



TUGAS AKHIR - RF141501

# IDENTIFIKASI HIDROGEOLOGI SITUS CANDI DAN PETIRTAAN JOLOTUNDO DESA SELOLIMAN KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D

Dwipa Derecho Aryuda  
NRP. 0341144000062

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si  
NIP. 19591010 198803 1 002

Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT  
NIP. 19890612 201504 1003

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RF141501

**IDENTIFIKASI HIDROGEOLOGI SITUS CANDI DAN  
PETIRTAAN JOLOTUNDO DESA SELOLIMAN KECAMATAN  
TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO MENGGUNAKAN  
METODE RESISTIVITAS 2D**

Dwipa Derecho Aryuda  
NRP.0341144000062

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si  
NIP. 19591010 198803 1 002

Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT  
NIP. 19890612 201504 1003

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

**IDENTIFICATION HYDROGEOLOGICAL OF JOLOTUNDO  
TEMPLE AT DESA SELOLIMAN, KECAMATAN TRAWAS,  
KABUPATEN MOJOKERTO USING 2D GEOELECTRICAL  
WENNER-SCHLUMBERGER METHOD**

Dwipa Derecho Aryuda  
NRP.0341144000062

ADVISOR:

Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si  
NIP. 19591010 198803 1 002

Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT  
NIP. 19890612 201504 1003

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
FACULTY OF CIVIL, ENVIROMENTAL, AND GEO-ENGINEERING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



**IDENTIFIKASI HIDROGEOLOGI SITUS CANDI DAN PETIRTAAN  
JOLOTUNDO DESA SELOLIMAN KECAMATAN TRAWAS  
KABUPATEN MOJOKERTO MENGGUNAKAN METODE  
RESISTIVITAS 2D**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 30 Juli 2018

 Menyetujui,

1. Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si. (Pembimbing I)  
NIP. 19591010 198803 1 002
2. Juan Pando G.N.R., S.Si., M.T. (Pembimbing II)  
NIP. 19890612 201504 1 003
3. Firman Syaifuddin, S.Si., M.T. (Penguji I)  
NIP. 19840911 201404 1 001
4. Anik Hilyah, S.Si., M.T. (Penguji II)  
NIP. 19790813 200812 2 002

Mengetahui

Kepala Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si.  
NIP. 19591010 198803 1 002

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# PERNYATAAN KEASLIAN

## TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan **“Identifikasi Hidrogeologisitus Candi Dan Petirnaan Jolotundo Desa Seloliman Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto Menggunakan Metode Resistivitas 2d”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 23 April 2018

Dwipa Derecho Aryuda  
0341144000062

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFIKASI HIDROGEOLOGISITUS CANDI DAN PETIRTAAN  
JOLOTUNDO DESA SELOLIMAN KECAMATAN TRAWAS  
KABUPATEN MOJOKERTO MENGGUNAKAN METODE  
RESISTIVITAS 2D**

Nama Mahasiswa : Dwipa Derecho Aryuda  
NRP : 0341144000062  
Departemen : Teknik Geofisika  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si  
Dosen Pembimbing 2 : Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT

**Abstrak**

Penelitian hidrogeologi telah dilakukan di lereng Gunung Penanggungan menggunakan metode Resistivitas 2D dengan Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* yang berjumlah lima lintasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hidrogeologi petirtaan Jolotundo yang berada di Desa Seloliman, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto. Metode Resistivitas 2D digunakan karena memiliki keakuratan secara vertikal maupun horizontal dan dapat menginterpretasikan jenis batuan serta mineral yang terkandung dibawah permukaan berdasarkan perbedaan nilai tahanan jenis. Hasil pengukuran dilapangan mengidentifikasi anomali akuifer dengan nilai tahaan jenis 2-180  $\Omega m$ , petirtaan Jolotundo diindikasi memiliki 2 tipe akuifer, yaitu: akuifer bebas dan akuifer terkekang. Akuifer terbentuk karena adanya *paleo-channel* yang terbentuk oleh matrial-material piroklastik hasil letusan Gunung Penanggungan.

*Kata Kunci: Air Tanah, Hidrogeologi, Resistivitas 2D, Wenner-Schlumberger*

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFICATION HYDROGEOLOGICAL OF JOLOTUNDO TEMPLE  
AT DESA SELOLIMAN, KECAMATAN TRAWAS, KABUPATEN  
MOJOKERTO USING 2D GEOELECTRICAL WENNER-  
SCHLUMBERGER METHOD**

Name : Dwipa Derecho Aryuda  
NRP : 03411440000062  
Major : Geophysical Engineering  
Lectures : 1. Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si  
2. Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT

**Abstract**

A hydrogeology study was conducted in Mt. Penanggungan using 2D Geoelectrical Wenner-Schlumberger method with five trajectories. The objective of this research is to identify hydrogeology of Jolotundo temple at Desa Seloliman, Trawas, Kabupaten Mojokerto. Effective type of 2D Geoelectrical methods are used for preliminary research of the identification hydrogeology, since it has accuracy vertically and horizontally. Interpreted range resistivity has 2-180  $\Omega m$ . Jolotundo temple is indicated to have 2 types of aquifers, namely: free aquifer and confined aquifer. The aquifers are formed due to the paleo-channel formed by the pyroclastic material of the eruption of Mount Penanggungan.

Keywords: Groundwater, Geoelectrical, Hydrogeology, Wenner-Schlumberger

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

**KATA PENGANTAR**

xiii

Puji syukur kepada Allah SWT karena telah atas rahmat-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul "IDENTIFIKASI HIDROGEOLOGISITUS CANDI DAN PETIRTAAN JOLOTUNDO DESA SELOLIMAN KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D" ini dapat terselesaikan .

Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Ayah, Ibu, serta semua keluarga yang selalu mendoakan, menguatkan, dan mendukung penulis sehingga penulis bisa sampai saat ini.
2. Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Bapak Amien Widodo dan MasJuan Pandu G. N. R. selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan motivasinya kepada penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
4. Bapak M. Singgih Purwanto, S.Si., M.T. selaku koordinator tugas akhir dan Bapak Solichan yang selalu memberikan informasi mengenai tugas akhir.
5. AbahFirman Syaifuddin selaku dosen wali yang telah memberikan arahan akademik.
6. Bapak dan Ibu dosen serta para staf Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
7. Teman-teman seperjuangan TG3 yang saling mendukung dan memotivasi satu sama lain.
8. Keluarga Mahasiswa Teknik Geofisika ITS yang selalu memberikan doa dan dukungannya kepada penulis.
9. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terimakasih telah mendoakan dan mendukung penulis.

Penulis juga menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 23 April 2018

Dwipa Derecho Aryuda

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	viii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	
1.2 Perumusan Masalah.....	
1.3 Batasan Masalah.....	
1.4 Tujuan Penelitian.....	
BAB II DASAR TEORI .....	3
2.2 Air Tanah.....	
2.2.1 Permeabilitas .....	9
2.2.2 Porositas batuan .....	10
2.3 Sistem Air Tanah Endapan Vulkanik .....	
2.4 Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Resistivitas) .....	
2.5 Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i> .....	
2.5 Penelitian Terkait .....	
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	20
3.1 Waktu dan Tempat .....	
3.2 Tahapan Penelitian .....	
3.3 Desain Akuisisi.....	
3.4 Alat dan Bahan .....	
4.1 Analisa Data .....	
4.2 Analisa Hasil Pengolahan Data .....	
4.2.1 Analisa Lintasan GL1 .....	24
4.2.2 Analisa Lintasan GL2 .....	25
4.2.3 Analisa Lintasan GL3 .....	26
4.2.4 Analisa Lintasan GL4 .....	27
4.2.5 Analisa Lintasan GL5 .....	28

4.2.6	Analisa Korelasi Lintasan .....	29
4.3	Analisa Sistem Hidrogeologi.....	
4.4	Kesimpulan.....	
4.5	Saran.....	
DAFTAR PUSTAKA .....		34
LAMPIRAN.....		36
BIOGRAFI PENULIS .....		40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Geologi Gunung Penanggungan pada Lembar Malang (S.Santosa, 1998).....	6
Gambar 2. 2 Daur Hidrogeologi (Refliaty, 2016).....	7
Gambar 2. 3 Perlakuan Batuan Terhadap Air Tanah (Keller, 2000).....	8
Gambar 2. 4 Jenis Akuifer Berdasarkan Litologi (M. Bisri, 2012).....	9
Gambar 2. 5 Sayatan Persebaran Batuan Hydrostratigrafi Gunung Bromo (Heru dan Haris, 2015).....	12
Gambar 2. 6 Arus listrik yang mengalir pada material konduktif berbentuk silinder (Telford, 1990).....	13
Gambar 2. 7 Aliran arus listrik yang berasal dari satu sumber arus yang mengalir kedalam bumi yang diasumsikan sebagai homogeny isotropic (Telford, 1990).....	14
Gambar 2. 8 Susunan elektroda arus dan potensial dalam pengukuran resistivitas (Loke, 2004).....	14
Gambar 2. 9 Susunan elektroda Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i> (Loke, 2004).....	17
Gambar 2. 10 Peta Hidrogeologi Gunung Penanggungan dan Sekitarnya (Pratiknyo, 2016).....	19
Gambar 3.1 Diagram Aliran Penelitian .....	20
Gambar 3. 2 Desain Akuisisi .....	21
Gambar 4. 1 Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL1.....	25
Gambar 4. 2 Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL2.....	26
Gambar 4. 3 Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL3 .....	27
Gambar 4. 4 Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL4 .....	28
Gambar 4. 5 Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL5 .....	29
Gambar 4. 6 Korelasi Lintasan (a) GL1 dan GL4, (b) GL1 dan GL5, (c) GL1, GL4, dan GL5 .....	30
Gambar 4. 7 Peta Kontur dan Pola Aliran Gunung Penanggungan .....	31



***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batuan Penyusun Geologi Mojokerto (BPN Kabupaten Mojokerto)	4
Tabel 2. 2 Nilai Resistivitas Batuan (Telford dkk, 1990).....	15
Tabel 3. 1 Koordinat Lintasan Pengukuran.....	20

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# BAB IPENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Petirtaan Jolotundo merupakan pemandian peninggalan Raja Udayana dari Bali yang diperuntukan bagi Raja Airlangga setelah dinobatkan menjadi Raja Sumedang Kahuripan. Letak geografis Petirtaan Jolotundo berada ditinggikan 500 meter diatas permukaan laut, lereng barat Gunung Penanggungan, Desa Seloliman, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto. Air petirtaan tersebut bersumber dari lereng Gunung Penanggungan. Keberadaan Petirtaan Jolotundo dianggap penting karena menjadi tempat suci dan terletak di satu diantara 7 gunung yang dianggap suci oleh masyarakat pada masa Kerajaan Majapahit. Selain itu, terdapat kolam yang berisi air jernih yang juga digunakan untuk beragam ritual dan dimanfaatkan oleh warga sekitar (BPCB Mojokerto, 2001).

