa Desa Kramat didominasi oleh lempung serta lempung berpasir.

Gambar 4.4 memperlihatkan kemenerusan akuifer yang menerus dari timur ke barat. Hasil interpretasi tersebut dikorelasikan dengan keberadaan sumur warga yang terdapat pada Titik pengukuran 1–5 dengan kedalaman rata-rata 6–10 meter. Pada Titik 1–5 diketahui terdapat lapisan lempung pasiran dengan kedalaman 4–7 meter, lapisan tersebut diidentifikasi sebagai akuifer bebas. Akuifer pada kedalaman tersebut termasuk akuifer dangkal. Akuifer dangkal memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing diantaranya adalah eksplorasi atau pemanfaatan air tanah akan lebih mudah. Namun, akuifer tersebut sangat dipengaruhi oleh musim. Akuifer dangkal biasanya terdapat air pada saat musim penghujan dan kering pada saat musim kemarau (Darsono et al., 2017). Karena biasanya akuifer ini tidak terlalu tebal, pemanfaatan yang terus menerus akan membuat air tanah pada akuifer ini akan cepat habis (Saputra et al., 2015).

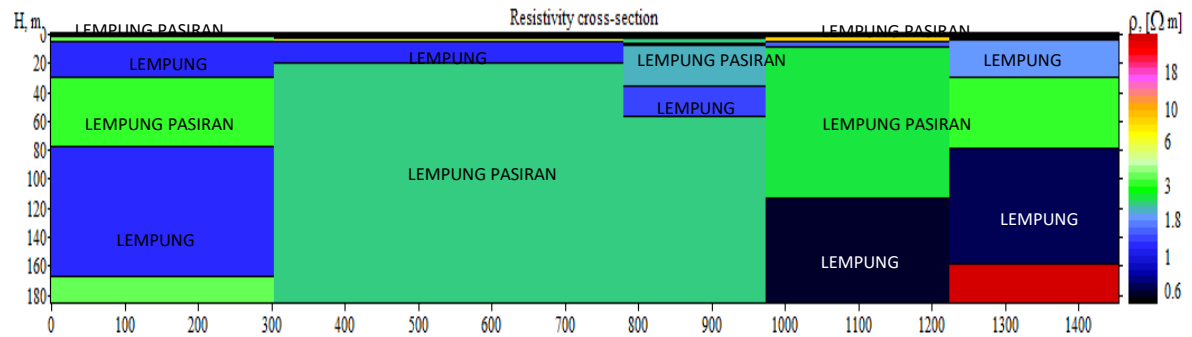


(a)

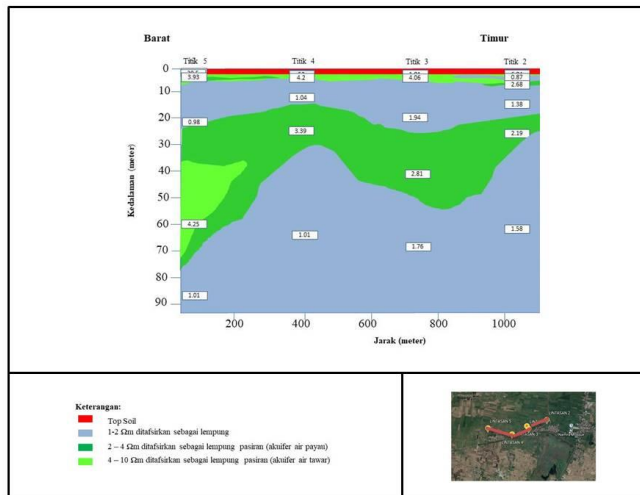


(b)

