

TUGAS AKHIR - RF141501

IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN SISTEM SUNGAI BAWAH PERMUKAAN KAWASAN KARST DERSONO PACITAN MENGGUNAKAN METODE VES (*VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING*)

PUTRY VIBRY HARDYANI
NRP. 3714100005

Dosen Pembimbing
Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., M.T.
NIP. 1969 0906 199702 1 001

Anik Hilyah S.Si, M.T
NIP. 1979 0813 200812 2 002

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RF141501

**IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN SISTEM SUNGAI
BAWAH PERMUKAAN KAWASAN KARST DERSONO
PACITAN MENGGUNAKAN METODE VES (*VERTICAL
ELECTRICAL SOUNDING*)**

PUTRY VIBRY HARDYANI
NRP. 3714100005

Dosen Pembimbing
Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., M.T.
NIP. 1969 0906 199702 1 001

Anik Hilyah S.Si, M.T
NIP. 1979 0813 200812 2 002

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 - RF-141501

**IDENTIFICATION OF UNDERGROUND RIVER SYSTEM
DEVELOPMENT OF KARST REGION IN DERSONO
PACITAN USING VES (VERTICAL ELECTRICAL
SOUNDING)**

PUTRY VIBRY HARDYANI
NRP. 3714100005

Advisors

Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., M.T.
NIP. 1969 0906 199702 1 001

Anik Hilyah S.Si, M.T
NIP. 1979 0813 200812 2 002

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN SISTEM SUNGAI BAWAH PERMUKAAN KAWASAN KARST DERSONO PACITAN MENGGUNAKAN METODE VES (*VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING*)

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, 25 Juli 2018

Menyetujui,

- 
1. Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., MT. (Pembimbing I)
NIP. 1969 0906 199702 1 001
 2. Anik Hilyah S.Si., M.T. (Pembimbing II)
NIP. 1979 0813 200812 2 002
 3. Wien Lestari, S.T., M.T. (Penguji I)
NIP. 1981 1002 201212 2 003
 4. Juan Pandu GNR, S.Si., MT. (Penguji II)
NIP. 1989 0612 201504 1 003

Mengetahui,

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



Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., MT.
NIP. 1969 0906 1997 02 1001

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya dengan judul **"IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN SISTEM SUNGAI BAWAH PERMUKAAN KAWASAN KARST DERSONO PACITAN MENGGUNAKAN METODE VES (*VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING*)"** 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, 25 Juli 2018

Putry Vibry Hardyani
NRP. 3714100005

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN SISTEM SUNGAI BAWAH PERMUKAAN KAWASAN KARST DERSONO PACITAN MENGGUNAKAN METODE VES (*VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING*)

Nama Mahasiswa : Putry Vibry Hardyani
NRP : 3714100005
Departemen : Teknik Geofisika
Dosen Pembimbing : Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., M.T.
Anik Hilyah S.Si, M.T

ABSTRAK

Pegunungan Sewu merupakan salah satu kawasan karst yang menarik karena keberadaan sistem sungai bawah permukaan yang berkembang di bawahnya. Salah satu yang terkenal yaitu sistem sungai bawah permukaan Bribin di Kabupaten Gunung Kidul. Kawasan karst Dersono, Pacitan merupakan bagian timur dari sistem Pegunungan Sewu. Kawasan karst Dersono Pacitan sama halnya dengan kawasan karst Gunung Kidul, diduga juga mempunyai sistem sungai bawah permukaan yang khas namun belum diketahui bagaimana perkembangan sistem sungai bawah permukaan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perkembangan sistem sungai bawah permukaan kawasan karst Dersono, Pacitan berdasarkan anomali nilai resistivitas hasil penelitian geolistrik menggunakan metode VES (*Vertical Electrical Sounding*). Pengambilan data resistivitas dilakukan sebanyak 14 titik VES yang tersebar di dua lokasi berbeda dengan variasi jarak antar titik-titik VES sebesar 5 s.d 15 meter. Konfigurasi yang digunakan yaitu konfigurasi *Schlumberger* dengan panjang bentangan 200 dan 260 meter. Hasil penelitian menunjukkan terdapat anomali nilai resistivitas rendah ke tinggi yakni sekitar 5782,4 Ohm.m dan 3239,8 Ohm.m dan diidentifikasi sebagai rongga-rongga atau gua kosong sebanyak dua tingkat yang berada di kedalaman 15-25 meter dan 35-40 meter. Rongga-rongga atau gua kosong tersebut diduga berkembang karena proses pelarutan batuan yang terjadi pada zona *vadose* atau di atas muka air tanah.

Kata Kunci : Gua, Karst, Sistem Sungai Bawah Permukaan, VES (*Vertical Electrical Sounding*)

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

IDENTIFICATION OF UNDERGROUND RIVER SYSTEM DEVELOPMENT OF KARST REGION IN DERSONO PACITAN USING VES (VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING)

Student Name : Putry Vibry Hardyani
Student ID Number : 3714100005
Department : Geophysical Engineering
Advisors : Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., M.T.
: Anik Hilyah S.Si, M.T

ABSTRACT

Pegunungan Sewu are one of the most attractive karst areas due to the presence of underground river systems that develop beneath them. One of the well-known is the Bribin underground river system in Gunung Kidul Regency. Dersono karst area, Pacitan is the eastern part of the Pegunungan Sewu system. The Dersono Pacitan karst area is similar to the Gunung Kidul karst area, allegedly also has a distinctive subsurface river system but it is not yet known how the development of the underground river system. This study aims to identify the development of underground river systems in the Dersono, Pacitan area based on the anomaly of resistivity values from geoelectric research using the VES (Vertical Electrical Sounding) method. Resistivity data retrieval was done as many as 14 VES points spread over two different locations with variation of distance between VES points by 5 s.d 15 meter. The configuration used is the Schlumberger configuration with a length of 200 and 260 meters. The results showed that there were low to high resistivity value anomalies of around 5782.4 Ohm.m and 3239.8 Ohm.m and identified as empty cavities or caves as much as two levels which were at a depth of 15-25 meters and 35-40 meters . The cavities or empty caves are suspected to develop due to the process of dissolution of rocks that occur in the vadose zone or above the groundwater level.

Keywords : Cave, Karst, Surface River System Surface, VES (Vertical Electrical Sounding)

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul **"IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN SISTEM SUNGAI BAWAH PERMUKAAAN KAWASAN KARST DERSONO PACITAN MENGGUNAKAN METODE VES (*VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING*)"** ini dapat terselesaikan. Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terlaksanakandengan baik, tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, banyak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu, Bapak, dan semua keluarga atas dukungan moril maupun materi selama menjalani tugas akhir ini.
2. Dr. Widya Utama, DEA selaku ketua Departemen Teknik Geofisika ITS.
3. Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., M.T. dan Anik Hilyah S.Si, M.T selaku pembimbing selama penyusunan tugas akhir yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan.
4. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu dan membantu secara administrasi selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
5. Seluruh anggota Tim Pacitan yang telah banyak membantu dalam mengerjakan Tugas Akhir.
6. Teman-teman Kos Muslimah atas kesabarannya selama ini, menemani bersuka-duka dari awal kuliah hingga sekarang.
7. Seluruh teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2014 (TG3) yang solidaritasnya yang tanpa batas.
8. Teman-teman DDS atas dukungan dan do'anya dari SMA hingga sekarang.
9. dan semua orang yang terlibat dalam pembuatan tugas akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Semoga Allah membalas semua kebaikan semua pihak. Penulis menyadari tentunya penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 25 Juli 2018

Putry Vibry Hardyani
NRP. 3714100005

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	vii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1 Perumusan Masalah	2
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu	3
2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian	4
2.2.1 Fisiografi Regional	4
2.2.2 Stratigrafi Regional	6
2.2.3 Struktur Regional	7
2.3 Karst	8
2.4 Perkembangan Sistem Sungai Bawah Permukaan Karst	8
2.5 Metode Geolistrik Resistivitas	11
2.5.1 Konfigurasi Schlumberger	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	17
3.2 Peralatan Penelitian	18
3.3 Diagram Alir Penelitian	19
3.4 Tahapan Penelitian	20
3.4.1 Studi Literatur	20
3.4.2 Survei Pendahuluan	20
3.4.3 Desain Akuisisi	20
3.4.4 Akuisisi Data	23
3.4.5 Pengolahan Data	24
3.4.6 Analisa dan Interpretasi	26
3.5 Jadwal Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Pengolahan Data Tiap Titik VES	29
4.1.1 Titik VES W1	29
4.1.2 Titik VES W2	31

4.1.3 Titik VES W3.....	33
4.1.4 Titik VES W4.....	34
4.1.5. Titik VES W5.....	36
4.1.6. Titik VES W6.....	38
4.1.7. Titik VES W7.....	40
4.1.8. Titik VES T1.....	43
4.1.9. Titik VES T2.....	44
4.1.10. Titik VES T3.....	46
4.1.11. Titik VES T4.....	48
4.1.12. Titik VES T5.....	49
4.1.13. Titik VES T6.....	51
4.1.14. Titik VES T7.....	53
4.2 Korelasi Antar Titik VES	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	63
PROFIL PENULIS	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Interpretasi VES beberapa titik di sungai bawah permukaan Bribin Gunung Kidul.....	3
Gambar 2.2 Sketsa peta fisiografi sebagian Pulau Jawa dan Madura	5
Gambar 2.3 Peta Geologi sebagian daerah Pringkuku, Kabupaten Pacitan dengan modifikasi	6
Gambar 2.4 Tatanan stratigrafi Pegunungan Selatan	7
Gambar 2.6 Drainase bawah permukaan di daerah karst.....	9
Gambar 2.7 Teori perkembangan gua dan sungai bawah permukaan yang di kawasan karst (a) Teori <i>Vadose</i> , (b) Teori Freatik Dalam (<i>Deep Phreatic Theory</i>), (c) Teori Muka Air Tanah (<i>Water Table Theory</i>)	10
Gambar 2.8 Material homogen yang dialiri arus memiliki luas penampang A , panjang L dan ujung-ujung permukaannya memiliki beda potensial rV	12
Gambar 2.9 Susunan elektroda arus dan elektroda potensial dalam pengukuran resistivitas	13
Gambar 2.10 Susunan Elektroda konfigurasi <i>Schlumberger</i>	14
 Gambar 3.1 Peta indeks lokasi penelitian	17
Gambar 3.2 Lokasi pengambilan Data VES W dan VES T dilihat dari Google Earth.....	18
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian	19
Gambar 3.4 Desain akuisisi pengambilan data VES W	20
Gambar 3.5 Persebaran titik-titik VES W di lapangan	21
Gambar 3.6 Desain akuisisi pengambilan data VES T	21
Gambar 3.7 Persebaran titik-titik VES T di lapangan.....	22
Gambar 3.8 Teknik pengukuran metode VES	23
Gambar 3.9 Contoh grafik <i>quality control</i> data resistivitas semu terhadap $AB/2$ pada titik VES W1.....	24
Gambar 3.10 Contoh hasil <i>curve matching</i>	25
Gambar 3.11 Contoh hasil korelasi antar titik-titik VES	26
Gambar 3.12 Jadwal pengejakan tugas akhir.....	27
 Gambar 4.1 Grafik hasil inversi titik VES W1.....	30
Gambar 4.2 Grafik hasil inversi titik VES W2.....	32
Gambar 4.3 Grafik hasil inversi titik VES W3.....	33
Gambar 4.4 Grafik hasil inversi titik VES W4.....	35
Gambar 4.5 Grafik hasil inversi titik VES W5.....	37
Gambar 4.6 Grafik hasil inversi titik VES W6.....	39
Gambar 4.7 Grafik hasil inversi titik VES W7.....	41
Gambar 4.8 Grafik hasil inversi titik VES T1	43

Gambar 4.9 Grafik hasil inversi titik VES T2	45
Gambar 4.10 Grafik hasil inversi titik VES T3	47
Gambar 4.11 Grafik hasil inversi titik VES T4	48
Gambar 4.12 Grafik hasil inversi titik VES T5	50
Gambar 4.13 Grafik hasil inversi titik VES T6	52
Gambar 4.14 Grafik hasil inversi titik VES T7	53
Gambar 4.15 Hasil Korelasi Antar Titik VES di sebelah Timur Laut Luweng Winong.....	55
Gambar 4.16 Hasil korelasi antar titik VES T di sebelah timur Luweng Tanggung.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang nilai resistivitas batuan.....	4
Tabel 3.1 Koordinat dan elevasi titik pengukuran VES	22
Tabel 4.1 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W1	30
Tabel 4.2 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W2	32
Tabel 4.3 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W3	34
Tabel 4.4 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W4	35
Tabel 4.5 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W5	37
Tabel 4.7 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W7	41
Tabel 4.8 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T1	43
Tabel 4.9 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T2	45
Tabel 4.10 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T3	47
Tabel 4.11 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T4	49
Tabel 4.12 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T5	50
Tabel 4.13 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T6	52
Tabel 4.14 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T7	54

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan karst dikenal sebagai kawasan dengan kondisi hidrologi dan bentukan lahan yang khas, memiliki tingkat kelarutan batuan yang tinggi dan rekahan yang berkembang dengan baik. Daerah-daerah tersebut dicirikan dengan masuknya sungai permukaan kedalam tanah, adanya gua-gua, cekungan-cekungan tertutup, singkapan yang terbuka nampak kasar, dan sumber air (Ford, D dan Williams, P., 2007). Pegunungan Sewu merupakan salah satu kawasan karst yang menarik karena keberadaan sistem sungai bawah permukaan yang berkembang di bawahnya. Salah satu yang terkenal yaitu sistem sungai bawah permukaan Bribin di Kabupaten Gunung Kidul. Kawasan karst Pacitan merupakan bagian timur dari sistem Pegunungan Sewu. Sama halnya dengan Gunung Kidul, kawasan karst Pacitan diduga juga berkembang sistem sungai bawah permukaan yang khas.

Berkembangnya sistem sungai bawah permukaan di kawasan karst Pacitan salah satunya dibuktikan dengan ditemukannya pola aliran sungai bawah permukaan di Desa Sekar, Kecamatan Donorojo berdasarkan pengukuran geolistrik (Naufaldi, 2017). Daerah lain di Pacitan yang diduga berkembang sistem sungai bawah permukaan adalah di Desa Dersono, Kecamatan Pringkuku. Pendugaan ini dikarenakan sungai permukaan di Desa Dersono tidak berkembang dengan baik apabila dibandingkan dengan daerah lain di sebelah timurnya. Sama seperti ciri daerah karst yang dikemukakan oleh Ford, D. dan Williams, P. (2007), dimana biasanya pada daerah karst tidak terdapat drainase atau sungai permukaan namun gua dari sistem drainase berkembang di bawah permukaan. Pada Desa Dersono juga banyak ditemukan luweng atau lubang vertikal, sumber air, dan danau-danau. Luweng-luweng tersebut diduga saling terhubung dan membentuk sistem perguaan atau sungai bawah permukaan yang belum diketahui bagaimana perkembangannya.

Salah satu metode geofisika yang baik digunakan dalam mendeteksi perkembangan sistem sungai bawah permukaan adalah metode geolistrik *Vertical Electrical Sounding* (VES). Metode VES merupakan salah satu metode geolistrik resistivitas untuk menentukan perubahan resistivitas tanah terhadap kedalaman yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal (Telford, WM, dkk. 1990). Metode VES konfigurasi Schlumberger cukup baik dalam mendeteksi kontras bawah permukaan dan dapat mengetahui perbedaan nilai resistivitas batuan secara vertikal. Penelitian dengan menggunakan metode ini telah dilakukan di sungai bawah permukaan Bribin, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta oleh Neumann dkk., pada tahun 2009. Dari penelitian ini Neumann dkk. menyimpulkan bahwa metode ini mampu menentukan distribusi benda berlubang dan jenuh air dan lapisan jenuh air pada profil kedalaman resolusi

tinggi (m-range) dengan ditemukannya bagian dari gua berisi udara ke air yang mengalir di sungai pada kedalaman 100 meter.

Berapa hal menarik yang telah dikemukakan di atas menjadi motivasi untuk melakukan penelitian di daerah karst Desa Dersono, Kecamatan Pringkuku, Kabupaten Pacitan untuk mengidentifikasi perkembangan sistem sungai bawah permukaan yang ada di kawasan karst tersebut. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode VES. Diharapkan pada penelitian ini metode VES mampu menunjukkan adanya anomali nilai resistivitas yang nantinya akan memberikan gambaran tentang bagaimana perkembangan sistem sungai bawah permukaan di lokasi penelitian.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu bagaimana perkembangan sistem sungai bawah permukaan di kawasan karst Dersono, Pacitan berdasarkan anomali nilai resistivitas hasil pengukuran geolistrik VES (*Vertical Electrical Sounding*) ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Lokasi penelitian, dimana lokasi penelitian kawasan karst yang berada pada di Desa Dersono, Kecamatan Pringkuku, Kabupaten Pacitan.
2. Metode yang digunakan, dimana pada penelitian ini digunakan metode VES (*Vertical Electrical Sounding*) dengan konfigurasi Schlumberger.
3. Distribusi titik-titik pengukuran, dimana dibagi menjadi 2 lokasi, masing-masing terdiri dari 7 titik VES (*Vertical Electrical Sounding*).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi perkembangan sistem sungai bawah permukaan kawasan karst di Desa Dersono, Kecamatan Pringkuku, Pacitan berdasarkan anomali nilai resistivitas hasil penelitian geolistrik menggunakan metode VES (*Vertical Electrical Sounding*).

1.5 Manfaat Penelitian

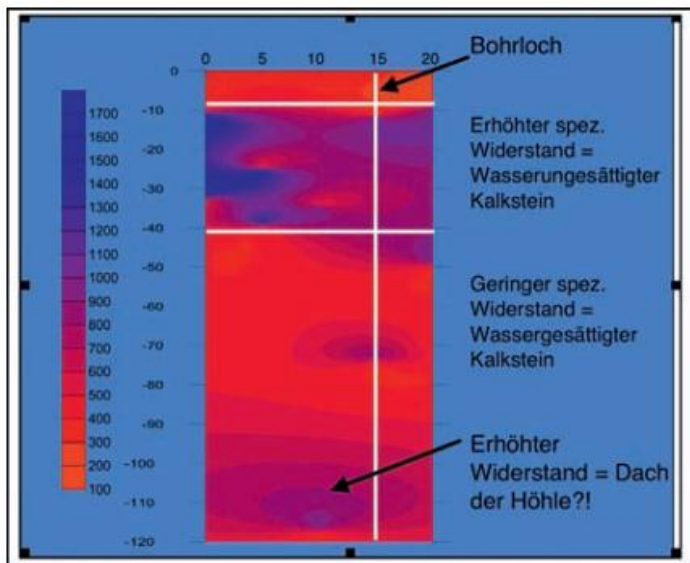
Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang perkembangan sistem sungai bawah permukaan di kawasan karst Desa Dersono sebagai langkah awal pengembangan kawasan Karst Pacitan secara berkelanjutan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini dan dijadikan sebagai referensi antara lain :

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Neumann dkk., (2009), metode VES digunakan untuk menentukan distribusi benda berlubang dan lapisan yang jenuh air atau jenuh air pada profil kedalaman resolusi tinggi (m-range) di Bribin, Gunung Kidul, Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya tahanan listrik berarti kandungan air yang rendah dan begitupun sebaliknya. Pada kedalaman 100 m terlihat transisi dari bagian dengan kandungan air sangat rendah ke bagian air yang sangat tinggi. Hal ini ditafsirkan sebagai bagian dari gua berisi udara, ke bagian air yang mengalir di sungai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1 Interpretasi VES beberapa titik di sungai bawah permukaan Bribin Gunung Kidul (Neumann, dkk., 2009)

2. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dan Sukiyah (2016), heterogenitas dan diskontinuitas pada batu gamping sistem karst menyebabkan tahanan jenis yang dihasilkan sangat bervariasi meskipun bekerja pada formasi yang sama, meskipun begitu anomali tetap terjadi pada objek karst gua dan sungai bawah permukaan. Sungai dan gua bawah permukaan yang kering akan

memberikan nilai tahanan jenis yang mencapai ribuan, lebih tinggi dari lapisan batuan di sekitarnya. Sungai dan gua bawah permukaan yang jenuh air sebaliknya, nilai tahanan jenisnya akan turun jauh dari batuan disekitarnya.