Air tanah didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Sumber air tanah berasal dari air yang ada di permukaan tanah (air hujan, danau, dan sebagainya) kemudian meresap ke dalam tanah di daerah imbuhan (*recharge area*) dan mengalir menuju ke daerah lepasan (*discharge area*). Aliran air tanah di dalam tanah dari daerah imbuhan ke daerah lepasan cukup lambat, sampai ribuan tahun tergantung dari jarak dan jenis batuan yang dilalui (Sedana, 2015).

Peranan air tanah semakin lama semakin penting karena air tanah menjadi sumber air utama untuk memenuhi kebutuhan pokok hidup orang banyak. Adanya kolam air di daerah pegunungan menandakan adanya *recharge area* air tanah yang memiliki peran sangat vital dalam suplai air (M. Bisri, 2012). Oleh karena itu, dibutuhkan *survey* untuk mengetahui kondisi hidrogeologi wilayah penelitian sehingga dapat digunakan sebagai acuan wilayah konservasi air tanah agar aliran air debit air tetap terjaga. Salah satu *survey* yaitu, Metode geofisika adalah suatu metode yang digunakan untuk mempelajari tentang bumi yang berada pada permukaan atau di atas permukaan bumi dengan menggunakan parameter-parameter fisika. (Dobrin dan Savit, 1988)

Metode yang dipilih adalah Metode Geolistrik dengan Resistivitas 2D yang berguna untuk mengetahui penampang bawah permukaan lokasi penelitian. Metode geolistrik dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi. Berdasarkan nilai resistivitas listrik hasil pengukuran, dapat diketahui struktur bawah permukaan

bumi beserta matrial penyusunnya. Metode geolistrik cukup murah dan sensitif dalam mendeteksi lapisan konduktor sehingga cocok digunakan dalam eksplorasi dangkal (Grandis, 2012). Metode tersebut menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Konfigurasi tersebut dipilih karena memiliki keakuratan secara vertikal dan horizontal (Amien Widodo, 2017). Metode ini telah mampu menemukan akuifer air tanah di daerah Suai, Timor Leste yang mengidentifikasi lapisan potensial akuifer (Dwa Desa Warnana, 2017). Oleh karena itu dalam penelitian tugas akhir, untuk mengidentifikasi hidrogeologi digunakan metode Resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana kondisi hidrogeologi?

## **1.3 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini ada beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Daerah penelitian adalah kawasan di sekitar Situs Petirnaan Jolotundo, tepatnya Desa Sololiman, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto.
2. Pengukuran hanya dilakukan dengan metode resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.
3. Tidak melakukan penelitian dan analisa terhadap kandungan tanah di lokasi pengukuran.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengidentifikasi kondisi hidrogeologi dari hasil pengukuran resistivitas 2D.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Geologi Daerah Penelitian

Kabupaten Mojokerto merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur, dimana luas wilayah seluruhnya adalah 969.360  $Km^2$ . Secara geografis wilayah Kabupaten Mojokerto terletak antara 111°20'13" s/d 111°40'47" Bujur Timur dan antara 7°18'35" s/d 7°47" Lintang Selatan. Berdasarkan struktur tanahnya, wilayah Kabupaten Mojokerto cenderung cekung ditengah-tengah dan tinggi di bagian selatan dan utara. Bagian selatan merupakan wilayah pegunungan dengan kondisi tanah yang subur, yaitu meliputi Kecamatan Pacet, Kecamatan Trawas, Kecamatan Gondang dan Kecamatan Jatilejo. Bagian tengah merupakan wilayah dataran sedang, sedangkan bagian utara merupakan daerah perbukitan kapur yang cenderung kurang subur (BPS Kabupaten Mojokerto, 2015).

Secara geologis Kabupaten Mojokerto terbagi atas empat macam batuan, yaitu aluvium, pliosen fassies sedimen, pliosen fasies batu gamping dan miosen fasies sedimen. Jenis batuan alluvium dan miosen fasies sedimen banyak dimanfaatkan masyarakat untuk tegalan dan sawah serta sebagian kecil batuan pliosen fasies sedimen untuk tegalan. Berikut ini merupakan struktur geologi yang dijumpai di wilayah Kabupaten Mojokerto, yaitu:

- Struktur primer (berupa perlapisan batuan, lipatan antiklin – sinklin, dijumpai pada sisi utara).
- Struktur sekunder (berupa sesar normal, sesar geser, dengan arah baratdaya-timurlaut dan barat laut-tenggara, berkembang di bagian tengah dan selatan).
- Struktur sekunder yang berupa kekar-kekar pada batuan berkembang dalam skala yang kecil dan dikontrol oleh aktifitas struktur regional.

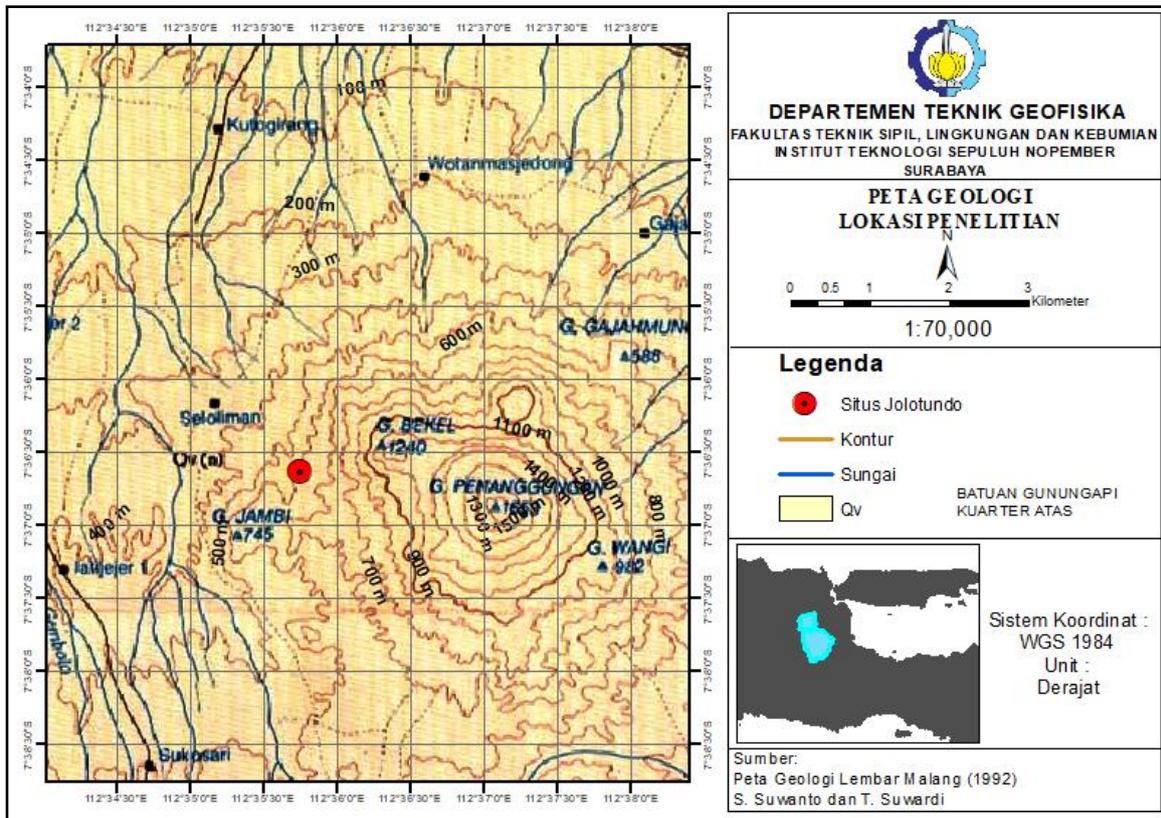
Dari Tabel 2.1, batuan penyusun geologi Mojokerto yang di terbitkan oleh BPN Kabupaten Mojokerto dapat diketahui bahwa lapisan tanah di daerah Kabupaten Mojokerto dipengaruhi oleh adanya gunung api serta sungai. Hal tersebut menyebabkan Kabupaten Mojokerto sangat kaya akan keberadaan air tanah yang bersumber dari lapisan geologi gunung api dan Alluvium yang berasal dari pengendapan sungai. Adapun hidrologi daerah Mojokerto sangat ditentukan oleh besarnya curah hujan, jumlah mata air atau sumber air dan pola

aliran sungai dan bendungan. Jumlah mata air mencapai 161 buah, yang berfungsi sebanyak 153 mata air. Debit air tersebut rata-rata maksimum 19,42 lt/detik dan debit rata-rata minimum 7,60 lt/detik. Mata air tersebut sebagian besar sebarannya terdapat di wilayah Kabupaten Mojokerto bagian Selatan yang merupakan daerah pegunungan yang terdiri atas Gunung Penanggungan dan Welirang. (Bappeda Kab. Mojokerto, 2013)

Tabel 2. 1 Batuan Penyusun Geologi Mojokerto (BPN Kabupaten Mojokerto)

Batuan Asal	Luas (Ha)	Persentase (%)
Hasil Gunung berapi tak teruraikan	1744.85	1.8
Hasil Gunung berapi kwarter muda	3034.1	3.313
Hasil Gunung berapi kwarter tua	4148.86	4.28
Aluvium, facies gunung berapi	81930.3	84.52
Aluvium	3896.83	4.02
Pleistosen, facies sedimen	1395.88	1.44
Pleistosen, facies gunung berapi	785.18	0.81
<b>Total</b>	<b>96.936</b>	<b>100</b>