**Gambar 4.2** a) Data pengukuran pada Titik 1-5; b) Resistivitas 2D hasil analisa data VES untuk Titik 1-5



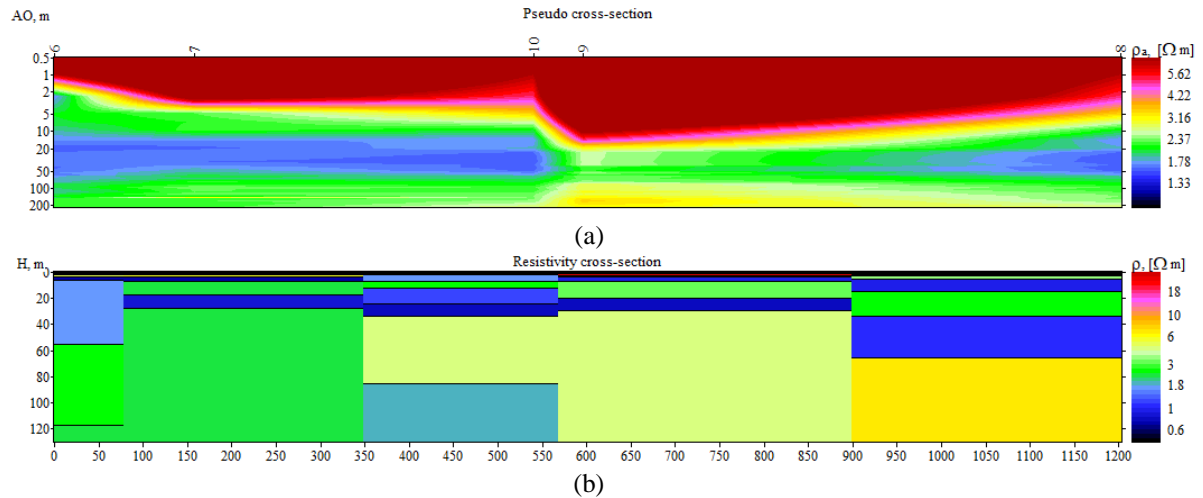
**Gambar 4.3** Interpretasi lapisan bawah permukaan pada Titik 1–5



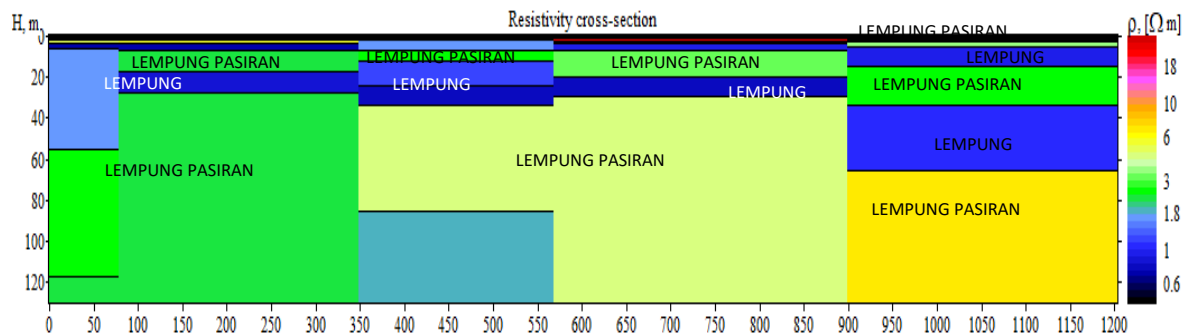
**Gambar 4.4** Sistem perlapisan batuan pada Titik 2–5

Pada kedalaman 20–70 meter dijumpai lapisan lempung pasiran yang diidentifikasi sebagai akuifer tertekan karena lapisan atas dan bawahnya merupakan lapisan kedap air (Darsono et al., 2017). Hasil interpretasi ini kemudian dikorelasikan dengan sumur warga. Pada Titik 2 terdapat sumur warga dengan kedalaman 25 meter. Air tanah pada sumur ini adalah air tanah payau. Kandungan air yang payau membuat air tanah ini tidak bisa dimanfaatkan.

Selanjutnya, dengan langkah yang sama, data VES yang terukur di Desa Banjarjo (5 titik pengukuran, yaitu titik 6–10) (sebagaimana Gambar 4.5) dianalisa untuk masing-masing titik untuk membuat interpretasi resistivitas 2D (Gambar 4.6). Gambar 4.6 menunjukkan bahwa pada lokasi Titik 6-10 didominasi oleh lempung dan lempung yang berpasir.