3. Naufaldi (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui sungai bawah permukaan di Desa Sekar, Kecamatan Donorejo, Pacitan dengan menggunakan metode resistivitas 2D. Berdasarkan penelitian ini didapatkan range nilai resistivitas seperti yang tersaji pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Rentang nilai resistivitas batuan berdasarkan (Naufaldi, 2017)

Litologi	Resistivitas (Ohm.m)
Batuan Lempungan	0-40
Batuan Pasiran	40-50
Karbonat Terumbu	20-250
Karbonat Pejal	250-1000
Gua penuh air	0-20
Gua setengah kosong	50-100
Gua kosong	>1000

4. Kurniawan (2017) mengidentifikasi karakteristik bawah permukaan kawasan karst desa Sekar, Kecamatan Donorejo, Pacitan menggunakan metode geolistrik 1D Konfigurasi Schlumberger. Hasil pengolahan data memperlihatkan bahwa batuan penyusun kawasan karst Desa Sekar, Pacitan adalah batugamping klastik dengan nilai resistivitas semu 0-50 Ω m dan batugamping terumbu dengan nilai resistivitas semu 100-500 Ω m.

2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian

2.2.1 Fisiografi Regional

Penelitian ini dilakukan di Desa Dersono, Kecamatan Pringkuku, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Secara geografis, Kabupaten Pacitan terletak antara 110,55° - 111,25° BT dan 7,55°- 8,17° LS dengan luas wilayah 1.389,8716 km² atau 138.987,16 Ha yang sebagian besar berupa perbukitan yaitu kurang lebih 85 %, gunung-gunung kecil lebih kurang 300 buah menyebar diseluruh wilayah Kabupaten Pacitan dan jurang terjal

(pacitankab.go.id).

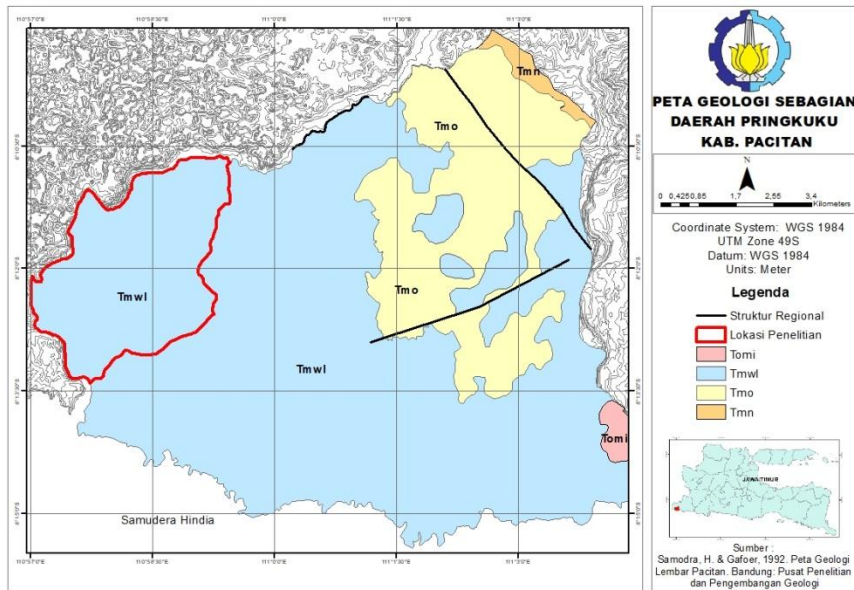


Gambar 2.2 Sketsa peta fisiografi sebagian Pulau Jawa dan Madura (Van Bemmelen, 1949 dengan modifikasi)

Menurut Van Bemmelen (1949), secara umum Jawa Timur dibagi menjadi empat zona jalur fisiografi, yaitu Zona Rembang di bagian Utara, kemudian ke bagian Selatan terdapat Zona Kendeng dan Zona Solo, serta di bagian paling Selatan adalah Zona Pegunungan Selatan seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Zona Pegunungan Selatan sendiri terbagi menjadi tiga subzona, yakni Subzona Baturagung, Subzona Wonosari dan Subzona Gunung Sewu. Subzona Baturagung terletak di sebelah barat dan utara dari Zona Pegunungan Selatan, Subzona Wonosari merupakan dataran tinggi (± 190 m) yang terletak di bagian tengah Zona Pegunungan Selatan, yaitu di daerah Wonosari dan sekitarnya, sedangkan Subzona Pegunungan Sewu terletak di sebelah selatan dan timur dari Zona Pegunungan Selatan ini. Aliran sungai utama di daerah ini adalah Kali Oyo yang mengalir ke barat dan menyatu dengan Kali Opak. Endapan permukaan di daerah ini adalah lempung hitam dan endapan danau purba, sedangkan batuan dasarnya adalah batu gamping. Subzona Gunung Sewu merupakan perbukitan dengan bentang alam karst, yaitu bentang alam dengan bukit-bukit batu gamping yang membentuk banyak kerucut dengan ketinggian beberapa puluh meter. Di antara bukit-bukit ini banyak ditemukan telaga, luweng (*sink holes*) dan di bawah permukaan terdapat gua yang tersusun oleh batu gamping serta aliran sungai bawah tanah. Bentang alam karst ini membentang dari pantai Parangtritis di bagian barat hingga Pacitan di sebelah timur. Berdasarkan Gambar 2.2 daerah penelitian dan sekitarnya termasuk ke dalam Zona Pegunungan Selatan yang membentang dari Yogyakarta hingga ke Malang (Van Bemmelen, 1949), pada subzona Gunung Sewu.

2.2.2 Stratigrafi Regional

Batuan penyusun daerah penelitian dan sekitarnya dapat dilihat dari Peta Geologi sebagian daerah Pringkuku, Kabupaten Pacitan pada Gambar 2.3, dimana batuan penyusunnya terdiri dari Formasi Nglanggrang (Tmn), Formasi Oyo (Tmo), Formasi Wonosari (Tmwl), dan Intrusi Andesit (Tomi).



Gambar 2.3 Peta Geologi sebagian daerah Pringkuku, Kabupaten Pacitan dengan modifikasi

Gambar 2.4 menunjukkan kondisi stratigrafi regional di kawasan Karst Gunung Sewu dan sekitarnya oleh berbagai peneliti. Stratigrafi regional daerah penelitian yang termasuk dalam Pegunungan Selatan, dari tua ke muda menurut Surono (1992) terdiri dari Formasi Wungkal Gamping, Formasi Kebo Butak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggrang, Formasi Sambipitu, Formasi Oyo, Formasi Wonosari, dan Formasi Kepek. Pembahasan stratigrafi akan ditekankan pada formasi penyusun daerah penelitian. Berdasarkan peta geologi lembar Pacitan oleh Samodra & Gafoer (1992), daerah penelitian yang berada di desa Dersono, Pringkuku, Pacitan termasuk kedalam formasi wonosari. Formasi ini tersingkap baik di daerah Wonosari dan sekitarnya, membentuk morfologi karst, dengan satuan batuan penyusunnya terdiri atas batugamping terumbu, batugamping berlapis, batugamping mengeping, batugamping pasiran, dan napal. Berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir, dan terbentuk di lingkungan laut dangkal. Satuan ini diendapkan secara genang laut di atas

Formasi Nampol, bagian bawahnya setempat mempunyai kecenderungan menjemari dengan Formasi Oyo (Samodra & Gafoer, 1992).

KALA		PENELITI			
	ZONASI BLOW (1969)	BOTHE (1929)	VAN BEMMELEN (1949)	SUMARSO-ISMOYOWATI (1975)	SURONO, dkk. (1992)
HOLOSEN PLISTOSEN	N. 23			Endapan Vulkanik Muda dan Aluvium	
	N. 22				
	N. 21				
PLIOSEN	N. 20				
	N. 19				
	N. 18				
MIOSEN	N. 17				
	N. 16				
	N. 15	Kepek	Wonosari		Kepek
	N. 14				
	N. 13				
	N. 12	Wonosari	Sambipitu	Wonosari	Wonosari
	N. 11		Nglanggran		
	N. 10		Semilir		
	N. 9	Oyo	Kebo Butak		
	N. 8				
OLIGOSEN	N. 7				
	N. 6	Sambipitu		Semilir	Sambipitu
	N. 5				
	N. 4	Nglanggran			Semilir
	N. 3 (P.22)	Semilir		Kebo Butak	Kebo Butak
	N. 2 (P.21)	Kebo Butak			
	N. 1 (P.20)				
	P. 19				
	P. 18				
	P. 16			Gamping	
Eosen	P. 15	Wungkal Gamping			Wungkal Gamping
	P. 14				
	P. 13			Wungkal	

 : Stratigrafi Lokasi Penelitian

Gambar 2.4 Tataan stratigrafi Pegunungan Selatan (Surono, 1992)

2.2.3 Struktur Regional

Menurut Van Bemmelen (1949) daerah Pegunungan Selatan telah mengalami empat kali pengangkatan. Pola struktur di daerah penelitian dengan arah barat laut – tenggara umumnya merupakan sesar geser dekstral dan arah timur laut-barat daya umumnya merupakan sesar geser sinistral yang terjadi akibat penunjaman lempeng Indo-Australia selama Eosen hingga Miosen Tengah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Aliyan (2018), secara regional daerah Kecamatan Pringkuku dilewati oleh 3 sesar yaitu Sesar Ngadirejan, Sesar Klanden, dan Sesar Barong. Hal ini dapat dilihat pada gambar peta geologi sebagian daerah Pringkuku, Kabupaten Pacitan pada Gambar 2.3. Sesar Ngadirejan merupakan sesar mendatar berarah barat laut-tenggara dimana sesar ini memiliki arah yang sama dengan sesar Punung. Sesar ini memotong satuan batugamping klastik di bagian timur laut daerah penelitian. Sesar Klanden memiliki arah timur laut-barat daya, dimana sesar ini memotong satuan batugamping terumbu di bagian barat laut daerah penelitian. Sedangkan sesar

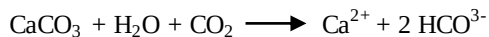
Barong merupakan sesar mendatar berarah timur laut – barat daya di daerah penelitian, dimana sesar ini searah dengan Sesar Grindulu. Sesar ini memotong satuan batugamping terumbu di bagian timur hingga ke tengah daerah penelitian.

2.3 Karst

Istilah karst mengandung makna sebagai suatu bentang alam, yang secara khusus berkembang pada batuan karbonat akibat kegiatan pelarutan atau proses karstifikasi selama ruang dan waktu geologi yang tersedia (Samodra, 2001). Kawasan karbonat yang mengalami karstifikasi dicirikan dengan bentuk-bentuk morfologi baik yang dipermukaan (eksokarst) maupun yang berada dibawah permukaan bumi (endokarst) seperti pada Gambar 2.5. Gejala eksokars antara lain diwujudkan dalam bentuk bukit-bukit tunggal, pematang bulat, stuktur lapis atau karen, lekuk-lekuk lembah (dolina, polje, dan uvala), mata air, serta menghilangnya sungai permukaan ke dalam tanah melalui sistem ucutan misalnya sink atau mulut gua yang ada. Gejala endokarst dicirikan dengan sistem perguaan dan aliran sungai bawah permukaan yang disebabkan oleh proses pelarutan.

Pembentukan kars ditentukan oleh proses pelarutan batuan karbonat yang umumnya terdiri dari batu gamping dan dolomit. Sehingga proses pelarutannya ditentukan oleh derajat kelarutan dari batuan atau batu gamping yang ada (jenis batu gamping), iklim (curah hujan), dan umur batu gamping atau lamanya proses pelarutan. Proses pelarutan batu gamping yang merupakan proses terpenting pembentukan kars bisa dijelaskan menurut reaksi kimia batu gamping dengan air dan kandungan gas CO₂ terlarut sebagai berikut (Samodra, 2001).

Secara ringkas proses pelarutan dirumuskan dengan reaksi sebagai berikut :

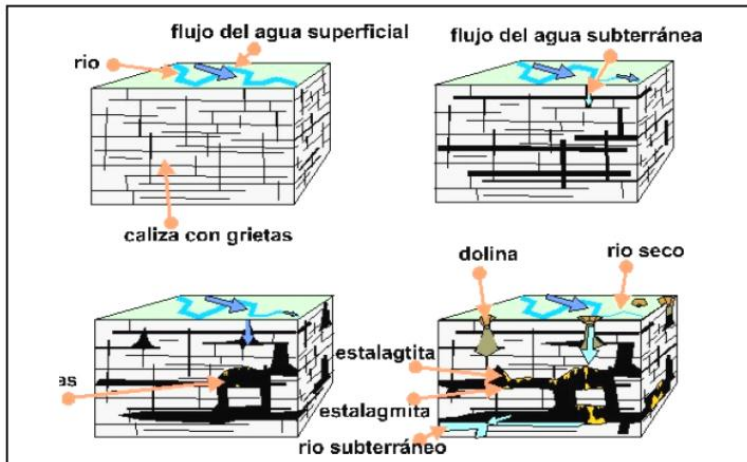


Kandungan gas CO₂ terlarut yang mempengaruhi proses pelarutan batu gamping tersebut terutama bersumber dari CO₂ di atmosfer yang dapat diperkaa oleh faktor biologis dan kegiatan gunung api. Selanjutnya variasi faktor jenis batu gamping, struktur geologi, faktor biologi (vegetasi), suhu udara, angin, curah hujan, menghasilkan berbagai variasi bentang alam kars di alam (Andriyani, dkk., 2011).

2.4 Perkembangan Sistem Sungai Bawah Permukaan Karst

Menurut Adji dan Suyono (2004), air yang terdapat pada batuan gamping bersifat dinamis, karena air tersebut bergerak dari permukaan sampai ke zona jenuh air. Berdasarkan jalur yang dilalui, pergerakan air ini berpotensi terjadinya pelarutan batumannya sehingga dalam jangka waktu tertentu terbentuklah lubang yang diameternya cukup besar, maka terbentuklah sistem

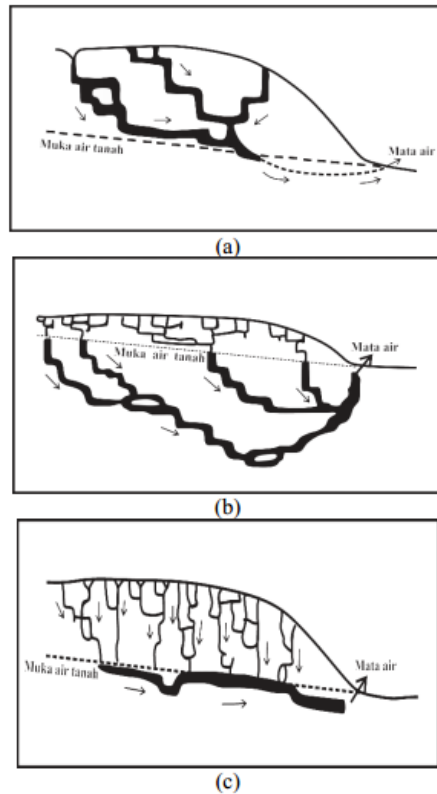
sungai bawah permukaan di daerah karst. Pada sistem pegunungan karst, level elevasi topografi antara 100-200 m merupakan kisaran elevasi dimana dapat ditemukan gua yang mengandung air. Air hujan yang meresap melalui rekahan di permukaan akan mengalir melalui retakan - retakan hingga mencapai ketinggian 200 m dan terakumulasi pada level elevasi antara 100-200 m secara bertingkat-tingkat dengan kontrol bidang kekar dan bidang perlapisan (Puradimaja, 2006).



Gambar 2.5 Drainase bawah permukaan di daerah karst (www.eccentrix.com)

Menurut Eko Ridarso (1996) sistem sungai bawah permukaan daerah karst tropik berasal dari aliran permukaan pada waktu musim hujan yang masuk melalui celah-celah batu gamping seperti pada Gambar 2.6, kadang-kadang sungai tersebut hilang sebagian atau seluruhnya ke dalam tanah melalui rekahan-rekahan dan atau depresi-depresi. Depresi tersebut mentransfer sejumlah besar air permukaan menjadi air bawah permukaan. Air bawah permukaan merembes melalui celah-celah (*cracks*) menurut kemiringan lapisan batuan (*dip*) hingga menjadi aliran air bawah permukaan. Aliran air ini berfluktuasi menurut musim dan mengalir melalui sesar, retakan, kekar, dan atau celah antar bidang perlapisan (*parting*).

Ford dan William dalam Handayani (2009), membagi menjadi tiga teori pembentukan gua dan sistem sungai bawah permukaan di kawasan karst yang diilustrasikan pada Gambar 2.7 di bawah ini :



Gambar 2.6 Teori perkembangan gua dan sungai bawah permukaan yang di kawasan karst (a) Teori *Vadose*, (b) Teori *Freatik Dalam (Deep Phreatic Theory)*, (c) Teori *Muka Air Tanah (Water Table Theory)* (Ford dan William dalam Handayani, 2009)

Pada Teori *Vadose (Vadose Theory)* seperti pada Gambar 2.7(a) proses perkembangan sebuah gua dan sistem sungai bawah permukaan diakibatkan oleh aliran air di permukaan karst kemudian masuk kedalam *swallow holes* (Adji dan Suyono, 2004). Kemudian aliran air tersebut mengalir secara vertikal ke dalam tanah melalui lubang-lubang batuan dan menuju zona jenuh air. Ketika sampainya di zona jenuh air, maka air tersebut bergerak dengan arah horizontal dengan mengikuti celah-celah yang terdapat dari batuan seperti bidang perlapisan, kekar, retakan dan sebagainya. Pergerakan air ini pada waktu yang bersamaan akan mengikis dan melarutkan batuan yang dilaluinya secara perlahan. Sehingga menghasilkan celah yang semakin luas dan dalam waktu yang lama akan menghasilkan sebuah terowongan seperti gua. Dimana proses pelarutan tersebut terjadi di atas muka air tanah (Handyani, 2007).

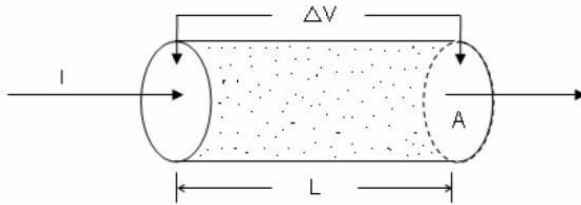
Teori Freatik Dalam (*Deep Phreatic Theory*) pada Gambar 2.7(b) perkembangan gua dan sistem sungai bawah permukaan. Dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap pelarutan, pada tahapan ini terjadinya proses pelarutan dari persebaran air pada bawah permukaan yang terletak di daerah zona freatik. Kemudian tahapan kedua merupakan tahap pengisian, dimana sudah terbentuknya sebuah gua atau lorong dengan diameter cukup besar yang sudah terisi air dan terjadi pengendapan material berupa lempung yang berasal dari material yang terbawa oleh air saat terjadi proses pelarutan secara serentak. Tahap ketiga yaitu pengeringan dimana terjadi proses penaikan lapisan tanah dan mengalami perubahan zonasi vertikal yaitu zona *vadose* mengalami perluasan wilayah dengan bergeser ke bawah sehingga terjadi pengeringan gua. Sebagian material halus yang semula mengisi gua akan terbawa oleh air yang kembali bergerak dengan mengikuti aliran di zona *vadose* hingga arus tersebut mencapai alas batuan (Handyani, 2007).

Teori ketiga yaitu Teori Muka Air Tanah (*Water Table Theory*) seperti pada Gambar 2.7(c). Pada teori ini terdapat empat tahapan pembentukan gua dan sistem sungai bawah permukaan. Tahapan pertama merupakan tahap pelarutan batuan yang terjadi secara acak pada kedalaman tertentu secara vertikal ke bawah. Kemudian terjadi penggabungan dan pengembangan dari hasil pelarutan yaitu berupa saluran-saluran gua. Setelah itu, pada tahap ketiga terjadi pengendapan material dan pengisian air pada saluran-saluran gua. Tahap keempat terjadi pengangkatan lapisan tanah dan erosi yang mengakibatkan saluran gua terangkat di atas level air tanah (Handyani, 2007)

2.5 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi (Likik Hendrajaya, dkk., 1990). Tujuan dari metode ini adalah untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan di bawah permukaan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (konduktivitas atau resistivitas).