Gunung Penanggungan merupakan salah satu gunung yang menyuplai air tanah di Kab. Mojokerto dengan debit rata-rata minimum 7,60 lt/detik. Hal tersebut diperkuat dengan adanya Petirtaan Jolotundo merupakan pemandian peninggalan Raja Udayana dari Bali yang diperuntukan bagi Raja Airlangga setelah dinobatkan menjadi Raja Sumedang Kahuripan. Petirtaan Jolotundo berada diketinggian 500 meter diatas permukaan laut, lereng barat Gunung Penanggungan, Desa Seloliman, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto. Petirtaan tersebut memanfaatkan akuifer yang berasal dari hasil gunung berapi kuarter atas.. Air petirtaan tersebut bersumber dari lereng Gunung Penanggungan (BPCB Mojokerto, 2001) yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu nya adalah geologi penyusun Gunung Penanggungan. Gambar 2.1 merupakan peta geologi lembar Malang (Qvn) yang menjelaskan bahwa gunung penanggungan tersusun oleh breksi gunung api, lava, tuff, aglomerat dan lahar. Lapisan penyusun tersebut mengindikasikan bahwa daerah penelitian merupakan hasil vulkanik dari Gunung Penanggungan. (S. Santosa, 1998)

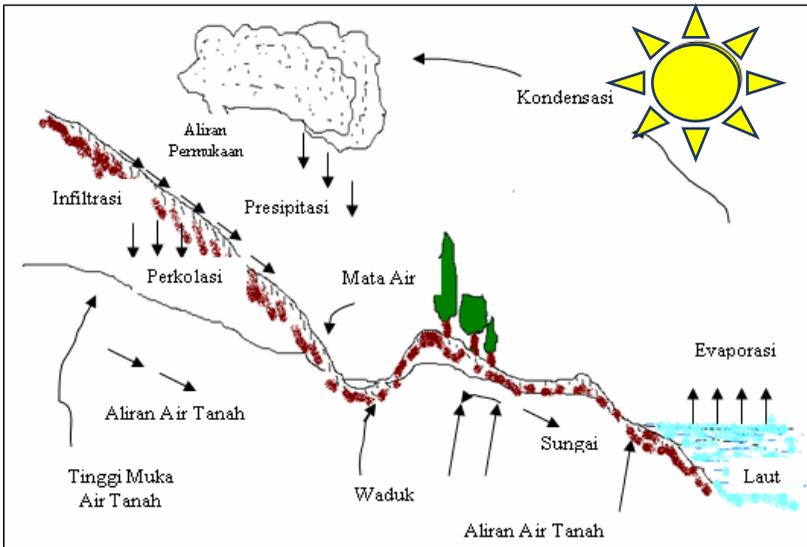


Gambar 2. 1 Peta Geologi Gunung Penanggungan pada Lembar Malang (S.Santosa, 1998)

## 2.2 Air Tanah

Air tanah (groundwater) merupakan air yang menepati rongga – rongga pada lapisan geologi dalam keadaan jenuh dengan jumlah yang cukup (M. Bisri, 2012). Air tanah adalah salah satu sumber kebutuhan pokok manusia yang sangat penting karena banyak dimanfaatkan untuk kepentingan individu hingga industri. Hal tersebut mendorong pencarian dan pemanfaatan air tanah dalam skala besar. Mengingat pentingnya air tanah, maka perlu adanya usaha pelestarian konservasi wilayah resapan air tanah untuk menjaga ketersediaan air tersebut.

Daur hidrogeologi merupakan suatu rangkaian proses sirkulasi air di bumi yang terjadi secara terus – menerus, dimulai dari penguapan, hujan, aliran permukaan, dan aliran air tanah (groundwater flow) terus kelaut dan menguap kembali. (M. Bisri, 2012)

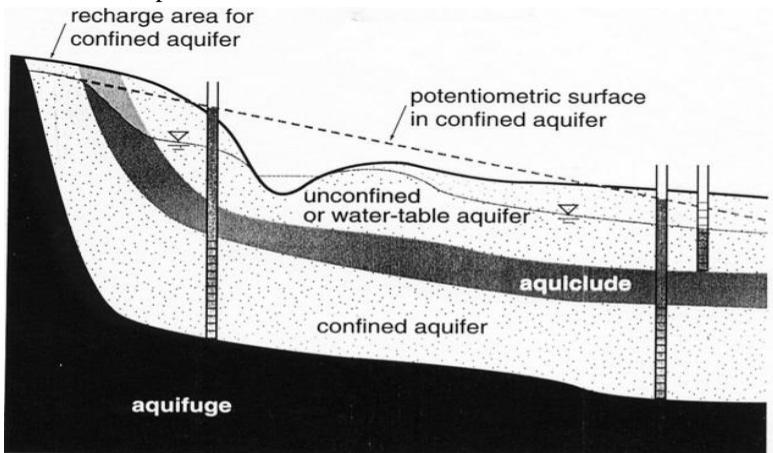


Gambar 2. 2 Daur Hidrogeologi (Refliaty, 2016)

Pada Gambar 2.2 menjelaskan tentang daur hidrogeologi yang diawali oleh energi panas matahari yang menyebabkan terjadinya proses evaporasi dilaut dan badan air. Uap tersebut terbawa angin melintasi daratan, maka sebagian uap air akan turun menjadi hujan. Sebelum air meteorik mencapai permukaan tanah, air akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Air yang tertahan akan kembali ke atmosfer, sedangkan air yang mencapai permukaan tanah, sebagian akan terserap kedalam tanah (*infiltration*) menuju lapisan akuifer dan menjadi bagian air tanah.

Akuifer merupakan lapisan pembawa air atau lapisan permeable (Suharyadi, 1984). Akuifer dibedakan oleh perlakuan batuan terhadap air tanah dan berdasarkan litologi, berikut ini merupakan jenis dan tipe akuifer (M. Bisri, 2012):

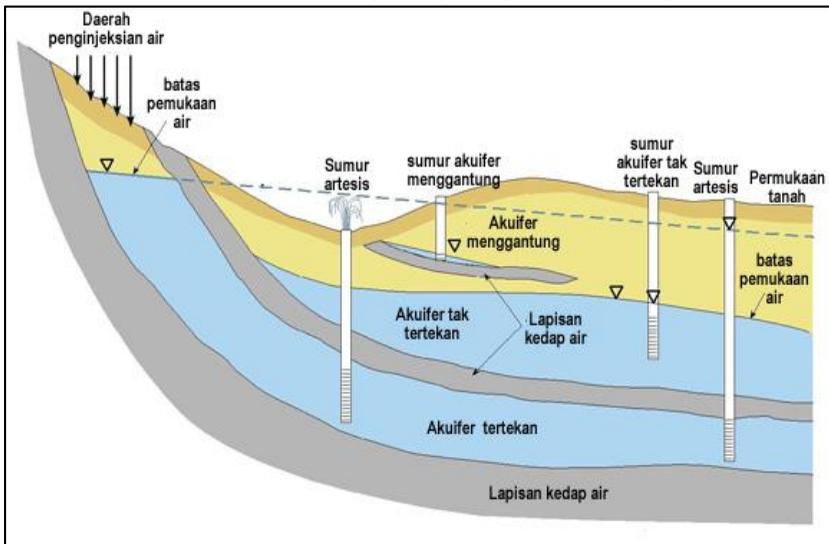
1. Perlakuan batuan terhadap air tanah terdapat pada Gambar 2.3 yang dipaparkan oleh (M. Bisri, 2012):
  - Akuitar (*Aquitards*) merupakan lapisan yang dapat menyimpan air akan tetapi hanya bisa mengalirkan air dalam jumlah terbatas (*Permeable*).
  - Akuiklude (*Aquiclude*) merupakan lapisan yang dapat menampung air akan tetapi tidak dapat mengalirkan air (*Impermeable*), misalnya lapisan lempung.
  - Akuiflug (*Aquifuge*) merupakan lapisan yang tidak dapat menampung dan mengalirkan air (*Impermeable*), misalnya lapisan andesit.



Gambar 2. 3Perlakuan Batuan Terhadap Air Tanah (Keller, 2000)

2. Litologi terdapat pada Gambar 2.4 yang dipaparkan oleh (M. Bisri, 2012):
  - Akuifer bebas (*Unconfined Quifer*) merupakan akuifer yang memiliki satu lapisan pembatas ke atas air dibagian bawah dan debit air dikontrol oleh curah air hujan.

- Akuifer terkekang (*Confined Aquifer*) merupakan akuifer yang memiliki dua lapisan pembatas kedap air dibagian bawah dan atas.
- Akuifer setengah terkekang (*Semiconfined Aquifer*) merupakan akuifer yang memiliki dua lapisan pembatas kedap air dibagian bawah dan atas, namun lapisan kedap air yang berada diatas masih bersifat setengah kedap air (meloloskan sedikit air).
- Akuifer menggantung (*Perched Aquifer*) merupakan akuifer yang terpisah dari akuifer induk dan dipisahkan oleh suatu lapisan yang relatif kedap air diatas zona jenuh air.
- Akuifer berganda (*Multiple Aquifer*) merupakan akuifer yang memiliki struktur lapisan gabungan dari beberapa akuifer.



Gambar 2. 4 Jenis Akuifer Berdasarkan Litologi (M. Bisri, 2012)

Jenis – jenis akuifer tersebut dipengaruhi oleh permeabilitas dan porositas batuan yang disebabkan oleh proses sedimentas, berikut ini merupakan uraian tentang permeabilitas dan porositas batuan.

### 2.2.1 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan batuan untuk meloloskan fluida. Permeabilitas dipengaruhi oleh Ukuran dari pori yang terbuka, Tingkat dan ukuran konektivitas pori, Tingkat dan jenis bahan cementing di antara butiran

batuan. Permeabilitas memiliki beberapa klasifikasi (Nurwidyanto, 2006), yaitu:

- Permeabilitas absolut adalah kemampuan batuan untuk meloloskan satu jenis fluida yang 100% jenuh oleh fluida tersebut.
- Permeabilitas efektif adalah kemampuan batuan untuk meloloskan satu jenis fluida bila terdapat dua macam fluida yang immiscible / tidak dapat bersatu. Porositas efektif memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan permeabilitas absolut.
- Permeabilitas relatif adalah perbandingan antara permeabilitas efektif dan absolut.

### 2.2.2 Porositas batuan

Porositas batuan adalah perbandingan antara volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh batuan (Nurwidyanto, 2006). Porositas dinyatakan dalam bentuk persen (%).

$$\text{Porositas } (\phi) = \frac{\text{Volume pori-pori}}{\text{Volume batuan}} \times 100\%$$

Berdasarkan pembentukannya porositas dibagi dalam dua macam yaitu :

- Porositas Primer yaitu porositas yang terbentuk saat pembentukan batuan. Saat proses sedimentasi butiran batuan akan terdapat rongga diantara butiran-butiran tersebut. Rongga - rongga tersebut merupakan porositas primer.
- Porositas Sekunder yaitu porositas yang terbentuk karena proses geologi yang dialami oleh batuan yang sudah jadi sehingga mengakibatkan terbentuknya space yang dapat menjadi porositas yang baru. Porositas sekunder dapat terbentuk akibat adanya tektonik yang menyebabkan terbentuknya rekahan-rekahan pada batuan tersebut.

Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi porositas batuan ketika terjadinya proses sedimentasi, yaitu:

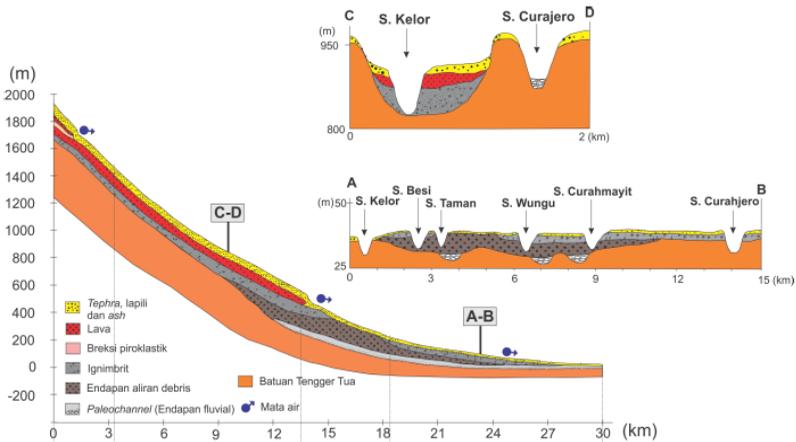
- Keseragaman besar butir, semakin seragam butir penyusun batuan maka nilai porositas akan semakin besar, dan sebaliknya.
- Sementasi, semakin tinggi sementasi maka pori-pori batuan yang tertutup semen akan semakin kecil, sehingga nilai porositas akan semakin kecil.

- Kompaksi, semakin besar tekanan yang diberikan ketika proses diagenesa batuan maka akan membuat ukuran pori-pori semakin kecil dan akibatnya nilai porositas juga akan semakin kecil.
- Derajat angularitas, butiran yang memiliki roundness yang baik akan memiliki nilai porositas yang lebih baik daripada batuan dengan bentuk yang melancip.

### **2.3 Sistem Air Tanah Endapan Vulkanik**

Pegunungan vulkanik memiliki peranan yang sangat besar dalam siklus aliran air tanah atau daur hidrogeologi. Kapasitasnya sebagai daerah *recharge area* menjadikan bentang alam ini sebagai daerah konservasi yang layak mendapat perlindungan dari berbagai macam element masyarakat (Heru dan Haris, 2015). Pegunungan vulkanik di Indonesia seringkali memiliki sifat gunung stratovulkanik. Gunungapi stratovulkanik terbentuk akibat pengendapan material piroklastik yang berulang – ulang dan aliran lava pada zona pusat erupsi (Cas dan Wright, 1988).

Dari proses pembentukan gunungapi stratovulkanik tersebut, akan menghasilkan hidrostratigrafi berlapis yang cenderung membentuk akuifer tertekan. Menurut Heru dan Haris (2015) pada Gambar 2.5 yang melakukan penelitian di gunung Bromo, memaparkan bahwa endapan aliran piroklastik berperan sebagai akuifer, endapan fluvial yang berupa konglomerat dan berperan sebagai akuifer melalui sungai – sungai atau *chanel* yang tertimbun, endapan debris berperan sebagai lapisan *permeable*, dan lava berperan sebagai akuifug.



Gambar 2. 5 Sayatan Persebaran Batuan Hydrostratigrafi Gunung Bromo (Heru dan Haris, 2015)

#### 2.4 Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Resistivitas)

Metode geolistrik termasuk kedalam salah satu metode geofisika yang memanfaatkan dan mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Sifat aliran listrik ini dipelajari untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan dengan cara memanfaatkan nilai-nilai pengukuran medan potensial, arus listrik, dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alami atau secara aktif dengan melakukan penginjeksian arus listrik kedalam bumi. Salah satu metode geolistrik adalah metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas) (Nicholas, 1986).

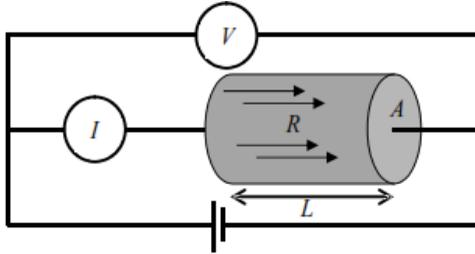
Pengukuran dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis ini dilakukan secara aktif, yakni dengan menginjeksikan arus kedalam permukaan bumi melalui dua elektroda arus dan dua elektroda yang mengukur beda potensial ketika diinjeksikan arus listrik. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu maka dapat ditentukan variasi nilai hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (titik *sounding*).

Berdasarkan hukum Ohm diketahui bahwa besar beda potensial suatu material bergantung pada nilai kuat arus  $I$  dan hambatan listrik  $R$  dengan persamaan:

$$V = IR \tag{2.1.}$$

Bawah permukaan bumi merupakan medium yang terdiri dari lapisan batuan yang berbeda-beda. Lapisan batuan ini diasumsikan berlapis-lapis secara

horizontal. Jenis lapisan batuan yang berbeda-beda ini juga memiliki hambatan jenis/resistivitas yang berbeda pula. Resistivitas  $\rho$  dari bahan adalah pengukuran seberapa baik bahan menghambat aliran arus listrik. (Herman, 2001)



Gambar 2. 6 Arus listrik yang mengalir pada material konduktif berbentuk silinder (Telford, 1990)

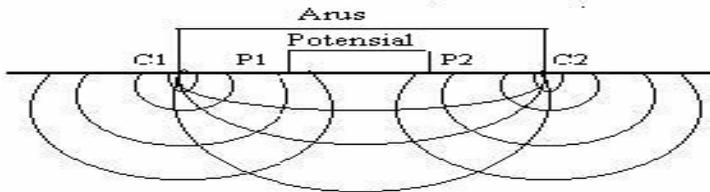
Suatu material konduktif yang berbentuk silinder yang homogen memiliki luas penampang  $A$  dengan panjang sebesar  $L$ , maka nilai resistivitasnya adalah:

$$\rho = R \frac{A}{L} \tag{2.2}$$

Dari Persamaan (2.1) dan Persamaan (2.2) maka didapatkan persamaan baru menjadi

$$\rho = \frac{VA}{IL} \tag{2.3}$$

Bumi diasumsikan sebagai medium yang homogen isotropis. Misalkan elektroda arus mengalirkan arus pada medium isotropis, maka akan terbentuk bidang ekuipotensial berbentuk setengah bola =  $2\pi r^2$ , sedangkan garis aliran arus medan listrik pada arah radial (Telford, 1990).

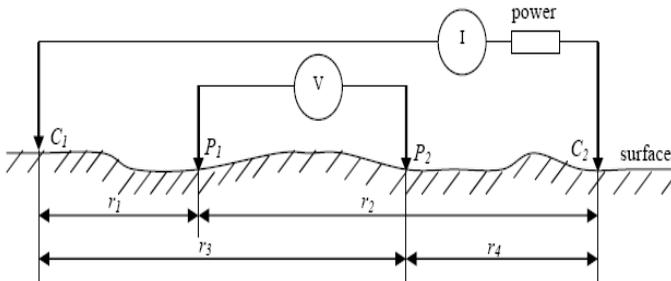


Gambar 2. 7 Aliran arus listrik yang berasal dari satu sumber arus yang mengalir kedalam bumi yang diasumsikan sebagai homogeny isotropic (Telford, 1990)

Gambar 2.7 merupakan gambaran suatu sumber listrik yang diinjeksikan kedalam bumi yang *homogeny* isotropis yang tegak lurus terhadap bidang ekuipotensial. Arus yang mengalir kedalam bumi akan mengalir kesegala arah dan akan menyebabkan adanya perbedaan potensial disekitarnya. Arus yang mengalir memiliki nilai yang sama kesegala arah sehingga beda potensial yang disebabkan pun memiliki nilai yang sama. Daerah dengan beda potensial yang sama disegala titik tersebut kemudian disebut dengan daerah ekuipotensial. Adapun udara yang berada diatas titik sumber arus memiliki nilai konduktifitas yang nol, sehingga besar potensial yang dapat diukur adalah (Telford,1990)

$$\rho = \frac{I \rho}{2\pi r} \quad (2.4)$$

Pengukuran yang dilakukan dilapangan digunakan dua elektroda yang berfungsi untuk mengalirkan arus (C1 dan C2) dan beda potensialnya diukur antara dua titik dengan menggunakan dua elektroda potensial (P1 dan P2).



Gambar 2. 8 Susunan elektroda arus dan potensial dalam pengukuran resistivitas (Loke, 2004)

Potensial di titik  $P_1$  adalah:

$$V_{P_1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right] \quad (2.5)$$

Dimana  $r_1$  dan  $r_2$  adalah jarak elektroda potensial  $P_1$  terhadap elektroda-elektroda arus, sedangkan potensial di titik  $P_2$  adalah:

$$V_{p_2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right] \quad (2.6)$$

Dimana  $r_3$  dan  $r_4$  adalah jarak elektroda potensial  $P_2$  terhadap elektroda-elektroda arus. Selisih potensial dari titik tersebut adalah

$$\Delta P = V_{p_1} - V_{p_2} \quad (2.7)$$

Sehingga didapatkan besar hambatan jenisnya adalah

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

Dengan:

$\Delta V$  : beda potensial antara  $P_1$  dan  $P_2$  (volt)

$I$  : besarnya arus injeksional melalui elektroda C1 dan C2 (ampere)

$r_1$  : jarak antara C1 dan P1 (meter)

$r_2$  : jarak antara C2 dan P1 (meter)

$r_3$  : jarak antara C1 dan P2 (meter)

$r_4$  : jarak antara C2 dan P2 (meter)

$$K = 2\pi \left[ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right]^{-1} \quad (2.9)$$

K adalah nilai besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus dan juga disebut dengan faktor geometri.