**Gambar 4.5** a) Data pengukuran pada Titik 6-10;b) Resistivitas 2D hasil analisa data VES pada Titik 6-10



Gambar 4.6 Interpretasi lapisan bawah permukaan Titik 6-7





## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan dengan menggunakan metode resistivitas 1D di Desa Kramat, Kecamatan Lamongan dan Desa Banjarejo, Kecamatan Sukodadi, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem lapisan batuan pada Desa Kramat, Kecamatan Lamongan dan Desa Banjarejo, Kecamatan Sukodadi, secara umum didominasi oleh lapisan lempung dengan resistivitas 0,83-1,94  $\Omega\text{m}$  dan lapisan lempung pasir dengan resistivitas 2,19-10,5  $\Omega\text{m}$
2. Potensi akuifer air tanah (akuifer bebas dan tertekan) di Desa Kramat, Kecamatan Lamongan dapat ditemukan di Titik 1-5. Kemudian di Desa Banjarejo, Kecamatan Sukodadi dapat ditemukan di Titik 6-10.
3. Akuifer dangkal dapat ditemukan di kedalaman 4-10 meter menyebar dari Titik 1-10 dengan ketebalan 2-4 meter. Sedangkan akuifer tertekan dapat ditemukan di kedalaman 13-70 meter menyebar dari Titik 1-10 dengan ketebalan 8-52 meter. Kandungan air tanah pada akuifer tertekan adalah air tanah payau.

#### **5.2 Saran**

Penggunaan metode ini akan lebih baik jika didukung dengan data bor wilayah penelitian. Selain itu penggunaan metode ini juga perlu memperhatikan letak elektroda karena hal itu akan mempengaruhi sensitivitas data yang didapatkan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

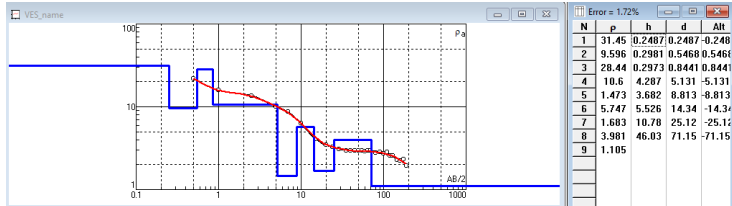
## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, K., Palili, A., 2011. Studi Penentuan Mineral Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Di Desa Tarere Kecamatan Larompong Kabupaten Luwu. *Jurnal Dinamika* 02, 62–73.
- Aoudia, M., Issaadi, A., Bersi, M., Maizi, D., Saibi, H., 2020. Aquifer Characterization Using Vertical Electrical Soundings And Remote Sensing: Study Case of The Chott Ech Chergui Basin, Northwest Algeria.
- BAPPEDA, 2015. Hasil Pelaksanaan Pembangunan Kabupaten dan Kota Se-Jawa Timur. BAPPEDA Provinsi Jawa Timur.
- Barounis, N., Karadima, K., 2011. Application of Half Schlumberger Configuration for 101-116.
- Choudhury, J., Kumar, K.L., Nagaiah, E., Sonkamble, S., Ahmed, S., Kumar, V., 2017. Vertical electrical sounding to delineate the potential aquifer zones for drinking water in Niamey city, Niger, Africa. *J. Earth Syst. Sci.* 126, 91. <https://doi.org/10.1007/s12040-017-0860-9>
- Darsono, Legowo, B., Darmanto, 2017. Identifikasi Potensi Akuifer Tertekan berdasarkan Data Resistivitas Batuan (Kasus : Kecamatan Sambirejo Kabupaten Sragen). *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* 13.
- Detik News, 2020. Krisis Air Bersih Meluas 17 Desa di Lamongan. [Detik.com](http://Detik.com).
- Grandis, H., 2009. Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika. *Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI)*, Jakarta.
- Heath, R.C., 1987. *Basic Ground Water Hydrology*. United States Government Printing Office, USA.
- Hidayat, R., Sampurno, J., 2015. Identifikasi Lokasi Bedrock Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner sebagai Bahan Acuan Perancangan Pondasi