Prinsip kerja dari metode resistivitas adalah mengalirkan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensialnya diukur melalui dua elektroda potensial, sehingga nilai resistivitasnya dapat dihitung. Resistivitas (tahanan jenis) merupakan suatu besaran yang menunjukkan tingkat hambatan terhadap arus listrik dari suatu bahan, yang diberi simbol ρ . Hambatan listrik R suatu bahan berbanding lurus dengan panjang penghantar L dan berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar A (Gambar 2.4), yang didefinisikan sebagai berikut (Zohdy, dkk., 1980) :



Gambar 2.7 Material homogen yang dialiri arus memiliki luas penampang A , panjang L dan ujung-ujung permukaannya memiliki beda potensial ΔV (Zohdy, dkk., 1980)

Berdasarkan Gambar 2.7 perumusan hambatan listrik diberikan melalui persamaan 2.1, yaitu :

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

di mana ρ merupakan nilai resistivitas material dengan satuan Ohmm, R merupakan hambatan listrik dengan satuan Ohm, L merupakan panjang material dengan satuan m, dan A merupakan luas penampang material dengan satuan m^2 .

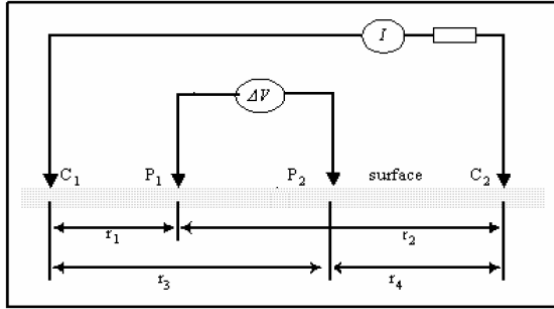
Menurut Hukum Ohm untuk rangkaian listrik yang dialiri arus I dan memiliki hambatan listrik R memiliki beda potensial :

$$V = I \cdot R \quad (2.2)$$

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

$$\rho = R \frac{VA}{IL} \quad (2.3)$$

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). Data pengukuran yang didapat yakni beda potensial dan kuat arus, dan akan diperoleh harga resistivitas semu untuk setiap spasi elektroda yang dibentangkan.



Gambar 2.8 Susunan elektroda arus dan elektroda potensial dalam pengukuran resistivitas (Telford, dkk., 1990 dengan modifikasi)

Berdasarkan Gambar 2.8 diperoleh persamaan untuk elektroda arus ganda pada permukaan medium.

$$V_{P1} = \frac{1\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.4)$$

$$V_{P2} = \frac{1\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.5)$$

sehingga beda potensialnya adalah

$$\Delta V = V_{P1} - V_{P2} \quad (2.6)$$

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

atau dapat ditulis menjadi :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.8)$$

Sementara itu harga K ditunjukkan dalam persamaan sebagai berikut :

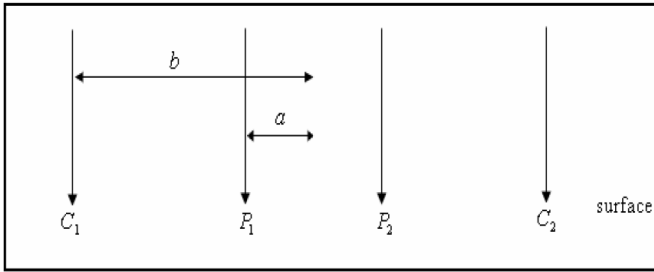
$$K = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \quad (2.9)$$

Dimana ΔV merupakan beda potensial antara $P1$ dan $P2$ dengan satuan Volt, I merupakan besarnya arus yang dialirkan melalui arus $C1$ dan $C2$ dengan satuan Ampere, r_1 merupakan jarak antara $C1$ dan $P1$ dengan satuan meter, r_2 merupakan jarak antara $C2$ dan $P1$ dengan satuan meter, r_3 merupakan jarak

antara C 1 dan P2 dengan satuan meter, dan r_4 merupakan jarak antara C2 dan P2 dengan satuan meter. Letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus mempengaruhi besar beda potensial yang disebut sebagai faktor geometri (Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990).

2.5.1 Konfigurasi Schlumberger

Pada konfigurasi elektroda *Schlumberger*, jarak antara elektroda arus dengan elektroda potensial (C1 P1 dan C2 P2) adalah sama, sedangkan untuk jarak antar elektroda potensial satu dengan elektroda potensial lainnya (P1 P2) lebih kecil dibandingkan jarak antara arus dengan elektroda potensial (C1 P1 dan C2 P2), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.9 Susunan Elektroda konfigurasi *Schlumberger* (Murti, 2009)

Sehingga harga K (faktor geometri) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$K_S = \frac{2\pi}{\left[\frac{1}{P_1 C_1} - \frac{1}{P_1 C_2} - \frac{1}{P_2 C_1} + \frac{1}{P_2 C_2} \right]} \quad (2.10)$$

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

$$K_S = \frac{2\pi(b^2 - a^2)}{4a} \quad (2.12)$$

$$K_S = \frac{\pi(b^2 - a^2)}{2a} \quad (2.13)$$

Kemudian dari persamaan 2.8 dan 2.13 ,didapatkan perumusan :

$$\rho_s = \frac{\pi(b^2-a^2)}{2a} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.14)$$

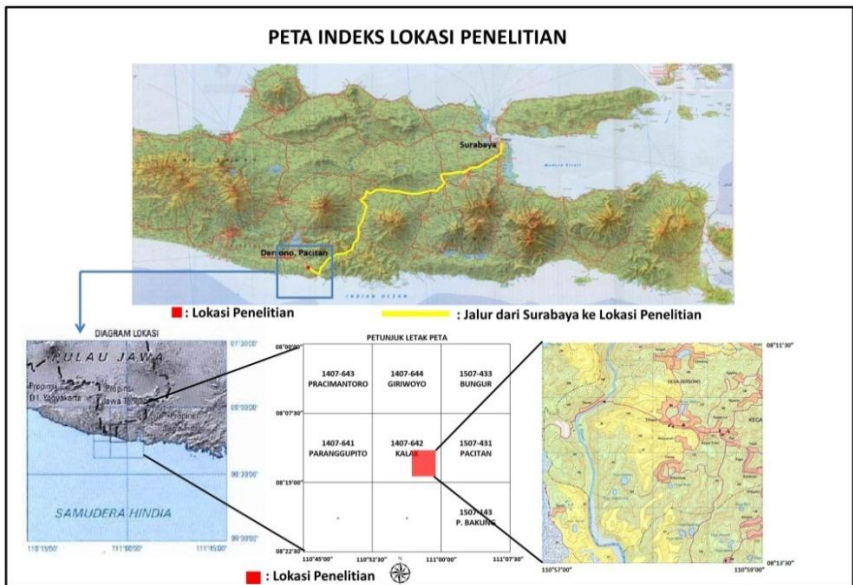
Dimana ρ_s adalah nilai resistivitas semu konfigurasi Schlumberger (Telford, dkk., 1976).

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di kawasan karst Desa Dersono, Kecamatan Pringuku, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Perjalanan dari Surabaya menuju lokasi penelitian dapat ditempuh selama kurang lebih 10 jam dengan menggunakan travel. Berdasarkan peta indeks lokasi penelitian Gambar 3.1, lokasi penelitian termasuk dalam peta rupa bumi Kalak lembar 1407-642. Penelitian diawali dengan survei pendahuluan pada tanggal 19 s.d. 22 Februari 2018, dan pengambilan data pada tanggal 19 s.d. 30 Maret 2018.



Gambar 3.1 Peta indeks lokasi penelitian dimana terletak di Dersono, Pacitan yang pada peta rupa bumi termasuk dalam lembar Kalak 1407-642

Pengambilan data geolistrik VES untuk mengidentifikasi perkembangan sistem sungai bawah permukaan dilakukan di dua lokasi. Lokasi pertama di sebelah timur laut Luweng Winong (VES W) dan lokasi kedua di timur Luweng Tanggung (VES T) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Pada masing-masing lokasi ini dilakukan pengambilan data geolistrik VES sebanyak 7 titik dengan desain akuisisi yang akan dijelaskan pada sub bab 3.4.3.



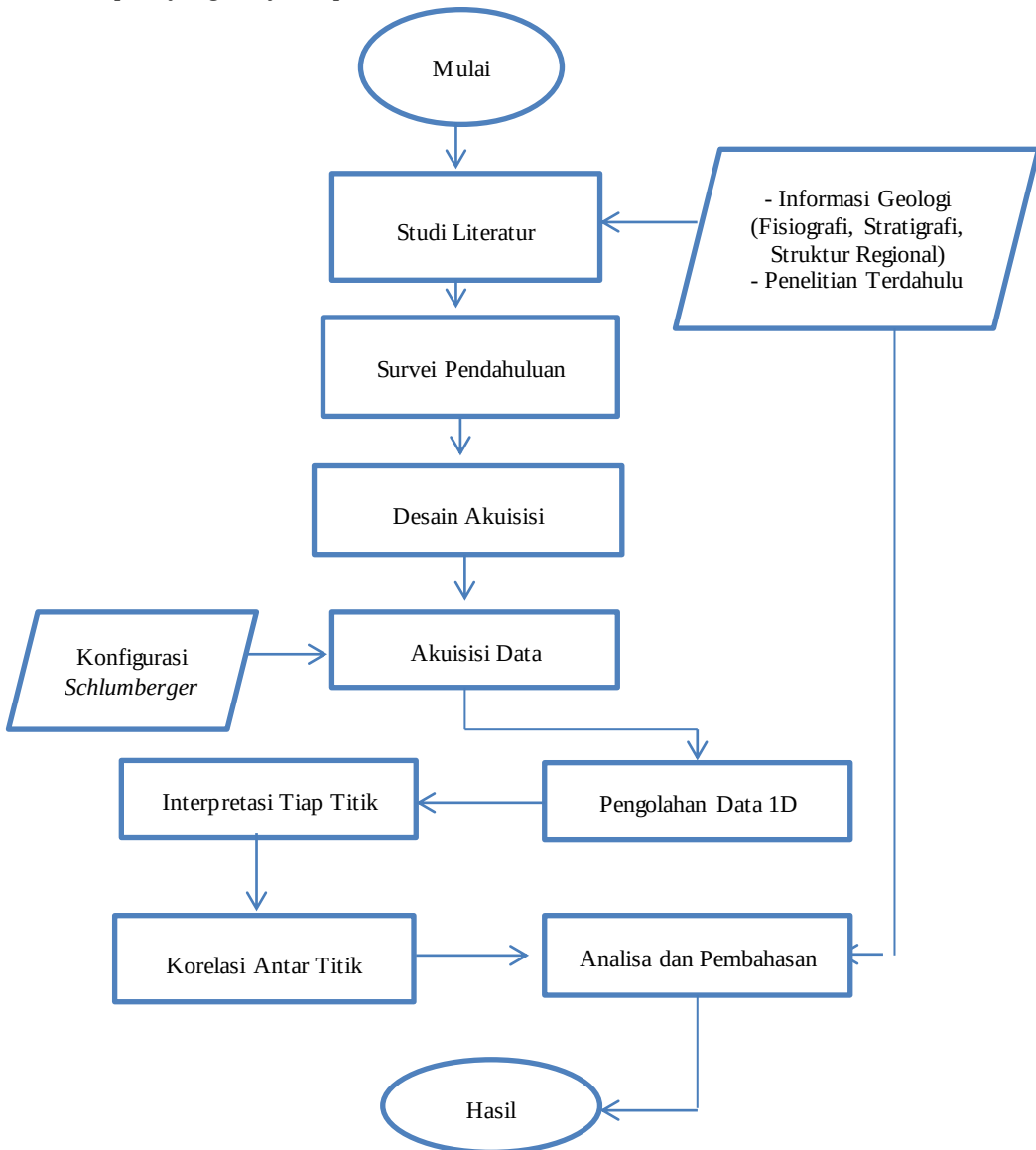
Gambar 3.2 Lokasi pengambilan data VES W dan VES T dilihat dari Google Earth

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan lapangan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain; alat geolistrik *Resistivitymeter* EDAK, sebagai sumber tegangan dari *resistivitymeter* digunakan *accumulator* sebesar 12 V. Penghubung instrumen antara *resistivitymeter* dengan elektroda digunakan empat buah rol kabel yang masing-masing memiliki panjang sekitar 300 meter. Elektroda yang digunakan sebanyak 4 buah elektroda utama dan 5 buah elektroda cadangan, dimana elektroda memiliki fungsi sebagai media mentransmisikan arus listrik ke dalam bumi dan mengukur beda potensial yang timbul. Media yang digunakan dalam menancapkan elektroda ke dalam tanah digunakan palu. Peralatan pendukung lain yang digunakan dalam penelitian yakni peta lokasi penelitian, *datasheet* dan alat tulis untuk mencatat data yang didapat selama pengukuran. Rol meteran yang berfungsi untuk mengukur jarak bentangan dan spasi antar elektroda. GPS Garmin untuk menentukan posisi letak titik ukur lintang dan bujur. Pengontrol kelurusan lintasan pengambilan data digunakan kompas, selain pengontrol kelurusan lintasan, kompas juga digunakan untuk menentukan arah pengambilan data. Alat komunikasi selama pengambilan data antara operator dengan pengambil data pada elektroda digunakan *handy talky*. Multimeter dan *toolkit* digunakan untuk mengecek sambungan dan memperbaiki apabila ada sambungan yang terputus.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini secara garis besar dilakukan dengan tahapan-tahapan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 di bawah ini :



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Studi Literatur

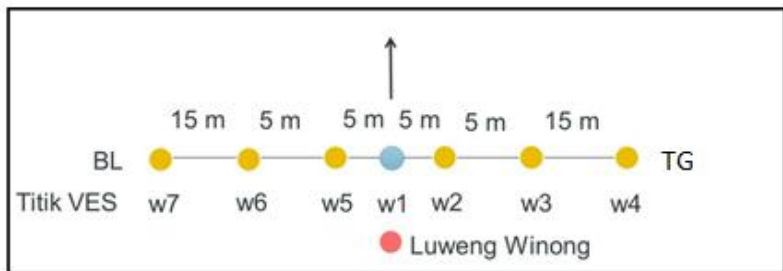
Pada tahap studi literatur dilakukan pencarian referensi teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan, penelitian terdahulu yang pernah dilakukan, dan pencarian informasi geologi daerah daerah penelitian. Kemudian dari studi literatur ini akan dirumuskan pendahuluan, tinjauan pustaka, dan bagaimana penelitian ini akan dilakukan.

3.4.2 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan merupakan tahap awal sebelum dilakukannya pengambilan data berupa pengamatan lokasi yang akan dijadikan area penelitian, pemetaan manifestasi permukaan seperti luweng dan sumber air, dan penentuan *basecamp*. Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh gambaran lokasi penelitian secara langsung sebagai bahan acuan untuk menentukan titik-titik pengambilan data geolistrik VES. Pendugaan awal sungai bawah permukaan yang berkembang di daerah penelitian berada pada kedalaman sekitar 30 meter dapat berupa gua-gua kosong maupun berair hasil pelarutan batuan gamping.

3.4.3 Desain Akuisisi

Penentuan desain akuisisi didasarkan pada dugaan arah sungai bawah permukaan, dimana pada penelitian ini sebaran titik-titik VES dibuat memotong perkiraan arah sungai bawah permukaan yang berkembang. Pada masing-masing lokasi penelitian dilakukan pengambilan data sebanyak 7 titik VES. Pada lokasi pertama di sebelah Timur Laut luweng Winong persebaran titik-titik VES ditunjukkan pada Gambar 3.4. dengan panjang bentangan AB sebesar 260 meter. Panjang bentangan dibuat dengan memperhatikan kedalaman yang ingin dicapai dan juga kondisi lapangan.

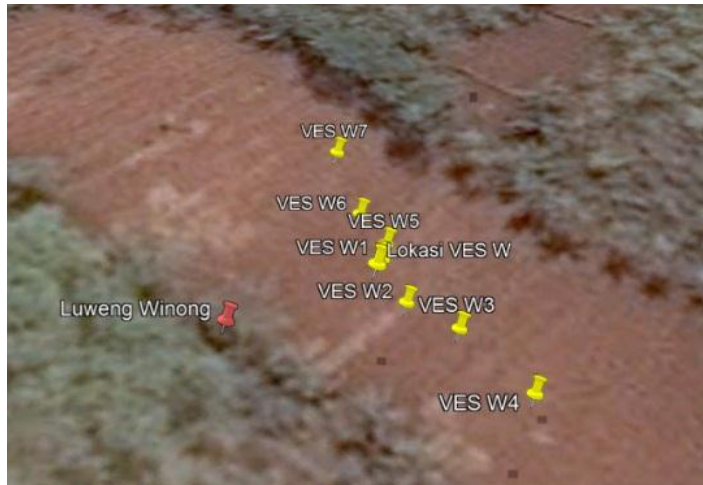


Gambar 3.4 Desain akuisisi pengambilan data VES W

Variasi jarak antar titik VES yang digunakan yakni titik VES W7 dan W6 memiliki jarak sekitar 15 meter, W6 dan W5 memiliki jarak 5 meter, W5

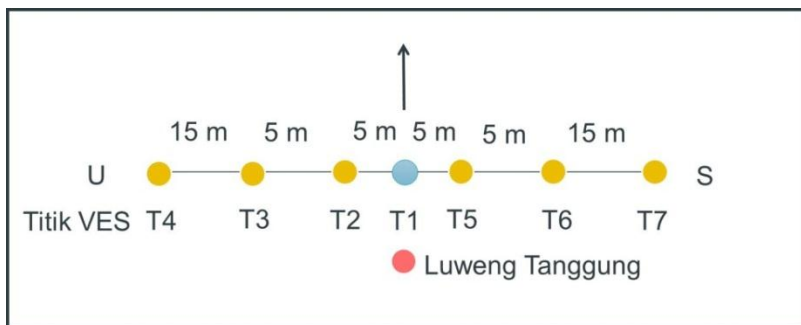
dan W1 memiliki jarak 5 meter, W1 dan W2 memiliki jarak 5 meter, W2 dan W3 memiliki jarak 5 meter, sedangkan W3 dan W4 memiliki jarak 15 meter. Adapun persebaran titik-titik VES ini berarah Barat Laut – Tenggara.

Gambar 3.5 memperlihatkan bagaimana persebaran titik-titik VES ini di lapangan :



Gambar 3.5 Persebaran titik-titik VES W di lapangan

Sedangkan pada lokasi kedua di sebelah Timur luweng Tanggung persebaran titik-titik VES ditunjukkan pada Gambar 3.6. dengan panjang bentangan AB sebesar 200 meter. Panjang bentangan dibuat dengan memperhatikan kedalaman yang ingin dicapai dan juga kondisi lapangan.



Gambar 3.6 Desain akuisisi pengambilan data VES T

Variasi jarak antar titik VES yang digunakan yakni titik VES T4 dan T3 memiliki jarak sekitar 15 meter, T3 dan T2 memiliki jarak 5 meter, T2 dan T1

memiliki jarak 5 meter, T1 dan T5 memiliki jarak 5 meter, T5 dan W6 memiliki jarak 5 meter, sedangkan W6 dan W7 memiliki jarak 15 meter. Adapun persebaran titik-titik VES ini berarah Utara - Selatan.

Kemudian pada Gambar 3.7 memperlihatkan bagaimana persebaran titik-titik VES ini di lapangan :



Gambar 3. 7 Persebaran titik-titik VES T di lapangan

Letak koordinat serta titik ketinggian masing-masing titik-titik pengukuran VES disajikan dalam Tabel 3.1 sebagai berikut :

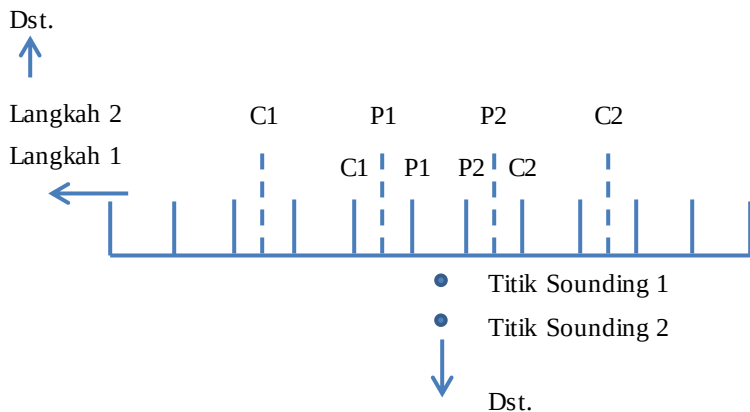
Tabel 3. 1 Koordinat dan elevasi titik pengukuran VES

Lokasi	Titik VES	Datum (UTM Zone)	Koordinat		Elevasi
			X	Y	
Luweng Winong	VES W1	49 L	497240	9092708	101 m
	VES W2	49 L	497243	9092698	110 m
	VES W3	49 L	497249	9092692	116 m
	VES W4	49 L	497262	9092683	98 m
	VES W5	49 L	497240	9092708	98 m
	VES W6	49 L	497236	9092712	96 m
	VES W7	49 L	497232	9092724	100 m
Luweng Tanggung	VES T1	49 L	496107	9093567	109 m
	VES T2	49 L	496102	9093568	107 m
	VES T3	49 L	496107	9093572	109 m

Lokasi	Titik VES	Datum (UTM Zone)	Koordinat		Elevasi
			X	Y	
Luweng Tanggung	VES T4	49 L	496118	9093585	111 m
	VES T5	49 L	496099	9093561	110 m
	VES T6	49 L	496092	9093559	109 m
	VES T7	49 L	496090	9093542	109 m

3.4.4 Akuisisi Data

Metoda yang digunakan dalam pengambilan data yaitu metoda VES (*Vestical Electical Sounding*). Pengukurannya adalah dengan cara memasang elektroda arus dan potensial yang diletakkan dalam satu garis lurus dengan spasi tertentu seperti pada Gambar 3.8. Lalu mengalikan arus melalui elektroda arus dan didapatkan nilai tegangan yang terukur pada elektroda potensial. Dari pengukuran ini akan didapatkan nilai resistivitas semu yang kemudian dilakukan pengolahan data lebih lanjut. Konfigurasi elektroda yang dipakai pada penyelidikan ini adalah konfigurasi *Schlumberger*.