Besar kecilnya nilai resistivitas batuan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor seperti, porositas, permeabilitas, salinitas, air elektrolit, batuan lempung dan kandungan mineral konduktif yang terdapat dalam batuan. Berikut adalah tabel nilai resistivitas batuan:

Tabel 2. 2Nilai Resistivitas Batuan (Telford dkk,1990)

Jenis Batuan	Resistivitas (Ohm)
Granit	$310^2 - 10^6$
Granit Porphyry	$4 \times 10^3$ (basah) – $1.3 \times 10^6$
Feldspar Porphyry	$4 \times 10^3$

Syenite	$10^2 - 10^6$
Diorite Porphyry	$1,9 \times 10^3$ (basah) – $2,8 \times 10^4$ (kering)
Porphyrite	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
Carbonatized Porphyry	$2,5 \times 10^3$ (basah) – $6 \times 10^4$ (Kering)
Quartz Diorit	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (basah) – $1,8 \times 10^5$ (kering)
Porphyry (various)	$60 - 10^4$
Dacite	$2 \times 10^4$ (basah)
Andesit	$4,5 \times 10^4$ (basah) – $1,7 \times 10^2$ (kering)
Diabase Various	$20 - 5 \times 10^7$
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$
Gabro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1,3 \times 10^7$ (kering)
Olivine Norite	$10^3 - 6 \times 10^6$ (basah)
Peridotite	$3 \times 10^3$ (basah) – $6,5 \times 10^3$ (kering)
Hornfels	$8 \times 10^3$ (basah) – $6 \times 10^7$ (kering)
Schists	$20 - 10^4$
Tuffs	$2 \times 10^3$ (basah) – $10^5$
Graphite Schists	$10 - 10^2$
Slates (Various)	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Gneiss (Various)	$6.8 \times 10^4$ (basah) – $3 \times 10^6$ (kering)
Marmer	$10^2 - 2,5 \times 10^8$ (kering)
Skarn	$2,5 \times 10^2$ (basah) – $2,5 \times 10^8$ (kering)
Quartzites (various)	$10 - 2 \times 10^8$
Consolidated Shales	$20 - 2 \times 10^3$
Argillites	$10 - 8 \times 10^2$
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Batu pasir	$1 - 6,4 \times 10^8$
Batu gamping	$50 - 10^7$
Dolomite	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Anthracite	$10^{-3} - 2 \times 10^5$
Lignite	$9-2 \times 10^2$
Diorite	$10^4 - 10^5$
Sandstones	$1 - 7.4 \times 10^8$
Limestone	$5 \times 10 - 10^7$
Dolomite	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$

## 2.5 Konfigurasi Wenner-Schlumberger

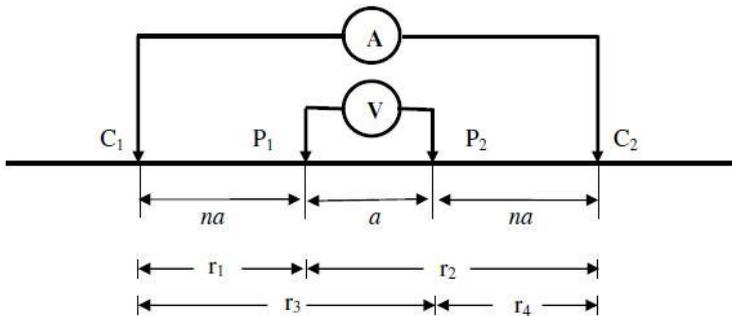
Batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan karena batuan merupakan suatu jenis materi. Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik ke dalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri akibat terjadinya ketidakseimbangan atau arus listrik yang sengaja

dimasukkan ke dalamnya. Dalam hal ini akan dielajari tentang potensial listrik alam dari batuan, konduktivitas batuan dan konstanta dielektrik batuan. (Hendrajaya, 1990)

Metoda Geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metoda geolistrik yang sering digunakan dalam survei geofisika untuk eksplorasi yang relatif dangkal, diantaranya digunakan dalam eksplorasi sumber mata air, keadaan struktur bawah permukaan dan juga dapat digunakan sebagai pendukung eksplorasi bahan-bahan tambang. Dalam aplikasi eksplorasi, metode geolistrik (resistivity) dapat memberikan informasi yang tidak mungkin diberikan oleh metoda lain (Syamsuddin, 2007).

Dalam metoda ini, resistivitas yang terukur (*apparent resistivity*) bukan resistivitas sebenarnya dan tergantung spasi elektrodanya. Karena ketidakhomogenan bumi dan kenyataan bahwa bumi berlapis-lapis maka lapisan batuan dan masing-masing perlapisan mempunyai harga resistivitas yang tertentu. Tiap – tiap medium (lapisan batuan) mempunyai sifat kelistrikan berbeda – beda, tergantung dari kandungan logam/non logam, komposisi mineral, kandungan air, permeabilitas, tekstur, suhu dan umur geologi. (Santoso, 2004)

Untuk aturan elektroda *Wenner-Schlumberger*, spasi elektroda arus jauh lebih lebar dari spasi elektroda potensial seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. 9Susunan elektroda Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (Loke, 2004)

Dimana,

$r_1$  = jarak dari titik  $P_1$  ke sumber arus positif (L-1)

$r_2$  = jarak dari titik  $P_1$  ke sumber arus negatif (L+1)

$r_3$  = jarak dari titik  $P_2$  ke sumber arus positif (L+1)

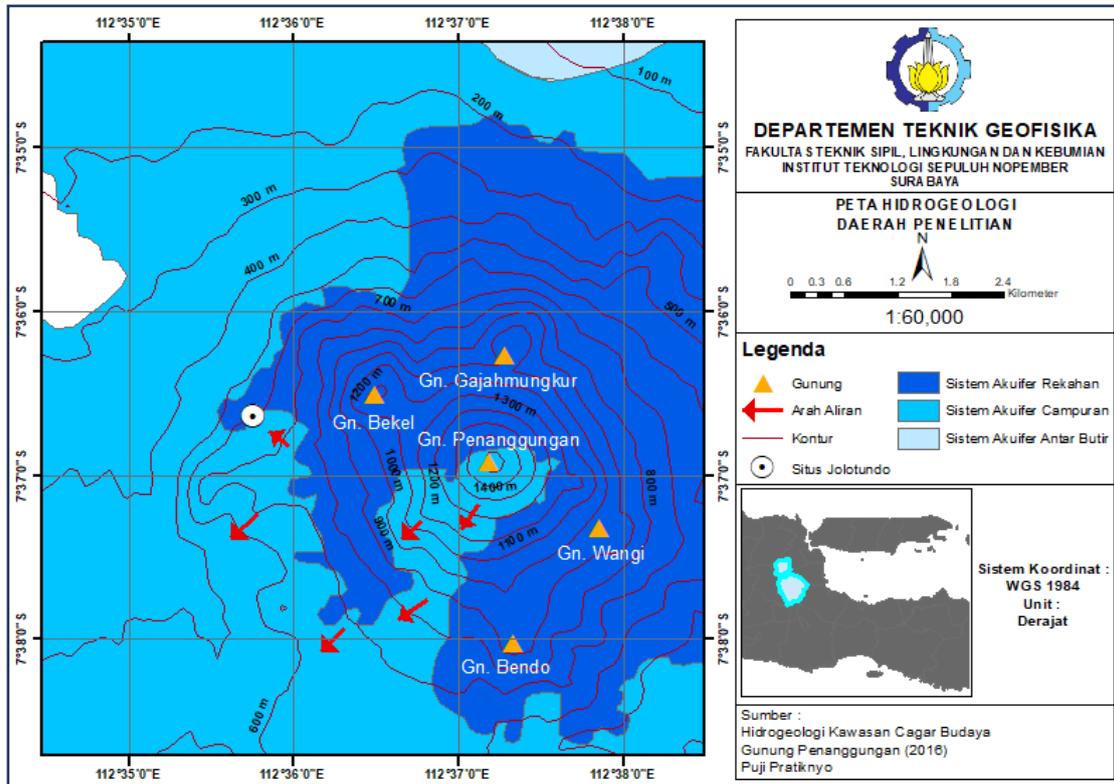
$r_4$  = jarak dari titik  $P_2$  ke sumber arus negatif (L-1)

## 2.5 Penelitian Terkait

Penelitian hidrogeologi dengan menggunakan metode resistivitas 2D telah banyak dilakukan untuk mendapatkan letak akuifer air tanah, salah penelitian dilakukan di Kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara. Daerah tersebut tersusun oleh batuan gunung api muda yang terdiri dari lava, bom, lapili, dan abu. Hasil dari penelitian tersebut mengidentifikasi adanya dua jenis akuifer yaitu akuifer bebas dan akuifer tertekan. (Dwa Desa Warnana, 2017)

Penelitian hidrogeologi terkait candi dan petirtaan Jolotundo serta kawasan Gunung Penanggungan telah dilakukan oleh Puji Pratiknyo dengan Judul “Hidrogeologi Kawasan Cagar Budaya Gunung Penanggungan“. Penelitian difokuskan pada kondisi hidrogeologi Gunung Penanggungan secara keseluruhan dengan memetakan hidrogeologi menggunakan pendekatan keilmuan geologi.

Data yang terkumpul kemudian diolah dan selanjutnya dilakukan analisa dan pembuatan peta hidrogeologi. Pada Gambar 2.10 memaparkan hasil yang didapatkan adalah di daerah penelitian terdapat 3(tiga) sistem akuifer, yaitu: sistem akuifer ruang antar butir, sistem akuifer antar butir dan rekahan, dan sistem akuifer rekahan. Akuifer tersebut diindikasikan memiliki kedalaman berkisar 0,46 – 11,93 m dengan daerah imbuhan yang terdapat pada puncak hingga lereng bawah Gunung Penanggungan sedangkan daerah lepasan berada di sebelah Utara dan juga di bagian Tengah– Timur.(Pratiknyo,2016)



Gambar 2. 10 Peta Hidrogeologi Gunung Penanggungan dan Sekitarnya(Pratiknyo,2016)

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

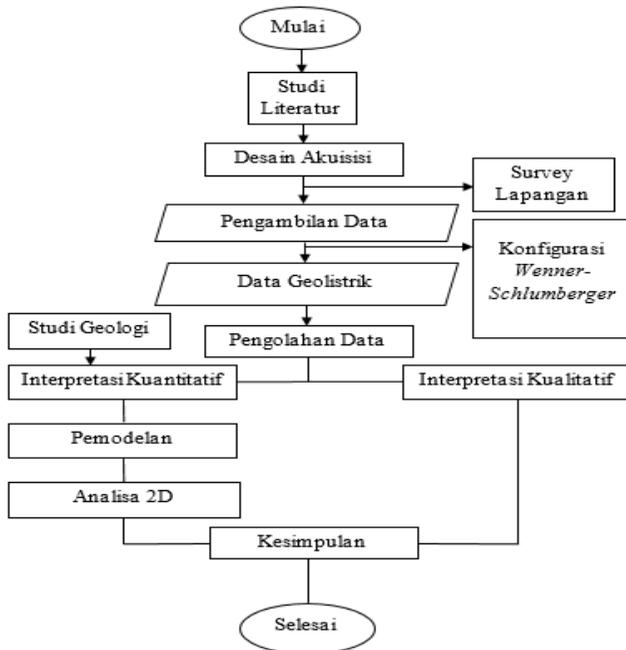
Penelitian ini akan dilaksanakan pada :

Tempat : Wilayah Situs Petirtaan Jolotundo, Desa Seloliman,  
Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto.