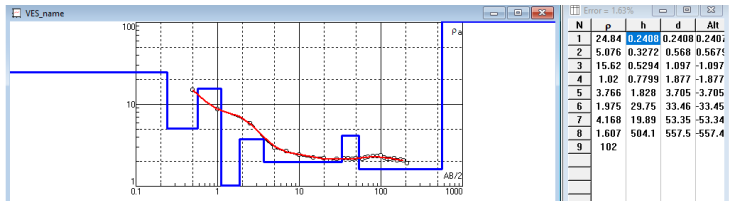
- Pembangunan Gedung di Daerah Sampit Kalimantan Tengah 6.
- Kruseman, G.P., Ridder, N.A. de, 1994. Analysis & Evaluation of Pumping Test Data, 2nd Ed. Publication 47. ILRI, Wageningen, The Netherlands.
- Maidment, D.R., 1993. Handbook Of Hydrology. McGRAW-HILL, Inc, New York.
- Martinez, J.L.F., Gonzalo, E.G., 2012. Stochastic Stability and Numerical Analysis of Two Novel Algorithms of The PSO Family. International Journal Artificial Intelligence 21(03):20.
- Noya, Y., Suwarti, Suharsono, Sarmili, L., 1992. Peta Geologi Lembar Mojokerto. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Poespowardoyo, R., Soekardi, 1986. Peta Hidrogeologi Indonesia. Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Prameswari, F.W., A. Syaeful, B., Wahyudi, P., 2021. Analisa Resistivitas Batuan Dengan Menggunakan Parameter Dar Zarrouk dan Konsep Anisotropi. Jurnal Sains dan Seni ITS 1.
- Raghunath, H.M., 2006. Hydrology Principles, Analysis and Design, 2nd ed. New Age International (P) Limited Publisher, New Delhi.
- Reynold, J.M., 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley and Sons Ltd, New York.
- Rolia, E., 2011. Penggunaan Metode Geolistrik Untuk Mendeteksi Keberadaan Air Tanah. Jurnal Tapak.1(1).
- Saputra, S.F.D., Waspo, R.S.B., Setiawan, B.I., 2015. Perhitungan Potensi Air Tanah Di Kecamatan Gabus Wetan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. Jurnal Teknil Sipil Dan Lingkungan.
- Sastrawan, F.D., Latifan, J.A., 2019. Estimasi Kedalaman Akuifer Dangkal Daerah TPA Manggar dengan Menggunakan

- Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner. Jurnal Sains Terapan 5.
- Schon, J.H., 2011. Physical Properties of Rocks (Handbook of Petroleum Exploration and Production). Elsevier, Oxford.
- Supadi, 2005. Pengelolaan Air Permukaan di Wonoharjo Kabupaten Karanganyar. J. Keair 8.
- Szalai, S., 2009. Depth of Investigation and Vertical Resolution of Surface Geoelectric Arrays. J of Env and Eng Geophysics.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. Applied Geophysics 2nd Edition. Cambridge University Press, Melbourne.
- Thompson, Turk, 1998. Introduction to Physical Geology.
- Todd, D.K., 1959. Groundwater Hydrology, Associate Professor of Civil Engineering California University. John Wiley and Sons Ltd, New York.

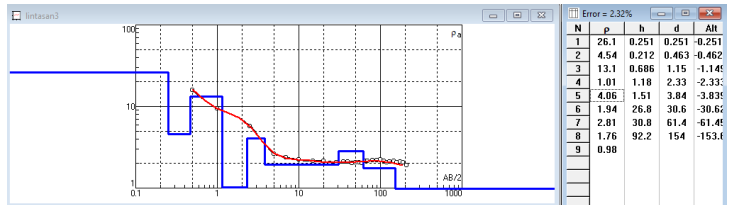
## LAMPIRAN



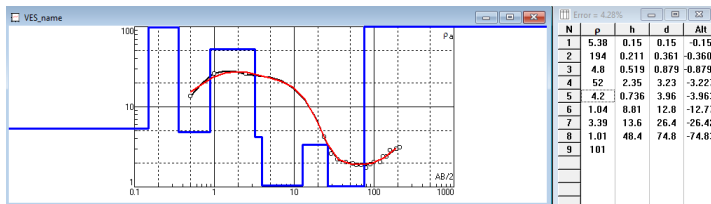
Gambar L1.1 Hasil pengolahan data pada Titik 1



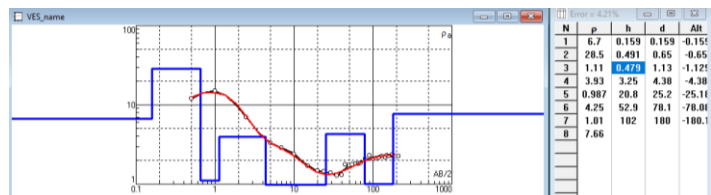
Gambar L1.2 Hasil pengolahan data pada Titik 2



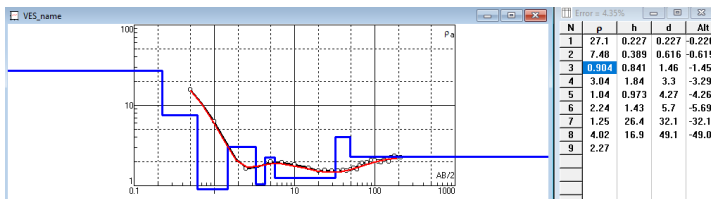
Gambar L1.3 Hasil pengolahan data pada Titik 3