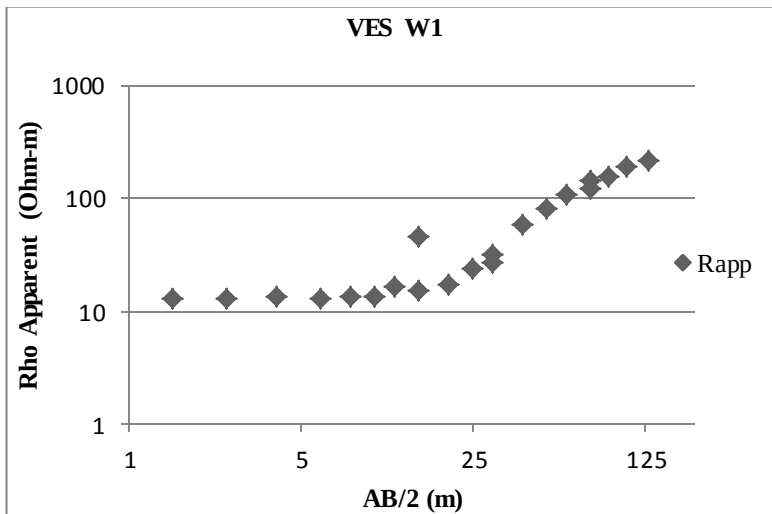
Gambar 3. 8 Teknik pengukuran metode VES

Dari pengambilan data lapangan didapatkan besar arus (I) yang dialirkan, besar tegangan (V) yang terukur pada elektroda potensial, jarak elektroda arus terhadap titik pusat ($AB/2$), jarak elektroda potensial terhadap titik pusat ($MN/2$), faktor geometri (K), dan tahanan jenis (ρ). Data inilah yang diperlukan untuk pengolahan selanjutnya yang akan dijelaskan pada sub bab 3.4.5.

3.4.5 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan beberapa software seperti Google Earth Pro, ArcMap, Ms. Excel, Matlab, Software Geolistrik 1D, dan Surfer. Data yang didapatkan pada saat pengukuran di lapangan merupakan data mentah, sehingga perlu dilakukan pengolahan data sebelum dilakukan interpretasi lebih lanjut. Dalam pengolahan data VES dengan konfigurasi *Schlumberger*, diandaikan bahwa bumi merupakan lapisan-lapisan horizontal. Masing-masing lapisan memiliki sifat kelistrikan yang homogen ke segala arah dengan ketebalan tertentu (untuk lapisan yang sangat tipis tidak terdeteksi), dan lapisan terdalam memiliki ketebalan yang tak terhingga. Dari hasil akuisisi data diperoleh nilai arus I (mA) nilai beda potensial V (mV), dan keterangan konfigurasi yang digunakan. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai resistivitas semu ρ_a pada masing-masing titik pengukuran dengan menggunakan persamaan $\rho_a = k \frac{V}{I}$, dengan k adalah faktor geometri elektroda.

Setelah didapatkan nilai resistivitas semu ρ_a pada masing-masing titik VES selanjutnya dibuat grafik *quality control* nilai resistivitas semu terhadap $AB/2$ untuk mengetahui tren data yang di dapat seperti Gambar 3.9 di bawah ini :

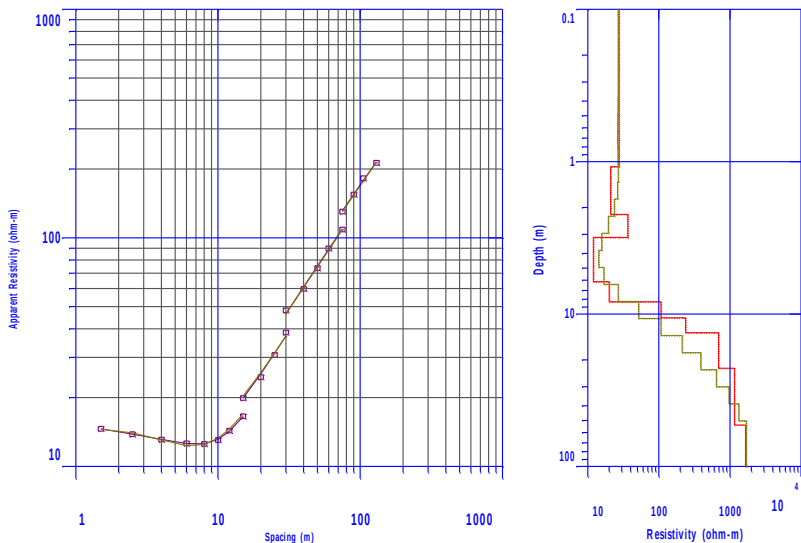


Gambar 3.9 Contoh grafik log *quality control* data resistivitas semu terhadap $AB/2$ pada titik VES W1

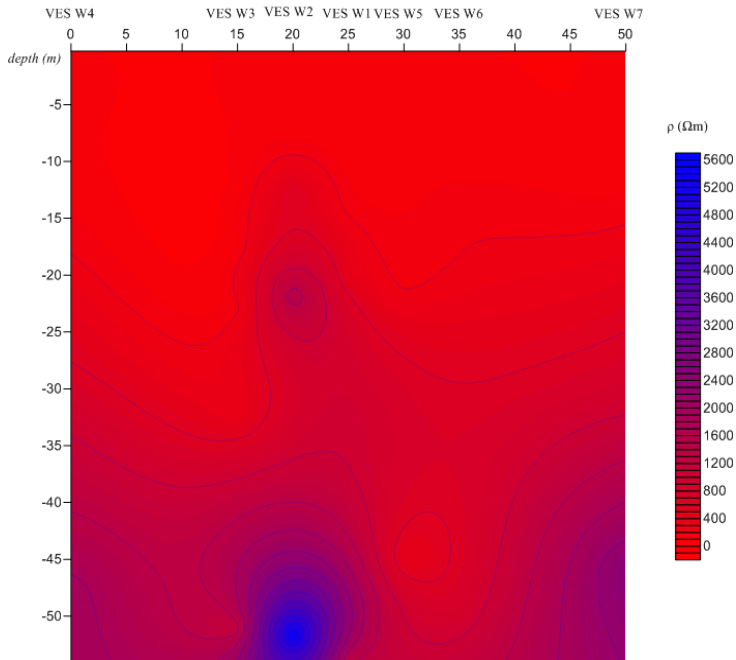
Jika dilihat dari Gambar 3.9, tren data pada titik VES W1 cenderung meningkat dan memiliki kualitas data yang cukup baik. Apabila dari grafik *quality control* ini banyak data yang *outlayer* maka *raw data* selanjutnya perlu

dilakukan *smoothing* data. Selain untuk memperbaiki tren data, *smoothing* data ini juga bertujuan untuk mengurangi nilai eror pada saat pengolahan data nantinya. Grafik hasil *quality control* data dapat dilihat pada bab lampiran.

Pengolahan data selanjutnya dilakukan dengan menggunakan software geolistrik untuk mendapatkan sebaran nilai resistivitas dan kedalaman masing-masing titik VES yang ditunjukkan oleh grafik *curve matching* seperti Gambar 3.10. Kemudian dari ketujuh titik VES pada masing-masing penelitian dilakukan korelasi untuk mengetahui sebaran anomali resistivitas bawah permukaan yang menunjukkan perkembangan sistem sungai bawah permukaan seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.10 Contoh hasil *curve matching*, sebelah kiri menunjukkan grafik log hubungan spasi elektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan hasil *curve matching* dimana kurva warna merah menunjukkan model matematika dan warna hijau menunjukkan data lapangan



Gambar 3.11 Contoh hasil korelasi antar titik-titik VES

3.4.6 Analisa dan Interpretasi

Menganalisa secara kualitatif dan kuantitatif *layer* yang didapatkan pada pengolahan data tiap titik VES. Menginterpretasikan data hasil pengolahan berdasarkan litetur yang ada, informasi geologi, dan mengacu pada tabel resistivitas batuan yang ada. Interpretasi digunakan untuk menentukan kondisi bawah permukaan secara vertikal pada daerah penelitian, yaitu untuk mengidentifikasi bagaimana sistem sungai bawah permukaan yang mungkin berkembang disana. Interpretasi dilakukan setelah perhitungan data VES lapangan untuk memperoleh nilai resistivitas semu, menampilkan curve matching (diperoleh nilai resistivitas sebenarnya), dan menampilkan hasil koelasi titik VES dengan metode interpolasi data. Kontur hasil intepolasi data pada ketujuh titik VES menunjukkan persebaran nilai resistivitas sebenarnya terhadap kedalaman di bawah permukaan lokasi penelitian.

3.5 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Rincian Tahapan Penelitian	Waktu Pelaksanaan																							
			Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Awal	Studi Literatur																								
		Studi Geologi																								
		Survey Lapangan																								
2	Pra Akuisisi	Desain Akuisisi																								
		Pengecekan Alat																								
3	Akuisisi Data	Akuisisi Data																								
		Pengolahan Data																								
		Tiap Titik																								
4	Pengolahan Data	Integrasi Data																								
		Analisis Data																								
		Pembahasan Hasil																								
6	Penyusunan Laporan TA																									
7	Pengumpulan Laporan TA																									

Gambar 3. 12 Jadwal pengejakan tugas akhir

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

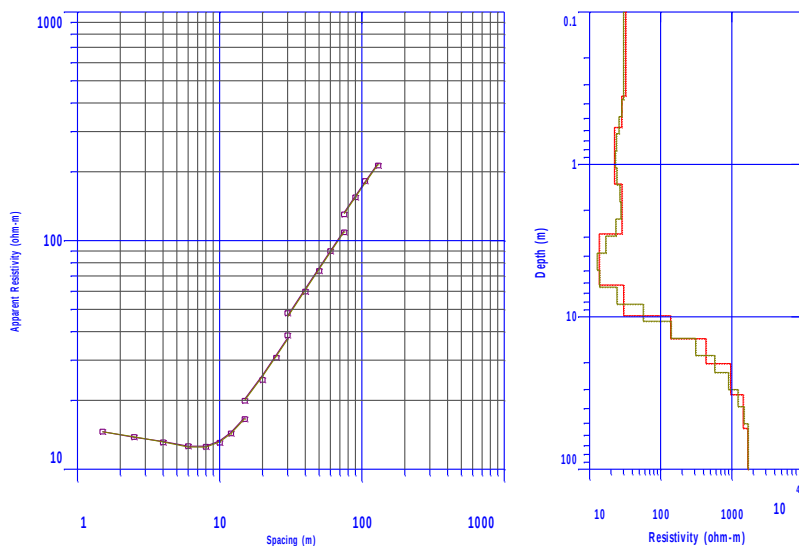
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data Tiap Titik VES

Data VES yang diambil sebanyak 14 titik VES, lokasi pertama (VES W) sebanyak 7 titik dan lokasi kedua (VES T) sebanyak 7 titik. VES W memiliki panjang bentangan sebesar 260 m, dan VES T dengan panjang bentangan sebesar 200 m. Data setiap titik VES diolah menggunakan salah satu software geolistrik 1D dengan cara inversi *curve matching*. Dari hasil inversi ini akan menghasilkan informasi berupa nilai resistivitas (ρ), ketebalan lapisan, dan kedalaman lapisan. Terdapat dua grafik hasil pengolahan pada masing-masing titik VES seperti pada Gambar 4.1. Grafik sebelah kiri menunjukkan hubungan antara spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) pada sumbu x dan nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*) (Ohm.m) pada sumbu y. Sedangkan grafik sebelah kanan menunjukkan hubungan antara nilai resistivitas sebenarnya (Ohm.m) pada sumbu x dengan kedalaman (meter) pada sumbu y. Kemudian dari hasil grafik ini dilakukan interpretasi nilai resistivitas dengan merujuk pada penelitian terdahulu yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Kemudian data resistivitas dan kedalaman yang diperoleh digunakan untuk membuat penampang dua dimensi korelasi antara titik-titik VES. Dari penampang inilah akan dilihat anomali nilai resistivitas rendah ke tinggi ataupun sebaliknya yang ada di lokasi penelitian. Berikut adalah hasil pengolahan data dan interpretasi di masing-masing titik pengukuran VES pada lokasi VES W dan VES T :

4.1.1 Titik VES W1

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES W1 memiliki panjang lintasan ± 260 meter. Lintasan VES W1 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'28.88''$ LS dan $110^{\circ}58'29.79''$ BT dan berada pada elevasi 101 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data hasil inversi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Grafik hasil inversi titik VES W1, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat (AB/2) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 10 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.1 berikut :

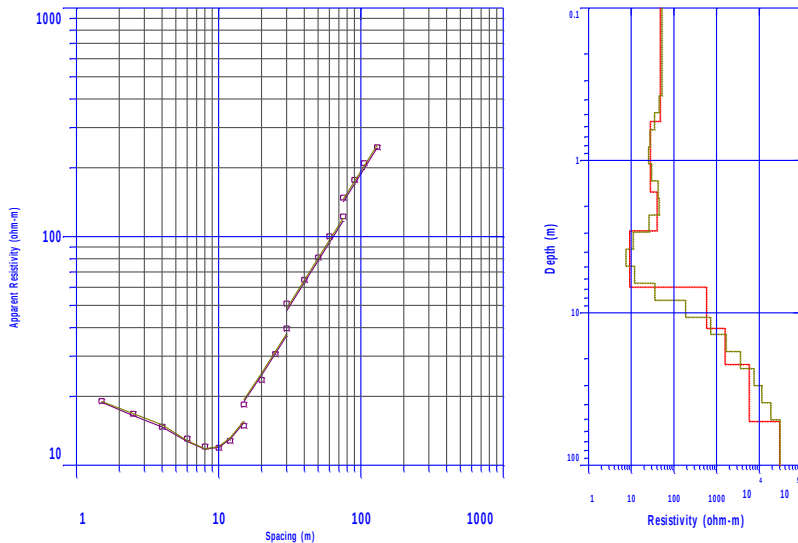
Tabel 4.1 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W1

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	32,1	0,4	0,4	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	28,3	0,2	0,6	Karbonat Terumbu
3	22,3	0,8	1,3	Karbonat Terumbu
4	28,5	1,5	2,9	Karbonat Terumbu
5	13,6	3,3	6,2	Batuan Lempungan
6	30,2	3,7	9,8	Karbonat Terumbu
7	137,7	4,1	13,9	Karbonat Terumbu
8	432,7	6,4	20,3	Karbonat Pejal
9	962,3	12,1	32,4	Karbonat Pejal
10	1445,6	21,6	54	Bagian dari Gua Kosong

Analisis secara komputasi *curve matching* titik pengukuran VES W1 didapatkan 10 *layer*. Nilai resistivitas sebenarnya yang diperoleh dari pengolahan *curve matching* titik pengukuran VES W1 memiliki kisaran 13,6-1445,6 Ohm.m dan mencapai kedalaman hingga 54 meter dibawah permukaan tanah. Hasil interpretasi dari sebaran nilai resistivitas pada titik pengukuran VES W1 jika dilihat dari referensi pada Tabel 2.1 terdiri dari lima variasi yaitu lapisan *top soil*, karbonat terumbu, batuan lempungan, karbonat pejal, dan bagian dari gua kosong. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan nilai resistivitas sebesar 32,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan terletak pada kedalaman 0-0,4 meter. *Layer* ke-2 s.d. 4 merupakan lapisan karbonat terumbu dengan nilai resistivitas sebesar 22,3-28,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,5 meter, dan terletak pada kedalaman 0,4–2,9 meter. *Layer* kelima merupakan batuan lempungan dengan nilai resistivitas sebesar 13,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 13,6 meter, dan berada pada kedalaman 2,9–6,2 meter. *Layer* keenam merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas 30,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,7 meter, dan berada pada kedalaman 6,2–9,8. *Layer* ketujuh merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas 137,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 4,1 meter, dan berada pada kedalaman 9,8–13,9. *Layer* kedelapan merupakan karbonat pejal memiliki resistivitas 432,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 6,4 meter, dan berada pada kedalaman 13,9–20,3 meter. *Layer* kesembilan merupakan karbonat pejal memiliki resistivitas 962,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 12,1 meter, dan berada pada kedalaman 20,3–32,4 meter. *Layer* kesepuluh diinterpretasikan sebagai gua kosong dengan nilai resistivitas sebesar 1445,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 21,6 meter, dan terletak pada kedalaman 32,4–54 meter.

4.1.2 Titik VES W2

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES W2 memiliki panjang lintasan ± 260 meter. Lintasan VES W2 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'29.12''$ LS dan $110^{\circ}58'29.91''$ BT dan berada pada elevasi 110 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.2 di bawah ini :



Gambar 4.2 Grafik hasil inversi titik VES W2, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat (AB/2) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 7 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W2

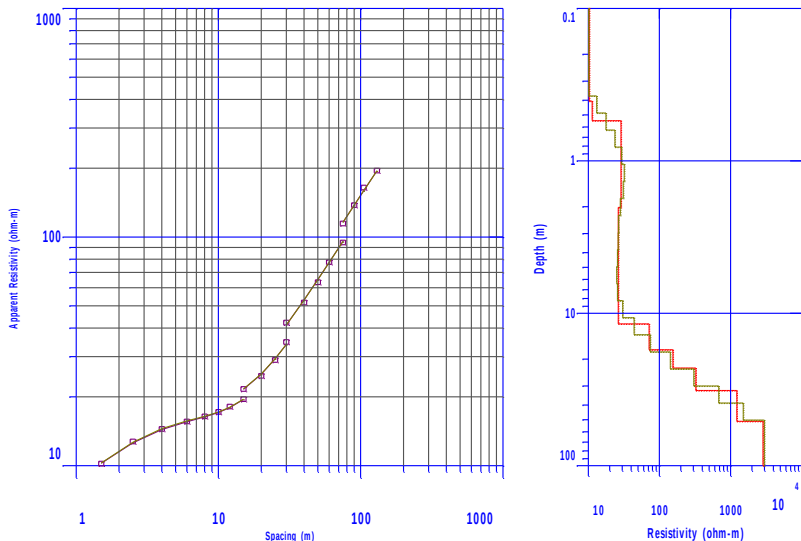
Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	47,8	0,6	0,6	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	28	1,1	1,6	Karbonat Terumbu
3	40,2	1,3	2,9	Karbonat Terumbu
4	9,1	3,9	6,8	Batuan Lempungan
5	581,3	5,9	12,6	Karbonat Pejal
6	1575,3	9,2	21,8	Bagian dari Gua Kosong
7	5782,2	29,8	51,6	Bagian dari Gua Kosong

Hasil pengolahan data geolistrik pada titik pengukuan VES W2 menghasilkan 7 layer. Layer pertama diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil* dengan nilai resistivitas sebesar 47,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,6 meter,

dan mencapai kedalaman 0,6 meter. *Layer* kedua dan ketiga diinterpretasikan sebagai karbonat terumbu dengan nilai resistivitas sebesar 28 dan 40 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,4 meter, dan berada pada kedalaman 0,6–2,9 meter. *Layer* keempat diinterpretasikan sebagai batuan lempungan dengan nilai resistivitas sebesar 9,1 Ohm.m, memiliki ketebalan sebesar 3,9 meter, dan berada pada kedalaman 2,9–6,8 meter. *Layer* kelima diinterpretasikan sebagai karbonat pejal dengan nilai resistivitas sebesar 581,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 5,9 meter, dan berada pada kedalaman 6,8–12,6 meter. *Layer* keenam merupakan bagian dari gua kosong dengan nilai resistivitas sebesar 1575,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 9,2 meter, dan terletak pada kedalaman 12,6–21,8 meter. *Layer* ketujuh diinterpretasikan sebagai bagian dari gua kosong dengan nilai resistivitas sebesar 5782,2 dengan ketebalan 29,8 meter, terletak pada kedalaman 21,8–51,6 meter.