Waktu : 24 – 26 Maret 2018

### 3.2 Tahapan Penelitian

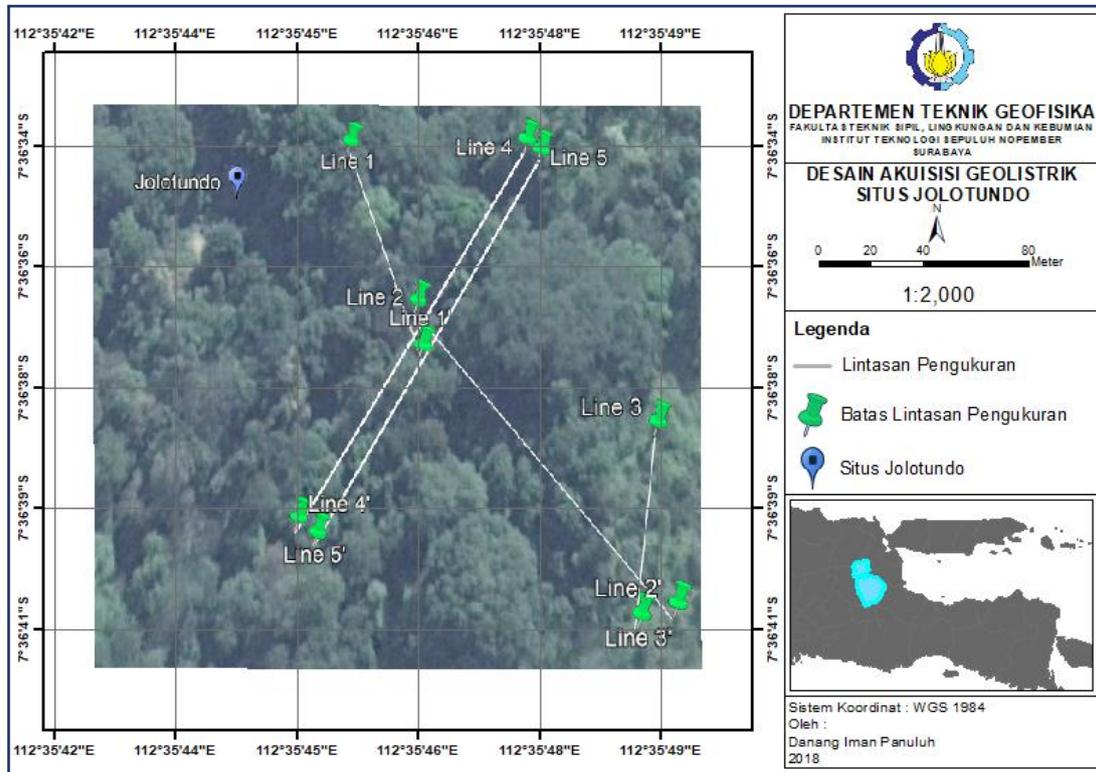
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan mulai dari studi literatur hingga interpretasi hasil penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Aliran Penelitian

### 3.3 Desain Akuisisi

Desain Akuisisi tugas akhir berada di kaki Gunung Penanggungan, Desa Seloliman, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto. Seperti dibawah ini:



Gambar 3. 2 Desain Akuisisi

Adapun desain akuisisi lapangan yang dibuat dalam penelitian sesuai dengan Gambar 3.2 digunakan sebanyak 5 lintasan yang menyebar diatas situs petirtaan Jolotundo. Penentuan desain akuisisi mengacu pada kemelurusan pendugaan rekahan batuan, kemiringan lereng, kondisi lapangan, panjang lintasan, dan faktor lainnya. Tabel 3.1 berikut adalah data lintasan pengukuran yang meliputi koordinat lintasan penelitian, spasi antar elektroda, panjang lintasan, dan target kedalaman.

Tabel 3. 1 Koordinat Lintasan Pengukuran

Nama Lintasan	Awal	Akhir (°)	Spasi (m)	Panjang Lintasan & Target Kedalaman (m)
GL1 – GL1'	7.609611S 112.596070E	7.610351S 112.596481E	3	93 (15)
GL2 – GL2'	7.610072S 112.596316E	7.610818S 112.597515E	5	155 (17)
GL3 – GL3'	7.610231S 112.597314E	7.610773S 112.597271E	2	62 (10)
GL4 – GL4'	7.609665S 112.596369E	7.610968S 112.595894E	5	155 (17)

GL5 – GL5'	7.609673S 112.596415E	7.610832S 112.595975E	5	155 (17)
------------	--------------------------	--------------------------	---	----------

### 3.4 Alat dan Bahan

- Peralatan yang digunakan untuk mendukung penelitian tugas akhir inidiantaranya:
  - 1 set Resistivimeter
  - 3 Meteran ( 2 set 100 meter dan 1 set 50 meter)
  - 1 set Palu
  - 4 roll Kabel
  - 39 buah Elektroda
  - 1 buah GPS
  - Multimeter digital
  - 2 buah Aki
  - Peta Geologi Lembar Malang
  - 1 set Reaper Kit

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data

Telah dilakukan pengukuran Geolistrik yang berjumlah 5 lintasan, yaitu: GL1 dengan spasi 3 meter, GL2 dengan spasi 5 meter, GL3 dengan spasi 2 meter, GL4 dengan spasi 5 meter, dan GL5 dengan spasi 5 meter. Pengukuran tersebut memiliki target hidrogeologi dari kawasan sekitar Situs Petirtaan Jolotundo.

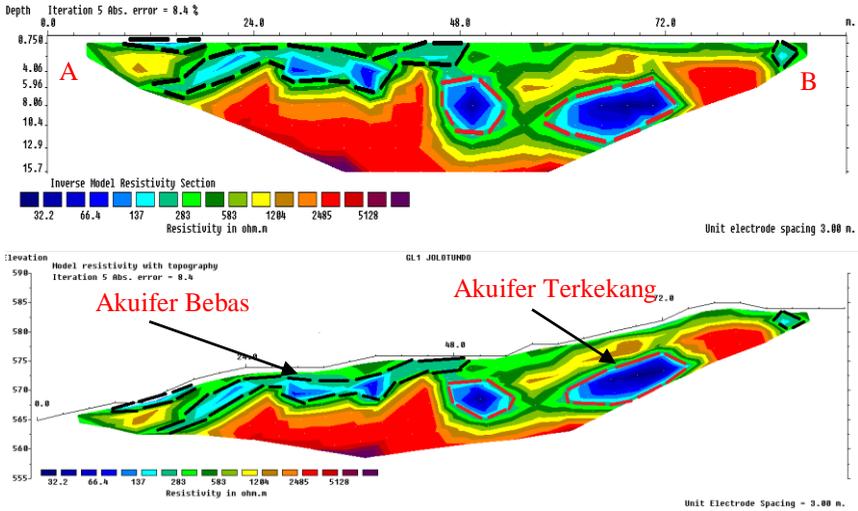
Setelah melakukan pengukuran, didapat data nilai hambatan disetiap lintasan. Selanjutnya, dilakukan pengolahan menggunakan Mirosoft Excel, Notepad, RES2DINV untuk mendapatkan nilai resistivitas dari material dibawah permukaan. Data yang telah diolah digunakan untuk mengindikasi hidrogeologi pada lokasi penelitian.

### 4.2 Analisa Hasil Pengolahan Data

#### 4.2.1 Analisa Lintasan GL1

Lintasan GL1 memiliki panjang 93 meter dengan spasi 3 meter dan menggunakan 32 buah elektroda, pengukuran dilakukan pada tanggal 24 Maret 2018 dengan kondisi lingkungan berupa hutan pegunungan tropis. Lintasan ini berada tepat diatas Petirtaan Jolotundo dan memiliki arah Barat Laut – Tenggara yang memiliki kemiringan lereng sebesar 30°, titik awal pengukuran berada pada koordinat 49M 676071.46 m , 9158535.36 m S dan titik akhir berada pada koordinat 49M 676116.00 m E, 9158453.00 m S.



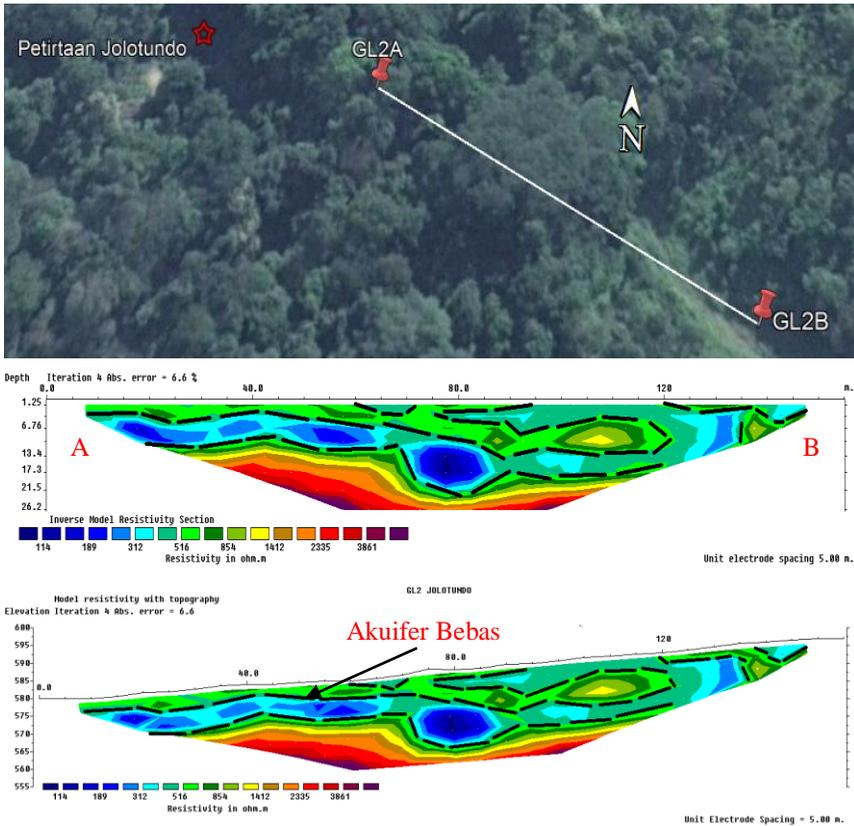


Gambar 4. 1 Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL1

Penampang hasil pengolahan geolistrik, didapatkan sebaran nilai resistivitas sepanjang lintasan GL1 berkisar antara 2 – 6000 $\Omega m$ , dengan nilai resistivitas yang diinterpretasikan sebagai akuifer berkisar antara 2 – 150  $\Omega m$ . Pada (Gambar 4.1) menunjukkan adanya dua tipe akuifer, yaitu: akuifer bebas dan akuifer terkekang. Akuifer bebas berada di meter 10 – 19; 13 – 50; 86 – 89 dengan rata – rata ketebalan 8 meter. Akuifer terkekang berada di meter 44 – 52; 58 – 73 pada kedalaman 6 – 13 meter.