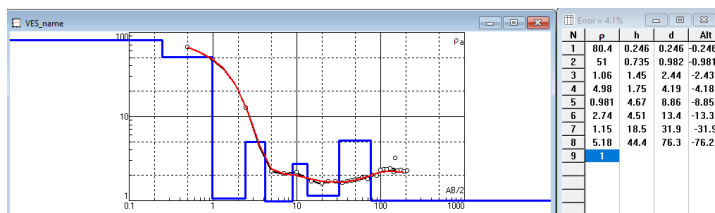
Gambar L1.4 Hasil pengolahan data pada Titik 4



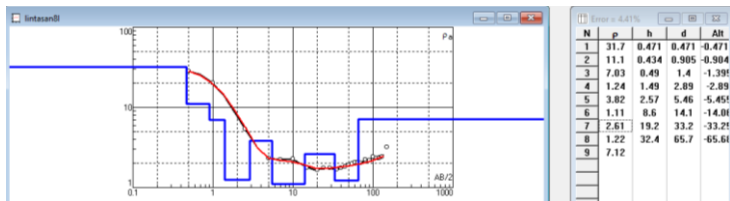
Gambar L1.5 Hasil pengolahan data pada Titik 5



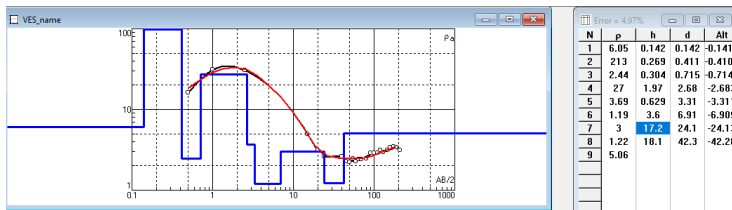
Gambar L1.6 Hasil pengolahan data pada Titik 6



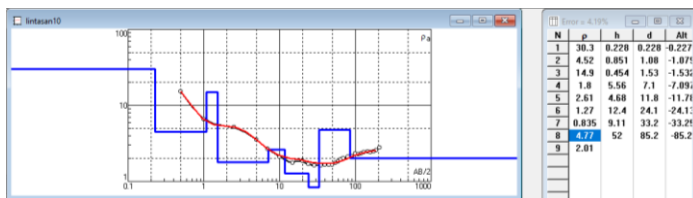
Gambar L1.7 Hasil pengolahan data pada Titik 7



Gambar L1.8 Hasil pengolahan data pada Titik 8



Gambar L1.9 Hasil pengolahan data pada Titik 9



Gambar L1.10 Hasil pengolahan data pada Titik 10



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Gabriella Regita Cahyani, dengan nama panggilan Gaby. Penulis dilahirkan pada tanggal 7 Oktober 1998 di Sidoarjo. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Ayah penulis bernama Bambang Heri M dan Ibu bernama Anis M. Penulis mulai menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita (2004-2005), dilanjutkan di SD Negeri Jimbaran Kulon (2005-2011). Penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Sidoarjo (2011-2014) dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Sidoarjo (2014-2017). Penulis menempuh pendidikan tinggi di Departemen Fisika FSAD Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP 0111174000075 (2017-2021). Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis aktif mengikuti kegiatan akademik dan organisasi. Organisasi yang diikuti oleh penulis antara lain IFLS ITS 2018/2019 sebagai Staff PSDM, SM-IAGI ITS 2018/2019 sebagai staff Eksternal, AAPG ITS SC 2018/2019 sebagai Kepala Divisi Event, Himasika ITS 2018/2019 sebagai staff Departemen Hubungan Luar, Delegasi Forum Mahasiswa Fisika Jawa Timur 2018/2019, SM-IAGI ITS 2019/2020 sebagai Kepala Divisi Eksternal, dan Himasika ITS 2019/2020 sebagai Kepala Biro Pencarian Dana Perekonomian Physics Summit. Penulis juga pernah menjadi asisten Laboratorium Geofisika. Selain itu penulis juga pernah menjadi Ketua tim pada Kampus Mengajar Angkatan 1 tahun 2021 yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