4.1.3 Titik VES W3

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES W3 memiliki panjang lintasan ± 260 meter. Lintasan VES W3 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'29.26''$ LS dan $110^{\circ}58'30.14''$ BT dan berada pada ketinggian 116 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.3 di bawah ini :



Gambar 4.3 Grafik hasil inversi titik VES W3, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 8 *layer*

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.3 berikut :

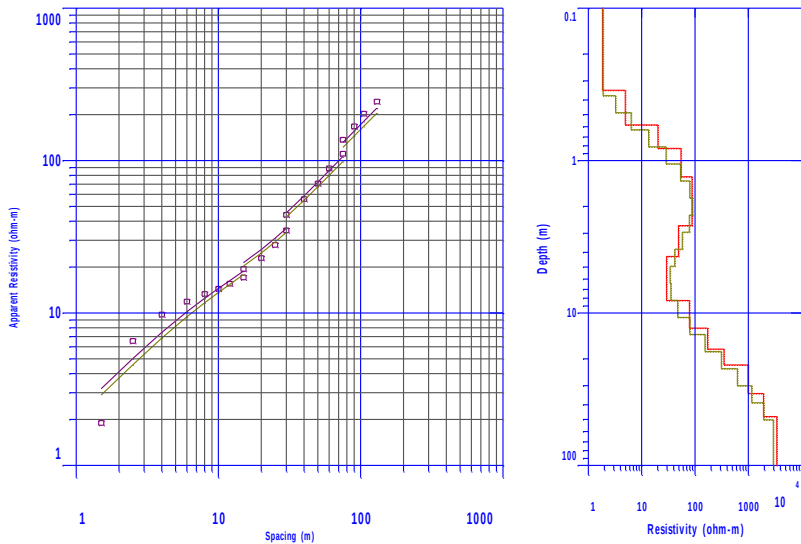
Tabel 4.3 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W3

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	10,3	0,4	0,4	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	11,3	0,1	0,5	Batuan Lempungan
3	28,8	1,5	2,0	Karbonat Terumbu
4	26,4	9,7	11,8	Karbonat Terumbu
5	71,7	5,6	17,4	Karbonat Terumbu
6	154,7	5,5	22,9	Karbonat Terumbu
7	324,9	9,2	32,1	Karbonat Pejal
8	1224,1	19,0	51,1	Bagian Dari Gua Kosong

Didapatkan 8 *layer* pada pengolahan data VES di titik pengukuran VES W3. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan nilai resistivitas sebesar 10,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,4 meter. *Layer* kedua merupakan sisipan batuan lempungan dengan nilai resistivitas sebesar 11,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,1 meter, berada pada kedalaman 0,5 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan nilai resistivitas sebesar 28,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,5 meter, dan berada pada kedalaman 0,5–2 meter. *Layer* keempat merupakan karbonat terumbu dengan nilai resistivitas sebesar 26,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 9,7 meter, dan berada pada kedalaman 2–11,8 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat terumbu dengan nilai resistivitas sebesar 71,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 5,6 meter, dan berada pada kedalaman 11,8–17,4 meter. *Layer* keenam merupakan karbonat terumbu dengan nilai resistivitas sebesar 154,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 5,5 meter, dan berada pada kedalaman 17,4–32,9 meter. *Layer* ketujuh merupakan karbonat pejal dengan nilai resistivitas sebesar 324,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 9,2 meter, dan berada pada kedalaman 32,9–51,1 meter.

4.1.4 Titik VES W4

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES W4 memiliki panjang lintasan ± 260 meter. Lintasan VES W4 terletak pada koordinat 8°12'29.61" S dan 110°58'30.45" BT dan berada pada level elevasi 98 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4.4 Grafik hasil inversi titik VES W4, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi elektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 12 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi per lapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W4

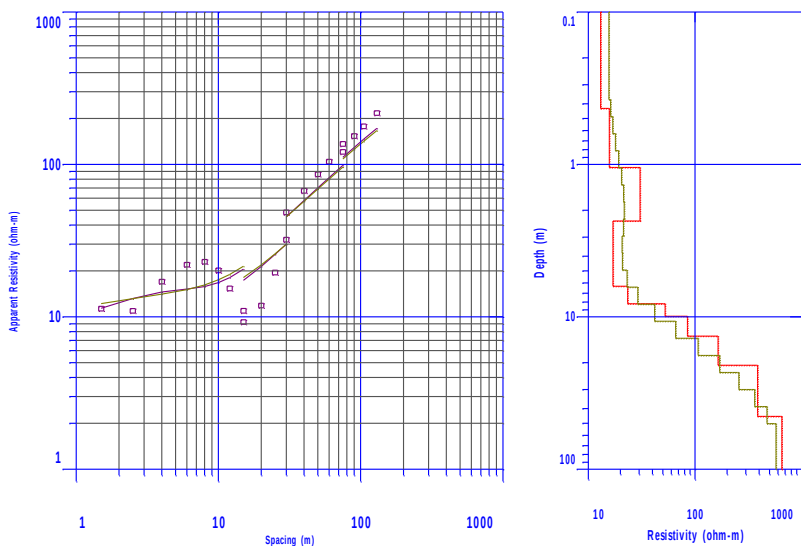
Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	1,8	0,3	0,3	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	4,9	0,2	0,6	Batuan Lempungan
3	20,1	0,2	0,8	Karbonat Terumbu
4	54,4	0,4	1,3	Karbonat Terumbu
5	87,9	1,4	2,7	Karbonat Terumbu
6	49,0	1,6	4,3	Karbonat Terumbu
7	29,2	4,0	8,3	Karbonat Terumbu
8	78,7	4,3	12,6	Karbonat Terumbu
9	171,9	4,7	17,3	Karbonat Terumbu
10	348,6	4,7	21,9	Karbonat Pejal
11	988,9	11,9	33,8	Karbonat Pejal

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
12	1918,8	14,0	47,8	Bagian Dari Gua Kosong

Hasil komputasi *curve matching* titik pengukuran VES W4 menghasilkan 12 *layer*. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 1,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,3 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,3 meter. *Layer* kedua diinterpretasikan sebagai sisipan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 4,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,2 meter, dan berada pada kedalaman 0,3–0,6 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 20,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,2 meter, dan berada pada kedalaman 0,6–0,8 meter. *Layer* keempat merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 54,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman 0,8–1,3 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 87,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,4 meter, dan berada pada kedalaman 1,3–2,7 meter. *Layer* keenam merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 49,0 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,6 meter, dan berada pada kedalaman 2,7–4,3 meter. *Layer* ketujuh merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 29,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 4 meter, dan berada pada kedalaman 4,3–8,3 meter. *Layer* delapan merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 78,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 4,3 meter, dan berada pada kedalaman 8,3–12,6 meter. *Layer* kesembilan merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 171,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 4,7 meter, dan berada pada kedalaman 12,6–17,3 meter. *Layer* kesepuluh merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 348,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 4,7 meter, dan berada pada kedalaman 17,3–21,9 meter. *Layer* kesebelas merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 988,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 11,9 meter, dan berada pada kedalaman 21,9–33,8 meter. *Layer* keduabelas merupakan bagian dari gua kosong dengan resistivitas sebesar 1919,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 14 meter, dan berada pada kedalaman 33,8–47,8 meter.

4.1.5. Titik VES W5

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES W5 memiliki panjang lintasan ±260 meter. Lintasan VES W5 terletak pada koordinat 8°12'28.79" S dan 110°58'29.80" BT yang berada pada elevasi 98 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5 Grafik hasil inversi titik VES W5, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 9 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.5 berikut :

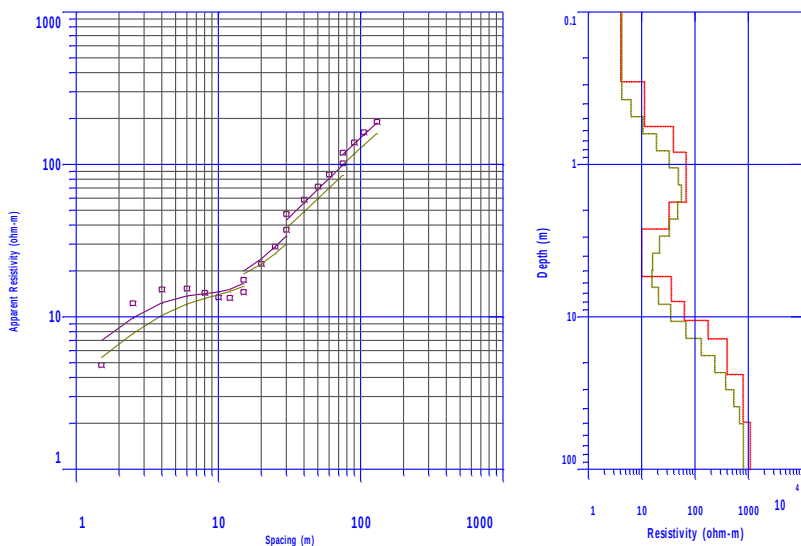
Tabel 4.5 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W5

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	13,1	0,4	0,4	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	15,7	0,6	1,0	Batuan Lempungan
3	30,5	1,3	2,4	Karbonat Terumbu
4	17,0	4,0	6,3	Batuan Lempungan
5	23,4	1,9	8,2	Karbonat Terumbu
6	52,5	1,7	9,9	Karbonat Terumbu
7	85,1	3,5	13,4	Karbonat Terumbu
8	164,6	7,4	20,8	Karbonat Terumbu
9	386,3	24,2	45,0	Karbonat Pejal

Hasil pengolahan data geolistrik pada titik pengkuan VES W5 menghasilkan 9 *layer*. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 13,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,4 meter. *Layer* kedua diinterpretasikan sebagai sisipan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 15,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,6 meter, dan berada pada kedalaman 0,4–1 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 30,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 01,3 meter, dan berada pada kedalaman 1–2,4 meter. *Layer* keempat merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 17 Ohm.m, memiliki ketebalan 4 meter, dan berada pada kedalaman 2,4–6,3 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 23,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,9 meter, dan berada pada kedalaman 6,3–8,2 meter. *Layer* keenam merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 52,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,7 meter, dan berada pada kedalaman 8,2–9,9 meter. *Layer* ketujuh merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 85,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,5 meter, dan berada pada kedalaman 9,9–13,4 meter. *Layer* delapan merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 164,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 7,4 meter, dan berada pada kedalaman 13,4–20,8 meter. *Layer* kesembilan merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 386,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 24,2 meter, dan berada pada kedalaman 20,8–45 meter.

4.1.6. Titik VES W6

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES W6 memiliki panjang lintasan ± 260 meter. Lintasan VES W6 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'28.63''$ LS dan $110^{\circ}58'29.67''$ BT dan berada pada ketinggian 96 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.6 di bawah ini :



Gambar 4.6 Grafik hasil inversi titik VES W6, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 11 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.6 berikut :

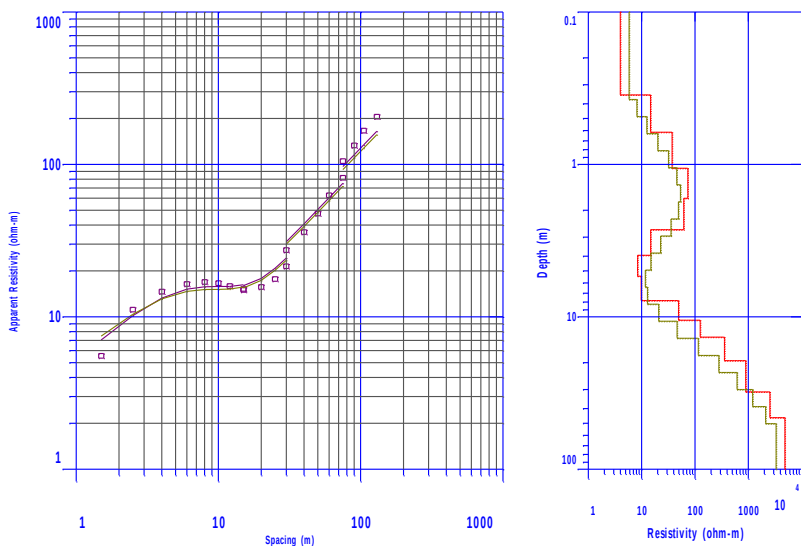
Tabel 4.6 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W6

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	4,1	0,3	0,3	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	11,3	0,3	0,6	Batuan Lempungan
3	39,2	0,3	0,8	Karbonat Terumbu
4	68,0	0,9	1,8	Karbonat Terumbu
5	32,5	0,9	2,7	Karbonat Terumbu
6	9,9	2,8	5,4	Batuan Lempungan
7	35,9	2,5	7,9	Karbonat Terumbu
8	62,7	2,6	10,5	Karbonat Terumbu
9	175,8	3,4	13,9	Karbonat Terumbu
10	398,0	10,0	23,9	Karbonat Pejal
11	796,1	25,3	49,2	Karbonat Pejal

Terdapat 11 *layer* dari hasil pengolahan data VES di titik pengukuran VES W6. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 4,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,3 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,3 meter. *Layer* kedua diinterpretasikan sebagai sisipan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 11,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,3 meter, dan berada pada kedalaman 0,3–0,6 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 39,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,3 meter, dan berada pada kedalaman 0,6–0,8 meter. *Layer* keempat merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 68 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,9 meter, dan berada pada kedalaman 0,8–1,8 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 32,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,9 meter, dan berada pada kedalaman 1,8–2,7 meter. *Layer* keenam merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 9,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,8 meter, dan berada pada kedalaman 2,7–5,4 meter. *Layer* ketujuh merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 35,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,5 meter, dan berada pada kedalaman 5,4–7,9 meter. *Layer* delapan merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 62,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,6 meter, dan berada pada kedalaman 7,9–10,5 meter. *Layer* kesembilan merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 175,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,4 meter, dan berada pada kedalaman 10,5–13,9 meter. *Layer* kesepuluh merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 398 Ohm.m, memiliki ketebalan 20 meter, dan berada pada kedalaman 13,9–23,9 meter. *Layer* kesebelas merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 796,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 25,3 meter, dan berada pada kedalaman 23,9–49,2 meter.

4.1.7. Titik VES W7

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES W7 memiliki panjang lintasan ± 260 meter. Lintasan VES W7 terletak pada koordinat 8°12'28.25" LS dan 110°58'29.53" BT dan berada pada elevasi 100 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.7 di bawah ini :



Gambar 4.7 Grafik hasil inversi titik VES W4, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 13 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES W7

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	4,0	0,3	0,3	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	14,7	0,3	0,6	Batuan Lempungan
3	37,3	0,4	1,1	Karbonat Terumbu
4	73,6	0,6	1,7	Karbonat Terumbu
5	61,6	1,0	2,7	Karbonat Terumbu
6	14,8	1,3	3,9	Batuan Lempungan
7	8,4	1,5	5,4	Batuan Lempungan
8	9,8	2,4	7,8	Batuan Lempungan
9	49,3	2,7	10,5	Karbonat Terumbu
10	125,3	3,1	13,6	Karbonat Terumbu
11	357,9	5,8	19,4	Karbonat Pejal
12	895,9	11,7	31,1	Karbonat Pejal

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
13	2542,4	14,8	45,9	Bagian dari Gua Kosong

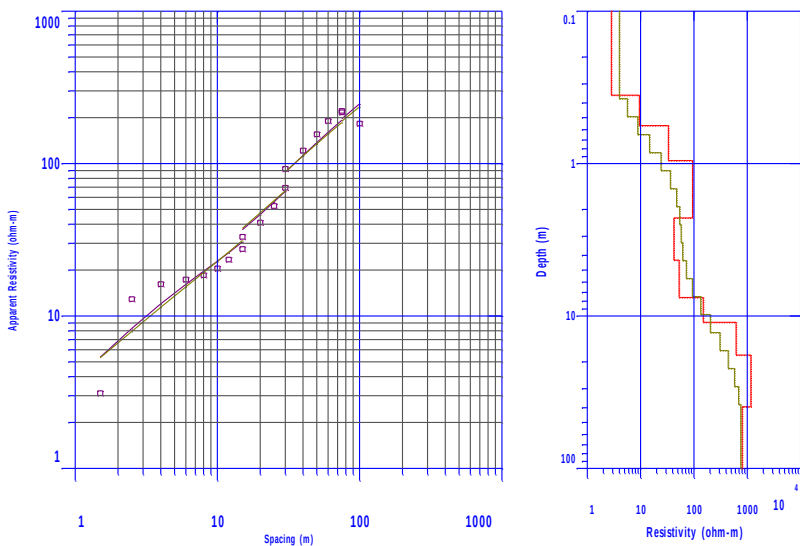
Hasil komputasi *curve matching* titik pengukuran VES W7 menghasilkan 13 *layer*. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 4 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,3 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,3 meter. *Layer* kedua diinterpretasikan sebagai sisipan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 14,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,3 meter, dan berada pada kedalaman 0,3–0,6 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 37,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman 0,6–1,1 meter. *Layer* keempat merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 73,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,6 meter, dan berada pada kedalaman 1,1–1,7 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 61,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 1 meter, dan berada pada kedalaman 1,7–2,7 meter. *Layer* keenam merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 14,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,3 meter, dan berada pada kedalaman 2,7–3,9 meter. *Layer* ketujuh merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 8,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,5 meter, dan berada pada kedalaman 3,9–5,4 meter. *Layer* delapan merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 9,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,4 meter, dan berada pada kedalaman 5,4–7,8 meter. *Layer* kesembilan merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 49,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,7 meter, dan berada pada kedalaman 7,8–10,5 meter. *Layer* kesepuluh merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 125,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,1 meter, dan berada pada kedalaman 10,5–13,6 meter. *Layer* kesebelas merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 357,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 5,8 meter, dan berada pada kedalaman 13,6–19,4 meter. *Layer* keduabelas merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 895,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 11,7 meter, dan berada pada kedalaman 19,4–31,1 meter. *Layer* ketigabelas merupakan bagian dari gua kosong dengan resistivitas sebesar 2542,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 14,8 meter, dan berada pada kedalaman 31,1–45,9 meter.

Berdasarkan hasil pengolahan data pada ketujuh titik di lokasi VES W, diketahui bahwa rata-rata kedalaman yang didapatkan dari pengukuran geolistrik VES menggunakan metode *Schlumberger* dengan bentangan sebesar 260 meter yaitu sebesar 49,22 meter di bawah permukaan tanah. Secara garis besar nilai resistivitas menunjukkan adanya lapisan *top soil* dengan ketebalan rata-rata 0,4 meter yang merupakan material hasil pelapukan, batuan karbonat terumbu dengan nilai resistivitas kurang dari 175,8 sehingga dapat dikatakan proses karstifikasi telah berkembang baik, sisipan batuan lempungan dengan

nilai resistivitas berkisar pada 4,9–17,0 Ohm.m, batuan karbonat pejal dengan nilai resistivitas berkisar pada 324,9–988,9 Ohm.m, dan juga bagian dari gua kosong dengan nilai resistivitas yang mencapai 5782,4 Ohm.m pada titik-titik VES W1, W2, W3, W4, dan W7 berada pada kedalaman sekitar 40 meter.