#### 4.2.2 Analisa Lintasan GL2

Lintasan GL2 memiliki panjang 155 meter dengan spasi 5 meter dan menggunakan 32 buah elektroda, pengukuran dilakukan pada tanggal 24 Maret 2018 dengan kondisi lingkungan berupa hutan pegunungan tropis. Lintasan ini menjulang keatas mengikuti naiknya lereng dan merupakan jalur aliran air bila terjadi hujan berada tepat diatas Petirtaan Jlotundo dan memiliki arah Barat Laut – Tenggara yang memiliki kemiringan lereng sebesar 30', titik awal pengukuran berada pada koordinat 49M 676098.00 m E, 9158484.00 m S dan titik akhir berada pada koordinat 49M 676230.00 m E, 9158401.00 m S.



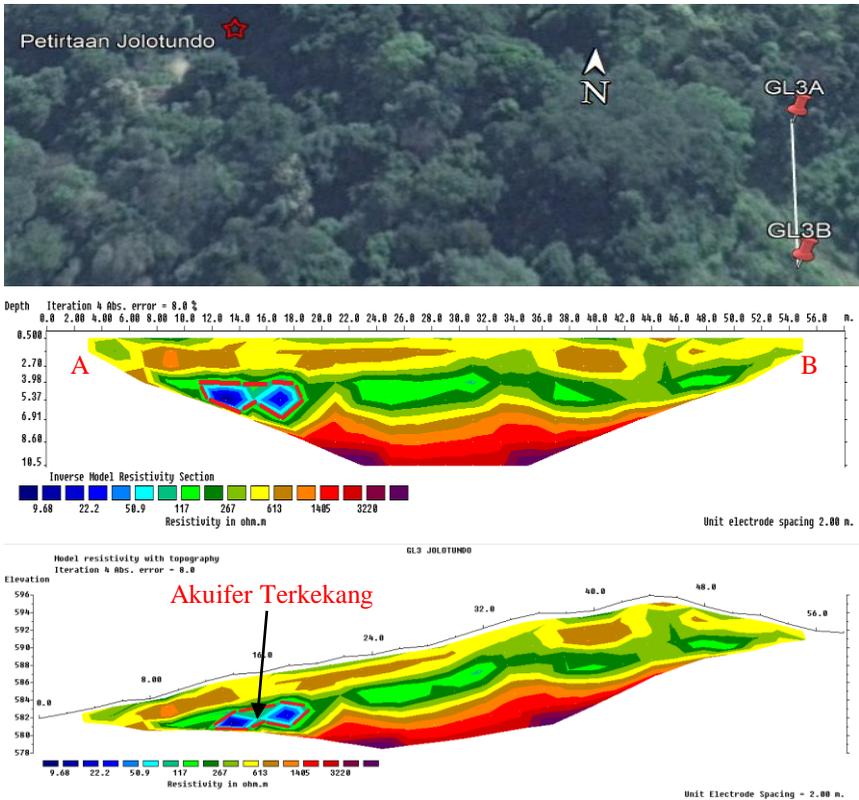
Gambar 4. 2Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL2

Penampang hasil pengolahan geolistrik, didapatkan sebaran nilai resistivitas sepanjang lintasan GL2 berkisar antara 2 – 4500 $\Omega m$ , dengan nilai resistivitas yang diinterpretasikan sebagai akuifer berkisar antara 2 – 320  $\Omega m$ . Pada (Gambar 4.2) menunjukkan adanya akuifer bebas yang berada di sepanjang lintasan pengukuran meter dengan ketebalan mencapai 22 meter.

#### 4.2.3 Analisa Lintasan GL3

Lintasan GL3 memiliki panjang 62 meter dengan spasi 2 meter dan menggunakan 32 buah elektroda, pengukuran dilakukan pada tanggal 24 Maret 2018 dengan kondisi lingkungan berupa hutan pegunungan tropis dan sedang hujan gerimis. Lintasan ini memotong lereng dan memiliki arah Utara – Selatan yang memiliki kemiringan lereng sebesar 30', titik awal pengukuran berada

pada koordinat 49M 676208.00 m E, 9158466.00 m S dan titik akhir berada pada koordinat 49M 676203.00 m E, 9158406.00 m S.



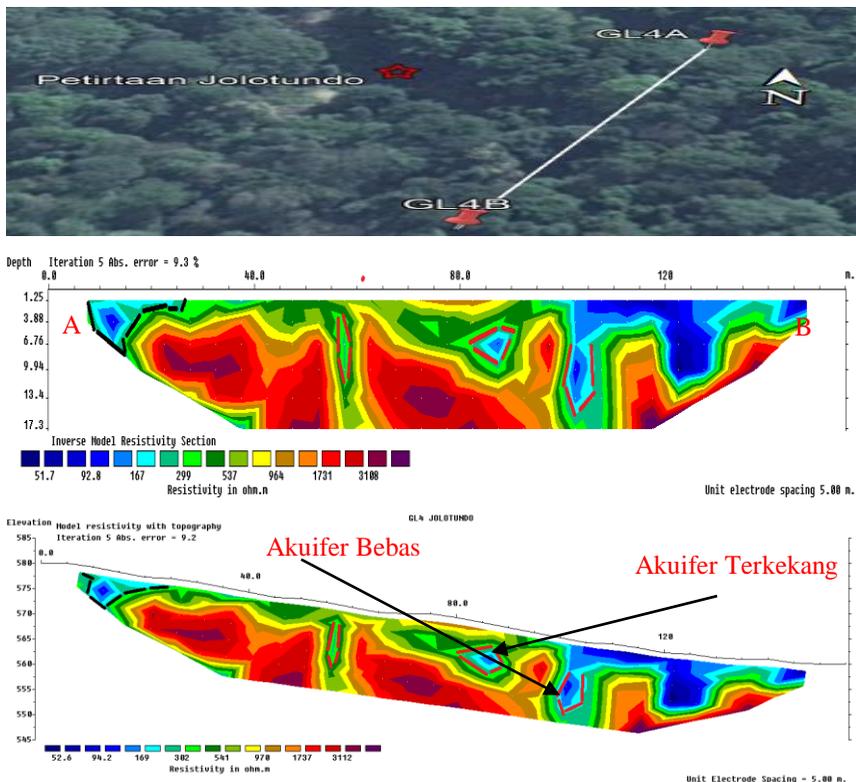
Gambar 4. 3Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL3

Penampang hasil pengolahan geolistrik, didapatkan sebaran nilai resistivitas sepanjang lintasan GL3 berkisar antara 2 – 4500Ωm, dengan nilai resistivitas yang diinterpretasikan sebagai akuifer berkisar antara 2 – 70 Ωm. Pada (Gambar 4.3) menunjukkan adanya akuifer terkekang yang berada pada meter 11 – 19 pada kedalaman 4 – 7 meter..

**4.2.4 Analisa Lintasan GL4**

Lintasan GL4 memiliki panjang 155 meter dengan spasi 5 meter dan menggunakan 32 buah elektroda, pengukuran dilakukan pada tanggal 25 Maret 2018 dengan kondisi lingkungan berupa hutan pegunungan tropis. Lintasan ini memotong lereng dan memiliki arah Timur Laut – Barat Daya yang memiliki kemiringan lereng sebesar 15’, titik awal pengukuran berada pada koordinat

49M 676104.00 m E, 9158529.00 m S dan titik akhir berada pada koordinat 49M 676051.00 m E, 9158385.00 m S.



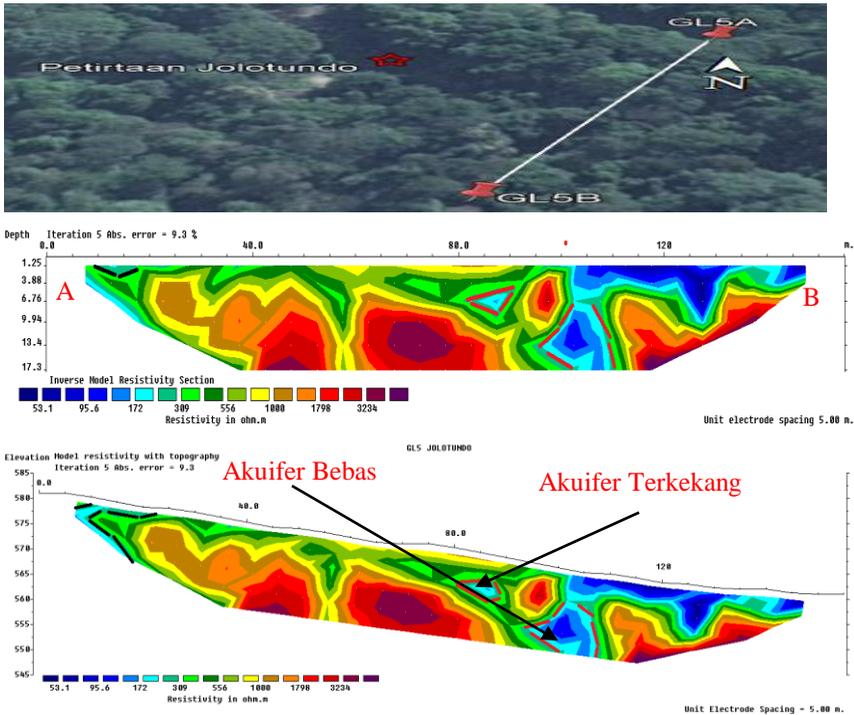
Gambar 4. 4Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL4

Penampang hasil pengolahan geolistrik, didapatkan sebaran nilai resistivitas sepanjang lintasan GL4 berkisar antara 2 – 4500 $\Omega$ m, dengan nilai resistivitas yang diinterpretasikan sebagai akuifer berkisar antara 2 – 180  $\Omega$ m. Pada (Gambar 4.4) menunjukkan adanya dua tipe akuifer, yaitu: akuifer bebas dan akuifer terkekang. Akuifer bebas berada di meter 7 – 31; 98 – 150 dengan rata – rata ketebalan 11 meter. Akuifer terkekang berada di meter 58 – 64; 82 – 94; 104 – 112 pada kedalam 2 – 17.3 meter.