4.1.8. Titik VES T1

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES T1 memiliki panjang lintasan ± 200 meter. Lintasan VES T1 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'0.81''$ LS dan $110^{\circ}57'52.77''$ BT dan berada pada ketinggian 109 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.8 di bawah ini :



Gambar 4.8 Grafik hasil inversi titik VES T1, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 9 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.8 berikut :

Tabel 4.8 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T1

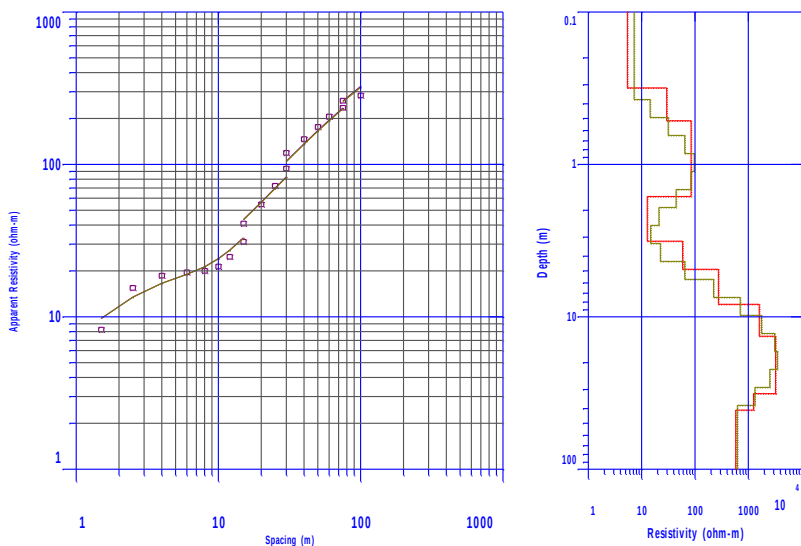
Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	2,8	0,4	0,4	Lapisan <i>Top Soil</i>

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
2	9,5	0,2	0,6	Batuan Lempungan
3	33,2	0,4	1,0	Karbonat Terumbu
4	94,1	1,3	2,3	Karbonat Terumbu
5	42,2	2,0	4,3	Karbonat Terumbu
6	52,6	3,3	7,6	Karbonat Terumbu
7	149,7	3,5	11,0	Karbonat Terumbu
8	616,9	7,0	18,0	Karbonat Pejal
9	1169,7	21,4	39,4	Bagian dari Gua Kosong

Hasil komputasi *curve matching* titik pengukuran VES T1 menghasilkan 9 layer. Layer pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 2,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,4 meter. Layer kedua diinterpretasikan sebagai sisipan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 9,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,2 meter, dan berada pada kedalaman 0,4–0,6 meter. Layer ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 33,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman 0,6–1 meter. Layer keempat merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 94,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,3 meter, dan berada pada kedalaman 1–2,3 meter. Layer kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 42,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 2 meter, dan berada pada kedalaman 2,3–4,3 meter. Layer keenam merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 52,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,3 meter, dan berada pada kedalaman 4,3–7,6 meter. Layer ketujuh merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 149,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,4 meter, dan berada pada kedalaman 7,6–11 meter. Layer delapan merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 616,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 7 meter, dan berada pada kedalaman 11–18 meter. Layer kesembilan merupakan bagian dari gua kosong dengan resistivitas sebesar 1169,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 21,4 meter, dan berada pada kedalaman 18–39,4 meter.

4.1.9. Titik VES T2

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES T2 memiliki panjang lintasan ± 200 meter. Lintasan VES T2 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'0.78''$ LS dan $110^{\circ}57'52.59''$ BT dan berada pada elevasi 107 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.9 di bawah ini :



Gambar 4.9 Grafik hasil inversi titik VES T2, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi elektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 9 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.9 berikut :

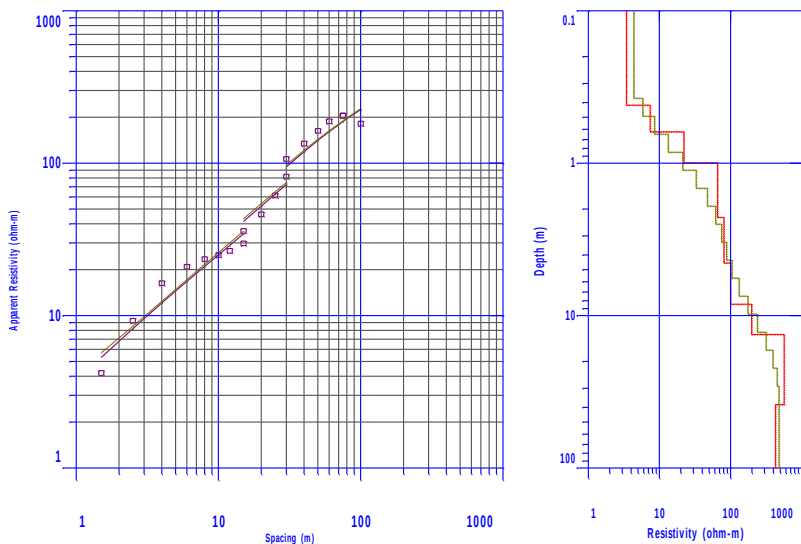
Tabel 4.9 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T2

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	5,4	0,3	0,3	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	29,4	0,2	0,5	Karbonat Terumbu
3	84,4	1,1	1,6	Karbonat Terumbu
4	12,7	1,6	3,2	Batuan Lempungan
5	58,7	1,7	4,9	Karbonat Terumbu
6	274,4	3,4	8,3	Karbonat Pejal
7	1601,3	5,1	13,4	Bagian dari Gua Kosong
8	3239,8	18,5	31,9	Bagian dari Gua Kosong
9	1252,8	9,0	41,0	Bagian dari Gua Kosong

Hasil pengolahan data geolistrik pada titik pengukuran VES T2 menghasilkan 9 *layer*. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 5,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,3 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,3 meter. *Layer* kedua diinterpretasikan sebagai karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 29,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,2 meter, dan berada pada kedalaman 0,3–0,5 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 84,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,1 meter, dan berada pada kedalaman 0,5–1,6 meter. *Layer* keempat merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 12,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,6 meter, dan berada pada kedalaman 1,6–3,2 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 58,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,7 meter, dan berada pada kedalaman 3,2–4,9 meter. *Layer* keenam merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 274,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,4 meter, dan berada pada kedalaman 4,9–8,3 meter. *Layer* ketujuh merupakan bagian dari gua kosong resistivitas sebesar 1601,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 5,1 meter, dan berada pada kedalaman 8,3–13,4 meter. *Layer* delapan merupakan bagian dari guakosong dengan resistivitas sebesar 3239,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 18,5 meter, dan berada pada kedalaman 13,4–31,9 meter. *Layer* kesembilan merupakan bagian dari gua kosong dengan resistivitas sebesar 1252,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 9 meter, dan berada pada kedalaman 31,9–41 meter.

4.1.10. Titik VES T3

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES T3 memiliki panjang lintasan ± 200 meter. Lintasan VES T3 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'0.64''$ LS dan $110^{\circ}57'52.75''$ BT dan berada pada ketinggian 109 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan *curve matching* seperti Gambar 4.10 :



Gambar 4.10 Grafik hasil inversi titik VES T3, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi elektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 8 layer

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.10 berikut :

Tabel 4.10 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T3

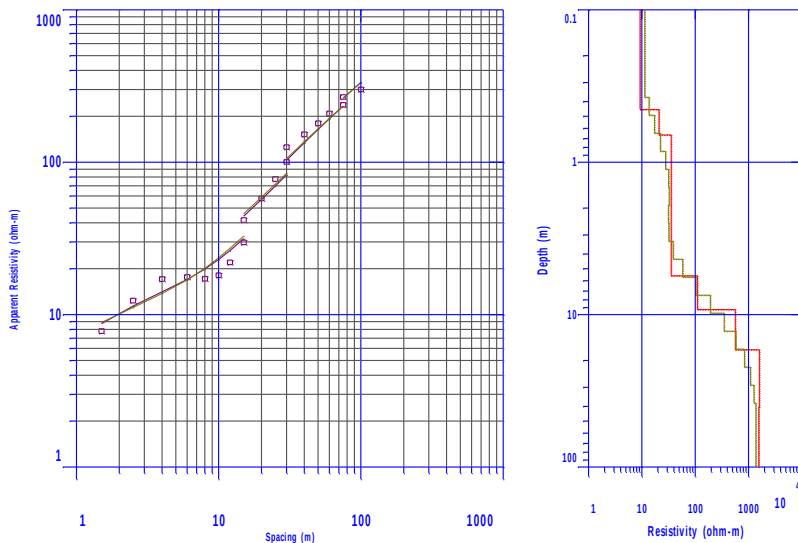
Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	3,4	0,4	0,4	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	7,4	0,2	0,6	Batuan Lempungan
3	22,1	0,4	1,0	Karbonat Terumbu
4	65,6	1,3	2,3	Karbonat Terumbu
5	80,4	2,3	4,5	Karbonat Terumbu
6	99,7	3,9	8,4	Karbonat Terumbu
7	197,5	4,9	13,3	Karbonat Terumbu
8	567,3	25,0	38,3	Karbonat Pejal

Hasil pengolahan data geolistrik pada titik pengukuran VES T3 menghasilkan 8 layer. Layer pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 3,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,4 meter. Layer kedua diinterpretasikan sebagai sisipan

batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 7,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,2 meter, dan berada pada kedalaman 0,4–0,6 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 22,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman 0,6–1 meter. *Layer* keempat merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 65,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,3 meter, dan berada pada kedalaman 1–2,3 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 80,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,3 meter, dan berada pada kedalaman 2,3–4,5 meter. *Layer* keenam merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 99,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,9 meter, dan berada pada kedalaman 4,5–8,4 meter. *Layer* ketujuh merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 197,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 4,9 meter, dan berada pada kedalaman 8,4–13,3 meter. *Layer* delapan merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 567,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 25 meter, dan berada pada kedalaman 13,3–38,3 meter.

4.1.11. Titik VES T4

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES T4 memiliki panjang lintasan ± 200 meter. Lintasan VES T4 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'0.21''$ LS dan $110^{\circ}57'53.12''$ BT dan berada pada ketinggian 111 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.11 dibawah ini:



Gambar 4.11 Grafik hasil inversi titik VES T4, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan

apparent resistivity (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 6 *layer*

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.11 berikut :

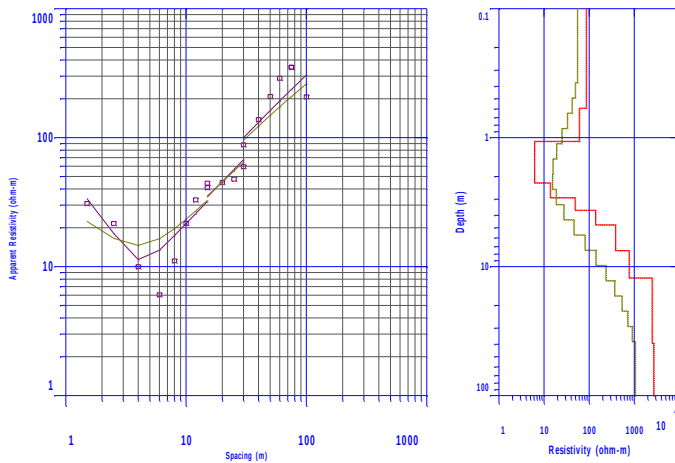
Tabel 4.6 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T4

Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	9,3	0,5	0,5	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	21,0	0,2	0,7	Karbonat Terumbu
3	35,4	4,9	5,6	Karbonat Terumbu
4	109,9	3,7	9,3	Karbonat Terumbu
5	564,6	7,8	17,0	Karbonat Pejal
6	1597,8	23,4	40,4	Bagian dari Gua Kosong

Hasil pengolahan data geolistrik pada titik pengukuran VES T4 menghasilkan 6 *layer*. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 9,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,5 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,5 meter. *Layer* kedua diinterpretasikan sebagai karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 21 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,2 meter, dan berada pada kedalaman 0,5–0,7 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 35,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 4,9 meter, dan berada pada kedalaman 0,7–5,6 meter. *Layer* keempat merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 109,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 3,7 meter, dan berada pada kedalaman 5,6–9,3 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 564,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 7,8 meter, dan berada pada kedalaman 9,3–17 meter. *Layer* keenam merupakan bagian dari gua kosong dengan resistivitas sebesar 1597,8 Ohm.m, memiliki ketebalan 23,4 meter, dan berada pada kedalaman 17–40,4 meter.

4.1.12. Titik VES T5

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES T5 memiliki panjang lintasan ± 200 meter. Lintasan VES T5 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'1.01''$ LS dan $110^{\circ}57'52.49''$ BT dan berada pada ketinggian 110 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.12 di bawah ini :



Gambar 4.12 Grafik hasil inversi titik VES T5, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 9 *layer*

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.12 berikut :

Tabel 4.7 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T5

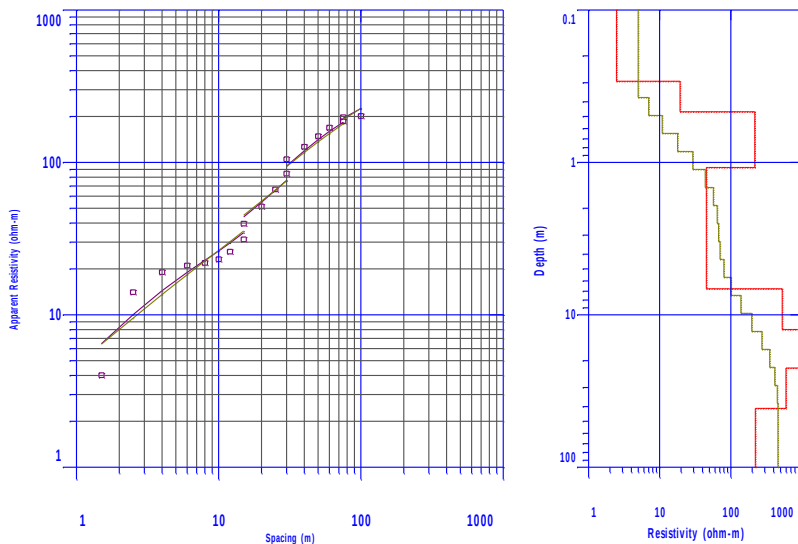
Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	86,3	0,6	0,6	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	60,3	0,5	1,1	Karbonat Terumbu
3	6,1	1,2	2,2	Batuan Lempungan
4	13,7	0,7	2,9	Batuan Lempungan
5	48,9	0,7	3,6	Karbonat Terumbu
6	138,6	1,1	4,7	Karbonat Terumbu
7	382,9	2,8	7,5	Karbonat Pejal
8	769,3	4,7	12,2	Karbonat Pejal
9	2485,3	27,0	39,2	Bagan dari Gua Kosong

Hasil pengolahan data geolistrik pada titik pengukuran VES T5 menghasilkan 9 *layer*. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 86,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,6 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,6 meter. *Layer* kedua diinterpretasikan sebagai karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 60,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,5 meter,

dan berada pada kedalaman 0,6–1,1 meter. *Layer* ketiga merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 6,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,2 meter, dan berada pada kedalaman 1,1–2,2 meter. *Layer* keempat merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 13,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,7 meter, dan berada pada kedalaman 2,2–2,9 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 48,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,7 meter, dan berada pada kedalaman 2,9–3,6 meter. *Layer* keenam merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 138,6 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,1 meter, dan berada pada kedalaman 3,6–4,7 meter. *Layer* ketujuh merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 382,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,8 meter, dan berada pada kedalaman 4,7–7,5 meter. *Layer* delapan merupakan bagian dari karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 769,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 4,7 meter, dan berada pada kedalaman 7,5–2,2 meter. *Layer* kesembilan merupakan bagian dari gua kosong dengan resistivitas sebesar 2485,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 27 meter, dan berada pada kedalaman 12,2–39,2 meter.

4.1.13. Titik VES T6

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES T6 memiliki panjang lintasan ± 200 meter. Lintasan VES T6 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'1.06''$ LS dan $110^{\circ}57'52.28''$ BT dan berada pada elevasi 109 di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.13 di bawah ini :



Gambar 4.13 Grafik hasil inversi titik VES T6, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat (AB/2) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 7 *layer*

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.13 berikut :

Tabel 4.83 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T6

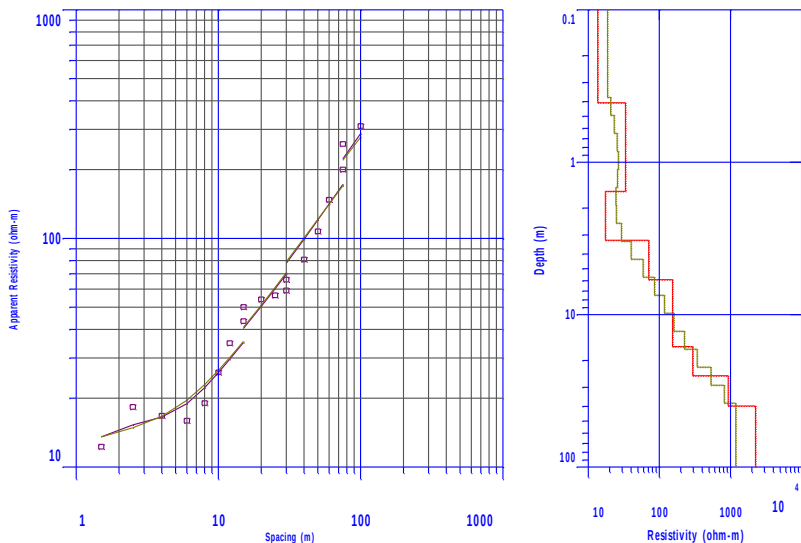
Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	2,5	0,3	0,3	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	19,4	0,2	0,5	Batuan Lempungan
3	217,5	0,6	1,1	Karbonat Terumbu
4	45,3	5,7	6,7	Karbonat Terumbu
5	529,2	5,7	12,5	Karbonat Pejal
6	957,1	9,8	22,3	Karbonat Pejal
7	595,2	18,8	41,2	Karbonat Pejal

Hasil pengolahan data geolistrik pada titik pengukuran VES T6 menghasilkan 7 *layer*. *Layer* pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 2,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,3 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,3 meter. *Layer* kedua diinterpretasikan sebagai sisipan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 19,4 Ohm.m, memiliki ketebalan

0,2 meter, dan berada pada kedalaman 0,3–0,5 meter. *Layer* ketiga merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 217,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,6 meter, dan berada pada kedalaman 0,5–1,1 meter. *Layer* keempat merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 45,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 5,7 meter, dan berada pada kedalaman 1,1–6,7 meter. *Layer* kelima merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 529,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 5,7 meter, dan berada pada kedalaman 6,7–12,5 meter. *Layer* keenam merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 957,1 Ohm.m, memiliki ketebalan 9,8 meter, dan berada pada kedalaman 12,5–22,3 meter. *Layer* ketujuh merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 595,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 18,8 meter, dan berada pada kedalaman 22,3–41,2 meter.

4.1.14. Titik VES T7

Pengambilan data lapangan yang dilakukan pada titik VES T7 memiliki panjang lintasan ± 200 meter. Lintasan VES T7 terletak pada koordinat $8^{\circ}12'1.63''$ LS dan $110^{\circ}57'52.22''$ BT dan berada pada elevasi 109 meter di atas permukaan laut. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik *curve matching* seperti Gambar 4.14 dibawah ini :



Gambar 4.14 Grafik hasil inversi titik VES T7, sebelah kiri yaitu grafik log hubungan spasi lektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) dan *apparent resistivity* (Ohm.m), sebelah kanan yaitu hasil *curve matching* dimana pada titik ini didapatkan lapisan sebanyak 7 *layer*

Hasil nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman, dan interpretasi perlapisan batuan geolistrik disajikan pada Tabel 4.14 berikut :

Tabel 4.94 Interpretasi bawah permukaan titik pengukuran VES T7

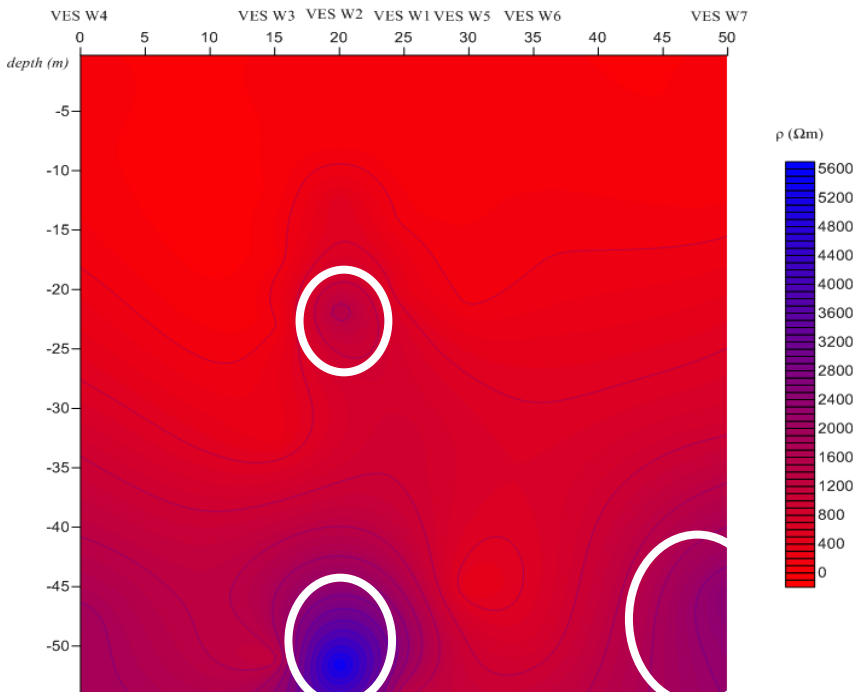
Layer	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi
1	13,5	0,4	0,4	Lapisan <i>Top Soil</i>
2	33,3	1,1	1,6	Karbonat Terumbu
3	17,4	1,7	3,3	Batuan Lempungan
4	70,9	2,6	5,9	Karbonat Terumbu
5	153,2	10,3	16,2	Karbonat Terumbu
6	294,2	9,0	25,2	Karbonat Pejal
7	928,7	14,6	39,7	Karbonat Pejal

Hasil pengolahan data geolistrik pada titik pengukuran VES T7 menghasilkan 7 layer. Layer pertama merupakan lapisan *top soil* dengan resistivitas sebesar 13,5 Ohm.m, memiliki ketebalan 0,4 meter, dan berada pada kedalaman hingga 0,4 meter. Layer kedua diinterpretasikan sebagai karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 33,3 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,1 meter, dan berada pada kedalaman 0,4–1,6 meter. Layer ketiga merupakan batuan lempungan dengan resistivitas sebesar 17,4 Ohm.m, memiliki ketebalan 1,7 meter, dan berada pada kedalaman 1,6–3,3 meter. Layer keempat merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 70,9 Ohm.m, memiliki ketebalan 2,6 meter, dan berada pada kedalaman 3,3–5,9 meter. Layer kelima merupakan karbonat terumbu dengan resistivitas sebesar 153,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 10,3 meter, dan berada pada kedalaman 5,9–16,3 meter. Layer keenam merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 294,2 Ohm.m, memiliki ketebalan 9 meter, dan berada pada kedalaman 16,3–25,2 meter. Layer ketujuh merupakan karbonat pejal dengan resistivitas sebesar 928,7 Ohm.m, memiliki ketebalan 14,6 meter, dan berada pada kedalaman 25,2–39,7 meter.