#### 4.2.5 Analisa Lintasan GL5

Lintasan GL5 memiliki panjang 155 meter dengan spasi 5 meter dan menggunakan 32 buah elektroda, pengukuran dilakukan pada tanggal 25 Maret 2018 dengan kondisi lingkungan berupa hutan pegunungan tropis. Lintasan ini

memotong lereng dan memiliki arah Timur Laut – Barat Daya yang memiliki kemiringan lereng sebesar 15°, titik awal pengukuran berada pada koordinat 49M 676109.03 m E, 9158528.91 m S dan titik akhir berada pada koordinat 49M 49M 676060.74 m E, 9158400.4 m S.



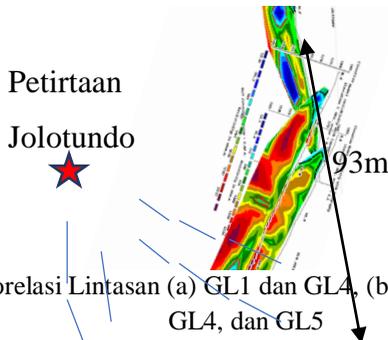
Gambar 4. 5Desain Akuisisi dan Penampang Tahanan Jenis Bawah Permukaan GL5

Penampang hasil pengolahan geolistrik, didapatkan sebaran nilai resistivitas sepanjang lintasan GL4 berkisar antara 2 – 4500Ωm, dengan nilai resistivitas yang diinterpretasikan sebagai akuifer berkisar antara 2 – 180 Ωm. Pada (Gambar 4.5) menunjukkan adanya dua tipe akuifer, yaitu: akuifer bebas dan akuifer terkekang. Akuifer bebas berada di meter 12 – 22; 104 – 150 dengan rata – rata ketebalan 10 meter. Akuifer terkekang berada di meter 80 – 94; 96 – 110 pada kedalam 4 – 17.3 meter.

#### 4.2.6 Analisa Korelasi Lintasan

Korelasi lintasan merupakan gabungan dari beberapa lintasan yang ada, karena pada saat pengambilan data dilapangan lintasan tersebut saling berhubungan atau menyambung satu sama lain. Cara tersebut digunakan untuk

mengidentifikasi arah anomali atau target dari penelitian yang berupa akuifer. Korelasi lintasan dengan penampang tahanan jenis bawah permukaan yang ada pada Gambar 4.6 mengkorelasikan Lintasan GL1 – GL4, GL1 – GL5, dan GL1, GL4, GL5. Meginterpretasikan adanya pola aliran atau *channel* sungai pada GL5 menuju kearah GL4 yang ditemukan pada meter 104 – 152 dengan kedalaman 0 – 10 meter, serta adanya akuifer terkekang dibawah *channel* yang merupakan akuifer bebas.



Gambar 4. 6 Korelasi Lintasan (a) GL1 dan GL4, (b) GL1 dan GL5, (c) GL1, GL4, dan GL5

### 4.3 Analisa Sistem Hidrogeologi

Gunung Penanggungan merupakan salah satu gunungapi yang *dormant* (tidak aktif) dan memiliki tipe stratovulkanik. Gunung stratovulkanik adalah gunungapi yang tinggi dan mengerucut dengan komposisi lapisan lava dan abu vulkanik yang mengeras. Gunung Penanggungan terdiri oleh batuan andesit, breksi gunungapi, lava, tuf, breksi tufa, aglomerat, dan lahar. Hal tersebut menjadikan perlu adanya penelitian secara geologi.

Interpretasi geologi daerah penelitian dilakukan dengan pendekatan geologi, *digital elevation model* (DEM) dan kontur, mengindikasikan bahwa sistem hidrogeologi Gunung Penanggungan terjadi karena adanya pola aliran atau *channel* sungai. Hal ini menunjukkan bahwa air meteorik yang turun pada daerah imbuhan atau sepanjang lereng akan terkumpul pada daerah *channel* sungai, karena perbedaan ketinggian lereng dan selanjutnya mengalir menuju Petirtaan Jolotundo.

*Channel* pada Gunung Penanggungan dipengaruhi oleh hasil erupsi yang berupa lava dan material – material piroklastik, karena ketika lava dan material piroklastik dimuntahkan oleh gunung maka keduanya akan mencari atau melewati zona *channel* yang memiliki ketinggian lebih rendah dari sekitarnya. Hal tersebut mengakibatkan *channel* tertutup oleh material *impermeable* dan membentuk lapisan akuifer terkekang yang merupakan lapisan aglomerat yang memiliki akuiflug (lapisan *impermeable*) berupa andesit, dan breksi gunungapi sebagai lapisan teratas.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

### **4.4 Kesimpulan**

Dari tahapan penelitian yang telah dilakukan mulai tahap persiapan hingga penyusunan laporan ini, dapat disimpulkan beberapa hasil berikut:

- Sebaran nilai resistivitas di daerah penelitian berkisar 2 – 4500  $\Omega m$ .

- Akuifer air tanah pada area ini ditunjukkan dengan nilai resistivitas 2 – 180  $\Omega m$  dengan kedalaman berkisar 2 – 17.3 meter.
- Air Petirtaan Jolotundo berasal dari 2 tipe akuifer, yaitu: akuifer bebas dan akuifer terkekang.
- Akuifer bebas berada pada lintasan 4 dan 5
- Akuifer terkekang berada pada lintasan 1 dan 3
- Akuifer lapisan Aglomerat.
- Akuiflug merupakan lapisan batuan Andesit.
- Lapisan teratas adalah batuan Breksi Gunungapi

#### **4.5 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan akuisisi data dengan wilayah lebih luas lagi sehingga dapat diperoleh data yang lebih akurat.
2. Perlu dilakukannya penelitian batuan untuk mendukung data hidrogeologi

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR PUSTAKA

- Bisri, M., 2012. *STUDI TENTANG PENDUGAAN AIR TANAH, SUMUR AIR TANAH DAN UPAYA DALAM KONSERVASI AIR TANAH*. Malang: UB Press.
- Cas, R.A.F., Wright, J.S. 1988. *Volcanic Succesion: Modern and Acient.*, Unwin Hyman, London.
- Dobrin, M.B., C.H. Savit., 1988. *Introduction to Geophysical Prospecting. 4<sup>th</sup> Edition*. McGraw Hill Book Co., New York.
- Erik, S.P., Iswahyudi A., Desa, D.W., Pandu, J.G.N., 2017. *Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Letak Akuifer Air Bawah Tanah (Studi Kasus: Kecamatan Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara)*. Surabaya: Jurusan Teknik Geofisika, FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Grandis, H., Irawan, D., 2012. *Spermodelan Inversi 1-D Data VES Konfigurasi Schlumberger Menggunakan Algoritma Markov Chain Monte Carlo (MCMC)*. Palembang: 37<sup>th</sup> HAGI Annual Convention & Exhibition.
- Hendrayana, H., Haris, M.M.F., Wilopo, W., 2015. *Sistem Air Tanah Endapan Vulkanik Lereng Gunung Bromo Kabupaten Probolinggo Provinsi Jawa Timur*. Yogyakarta: Seminar Nasional Kebumian KE-8.
- Pratiknyo, P., 2016. *Hidrogeologi Kawasan Cagar Budaya Gunung Penanggungan*. Yogyakarta: UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Santosa, S., 1998. *Peta Geologi Lembar Malang*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Schoen, J. H., 2011. *Physical Properties of Rocks*. Amsterdam: Elsevier B.V.
- Sedana, D., As'ari., Adey, T., 2015. *Pemetaan Akuifer Air Tanah di Jalan Ringroad Kelurahan Malendeg dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. Jurnal Ilmiah Sains, Vol. 15, No. 2, hal: 33 – 37.

Telford, W. M., 1990. *Applied Geophysics*. Press Syndicate of the University of Cambridge.

Widodo, A., Bahri, A.S., Syaifuddin, F., Lestari, W., Desa, D.W., Pandu, J.G.N., 2017. *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Mengetahui Bawah Permukaan di Komplek Candi Belahan (Candi Gapura)*, Surabaya:Jurusan Teknik Geofisika, FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

## LAMPIRAN

- Lintasan 1



- Lintasan 2



- Pembukaan Lintasan 3



- Pembacaan Mata Angin



- Peralatan Geolistrik



***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BIOGRAFI PENULIS



Dwipa Derecho Aryuda lahir di Samarinda, 18 Januari 1997. Penulis menempuh pendidikan di SDN Ronggomulyo IV Tuban (2002-2008), SMPN 2 Tuban (2008-2011), dan SMAN 3 Tuban (2011-2014). Penulis masuk di Departemen Teknik Geofisika ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3714100062. Selama menempuh pendidikan S1, penulis aktif dalam beberapa organisasi dan panitia kemahasiswaan antara lain di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS (HMTG ITS) sebagai anggota Biro Geopreneur,

Unit Kegiatan Mahasiswa Karate-Do ITS sebagai anggota Divisi Pengembangan Internal periode 2015-2016 dan Ketua Biro Geopreneur, Ketua Unit Kegiatan Mahasiswa Karate-Do ITS periode 2017-2018. Penulis gemar berjualan *sparepart* motor antik dan merestorasi motor kawasaki lawas 2T, bagi yang membutuhkan *sparepart* atau berdiskusi lebih lanjut terkait Tugas Akhir dapat menghubungi penulis melalui [dwipaderechoaryuda@gmail.com](mailto:dwipaderechoaryuda@gmail.com)