Berdasarkan hasil pengolahan data pada ketujuh titik di lokasi VES T, diketahui bahwa rata-rata kedalaman yang didapatkan dari pengukuran geolistrik VES menggunakan metode Schlumberger dengan bentangan sebesar 200 meter yaitu sebesar 39,89 meter di bawah permukaan tanah. Secara garis besar nilai resistivitas menunjukkan adanya lapisan *top soil* dengan ketebalan rata-rata 0,36 meter yang merupakan material hasil pelapukan, batuan karbonat terumbu dengan nilai resistivitas kurang dari 217,5 sehingga dapat dikatakan proses karstifikasi telah berkembang baik, sisipan batuan lempungan dengan nilai resistivitas berkisar pada 6,1–19,4 Ohm.m, batuan karbonat pejal dengan nilai resistivitas berkisar pada 153,2–957,1 Ohm.m, dan juga bagian dari gua kosong dengan nilai resistivitas yang mencapai 3239,8 Ohm.m pada titik-titik VES T1, T2, T4, dan T5 berada pada kedalaman sekitar 30 meter.

4.2 Korelasi Antar Titik VES

Korelasi antar titik dilakukan dengan interpolasi data resistivitas dan kedalaman yang didapatkan dari pengolahan pada masing-masing titik VES. Korelasi antar titik VES ini dilakukan untuk mendapatkan penampang dua dimensi yang berisi sebaran nilai resistivitas yang sebenarnya terhadap kedalaman. Sumbu x menunjukkan sebaran titik-titik VES dan jarak antar titik, sumbu y menunjukkan kedalaman yang didapatkan, sedangkan *scale bar* di sebelah kanan menunjukkan harga nilai resistivitas. Berdasarkan penampang ini kemudian akan dianalisis persebaran anomali nilai resistivitas dan diinterpretasikan. Berikut adalah hasil korelasi pada masing-masing lokasi penelitian.



Gambar 4.15 Hasil Korelasi Antar Titik VES di sebelah Timur Laut Luweng Winong dimana lingkaran putih menunjukkan anomali tinggi yang diduga sebagai rongga atau gua kosong

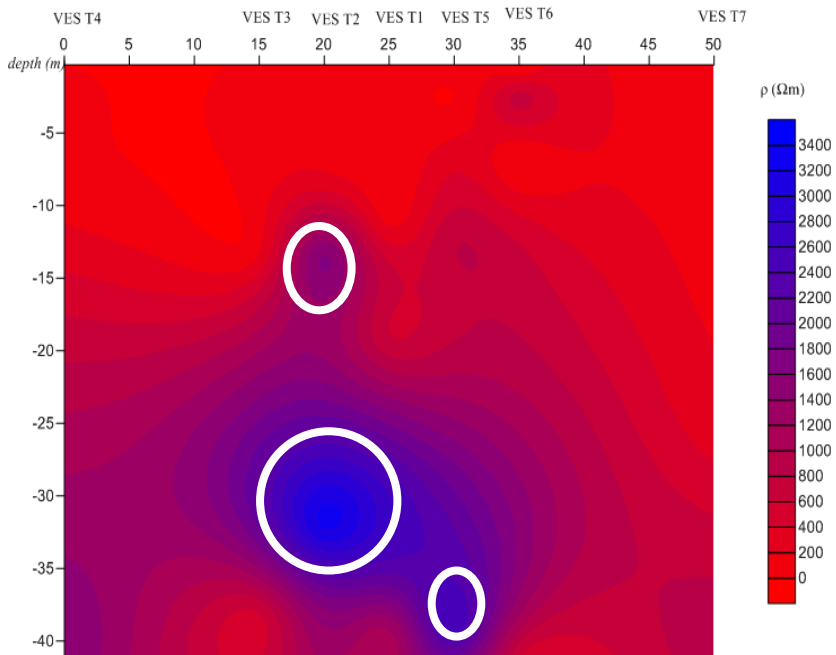
Korelasi antar titik VES W merupakan interpolasi data resistivitas 1D secara vertikal masing-masing titik VES W yaitu titik VES W1, VES W2, VES W3, VES W4, VES W5, VES W6, dan VES W7 yang tersebar di sebelah timur

laut luweng winong dengan arah Barat Laut – Tenggara. Penampang yang dihasilkan dari interpolasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.15 di atas.

Berdasarkan Gambar 4.15 dapat diketahui nilai resistivitas berkisar pada 0-5600 Ohm yang ditunjukkan oleh warna merah hingga biru dengan kedalaman mencapai 50 meter di bawah permukaan tanah. Dengan rentang nilai tersebut diduga proses karstifikasi telah berkembang dengan baik di lokasi penelitian ini. Pada bagian permukaan hingga kedalaman sekitar 0-15 meter, didominasi oleh nilai resistivitas kurang dari 250 Ohm.m, terdiri dari lapisan top soil pada bagian atas dengan ketebalan rata-rata sebesar 0,4 meter diduga berasal dari endapan hasil pelapukan, kemudian didominasi oleh lapisan batugamping terumbu yang memiliki rekahan-rekahan sebagai media mengalirnya air dari permukaan dan terdapat pula sisipan-sisipan batuan lempungan. Kemudian semakin kedalam nilai resistivitasnya semakin meningkat yang diduga sebagai batuan karbonat pejal. Selain itu, dapat dilihat adanya anomali resistivitas rendah ke tinggi yang ditunjukkan oleh lingkaran putih pada Gambar 4.15. Dimana anomali ini berada pada kedalaman sekitar 20-25 meter disekitar titik VES W2, kemudian pada kedalaman sekitar 45-50 meter diantara titik VES W2 dan W3, dan pada kedalaman sekitar 45-50 meter disekitar titik VES W7. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Neuman dkk, pada tahun 2009, peningkatan nilai resistivitas menunjukkan kandungan air yang sedikit, begitupun sebaliknya. Sehingga penulis menginterpretasikan anomali tersebut sebagai gua kosong. Pengolahan data 1D pada masing-masing titik VES W juga didapatkan gua kosong pada di titik-titik VES di sekitar anomali tersebut. Diduga gua kosong ini merupakan terusan dari luweng Winong yang ada di sebelah barat dayanya. Dimana gua ini merupakan hasil dari proses pelarutan yang berkembang di atas muka air tanah berdasarkan teori yang diungkapkan oleh Ford dan William dalam Handayani (2009) pada Bab 2.

Kemudian untuk korelasi antar titik VES T merupakan interpolasi data resistivitas 1D secara vertikal masing-masing titik VES T yaitu titik VES T1, VES T2, VES T3, VES T4, VES T5, VES T6, dan VES T7 yang tersebar di sebelah timur luweng Tanggung dengan arah Utara - Selatan. Penampang yang dihasilkan dari interpolasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.16.

Berdasarkan Gambar 4.16 diketahui bahwa nilai resistivitas berkisar pada 0-3200 Ohm.m yang ditunjukkan oleh warna merah hingga biru. Berdasarkan rentang nilai ini diduga proses karstifikasi juga telah berkembang pada lokasi ini. Pada bagian permukaan didominasi oleh warna merah atau resistivitas rendah dengan nilai resistivitas kurang dari 200 Ohm.m terdiri dari lapisan top soil, kemudian batu gamping terumbu, dan sisipan-sisipan batuan lempungan. Lingkaran berwarna putih memperlihatkan perubahan anomali rendah ke tinggi terlihat pada kedalaman 15 meter dan 30-35 meter di sekitar titik pengukuran VES T2-T3.



Gambar 4.16 Hasil korelasi antar titik VES T di sebelah timur Luweng Tanggung dimana lingkaran putih menunjukkan anomali tinggi yang diduga sebagai rongga atau gua kosong

Penulis menafsirkan perubahan anomali tersebut sebagai gua berisi udara. Pengolahan data 1D pada masing-masing titik VES T juga didapatkan gua kosong pada di titik-titik VES di sekitar anomali tersebut. Dimana gua ini juga merupakan hasil dari proses pelarutan yang berkembang di atas muka air tanah berdasarkan teori yang diungkapkan oleh Ford dan William dalam Handayani (2009) pada Bab 2.

Berdasarkan hasil pengolahan data 1D dan anomali nilai resistivitas tinggi yang tersebar di dua penampang interpolasi titik-titik VES, penulis menginterpretasikan bahwa pada lokasi penelitian ini (Desa Dersono) telah berkembang rongga-rongga berisi udara atau gua kosong sebanyak dua tingkat pada kedalaman kurang lebih sekitar 15-25 meter dan 35-40 meter. Interpretasi ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Neumann, dkk., pada tahun 2009, dimana tersebut meningkatnya tahanan listrik berarti kandungan air yang rendah dan diinterpretasikan sebagai gua berisi udara. Menurut Nugroho dan Sukiyah (2016) heterogenitas dan diskontinuitas pada batu gamping sistem karst menyebabkan tahanan jenis yang dihasilkan sangat bervariasi meskipun bekerja pada formasi yang sama, meskipun begitu anomali

tetap terjadi pada objek karst gua dan sungai bawah permukaan. Sungai dan gua bawah permukaan yang kering akan memberikan nilai tahanan jenis yang mencapai ribuan, lebih tinggi dari lapisan batuan di sekitarnya. Sungai dan gua bawah permukaan yang jenuh air sebaliknya, nilai tahanan jenisnya akan turun jauh dari batuan disekitarnya. Diduga gua-gua ini berkembang pada zona *vadose* atau di atas muka air tanah, dimana gua-gua tersebut terbentuk oleh aliran air di permukaan karst kemudian masuk kedalam *swallow holes* atau luweng di sekitar titik pengukuran VES seperti Luweng Winong dan Luweng Tanggung. Kemudian aliran air tersebut mengalir secara vertikal ke dalam tanah melalui lubang-lubang batuan dan menuju zona jenuh air. Ketika sampai di zona jenuh air, maka air tersebut bergerak dengan arah horizontal dengan mengikuti celah-celah yang terdapat dari batuan seperti bidang perlapisan, kekar, retakan dan sebagainya. Pergerakan air tersebut pada waktu yang bersamaan akan mengikis dan melarutkan batuan yang dilaluinya secara perlahan. Sehingga menghasilkan celah yang semakin luas dan dalam waktu yang lama akan menghasilkan sebuah terowongan atau gua yang diduga saling terhubung kemungkinan dapat menjadi sistem sungai bawah permukaan pada saat musim penghujan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data geolistrik VES di kawasan karst Desa Dersono, Pacitan dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat anomali nilai resistivitas rendah ke tinggi yakni sekitar 5782,4 Ohm.m dan 3239,8 Ohm.m dan diidentifikasi sebagai rongga-rongga atau gua kosong sebanyak dua tingkat yang berada kedalaman sekitar 15-25 meter dan 35-40 meter. Rongga-rongga atau gua kosong tersebut diduga berkembang karena proses pelarutan batuan yang terjadi pada zona *vadose* atau di atas muka air tanah.

5.2 Saran

Saran penulis yang dapat disampaikan kepada penelitian selanjutnya yaitu agar menggunakan metode yang sama untuk penelitian lebih lanjut mengenai pemetaan sebaran akuifer dengan sebaran titik dibuat berupa lintasan agar sekaligus dapat mengetahui kedalaman muka air tanah sebagai bahan pendukung penelitian ini, serta memvalidasinya dengan data pemboran.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR PUSTAKA

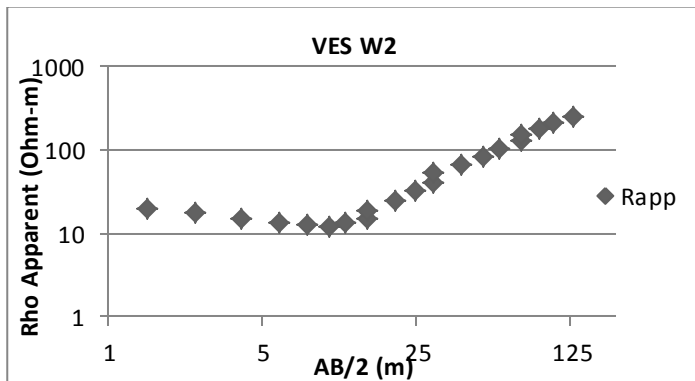
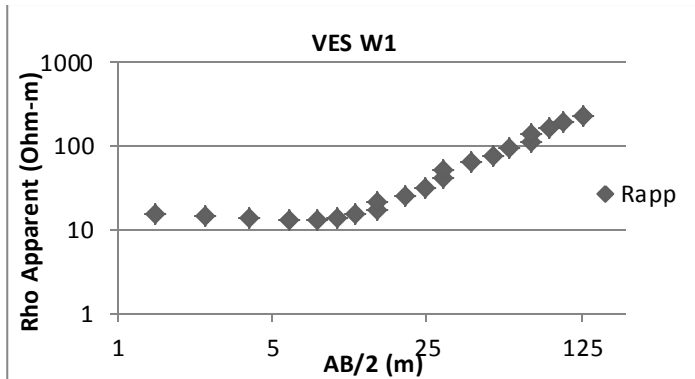
- Adji, T.N. dan Suyono, (2004), *Bahan Ajar Hidrologi Dasar*, Fakultas Geografi UGM
- Aliyan, A. Silmi. (2018), *Identifikasi Kontrol Struktur Geologi Terhadap Pola Aliran Sungai Bawah Permukaan di Kecamatan Pringkuku, Kabupaten Pacitan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Andriyani. Satuti. (2011), *Metode Geolistrik Imaging Konfigurasi Dipole-Dipole Digunakan untuk Penelusuran Sistem Sungai Bawah Tanah pada Kawasan Karst di Pacitan, Jawa Timur*. Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Eko Ridarso. (1996), *Aplikasi Teknik Penginderaan Jauh untuk Estimasi Jalur Sungai Bawah Tanah Daerah Karst Tropik (Studi Kasus : Sungai Bawah Tanah Bribin)*. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Ford, D. dan Williams, P. (2007), *Karst Geomorphology and Hydrology* London : Chapman and Hall
- Handayani, A. (2009), *Analisis Potensi Sungai Bawah Tanah di Gua Seropandan Gua Semuluh untuk Pendataan Sumber Air Kawasan Karst di Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Kurniawan, F.Z. (2017), *Interpretasi Data Resistivitas 1D (VES) Kawasan Karst Studi Kasus Desa Sekar, Pacitan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Lilik Hendrajaya dan Idam Arif. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika-MIPA ITB Bandung
- Murti, Hani A. (2009), *Analisis Pendugaan Akifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Sounding dan Mapping di Kawasan Karst Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri* Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Naufaldi, F., Hilyah, A., B, A.S., Geofisika, D.T., Teknik, F., Lingkungan, S. dan Sepuluh, I.T. (2017), *Identifikasi sungai bawah permukaan menggunakan metode esistivitas 2d di kawasan karst pacitan*, hal. 1-4.
- Neumann, T., Berner, Z., Stüben, D., Bahri, S., Jaya, M., (2009), *Geowissenschaftliche Bewertung von Karsthöhlen für die Wasserbewirtschaftung in Gunung Sewu* 7.
- Nugroho, Bani dan Emi Sukiyah. (2016), *Physical-Mechanical Characteristics of Limestone and Underground Rivers Mapping to Support the Development of Micro-Hydro Installation in Karst Land Forms Case Study: Cave Seropan, Gunung Kidul, Indonesia*. Christchurch
- Pacitankab.go.id id diakses pada tanggal 10 Januari 2018 pukul 21.00 WIB
- Puradimaja, D.J. (2006), *Hidrogeologi umum Sifat Fisik dan Kimia Air Tanah*. Diakses melalui : <http://www.scribd.com/doc/week13-gl-2121-general-hydrogeologyfenomenadisidankimia-air-tanah>

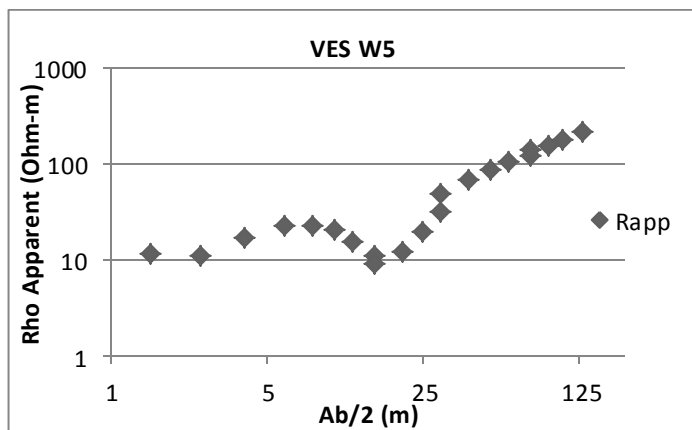
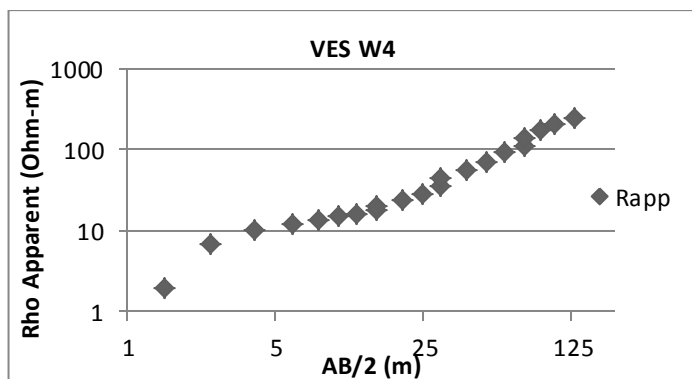
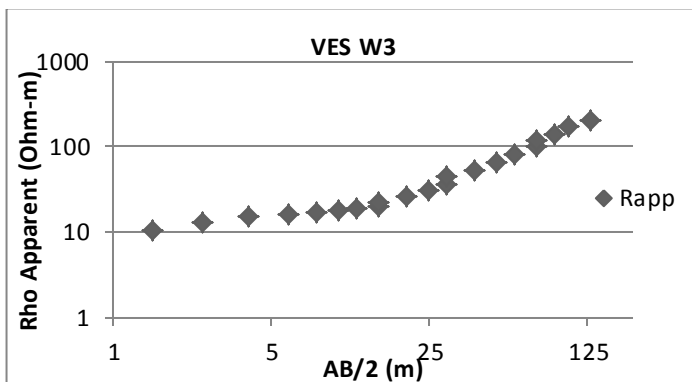
- Samodra, H. (2001), *Nilai strategis kawasan kars di Indonesia dan usaha pengelolaannya secara berkelanjutan*. IAGI
- Samodra, H., & Gafoer, S. (1992), *Laporan Geologi Lembar Pacitan, skala 1:100.000*. Bandung: Puslitbang Geologi. Laporan Terbuka
- Surono, Toha, B., dan Sudarno, I. (1992), *Peta Geologi Lembar SurakartaGiritontro, Jawa, Skala 1 : 100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Triana, Karlina. (2013), *Laporan Studi Lapangan Geologi Regional Pegunungan Selatan Jawa Tengah*. Kementrian Pendidikan Nasional Universitas Gadjah Mada, Program Pascasarjana Fakultas Teknik Program Studi S-2 Teknik Geologi Yogyakarta
- Telford, WM, dkk. (1990), *Applied Geophysics*. Cambridge : Cambridge University Press
- Van Bemelen, R. (1949), *The Geology of Indonesia Vol IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, 2nd. Netherland
- www.excentix.com diakses pada tanggal 23 Januari 2018 pukul 11.00 WIB
- Zohdy, A. A. R., Eaton, G. P., dan Mabey, D. R. (1980), *Application of Surface Geophysics to Ground-Water Investigations*. United States Goverment Printing Office. Washington

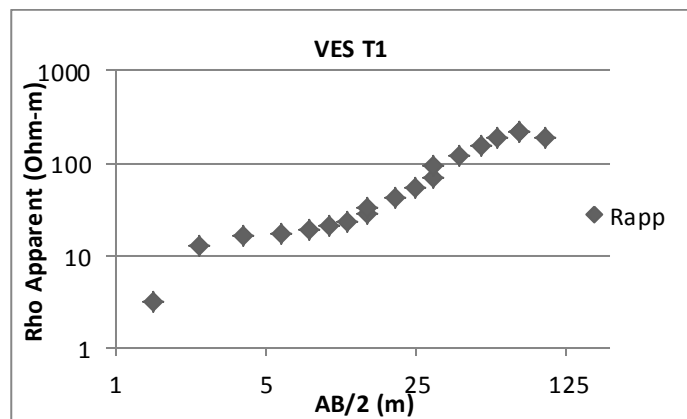
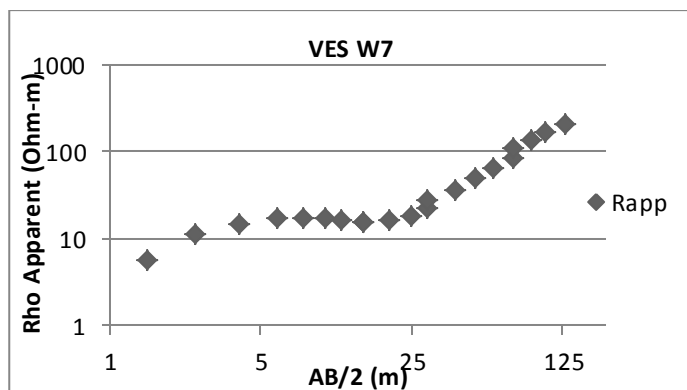
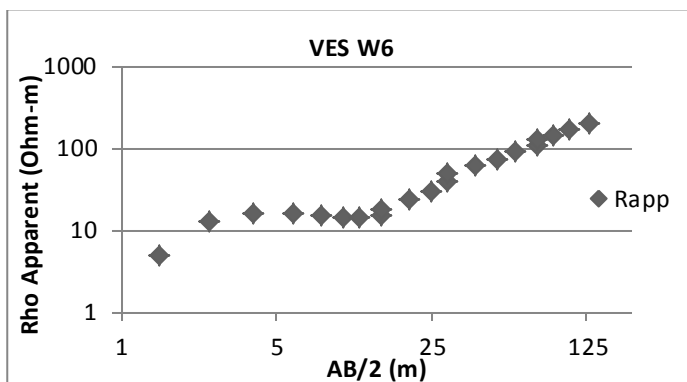
LAMPIRAN

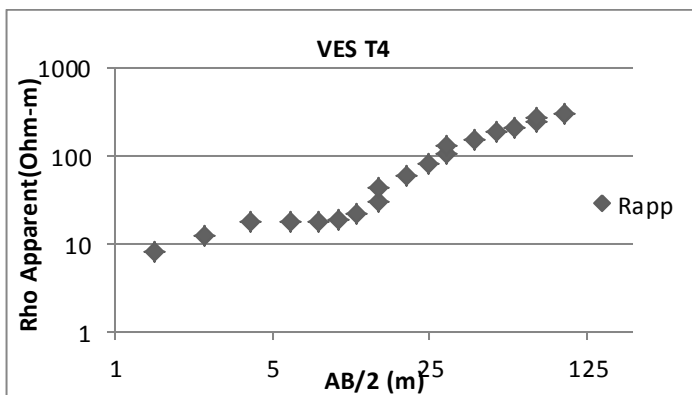
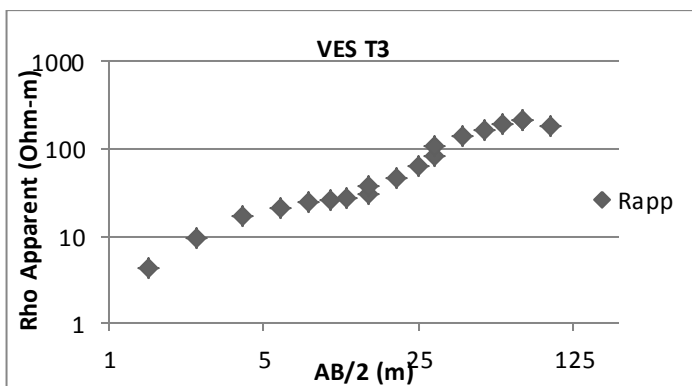
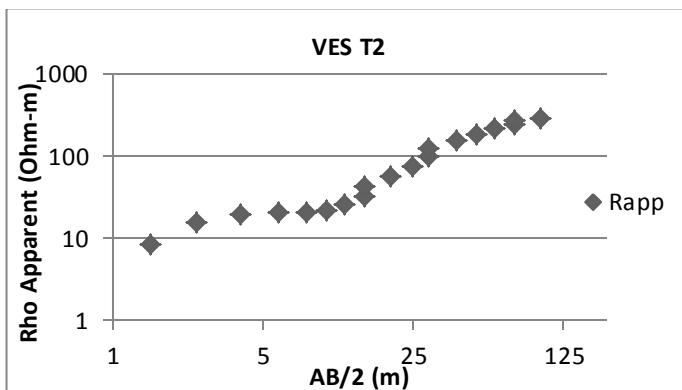
Lampiran 1.

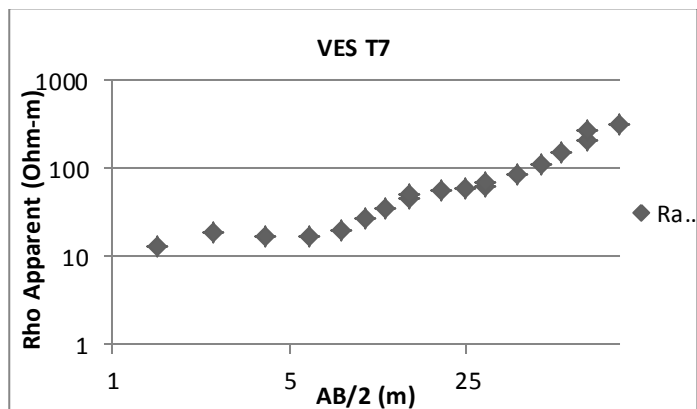
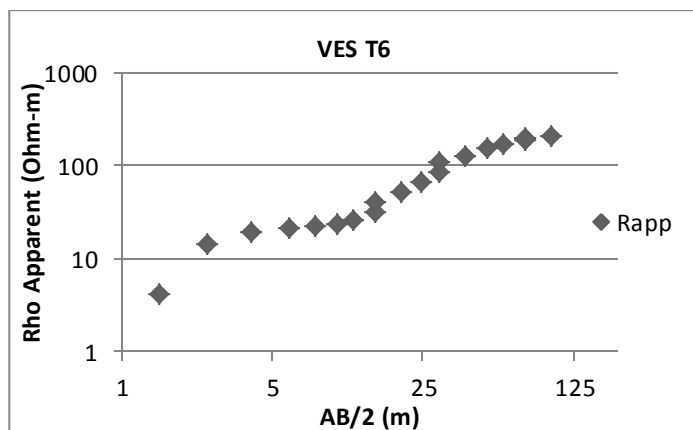
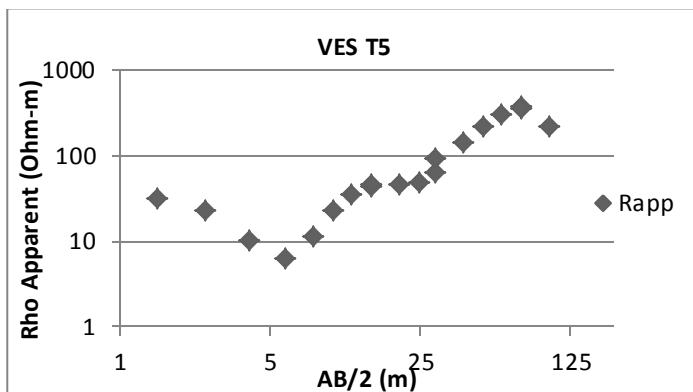
Grafik hasil *quality control* data VES tiap-tiap titik :





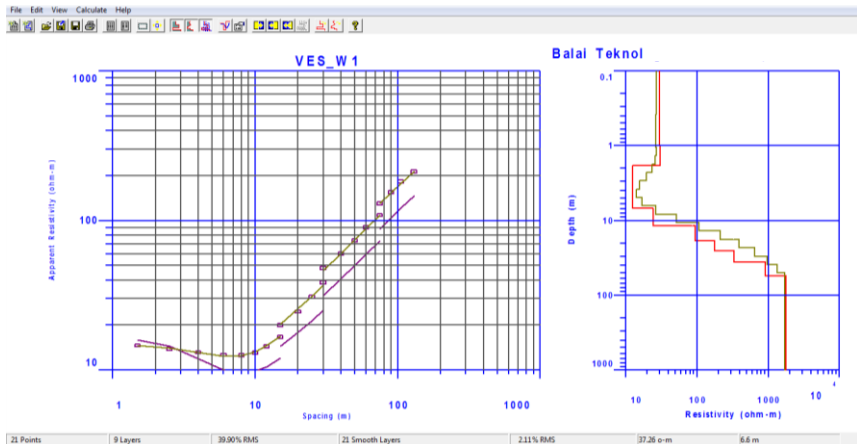




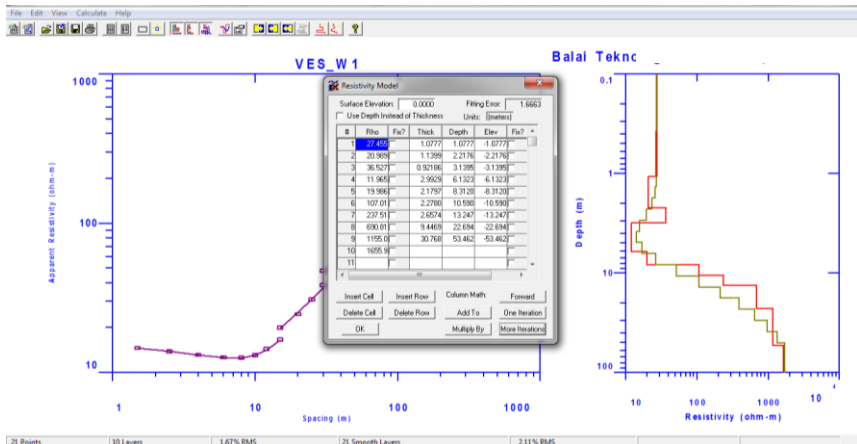


Lampiran 2. Pengolahan Data

Proses pengolahan data dengan melakukan pencocokkan grafik merah dengan hijau (*curve matching*) kemudian dilakukan pengurangan error dengan proses iterasi hingga nilai error kecil seperti yang ditunjukkan oleh tampilan dibawah ini :

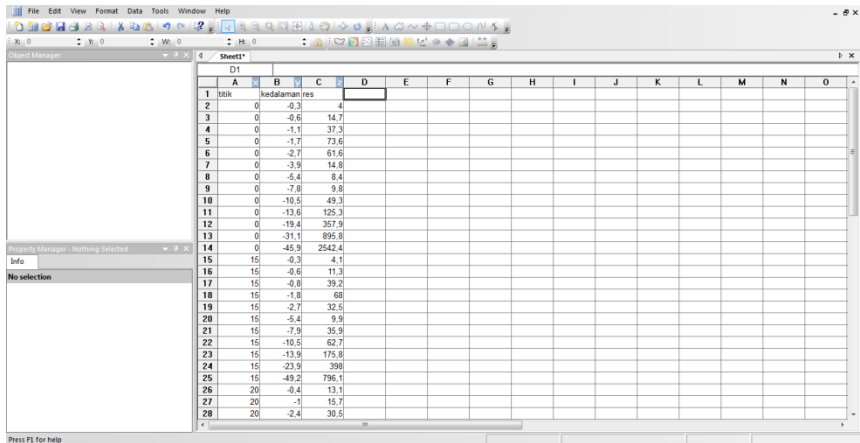


Gambar tampilan proses pencocokkan grafik warna merah dengan hijau (model matematika dengan data lapangan)

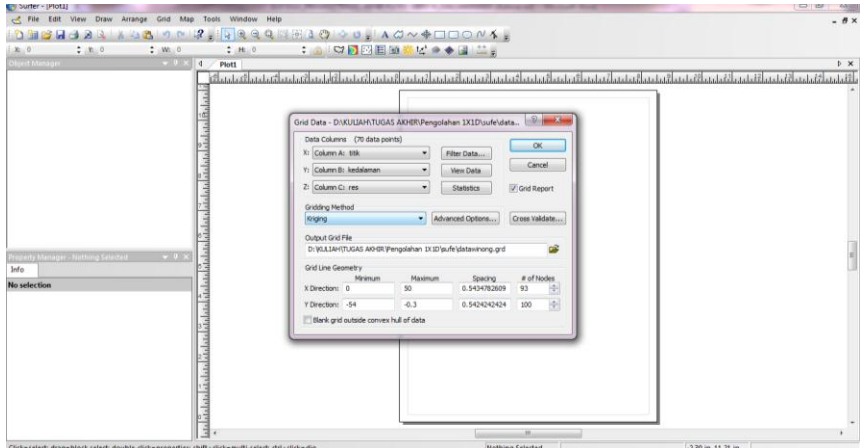


Gambar tampilan hasil iterasi

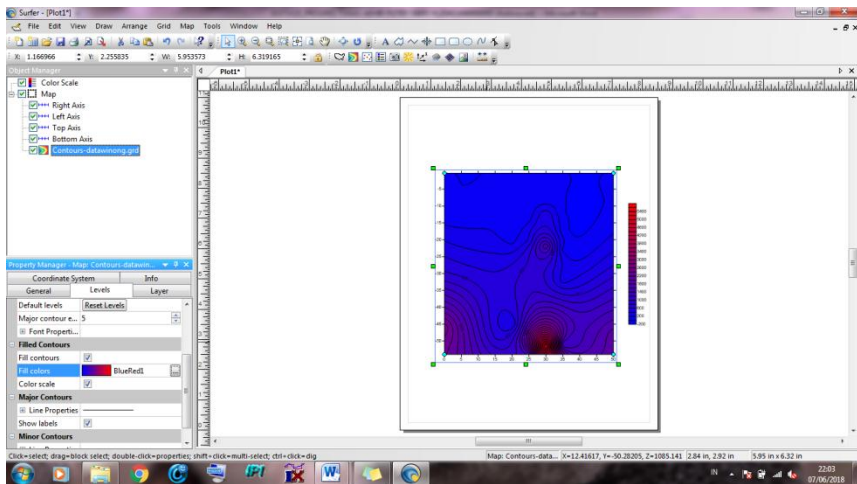
Kemudian korelasi antar titik dengan menginputkan data jarak antar titik, kedalaman, dan nilai resistivitas ke software surfer kemudian dilanjutkan dengan penentuan parameter metode grid serta pengaturan tampilan seperti gambar berikut :



Gambar tampilan input data ke software surfer



Gambar tampilan penentuan parameter metode grid



Gambar tampilan hasil gridding dan pengaturan tampilan

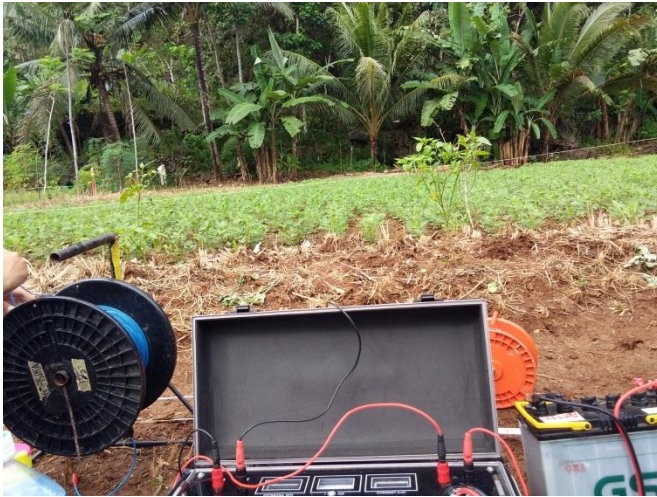
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan



Gambar foto pengambilan data geolistrik



Gambar foto bentangan kabel



Gambar foto kondisi daerah pengukuran



Gambar foto ketika survei pendahuluan (pemetaan luweng)

PROFIL PENULIS



Penulis bernama Putry Vibry Hardyani lahir di Magetan pada 18 Februari 1996, putri dari Bapak Hartono dan Ibu Sukini yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri 2 Bangsri (2002-2008), SMP Negeri 1 Magetan (2008-2011), SMA Negeri 1 Magetan (2011-2014). Penulis masuk di Departemen Teknik Geofisika ITS pada tahun 2014. Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS penulis mendapatkan banyak pengalaman organisasi antara lain; menjadi staff UKM Pramuka ITS (2014-2015), menjadi staff Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HMTG) ITS (2015-2016); menjadi sekretaris Departemen Pengabdian Masyarakat HMTG ITS (2016-2017); menjadi Bendahara Umum Keluarga Muslim Teknik Geofisika Al Ardh (2016-2017); dan menjadi sekretaris Ikatan Mahasiswa Magetan di Surabaya (IMMS) (2016-2017). Penulis juga aktif dalam bidang LKMM antara lain; mengikuti LKMM mulai dari tingkat Pra-Dasar hingga LKMM Tingkat Dasar; dan juga mengikuti pelatihan pemandu dan menjadi pemandu LKMM. Selain aktif berorganisasi, penulis juga aktif dalam kegiatan sosial salah satunya adalah mengikuti kegiatan “SOSMAS CAMP #4” yang diadakan di Desa Tunggul Arum, Sleman pada tanggal 9-12 September 2016 oleh Universitas Gadjah Mada. Penulis yang memiliki hobby memasak, berolah raga, bermain gamelan, dan menyanyi ini juga pernah mendapat juara pertama kompetisi futsal putri SPARTAN FTSP ITS bersama timnya pada tahun 2016. Sedangkan dalam bidang kewirausahaan, penulis pernah mengikuti pelatihan pemandu LKMW (Latihan Ketrampilan Mahasiswa Wirausaha), dan juga mengikuti beberapa seminar wirausaha, salah satunya adalah menjadi peserta dalam Talkshow “Sukses Akademik. Sukses Wirausaha” yang diadakan oleh HIMASIKA ITS, Young On Top Surabaya, dan IMMS. Dalam bidang akademik, penulis pernah menjadi asisten praktikum Sistem Informasi Geografis, Eksplorasi Geolistrik, dan menjadi asisten Laboratorium Geofisika Eksplorasi Departemen Teknik Geofisika ITS. Penulis juga pernah mengikuti; *field trip* ke Kabuh, Jombang pada 18 April 2015; *field camp* di Karangsambung, Kebumen selama satu minggu pada 10-17 April 2016; beberapa kuliah tamu; dan kerja praktek di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung pada 17 Juli-1 Agustus 2017. Selain itu, penulis juga pernah menjadi *presenter* di *Padjajaran Earth Dialogues : International Symposium on Geophysical Issues* pada 2-4 Juli 2018 yang diadakan oleh Departemen Geofisika, Universitas Padjajaran. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi terkait tugas akhir ini atau hal lain dapat menghubungi penulis melalui email putryvibry18@gmail.com.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN