



TUGAS AKHIR - RF141501

**INTERPRETASI DATA RESISTIVITAS 1D (VES) KAWASAN KARST STUDI
KASUS DESA SEKAR, PACITAN**

FUADUR ZAKKI KURNIAWAN
NRP. 3713100030

Dosen Pembimbing :

Wien Lestari, S.T., MT
NIP. 19811002 201212 2003

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 1961 1024 1988 03 1001

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



TUGAS AKHIR - RF141501

INTERPRETASI DATA RESISTIVITAS 1D (VES) KAWASAN KARST STUDI KASUS DESA SEKAR, PACITAN

FUADUR ZAKKI KURNIAWAN
NRP. 3713100030

Dosen Pembimbing :

Wien Lestari, S.Si., MT
NIP. 19811002 201212 2003

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 1961 1024 1988 03 1001

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



THESIS- RF141501

**INTERPRETATION DATA RESISTIVITY 1D (VES) KARST AREA
STUDY CASE SEKAR VILLAGE, PACITAN**

FUADUR ZAKKI KURNIAWAN
NRP. 3713100030

Advisor :

Wien Lestari, S.Si., MT
NIP. 19811002 201212 2003

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 1961 1024 1988 03 1001

DEPARTEMEN GEOPHYSICS ENGINEERING
FACULTY CIVIL ENGINEERING ENVIRONMENTAL AND GEOSCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

Diajukan Sebagai Prasyarat Mata Kuliah Tugas Akhir pada
Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 29 Januari 2018

Pembimbing I

Wien Lestari, S.T., MT
NIP. 19811002 201212 2003

Pembimbing II

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1001



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 199702 1001

Halaman ini sengaja di kosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa seluruh isi dari tugas akhir saya dengan judul ‘**INTERPRETASI DATA RESISTIVITAS 1D (VES) KAWASAN KARST STUDI KASUS DESA SEKAR, PACITAN**’ adalah benar-benar hasil dari karya intelektual mandiri dan diselesaikan tidak menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya saya sendiri.

Semua referensi Tugas Akhir yang dikutip dari sumber-sumber terkait telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila pada kemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka saya sebagai penulis bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 19 Januari 2018

Fuadur Zakki Kurniawan
NRP. 3713100030

Halaman ini sengaja di kosongkan

INTERPRETASI DATA RESISTIVITAS 1D (VES) KAWASAN KARST STUDI KASUS DESA SEKAR, PACITAN

Nama Mahasiswa : Fuadur Zakki Kurniawan
NRP : 3713100030
Departemen : Teknik Geofisika ITS
Dosen Pembimbing : Wien Lestari, S.Si., MT
Dr. Widya Utama, DEA

ABSTRAK

Kawasan Pacitan memiliki kondisi geologi yang khas, karena sebagian besar kawasan pacitan terdiri dari batuan karbonat yang telah mengalami proses karstifikasi. Proses karstifikasi dapat menghasilkan pori, rongga dan goa pada kedalaman tertentu dan ditambah sifat fisik batuan karbonat yang impermeable sehingga membentuk sistem sungai bawah permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk identifikasi karakteristik bawah permukaan kawasan karst desa Sekar, 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 Ωm dan batugamping terumbu dengan nilai resistivitas semu 100-500 Ωm .

Kata Kunci : karst, pacitan, VES Schlumberger,

Halaman ini sengaja di kosongkan

INTERPRETATION DATA RESISTIVITY 1D (VES) KARST AREA STUDY CASE SEKAR VILLAGE, PACITAN

Name : Fuadur Zakki Kurniawan
NRP : 3713100030
Department : Geophysical Engineering ITS
Supervisor : Wien Lestari, S.Si., MT
Dr. Widya Utama, DEA

ABSTRACT

Pacitan region had an unique geological condition, because most of the pacitan region consists of carbonate rock that has undergone a process of karstification. The process of karstification can produce pores, cavities and caves at certain depths and added the physical properties of impermeable carbonate rocks to form a subsurface river system. This study aims to identify the characteristics of subsurface karst area of Sekar Village, Pacitan using geoelectrical 1D method with schlumberger configuration. Results of data processing showed the formation rocks in the karst area of Sekar village arranged by clastic limestone with the resistivity value 0-50 Ωm and coral limestone that had resistivity value around 100-500 Ωm .

Keywords : Karst, Pacitan, VES Schlumberger

Halaman ini sengaja di kosongkan

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul '**INTERPRETASI DATA RESISTIVITAS 1D (VES) KAWASAN KARST STUDI KASUS DESA SEKAR, PACITAN**' telah dapat terselesaikan dengan baik.

Pelaksanaan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat terlaksanakan dan diselesaikan dengan baik, tidak terlepas dari Do'a bimbingan, bantuan dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini akan mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu, Bapak, Mbah dan seluruh keluarga berkat do'a dan dukungan moril dan materi selama menjalankan penyusunan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku ketua Departemen Teknik Geofisika ITS.
3. Ibu Wien Lestari S.Si., MT dan Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku pembimbing selama penyusunan Tugas Akhir di ketua Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah menyempatkan waktu untuk memberikan ilmunya.
4. Bapak Dr. Ayi Saeful Bahri selaku ketua tim Penelitian kawasan Karst Pacitan yang telah membimbing, memberikan arahan dan memberikan banyak dukungan kepada penulis.
5. 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.
6. Seluruh anggota Tim Batalyon Sunan Pacitan yang telah banyak membantu dalam menjalani Tugas Akhir.
7. Adhitama, Aisyah, Anindya, Dara, Dwi, Faisol, Ibor , Paul, Fahmi dan Pegri atas dukungan selama menjalani tugas akhir ini.
8. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Geofisika ITS khususnya angkatan 2013 yang telah memberikan dukungan moril.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil 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, 19 Januari 2018

Fuadur ZakkiKurniawan

Halaman ini sengaja di kosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan Penelitian.....	1
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1 Geologi regional Kabupaten Pacitan	3
2.2 Karst.....	7
2.2.1 Karstifikasi	7
2.2.2 Kawasan karst di Indonesia.....	10
2.3 Metode Geolistrik.....	10
1. Konfigurasi Schlumberger	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Diagram alir penelitian.....	14
3.2 Pengolahan Data.....	15
3.4 Desain Akuisisi.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Analisis Data.....	22

4.1.1 Analisis Data Hasil Pengukuran	22
4.2 Pembahasan	33
BAB V	42
SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Simpulan.....	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sketsa peta fisiograf.....	6
Gambar 2.2. Stratigrafi Jalur Pegunungan Selatan.....	8
Gambar 2.3. Skema proses pelarutan batu gamping	9
Gambar 2.4. Hubungan antara konsentrasi CO ₂ dengan daya larut.....	10
Gambar 2.5. Faktor-faktor karstifikasi	11
Gambar 2.6. konfigurasi Wenner	15
Gambar 2.7. konfigurasi Schlumberger	16
Gambar 2.8. konfigurasi Wenner-Schlumberger	16
Gambar 3.1 New Ves Point	15
Gambar 3.2 Input data geolistrik 1D	15
Gambar 3.3 Pemilihan Nilai MN.....	16
Gambar 3.4 Window Pengolahan Grafik	16
Gambar 3.5 Luweng Kuniran I,.....	17
Gambar 3.6 Luweng Kuniran II.....	18
Gambar 3.7 Luweng Kedung Banteng	18
Gambar 3.8 Titik Akuisisi Data Kuniran	19
Gambar 3.9 Titik Akuisisi Data Kedung Banteng	20
Gambar 4.1 Hasil Pengolahan Geolistrik 1D Titik 1	23
Gambar 4.2 Hasil Pengolahan Geolistrik 1D Titik 2	25
Gambar 4.3 Hasil Pengolahan Geolistrik 1D Titik 3	26
Gambar 4.4 Hasil Pengolahan Geolistrik 1D Titik 4	27
Gambar 4.5 Hasil Pengolahan Geolistrik 1D Titik 5	29
Gambar 4.6 Hasil Pengolahan Geolistrik 1D Titik 6	30
Gambar 4.7 Hasil Korelasi Titik VES 1 – VES 3	31
Gambar 4.8 Hasil Korelasi Titik VES 4 – VES 6	32
Gambar 4.9 Hasil Slice Titik VES 1 – VES 3	33
Gambar 4.10 Hasil Slice Titik VES 4 – VES 6	34
Gambar 4.11 Hasil Pemodelan Titik VES 1 – VES 3	34

Gambar 4.12 Hasil Pemodelan Titik VES 4 – VES 636

Gambar 4.13 Hasil Korelasi Titik VES 1 – VES 340

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 nilai resistivitas Btuan.....	13
Tabel 3.1 Tabel Rencana Pengerjaan.....	21
Tabel 4.1 Hasil Interpretasi Lapisan Titik 1	24
Tabel 4.2 Hasil Interpretasi Lapisan Titik 2	25
Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Lapisan Titik 3	26
Tabel 4.4 Hasil Interpretasi Lapisan Titik 4	28
Tabel 4.5 Hasil Interpretasi Lapisan Titik 5	29
Tabel 4.6 Hasil Interpretasi Lapisan Titik 6	30

Halaman ini sengaja di kosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pacitan merupakan daerah yang memiliki kondisi geologi yang khas karena memiliki bentang alam berupa kawasan batuan karbonat. Bentangan batuan karbonat Pacitan merupakan lanjutan dari bentangan batuan karbonat dari daerah Gunung Kidul, Yogyakarta dan berakhir di timur kota Pacitan.

Batuan karbonat yang berada pada wilayah ini telah mengalami proses karstifikasi. Proses karstifikasi menghasilkan pori dan rongga pada batuan karbonat yang bersifat impermeable sehingga membentuk sistem sungai bawah permukaan. Karakteristik daerah karst yang khas menjadi latar belakang untuk dilakukan studi pendahuluan. Metode Resistivitas 1D (VES Konfigurasi Schlumberger pernah diterapkan dalam studi karst daerah Pegunungan Selatan untuk pemetaan bawah permukaan (Hani, 2009). Tugas akhir ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi bawah permukaan wilayah Karst Desa Sekar, Pacitan menggunakan Metode Resistivitas 1D (VES) Konfigurasi Schlumberger.

Metode Resistivitas 1D (VES) Konfigurasi Schlumberger cukup baik dalam mendeteksi kontras bawah permukaan dan dapat mengetahui perbedaan nilai resistivitas batuan secara *vertical*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat di ambil dari latar belakang diatas adalah Bagaimana interpretasi litologi bawah permukaan kawasan karst Desa Sekar, Pacitan menggunakan Metode Resistivitas 1D (VES).

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Metode Resistivitas 1D (VES) menggunakan Konfigurasi Schlumberger.
2. Penelitian ini hanya dilakukan di kawasan karst Desa Sekar, Pacitan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah interpretasi litologi bawah permukaan kawasan karst dengan metode resistivitas 1D (ves) studi kasus desa sekar, pacitan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

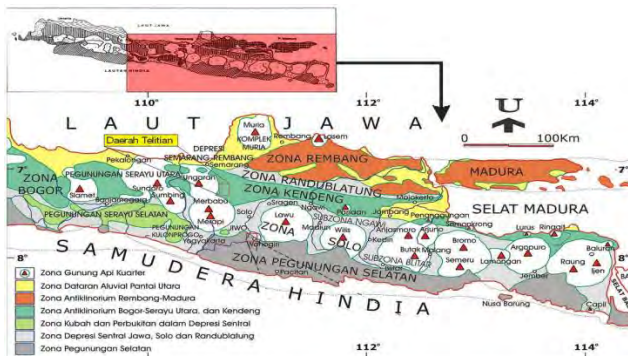
1. Mengetahui karakteristik bawah permukaan kawasan karst.
2. Integrasi eksplorasi dan eksploitasi metode geofisika pada kawasan karst.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Geologi regional Kabupaten Pacitan

Kabupaten Pacitan merupakan wilayah yang terletak di ujung selatan Jawa timur yang berhadapan langsung dengan samudera hindia dan berbatasan langsung dengan wilayah Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis, Kabupaten Pacitan terletak antara $110,55^{\circ}$ - $111,25^{\circ}$ BT dan $7,55^{\circ}$ - $8,17^{\circ}$ LS. Kondisi dari pacitan menurut topografinya terdiri atas wilayah perbukitan, dataran rendah dan pantai. Namun di pacitan ini kondisi topografinya di dominasi oleh wilayah pegunungan dengan presentase 85% wilayah pegunungan atau perbukitan. Dan 15% lainnya merupakan wilayah yang tergolong dataran rendah.

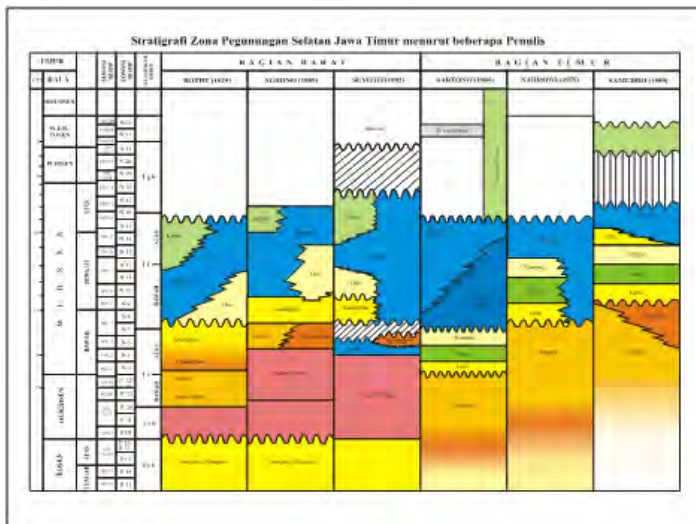
Pacitan termasuk kedalam zona pegunungan selatan yang meliputi Yogyakarta kearah timur, Wonosari, Wonogiri, Pacitan dan menerus ke daerah Malang selatan dan berakhir di daerah Blambangan. Berdasarkan pada letak yang berada di zona Pegunungan Selatan Jawa Timur, bentang alam yang terdiri atas rangkaian pegunungan yang memanjang dari arah barat ke timur dengan jenis litologi penyusunnya yang didominasi oleh material-material vulkaniklastik. (van Bemmelen, 1949)



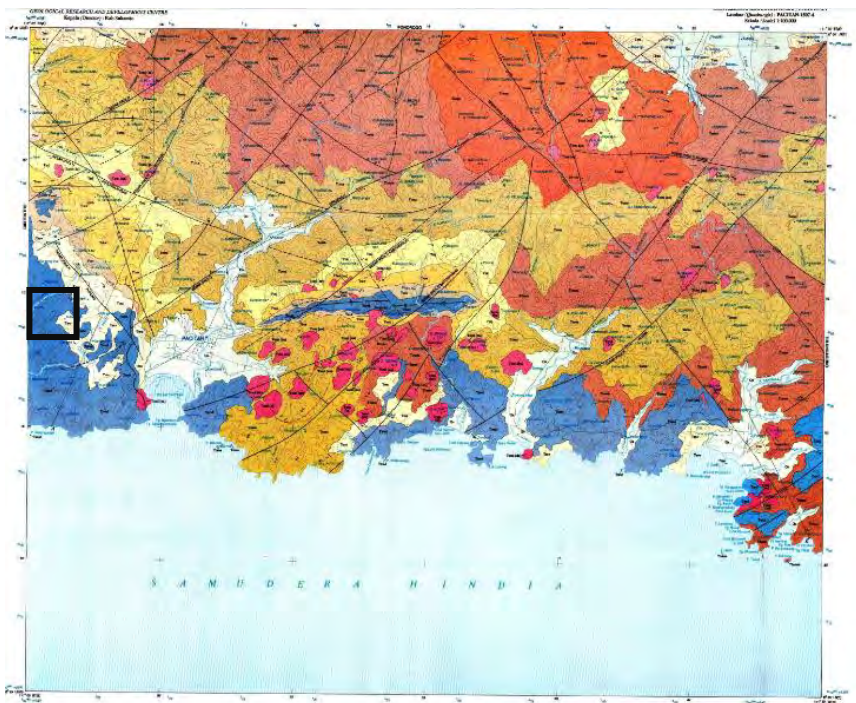
Gambar 2.1. Sketsa peta fisiografi sebagian Pulau Jawa dan Madura (van Bemmelen, 1949)

Zona pegunungan selatan Jawa terbentang dari wilayah Yogyakarta, Jawa Tengah dan Jawa Timur yang memiliki panjang bentangan 55 Km dan memiliki lebar kurang lebih 25 Km. Zona pegunungan selatan Jawa ini terdiri dari 3 subzona, antara lain subzone Baturagung, Subzona Wonosari dan Subzona Gunung Sewu. Zona Pegunungan Selatan pada umumnya merupakan

blok yang terangkat dan miring ke arah selatan. Batas utaranya ditandai escarpment yang cukup kompleks. Lebar maksimum Pegunungan Selatan ini 55 km di sebelah selatan Surakarta, sedangkan sebelah selatan Blitar hanya 25 km. Diantara Parangtritis dan Pacitan merupakan tipe karts (kapur) yang disebut Pegunungan Seribu atau Gunung Sewu, dengan luas kurang lebih 1400 km (Lehmann. 1939). Sedangkan antara Pacitan dan Popoh selain tersusun oleh batugamping (limestone) juga tersusun oleh batuan hasil aktifitas vulkanis berkomposisi asam-basa antara lain granit, andesit dan dasit (Van Bemmelen,1949).



Gambar 2.2. Stratigrafi Jalur Pegunungan Selatan menurut beberapa peneliti (Samodro, 1990)



Gambar 2.3. Geologi regional daerah penelitian (Samodro, 1990)

Struktur geologi di daerah Pegunungan Selatan bagian timur berupa perlapisan homoklin, sesar, kekar dan lipatan. Struktur utama yang berkembang di Daerah Pegunungan Selatan Bagian Timur ini terutama adalah sesar yang berkembang di sepanjang Sungai Grindulu dan Memungkinkan besar struktur inilah yang menimbulkan banyak dijumpai mineralisasi di daerah ini. Stratigrafi Pegunungan Selatan di Jawa Timur, telah diteliti oleh Sartono (1964) dengan daerah penelitian di pacitan dan sekitarnya. Berikut merupakan susunan litostratigrafinya berdasarkan umur batuan dari tua ke muda:

a. Formasi Wonosari (Tmwl)

Formasi ini oleh Surono dkk., (1992) dijadikan satu dengan Formasi Punung yang terletak di Pegunungan Selatan bagian timur karena di lapangan keduanya sulit untuk dipisahkan, sehingga namanya Formasi Wonosari Punung. Formasi ini tersingkap baik di daerah Wonosari dan sekitarnya, membentuk bentang alam Subzona Wonosari dan topografi karts Subzona Gunung Sewu. Ketebalan formasi ini diduga lebih dari 800 meter. Kedudukan

stratigrafinya di bagian bawah menyebar dengan Formasi Oyo, sedangkan di bagian atas menyebar dengan Formasi Kepek. Formasi ini didominasi oleh batuan karbonat yang terdiri dari batugamping berlapis dan batugamping terumbu. Sedangkan sebagian sisipan adalah napal. Sisipan tuf hanya terdapat di bagian timur.

Berdasarkan kandungan fosil pada Formasi Wonosari, fosil foraminifera besar dan kecil yang melimpah, diantaranya *Lepidocyclina sp.* dan *Miogyopsina sp.*, diperkirakan umur formasi ini adalah Miosen Tengah hingga Pliosen. Lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal (zona neritik) yang mendangkal ke arah selatan.

b. Formasi Oyo (Tmo)

Lokasi tipe formasi ini berada di K Oyo. Batuan penyusun pada bagian bawah terdiri dari tuf dan napal tufan. Sedangkan ke atas secara berangsur didominasi oleh batugamping berlapis dengan sisipan batulempung karbonatan. Batugamping berlapis tersebut umumnya kalkarenit, namun terkadang dijumpai kalsirudit yang mengandung fragmen andesit membulat. Formasi Oyo tersebar luas di sepanjang K. Oyo. Ketebalan formasi ini lebih dari 140 meter dan kedudukannya menindih secara tidak selaras di atas Formasi Semilir, Formasi Nglanggran dan Formasi Sambipitu.

c. Formasi Jaten (Tmj)

Pacitan tersusun oleh konglomerat, batu pasir kuarsa, batu lempung (mengandung fosil Gastrophoda, Pelecypoda, Coral, Bryozoa, Foraminifera), dengan sisipan tipis lignit. Ketebalan satuan ini mencapai 20-150 m. Diendapkan pada lingkungan transisi – neritik tepi pada Kala Miosen Tengah (N9 – N10). (Sartono, 1964)

d. Alluvium (Qa)

Endapan permukaan ini sebagai hasil dari rombakan batuan yang lebih tua yang terbentuk pada Kala Plistosen hingga masa kini. Terdiri dari bahan lepas sampai padu lemah, berbutir lempung hingga kerakal. Surono dkk. (1992) membagi endapan ini menjadi Formasi Baturetno (Qb), Aluvium Tua (Qt) dan Aluvium (Qa). Sumber bahan rombakan berasal dari batuan Pra-Tersier Perbukitan Jiwo, batuan Tersier Pegunungan Selatan dan batuan G. Merapi. Endapan aluvium (Qa) ini membentuk Dataran Yogyakarta - Surakarta dan dataran di sekeliling Bayat. Satuan Lempung Hitam, secara tidak selaras menutupi satuan di bawahnya. Tersusun oleh litologi lempung hitam, konglomerat, pasir, lanau dan lumpur dengan ketebalan satuan ± 10 m. Penyebarannya dari Ngawen, Semin, sampai Selatan Wonogiri. Di Baturetno,

satuan ini menunjukkan ciri endapan danau, pada Kala Pleistosen. Ciri lain yaitu: terdapat secara setempat laterit (warna merah kecoklatan) merupakan endapan terarosa, yang umumnya menempati uvala pada morfologi karst.

2.2 Karst

Karst secara luas adalah bentuk bentang alam khas yang terjadi akibat proses pelarutan pada suatu kawasan batuan karbonat atau batuan mudah terlarut (umumnya formasi batu gamping) sehingga menghasilkan berbagai bentuk permukaan bumi yang unik dan menarik dengan ciri-ciri khas exokarst (di atas permukaan) dan indokarst (di bawah permukaan). karst adalah istilah yang berasal dari kata (kras) yang berasal dari bahasa jerman dan diturunkan dari bahasa slovenia, yang memiliki arti lahan gersang berbatu. namun menurut Ford dan Williams (1989) menjelaskan karst sebagai medan dengan kondisi hidrologi yang khas sebagai akibat dari batuan yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang baik.

Karst tidak hanya terjadi di daerah berbatuan karbonat, tetapi terjadi juga di batuan lain yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder (kekar dan sesar intensif), seperti batuan gipsum dan batugaram. Namun demikian, karena batuan karbonat mempunyai sebaran yang paling luas, karst yang banyak dijumpai adalah karst yang berkembang di batuan karbonat. Karst sendiri dapat dicirikan sebagai berikut :

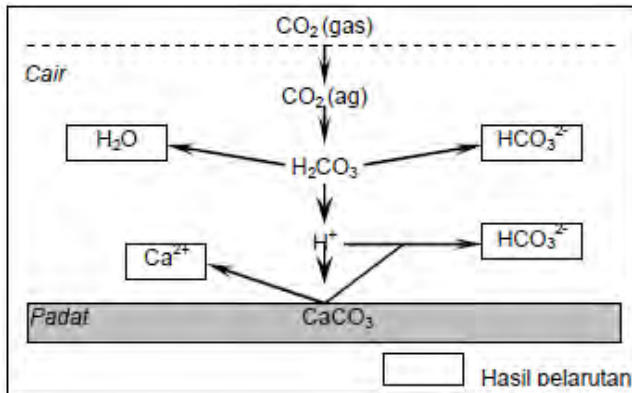
1. terdapatnya cekungan tertutup dan atau lembah kering dalam berbagai ukuran dan bentuk,
2. langkanya atau tidak terdapatnya drainase/ sungai permukaan.
3. terdapatnya goa dari sistem drainase bawah tanah.

2.2.1 Karstifikasi

Karstifikasi merupakan proses permbentukan bentuk lahan karst yang didominasi oleh proses pelarutan. Proses pelarutan ini terjadi pada gamping yang diawali oleh larutnya CO₂ di dalam air membentuk H₂CO₃. Selanjutnya larutan H₂CO₃ yang tidak stabil akan terurai menjadi H⁺ dan HCO₃²⁻. Ion H⁺ inilah yang selanjutnya menguraikan CaCO₃ menjadi Ca²⁺ dan HCO₃²⁻. Lebih jelas nya proses karstifikasi dapat di rumuskan sebagai berikut :



Proses karstifikasi tergantung oleh 2 faktor yang akan menentukan proses terjadinya karstifikasi. Faktor pengontrol merupakan faktor yang akan membuat proses karstifikasi dapat berlangsung atau tidak dapat berlangsung. Sedangkan faktor pendorong akan menentukan proses karstifikasi ini akan berlangsung secara cepat atau lambat dan akan menentukan kesempurnaan dari karstifikasinya.



Gambar 2.3. Skema proses pelarutan batugamping (Trudgil, 1985)

Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya proses karstifikasi :

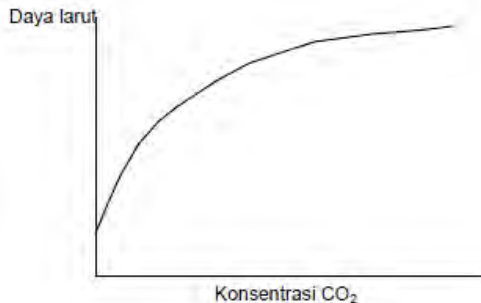
a. Faktor Pengontrol

1. Batuan mudah larut, kompak, tebal, dan mempunyai banyak rekahan
2. Curah hujan yang cukup ($>250 \text{ mm}/\text{tahun}$)
3. Batuan terekspos di ketinggian yang memungkinkan perkembangan sirkulasi air/drainase secara vertikal.

b. Faktor pendorong

1. Temperatur
2. Penutupan hutan

Batuan yang mengandung CaCO_3 tinggi akan mudah larut. Semakin tinggi kandungan CaCO_3 , semakin berkembang bentuk lahan dari karst dan kekompakan batuan menentukan kestabilan morfologi karst setelah mengalami pelarutan. Apabila batuan lunak, maka setiap kenampakan karst yang terbentuk seperti kusen dan bukit akan cepat hilang karena proses pelarutan itu sendiri maupun proses erosi dan gerak massa batuan, sehingga kenampakan karst tidak dapat berkembang baik. Ketebalan menentukan terbentuknya sirkulasi air secara vertikal. Tanpa adanya lapisan yang tebal, sirkulasi air secara vertikal yang merupakan syarat karstifikasi dapat berlangsung. Tanpa adanya sirkulasi vertikal, proses yang terjadi adalah aliran lateral seperti pada sungai-sungai permukaan dan cekungan-cekungan tertutup tidak dapat terbentuk. Rekahan batuan merupakan jalan masuknya air membentuk drainase vertikal dan berkembangnya sungai bawah tanah serta pelarutan yang terkonsentrasi.

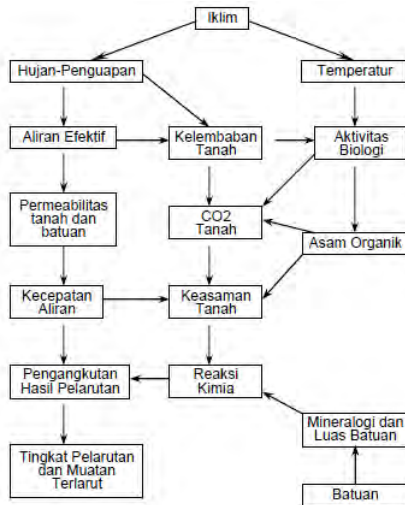


Gambar 2.4. Hubungan antara konsentrasi CO₂ dengan daya larut terhadap batu gamping

Air hujan akan sangat berpengaruh terhadap proses karstifikasi karena air hujan merupakan media pelarut utama dalam proses karstifikasi. Semakin tinggi intensitas curah hujan maka akan mempercepat proses pelarutan yang terjadi pada batuan karbon yang akan mengalami proses karstifikasi. Selain curah hujan yang dapat mempengaruhi proses karstifikasi, Temperatur juga akan mempengaruhi proses karstifikasi terutama akan mempengaruhi aktivitas organisme pada batu gamping. Temperatur pada daerah tropis seperti Indonesia sangat ideal untuk berkembangnya organisme yang akan menghasilkan CO₂ di dalam tanah. Temperatur juga menentukan evaporasi, semakin tinggi temperatur semakin besar evaporasi yang pada akhirnya akan menyebabkan rekristalisasi larutan karbonat di permukaan dan dekat permukaan tanah. Adanya rekristalisasi ini akan membuat pengerasan permukaan (*case hardening*) sehingga bentuklah karst yang telah terbentuk dapat dipertahankan dari proses denudasi yang lain (erosi dan gerak masa batuan).

Penutupan hutan juga merupakan faktor pendorong perkembangan karena hutan yang lebat akan mempunyai kandungan CO₂ dalam tanah yang melimpah akibat dari hasil perombakan sisa-sisa organik (dahan, ranting, daun, bangkai binatang) oleh mikro organisme. Semakin besar konsentrasi CO₂ dalam air semakin tinggi tingkat daya larut air terhadap batugamping. CO₂ di atmosfer tidaklah bervariasi secara signifikan, sehingga variasi proses karstifikasi sangat ditentukan oleh CO₂ dari aktivitas organisme. Berikut adalah grafik dari hubungan antara konsentrasi CO₂ dengan daya larut terhadap batu gamping.

faktor-faktor yang dapat mempengaruhi karstifikasi terhadap proses pelarutan ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 2.5. Faktor-faktor karstifikasi pengaruhnya terhadap proses pelarutan (Trudgil, 1985)

2.2.2 Kawasan karst di Indonesia

Indonesia diperkirakan memiliki kawasan batuan karbonat yang luasnya mencapai 15,4 juta hektar yang tersebar di beberapa wilayah di Indonesia mulai dari barat hingga timur. Beberapa kawasan tersebut telah dikembangkan sebagai kawasan karst bahkan telah menjadi Geopark pertama di Indonesia untuk kawasan karst Gunung sewu (Jawa Tengah – Jawa Timur) dan secara aklamasi oleh International Union of Speleology dinyatakan sebagai World Natural Heritage.

Permukaan bumi 25 persen merupakan kawasan Karst, sehingga 25 persen kehidupan dunia pun tergantung pada kawasan ini. Keunikan kawasan Karst itu sendiri terletak pada fenomena melimpahnya air bawah permukaannya yang membentuk jaringan sungai bawah tanah, namun di sisi lain, kekeringan tampak di permukaan tanahnya. Untuk itu pengelolaan berkelanjutan kawasan karst membutuhkan prinsip-prinsip pengelolaan sumber daya alam dengan terencana, optimal, dan bertanggung jawab. Selain itu, untuk menekan laju kerusakan, diperlukan wawasan mengenai lingkungan hidup ekosistem karst secara menyeluruh. Termasuk perubahan cara pandang dari semua komponen termasuk para pengambil keputusan.

2.3 Metode Geolistrik

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang didasarkan pada penerapan konsep kelistrikan pada masalah kebumihan. Tujuannya adalah untuk

memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan bawah permukaan terutama kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (konduktivitas atau resistivita). Aliran listrik pada suatu formasi batuan terjadi terutama karena adanya fluida elektrolit pada pori-pori atau rekahan batuan. Oleh karena itu resistivitas suatu formasi batuan bergantung pada porositas batuan serta jenis fluida pengisi pori-pori batuan tersebut. Batuan *porous* yang berisi air atau air asin tentu lebih konduktif (resistivitasnya rendah) dibanding batuan yang sama yang pori-porinya hanya berisi udara (kosong). Temperatur tinggi akan lebih menurunkan resistivitas batuan secara keseluruhan karena meningkatnya mobilitas ion-ion penghantar muatan listrik pada fluida yang bersifat elektrolit. Cara kerja metode geolistrik secara sederhana dapat dianalogikan dengan rangkaian listrik. Jika arus dari suatu sumber dialirkan ke suatu beban listrik (misalkan kawat seperti terlihat pada maka besarnya resistansi dapat diperkirakan berdasarkan besarnya potensial sumber dan besarnya arus yang mengalir. Dalam hal ini besaran resistansi tidak dapat digunakan untuk memperkirakan jenis material karena masih bergantung ukuran atau geometrinya. Untuk itu digunakan besaran resistivitas yang merupakan resistansi yang telah dinormalisasi terhadap geometri.

Metode VES atau Vertikal electrical sounding adalah metode untuk pengukuran nilai resistivitas batuan secara vertical dan di gunakan untuk menentukan perubahan nilai resistivitas batuan terhadap kedalaman atau secara vertical (Telford,1990). Dari pengukuran tersebut akan diperoleh data resistivitas tanah. Jika pengukuran dilakukan berulang pada suatu wilayah dengan jarak tertentu yang sama maka akan diperoleh data resistivitas luasan wilayah tertentu. Data yang dihasilkan dari metode VES ini dapat digunakan untuk menentukan titik grounding.

Resistivitas semu yang dihasilkan oleh setiap jenis konfigurasi pada geolistrik akan berbeda walaupun jarak antar elektrodanya sama. Untuk medium berlapis, harga resistivitas semu merupakan fungsi jarak antar elektroda arus. Untuk jarak yang kecil akan memberikan ρ_a yang harganya mendekati ρ batuan di dekat permukaan, sedang untuk jarak bentangan yang besar, ρ_a yang diperoleh akan mewakili ρ batuan yang lebih dalam (Waluyo, dkk., 2005) persamaan umum resistivitas semu :

$$\rho_a = k \frac{\Delta v}{I}$$

Persamaan 2.1

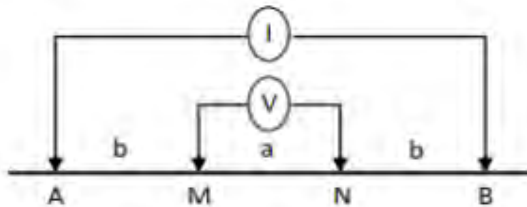
Dimana :

ρ_a : Resistivitas semu (Ωm)
 K : Faktor geometri
 ΔV : Beda potensial (V)
 I : Kuat arus (A)

Metode geolistrik memiliki beberapa konfigurasi dalam pengukuran. Setiap konfigurasi dalam metode ini memiliki perhitungan dan cara dalam pengukuran di lapangan yang berbeda-beda. Konfigurasi yang ada pada metode ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan jenis dan ketebalan suatu batuan di bawah permukaan. Jenis konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Konfigurasi Schlumberger

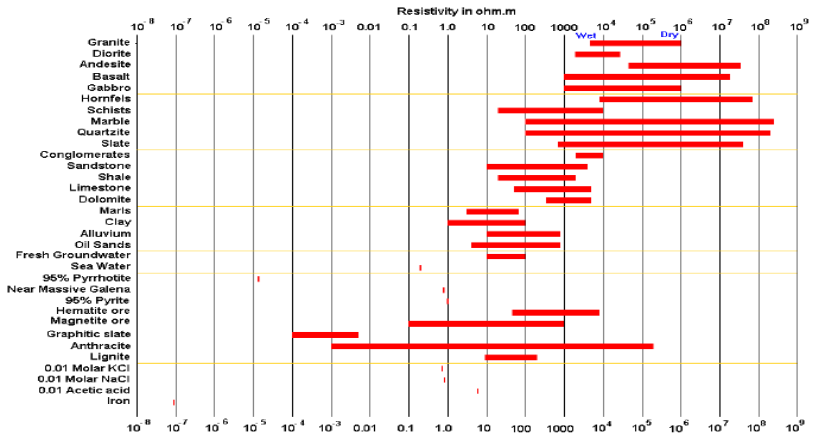
konfigurasi elektroda *Schlumberger*, jarak antara elektroda arus dengan elektroda potensial (AB dan MN) adalah sama, sedangkan untuk jarak antar elektroda potensial satu dengan elektroda potensial lainnya lebih kecil dibandingkan jarak antara arus dengan elektroda potensial, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.6. konfigurasi Schlumberger

2.4 Resistivitas Batuan

Lapisan-lapisan batuan pada bawah permukaan bumi memiliki nilai resistivitas atau sifat kelistrikan yang berbeda-beda. Batuan memiliki kemampuan untuk menghantarkan dan menahan arus listrik yang mengalir. Setiap batuan memiliki nilai resistivitas tertentu sesuai jenis batuan. Berikut adalah tabel nilai resistivitas batuan :



Gambar 2. 7 Tabel nilai resistivitas batuan (Loke, 2012)

Studi kasus pada kawasan karst nilai resistivitas pada batuan gamping memiliki rentang nilai yang berbeda-beda. Berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa pada kawasan karst memiliki nilai resistivitas yang cenderung tinggi (Hani,2009). Berikut adalah tabel nilai resistivitas batuan pada daerah penelitian menurut penelitian sebelumnya:

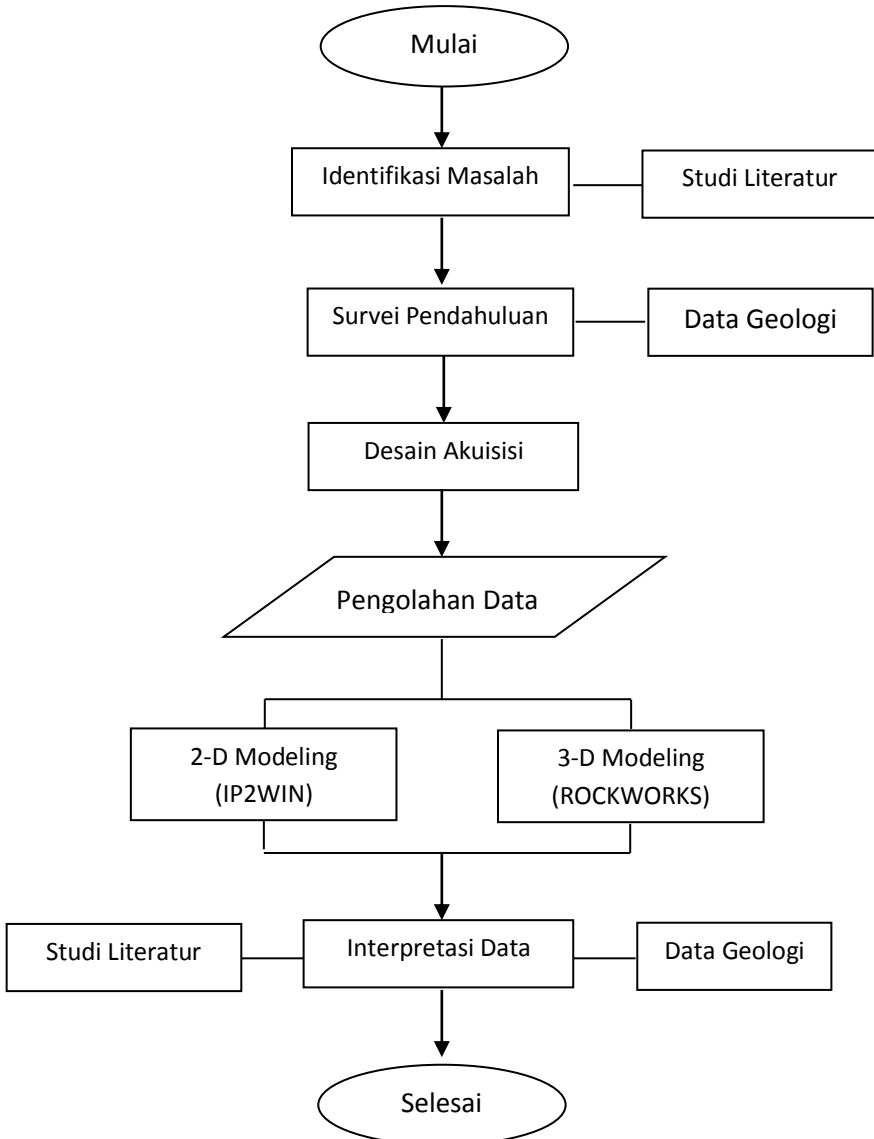
Tabel 1.1 nilai resistivitas batuan kawasan karst

Litologi	Nilai resistivitas (Ωm)
Top-soil	0-20
Batugamping klastik	0-50
Batugamping pasiran	50-100
Batugamping terumbu	100-500
Batugamping kering	>500

Tabel 1.1 menunjukkan nilai resistivitas dari beberapa batuan yang terdapat pada kawasan karst. Pada tabel 1.1 menunjukkan adanya 5 litologi batuan, top-soil, batugamping klastik, batugamping pasiran, batugamping terumbu, batugamping terumbu dan batugamping kering/kosong.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram alir penelitian



Berikut penjelasan tentang diagram alir penelitian diatas :

1. Identifikasi masalah

Mengidentifikasi masalah yang ada pada kawasan karst yang merupakan kawasan kering, khususnya pada Desa Sekar Kec. Punung, Pacitan. Pada identifikasi masalah di tunjang dengan studi literatur dari penelitian yang pernah dilakukan.

2. Tahap persiapan

Tahap persiapan ini bertujuan untuk mempersiapkan yang menunjang dalam pengukuran dan penelitian, diantaranya studi literatur tentang kawasan karst, sungai bawah permukaan dan studi geologi. Survey pendahuluan dilakukan untuk mengetahui dan mencari informasi kepada penduduk sekitar dan meninjau secara langsung lokasi atau tempat yang akan kita lakukan pengukuran atau melakukan orientasi medan. Selain itu survey pendahuluan dilakukan untuk mengeplot koordinat lokasi untuk menunjang desain akuisisi. Setelah survey pendahuluan dilakukan maka kita membuat desain akuisisi untuk pengukuran data yang berdasarkan survey pendahuluan.

3. Pengolahan data

Pengolahan data VES akan di lakukan secara kuantitatif untuk mendapatkan hasil interpretasi secara vertical. Untuk modeling 2D akan menggunakan *software* IP2WIN kemudian untuk modeling 3D menggunakan *software* ROCKWORKS.

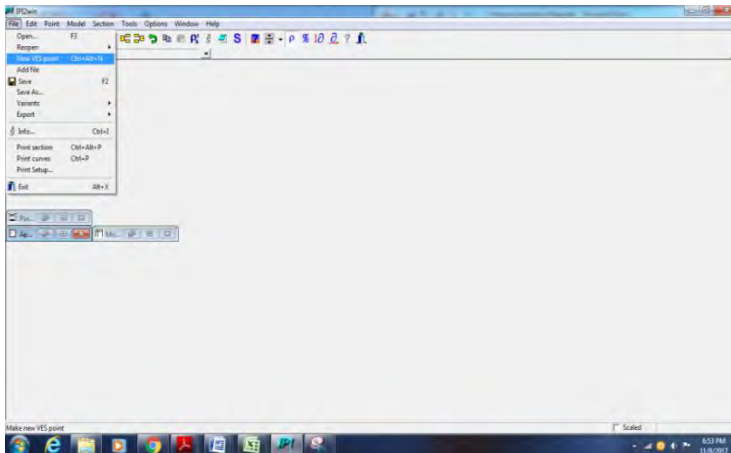
4. Interpretasi data hasil pengolahan

Setelah melakukan pengolahan data akan didapatkan hasil data secara lateral dan vertical. Kemudian akan di hubungkan dengan data geologi dan kondisi lingkungan sekitar.

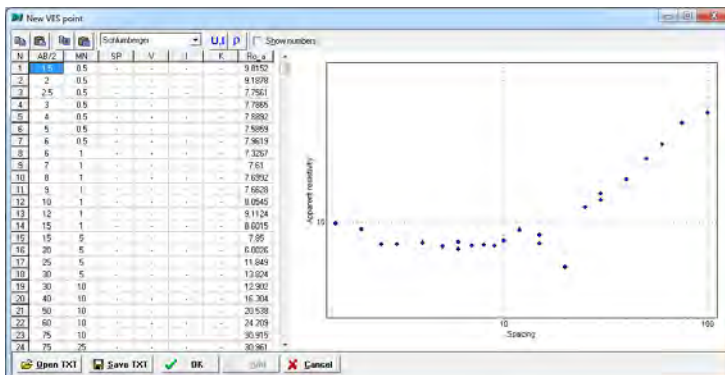
3.2 Pengolahan Data

pengolahan data Geolistrik 1D menggunakan beberapa *software*, seperti : Microsoft excel, IP2WIN dan ROCKWORKS. Untuk pengoahan data menggunakan IP2WIN terlebih dahulu menginput data txt. Untuk melakuakn pengolahan data pertama yang harus di lakukan adalah . Input

Data VES pada IP2WIN, untuk input data klik File>New VES point seperti tampak pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.1 New Ves point

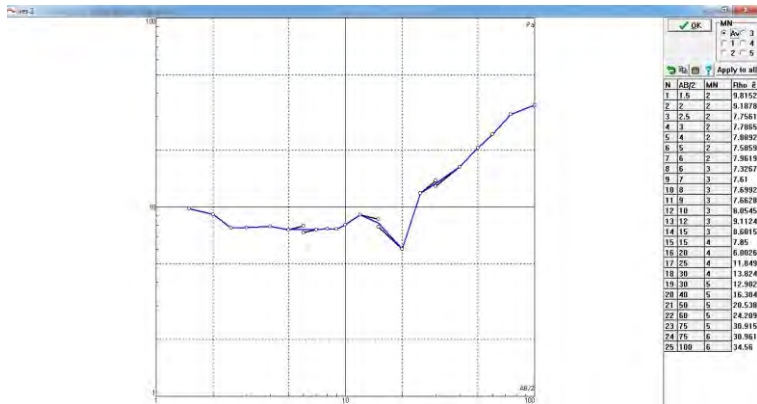


Gambar 3.2 Input data geolistrik 1D

setelah input data akan di tampilan windows seperti di bawah ini :

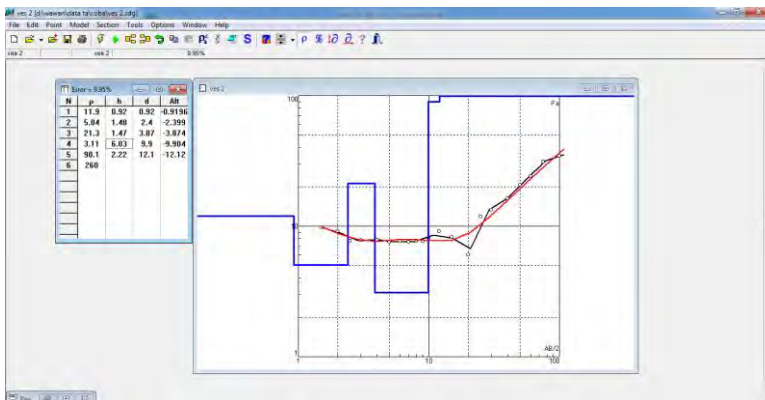
Pada windows di atas terdapat kolom AB/2 yang digunakan untuk input data AB/2 seperti pada data sheet dan kolom MN digunakan untuk input data MN seperti pada data sheet. Kolom RO_a digunakan untuk input dari hasil perhitungan antara nilai resistivitas dengan geometric faktor. Setelah kolom AB/2, MN dan RO_a di isi selanjutnya data tersebut di save dengan format

.DAT. setelah data sudah di simpan selanjutnya klik OK kemudian akan muncul windows seperti di bawah ini :



Gambar 3.3Pemilihan nilai MN

Windows di atas menunjukkan pilihan untuk MN. Untuk penelitian ini menggunakan average. Setelah menentukan nilai MN pilih OK, kemudian akan muncul windows seperti di bawah ini :



Gambar 3.4Window pengolahan grafik

Pada *windows* di atas menunjukkan data yang telah di input seperti sebelumnya, terdapat 2 grafik hitam dan grafik merah, grafik hitam dan grafik merah menunjukkan nilai dari AB/2 dan Ro_a. Garis biru pada windows di atas menunjukkan informasi mengenai nilai resistivitas, ketebalan, kedalaman dan

banyaknya lapisan pada lokasi pengukuran. Pada windows di atas terdapat table yang menunjukkan nilai resistivitas, kedalaman dan ketebalan lapisan bawah permukaan pada lokasi penelitian.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di daerah pacitan bagian barat. Di Desa Sekar, Kecamatan Punung, pacitan dan akan di lakukan di beberapa titik yang berada di Desa sekar.

1. Luweng kuniran I

- Lokasi : Dusun Wareng, Desa Sekar



Gambar 3.5 Luweng kuniran I

2. Luweng kuniran II

- Lokasi : Dusun Wareng, Desa Sekar



Gambar 3.6 Luweng kuniran I

3. Luweng kedung banteng

- Lokasi : Dekat dengan SDN Sekar II



Gambar 3.7 Luweng kedung banteng

3.4 Desain Akuisisi

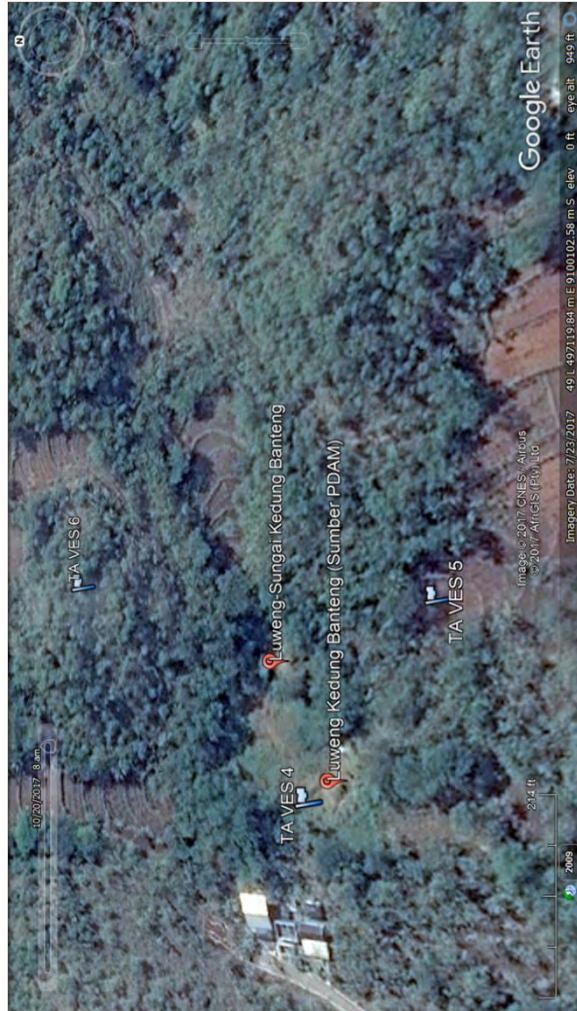
Dalam penelitian ini terdapat 6 titik pengukuran VES pada 2 lokasi pengukuran yaitu Kuniran dan Kedung banteng dengan 3 titik di kuniran dan 3 titik di kedung banteng. Penentuan lokasi pengukuran berdasarkan kondisi lapangan dan lokasi yang berdekatan dengan luweng.

1. Lokasi Kuniran



Gambar 3.8 Titik akuisisi data Kuniran

2. Lokasi Kedung banteng



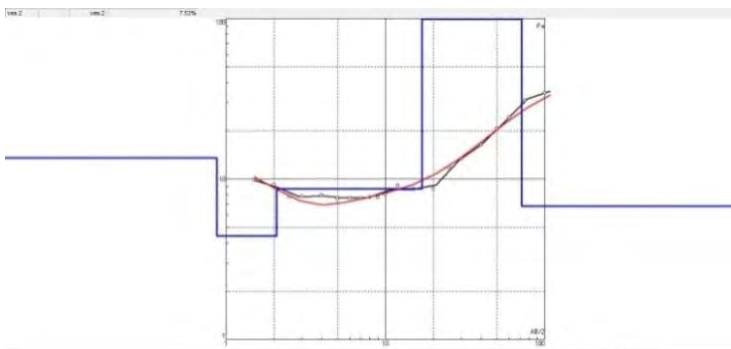
Gambar 3.9 Titik akuisisi data Kedung banteng

4.1 Analisis Data

4.1.1 Analisis Data Hasil Pengukuran

1. Titik VES 1

Gambar 4.1 Hasil pengolahan Geolistrik 1D Titik 1



Gambar 4.2 Hasil Grafik pengolahan Geolistrik 1D Titik 1

Tabel 4.1 Hasil interpretasi lapisan titik 1

No.	Nilai resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi
1	13.5	0.879	0.879	Lapisan <i>top soil</i>
2	4.43	1.2	2.08	Batugamping klastik
3	8.67	14.9	17	Batugamping klastik
4	131	54.5	71.5	Batugamping terumbu
5	6.79			Batugamping Klastik

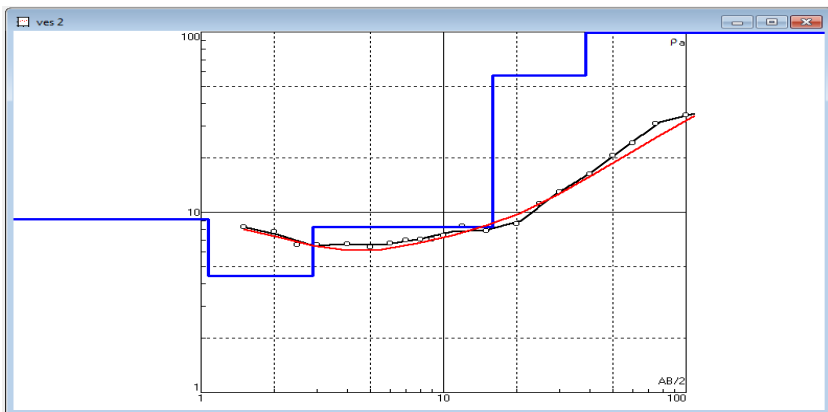
Gambar 4.2 menunjukkan grafik pengolahan dimana diketahui hasil pengolahan terdiri dari 5 lapisan. Hasil interpretasi dari data pengolahan titik *sounding-1* ditunjukkan pada tabel 4.1 dimana diketahui terdapat 5 lapisan litologi dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama 13.5 Ωm dengan ketebalan 0.9 meter diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil*. Lapisan kedua dari hasil nilai resistivitas 4.43 Ωm ketebalan lapisan 1.2 meter dan kedalaman 2.08 meter diinterpretasikan sebagai Batugamping klastik. Lapisan ketiga pada titik *sounding-1* nilai resistivitas 8.67 kedalaman 17 meter dan ketebalan 14.9 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping klastik. Lapisan keempat diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping terumbu dengan nilai resistivitas sebesar 131 Ωm kedalaman 71.5 meter dan ketebalan 54.5 meter. Lapisan kelima diinterpretasikan sebagai batugamping klastik dengan nilai resistivitas 6.79 Ωm .

2. Titik VES 2

Error = 7.26%

N	p	h	d	Alt
1	9.11	1.07	1.07	-1.072
2	4.43	1.82	2.89	-2.892
3	8.28	13.1	15.9	-15.94
4	57.4	22.6	38.6	-38.57
5	120			

Gambar 4.3 Hasil pengolahan Geolistrik 1D Titik 2



Gambar 4.4 Hasil Grafik pengolahan Geolistrik 1D Titik 2

Tabel 4.2 Hasil interpretasi lapisan titik 2

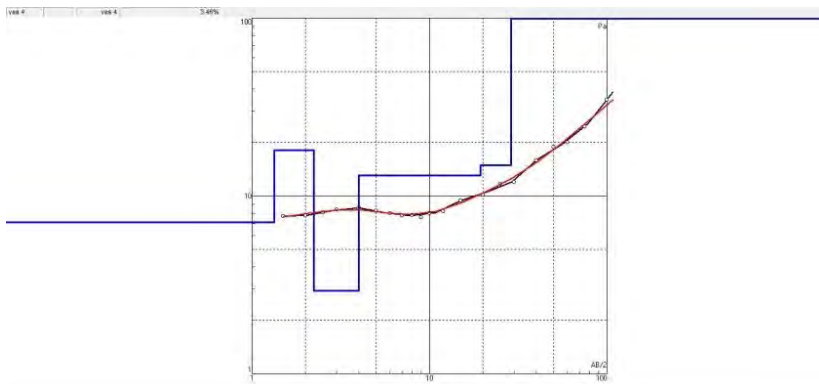
No.	Nilai resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi
1	9.11	1.07	1.07	Lapisan <i>top soil</i>
2	4.43	1.82	2.89	Batugamping klastik
3	8.28	13.1	15.9	Batugamping klastik
4	57.4	22.6	38.6	Batugamping pasir
5	120			Batugamping Terumbu

Gambar 4.4 menunjukkan grafik pengolahan dimana diketahui hasil pengolahan terdiri dari 5 lapisan. Hasil interpretasi dari data pengolahan titik *sounding-2* ditunjukkan pada tabel 4.2 dimana diketahui terdapat 5 lapisan litologi dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama 9.11 Ωm dengan ketebalan 1.09 meter diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil*. Lapisan kedua dari hasil nilai resistivitas 4.43 Ωm ketebalan lapisan 1.8 meter dan kedalaman 2.9 meter diinterpretasikan sebagai Batugamping klastik. Lapisan ketiga pada titik *sounding-2* nilai resistivitas 8.28 Ωm kedalaman 15.9 meter dan ketebalan 13.1 meter. diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping klastik. Lapisan keempat diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping terumbu dengan nilai resistivitas sebesar 57.4 Ωm kedalaman 38.6 meter dan ketebalan 22.6 meter.

3. Titik VES 3

N	p	h	d	Alt
1	7.12	1.33	1.33	-1.332
2	18.1	0.898	2.23	-2.231
3	2.93	1.76	3.99	-3.986
4	13	15.4	19.4	-19.37
5	14.9	9.44	28.8	-28.81
6	206			

Gambar 4.5 Hasil pengolahan Geolistrik 1D Titik 3



Gambar 4.6 Hasil Grafik pengolahan Geolistrik 1D Titik 3

Tabel 4.3 Hasil interpretasi lapisan titik 3

No.	Nilai resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi
1	7.12	1.33	1.33	Lapisan <i>top soil</i>
2	18.1	0.898	2.23	Batugamping klastik
3	2.93	1.76	3.99	Batugamping klastik
4	13	15.4	19.4	Batugamping klastik
5	14.9	9.44	28.8	Batugamping klastik
6	206			Batugamping Terumbu

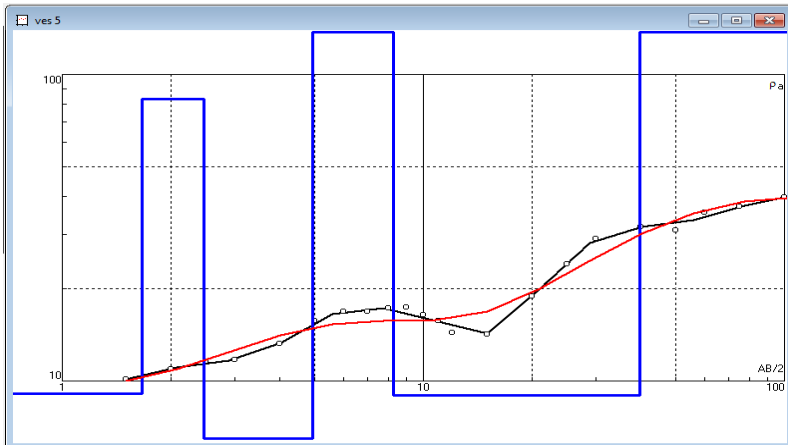
Gambar 4.6 menunjukkan grafik pengolahan dimana diketahui hasil pengolahan terdiri dari 6 lapisan. Hasil interpretasi dari data pengolahan titik *sounding-3* ditunjukkan pada tabel 4.3 dimana diketahui terdapat 6 lapisan litologi dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama 7.12 Ωm dengan ketebalan 1.33 meter diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil*. Lapisan kedua dari hasil nilai resistivitas 18.1 Ωm ketebalan lapisan 0.9 meter dan kedalaman 2.2 meter diinterpretasikan sebagai Batugamping klastik. Lapisan ketiga pada titik *sounding-3* nilai resistivitas 2.93 Ωm kedalaman 3.99 meter dan ketebalan 1.8 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping klastik. Lapisan keempat diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping klastik dengan nilai resistivitas 13 Ωm kedalaman 19.4 meter dan ketebalan 15.4 meter. Lapisan kelima diinterpretasikan sebagai batugamping klastik dengan nilai resistivitas 14.9 Ωm kedalaman 28.8 meter dan ketebalan 9.44 meter. Lapisan keenam dengan nilai resistivitas 206 Ωm diinterpretasikan sebagai lapisan batugamping terumbu

4. Titik VES 4

Error = 7.25%

N	ρ	h	d	Alt
1	9.11	1.66	1.66	-1.663
2	83.1	0.804	2.47	-2.467
3	3.23	2.46	4.92	-4.923
4	749	3.33	8.25	-8.252
5	8.98	31.6	39.9	-39.87
6	163			

Gambar 4.7 Hasil pengolahan Geolistrik 1D Titik 4



Gambar 4.8 Hasil Grafik pengolahan Geolistrik 1D Titik 4

Tabel 4.4 Hasil interpretasi lapisan titik 4

No.	Nilai resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi
1	9.15	1.66	1.67	Lapisan <i>top soil</i>
2	83.11	0.804	2.47	Batugamping pasir
3	3.23	2.46	4.92	Batugamping klastik
4	749	3.33	8.25	Batugamping
5	8.98	31.38	39.9	Batugamping klastik
6	163			Batugamping terumbu

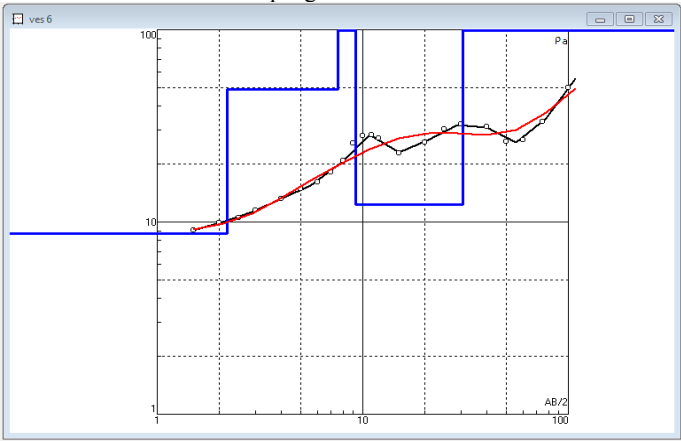
Gambar 4.8 menunjukkan grafik pengolahan dimana diketahui hasil pengolahan terdiri dari 6 lapisan. Hasil interpretasi dari data pengolahan titik *sounding-4* ditunjukkan pada tabel 4.4 dimana diketahui terdapat 6 lapisan litologi dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama 9.15 Ωm dengan ketebalan 1.7 meter dapat diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil*. Lapisan kedua dari hasil nilai resistivitas 83.11 Ωm ketebalan lapisan 0.8 meter dan kedalaman 2.5 meter diinterpretasikan sebagai Batugamping pasir. Lapisan ketiga pada titik *sounding-4* nilai resistivitas 3.23 Ωm kedalaman 4.9 meter dan ketebalan 2.46 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping klastik. Lapisan keempat diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping dengan nilai resistivitas 749 Ωm kedalaman 8.25 meter dan ketebalan 3.33 meter. Lapisan kelima diinterpretasikan sebagai batugamping klastik dengan nilai resistivitas 8.98 Ωm kedalaman 39.9 meter dan ketebalan 7.38 meter. Lapisan keenam diinterpretasikan sebagai batugamping terumbu dengan nilai resistivitas 163 Ωm .

5. Titik VES 5

Error = 9.45%

N	p	h	d	Alt
1	8.7	2.18	2.18	-2.181
2	48.9	5.4	7.58	-7.58
3	111	1.7	9.28	-9.276
4	12.3	21.5	30.8	-30.76
5	1565			

Gambar 4.9 Hasil pengolahan Geolistrik 1D Titik 5



Gambar 4.10 Hasil pengolahan Geolistrik 1D Titik 5

Tabel 4.5 Hasil interpretasi lapisan titik 5

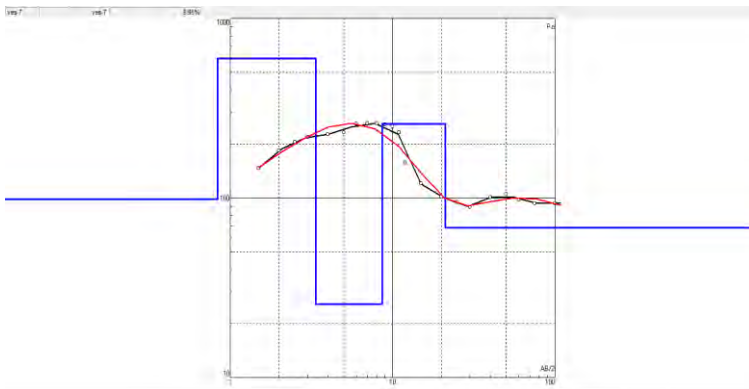
No.	Nilai resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi
1	8.7	2.18	2.18	Lapisan <i>top soil</i>
2	48.9	5.4	7.58	Batugamping klastik
3	111	1.7	9.28	Batugamping terumbu
4	12.3	21.5	30.8	Batugamping klastik
5	1565			Batugamping kering

Gambar 4.10 menunjukkan grafik pengolahan dimana diketahui hasil pengolahan terdiri dari 5 lapisan. Hasil interpretasi dari data pengolahan titik *sounding-1* ditunjukkan pada tabel 4.5 dimana diketahui terdapat 5 lapisan litologi dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama 8.7 Ωm dengan ketebalan 2.18 meter diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil*. Lapisan kedua dari hasil nilai resistivitas 48.9 Ωm ketebalan lapisan 5.4 meter dan kedalaman 7.58 meter diinterpretasikan sebagai Batugamping klastik. Lapisan ketiga pada titik *sounding-5* nilai resistivitas 111 Ωm kedalaman 9.28 meter dan ketebalan 1.7 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping terumbu. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 12.3 Ωm kedalaman 30.8 meter dan ketebalan 21.5 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping klastik. lapisan kelima diinterpretasikan sebagai batugamping kering dengan nilai resistivitas 1565 Ωm .

6. Titik VES 6

Error = 6.95%				
N	ρ	h	d	Alt
1	98.6	0.838	0.838	-0.837
2	600	2.52	3.35	-3.35
3	25.6	5.24	8.6	-8.6
4	258	12.6	21.2	-21.1
5	68.3			

Gambar 4.11 Hasil pengolahan Geolistrik 1D Titik 6



Gambar 4.12 Hasil pengolahan Geolistrik 1D Titik 6

Tabel 4.6 Hasil interpretasi lapisan titik 6

No.	Nilai resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi
1	98.6	0.838	0.838	Batugamping pasir
2	600	2.52	3.35	Batugamping
3	25.6	5.24	8.6	Batugamping klastik
4	258	12.6	21.2	Batugamping terumbu
5	68.3			Batugamping pasir

Gambar 4.12 menunjukkan grafik pengolahan dimana diketahui hasil pengolahan terdiri dari 5 lapisan. Hasil interpretasi dari data pengolahan titik *sounding-1* ditunjukkan pada tabel 4.6 dimana diketahui terdapat 5 lapisan litologi dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama 98.6 Ωm dengan ketebalan 0.9 meter diinterpretasikan sebagai lapisan batugamping pasir. Lapisan kedua dari hasil nilai resistivitas 600 Ωm ketebalan lapisan 2.52 meter dan kedalaman 3.35 meter diinterpretasikan sebagai Batugamping. Lapisan ketiga didapatkan nilai resistivitas 25.6 Ωm kedalaman 8.6 meter dan ketebalan 5.24 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping klastik. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 258 Ωm kedalaman 21.2 meter dan ketebalan 12.6 meter diinterpretasikan sebagai lapisan Batugamping terumbu. Lapisan kelima diinterpretasikan sebagai batugamping pasir dengan nilai resistivitas 68.3 Ωm .

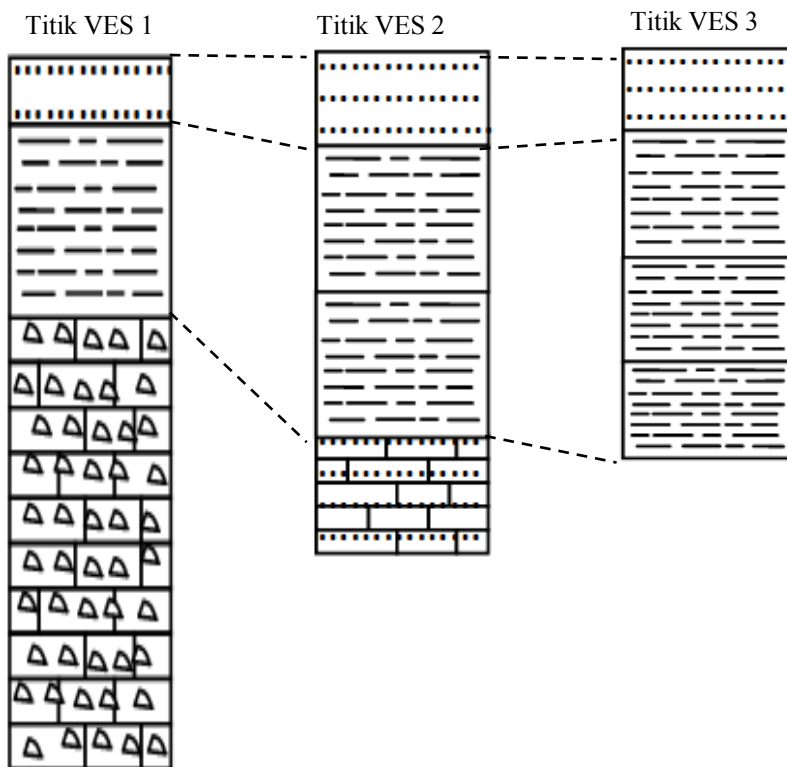
4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik 1D (VES) pada titik VES 1 menunjukkan terdapat 4 lapisan batuan yang berbeda. Lapisan batuan pada titik VES 1 terdiri dari batugamping klastik dan batugamping terumbu sedangkan pada lapisan penutup berupa lapisan *top-soil* atau lapisan dari hasil pelapukan. Hasil interpretasi pada titik VES 2 yang berada disekitar sungai kuniran menunjukkan bahwa lapisan batuan yang mendominasi adalah batugamping klastik, dan terdapat juga batugamping pasir. Sedangkan pada titik VES 3 menunjukkan hasil interpretasi hanya terdapat jenis batuan batugamping klastik dan *top-soil* pada lapisan penutup.

Hasil interpretasi ketiga titik VES tersebut, menunjukkan litologi batuan pada lokasi pengukuran yang berada di sekitar sungai kuniran berupa batugamping klastik, batugamping terumbu dan batugamping pasir. Karakteristik pada lokasi pengukuran berupa batugamping klastik, karena pada setiap titik pengukuran VES 1, VES 2 dan VES 3 menunjukkan bahwa batugamping klastik mendominasi pada setiap titik pengukuran. Lokasi pengukuran yang berada pada sekitar sungai kuniran memiliki kondisi lingkungan berupa persawahan yang memungkinkan pada lokasi tersebut jenis litologi batuan berupa batugamping klastik.

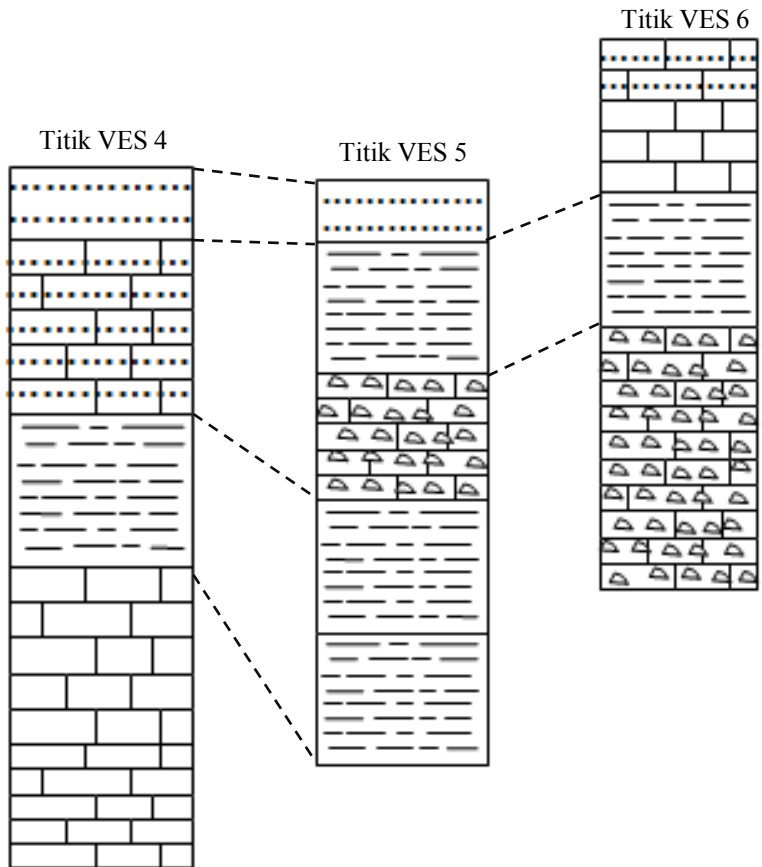
Pengukuran pada titik VES 4, VES 5 dan VES 6 dilakukan di lokasi sekitar sumber air PDAM kedung banteng. Hasil interpretasi litologi bawah permukaan pada titik pengukuran VES 4 menunjukkan 3 litologi batuan yang berbeda, yakni batugamping pasir, batugamping klastik dan batugamping kering. Titik pengukuran VES 5 menunjukkan hasil interpretasi litologi bawah permukaan berupa batugamping terumbu dan batugamping klastik. Pada titik pengukuran VES 6 menunjukkan pada lapisan atas berupa batugamping pasir VES 6 menunjukkan 4 litologi batuan, yaitu batugamping pasir, batugamping kering, batugamping terumbu dan batugamping klastik. Lapisan batugamping terumbu mendominasi pada lokasi titik VES 6.

Hasil analisa data dan interpretasi dari keenam titik pengukuran menunjukkan litologi yang sama dengan data geologi pada daerah penelitian. Daerah penelitian termasuk kedalam formasi wonosari, dimana daerah ini memiliki karakteristik batuan berupa batugamping klastik dan batugamping terumbu. Batugamping ini telah mengalami proses geologi dimana diendapkan di laut dangkal dengan kondisi air yang jernih, banyak sinar matahari dan kondisi air laut yang bergelombang.



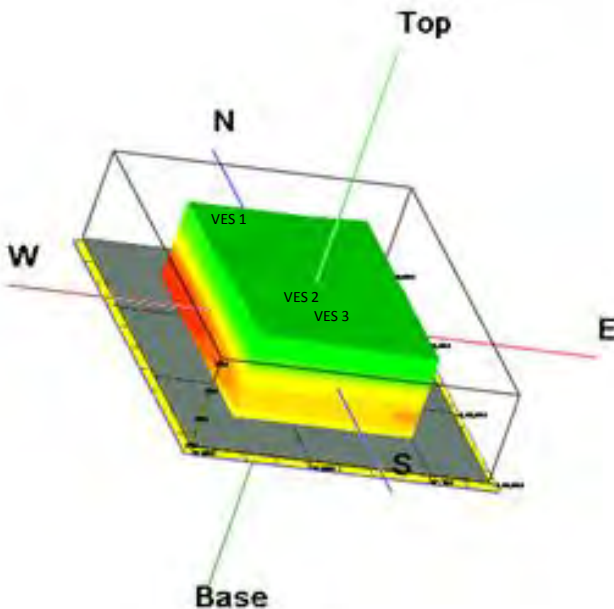
Gambar 4.13 korelasi titik VES 1, VES 2 dan VES 3

Gambar 4.13 menunjukkan hasil dari korelasi antar titik pengukuran VES 1, VES 2 dan VES 3 dimana pada hasil tersebut menunjukkan bahwa pada lapisan pertama dan kedua diinterpretasikan memiliki litologi batuan yang sama dan antar titik saling berhubungan. Dari korelasi diatas dapat di asumsikan bahwa lapisan pertama dan kedua merupakan satu perlapisan batuan yang sama. Sedangkan pada lapisan terbawah pada titik VES 1 dan VES 2 menunjukkan litologi batuan yang berbeda.



Gambar 4.14 korelasi titik VES 4, VES 5 dan VES 6

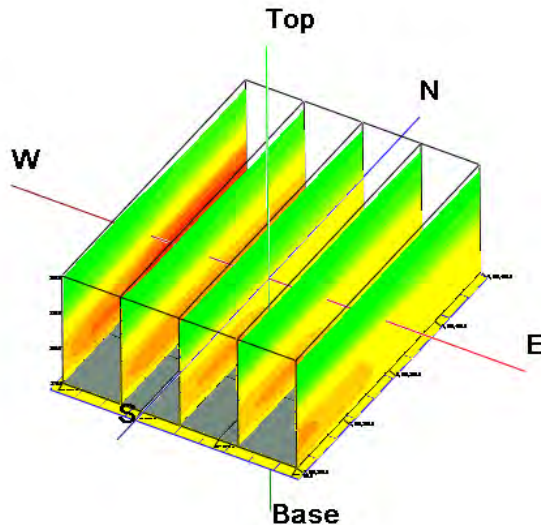
Berdasarkan hasil dari korelasi titik pengukuran VES 4, VES 5 dan VES 6 dapat menunjukkan bahwa terdapat lapisan-lapisan yang saling berhubungan dan terdapat lapisan yang tidak saling berhubungan. Lapisan-lapisan pada titik VES 4 dan VES 5 terdapat 2 lapisan yang saling berhubungan karena lokasi kedua titik pengukuran tersebut tidak terlalu jauh, sedangkan pada titik VES 6 terlihat hanya satu lapisan yang dapat diinterpretasikan saling berhubungan dengan titik pengukuran lainnya. Hal tersebut dikarenakan jarak titik pengukuran titik VES 6 cukup jauh dengan titik pengukuran VES 4 dan VES 5.



Gambar 4.15 Hasil Pemodelan Titik VES 1, VES 2 dan VES 3

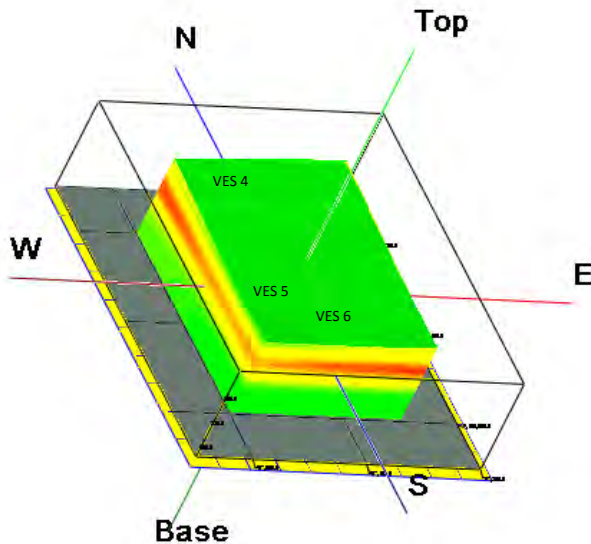
Pada gambar 4.15 menunjukkan hasil dari pemodelan pada titik VES 1 VES 2 dan VES 3. Dimana pada hasil pemodelan tersebut menunjukkan lapisan atas memiliki nilai resistivitas yang rendah dan diinterpretasikan sebagai lapisan batugamping klastik. Lapisan bawah pada hasil pemodelan menunjukkan perbedaan nilai resistivitas masih menunjukkan nilai resistivitas diatas 50 Ωm . Dengan nilai resistivitas 50 Ωm maka sebaran litologi

pada lokasi pengukuran ini diinterpretasikan berlitologi batugamping terumbu, batugamping pasir dan batugamping padat. Dari hasil pemodelan 3D kemudian dilakukan slicing yang bertujuan mengetahui kemenerusan lapisan-lapisan litologi batuan pada daerah penelitian.



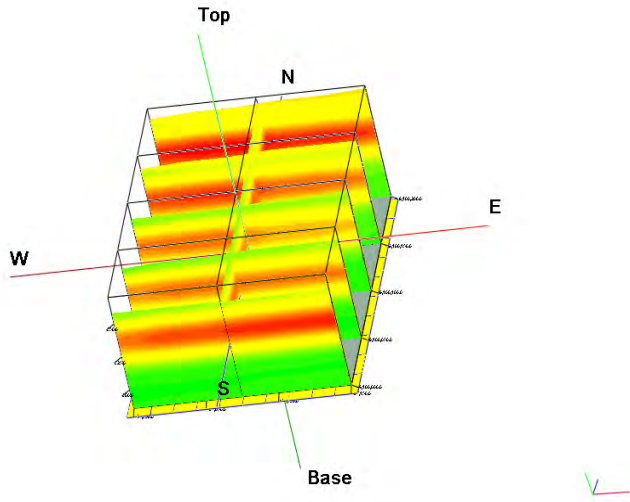
Gambar 4.16 Hasil slicing titik VES 1, VES 2 dan VES 3

Gambar 4.16 menunjukkan hasil slicing diketahui nilai resistivitas pada arah barat cenderung tinggi sedangkan pada arah timur nilai resistivitas semakin rendah. Dari hasil analisa diketahui bahwa semakin ketimur litologi batuan berupa batuan yang memiliki nilai resistivitas yang rendah.



Gambar 4.17 Hasil Pemodelan Titik VES 4, VES 5 dan VES 6

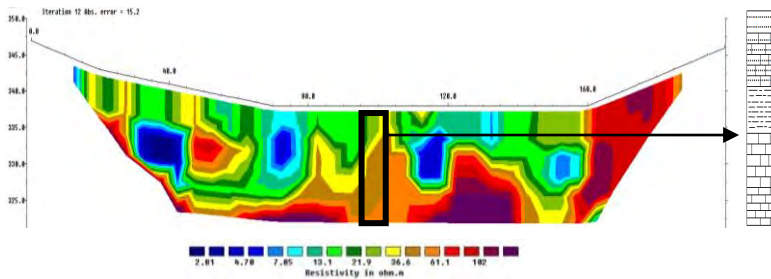
Pada gambar 4.16 menunjukkan hasil dari pemodelan pada titik VES 4, VES 5 dan VES 6. Hasil pemodelan diketahui lapisan pertama di dominasi oleh lapisan yang nilai resisitivitas rendah namun pada arah utara nilai resisitivitas lapisan atas memiliki nilai resistivitas yang tinggi, Dari arah utara-selatan nilai resistivitas cenderung menurun dikarenakan pada lokasi arah selatan pada permukaan nya berlitologi sedimen yang di dominasi oleh persawahan. Pada lapisan bawah dari arah utara-selatan menunjukkan nilai resisitivitas yang cenderung tinggi di atas $50 \Omega\text{m}$. Nilai resitivitas di atas $50 \Omega\text{m}$ dapat diinterpretasikan bahwa persebaran litologi pada lapisan bawah merupakan lapisan berlitologi batugamping pasir, batugamping terumbu dan batugamping padat. Dari hasil pemodelan 3D dilakukan slicing pada hasil pemodelan tersebut yang digunakan untuk mengetahui kemenerusan litologi batuan nya.



Gambar 4.18 Hasil slicing titik VES 4,VES 5 dan VES 6

Berdasarkan hasil slicing yang dapat dilihat pada gambar 4.18, menunjukkan bahwa nilai resistivitas cenderung tinggi. Pada arah timur-barat nilai resistivitas cenderung menurun namun masih tergolong dengan nilai resistivitas yang tinggi. Begitupula pada arah utara-selatan kemenerusan litologi cenderung di dominasi oleh bataun yang bernilai resistivitas yang tinggi.

Perbedaan litologi pada setiap titik pengukuran di dukung dengan adanya data resistivitas 2D yang telah dilakukan pada lokasi pengukuran yang sama dimana data resistivitas 2D dapat menginterpretasikan litologi secara *lateral*. Data resistivitas 2D mendukung hasil interpretasi pada titik pengukuran VES 4 dan dapat mendukung perbedaan litologi secara *lateral*.



Gambar 4.17 korelasi data resistivitas 2D dengan data VES

Gambar 4.17 menunjukkan hasil dari korelasi data VES 4 dengan data resistivitas 2D. Data tersebut dapat mendukung hasil korelasi antar titik VES 4, VES 5 dan VES 6 dimana pada lokasi pengukuran tersebut memiliki lapisan batuan yang berbeda meskipun jarak antar titik saling berdekatan.

Halaman ini sengaja di kosongkan

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa karakteristik batuan pada kawasan karst desa Sekar, pacitann menunjukkan litologi batugamping klastik dan batugamping terumbu dan rata-rata nilai resistivitas yang di dapatkan pada hasil pengolahan antara 0-100 Ω m.

5.2 Saran

Saran penulis yang dapat di sampaikan untuk peneltian selanjutnya adalah dilakukan Pemetaan akuifer air atau sistem aliran air untuk mengetahui sistem hidrologi pada kawasan karst.

Halaman ini sengaja di kosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Agung B., Wahyudi., Suyanto., 2014. *Pemetaan Akuifer Airtanah dengan Metode Resistivitas Sounding Desa Petapa, Pelawa, dan Binangga, Kecamatan Parigi, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah*. Program Studi Geofisika FMIPA UGM. Yogyakarta.
- Bemmelen, V. R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*, Martinus Nyhoff, The Hague, Nederland.
- Ford, D. and Williams, P. 1992. *Karst Geomorphology and Hydrology*, Chapman and Hall, London
- Murti, H.A., 2009. analisis pendugaan potensi akifer dengan metode geolistrik resistivitas *sounding* dan *mapping* di kawasan karst kecamatan giritontro kabupaten wonogiri. universitas sebelas maret Surakarta.
- Haryono, E. dan Adji T.N., *Geomorfologi dan Hidrologi karst bahan ajar*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Rochman, J.P.G.N.R., Widodo, A., Syaifuddin, F., Lestari, W., 2017. Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Mengetahui Bawah Permukaan di Komplek Candi Belahan (Candi Gapura). J. Geosaintek 3, 93–98.
- Sartono, S., 1964. Stratigraphy and sedimentation of the eastern most part of Gunung Sewu (East java). Publikasi Teknik 1: 30-34. Bandung: Fakultas Teknik ITB.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., and Keys, D. A., 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. London.
- Telford, W.M, Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics*, 2nd Edition, Cambridge
- Trudgil, S., 1985, *Limestone Geomorphology*, Longman, New York.
- Zohdy, A. A. R., Eaton, G. P., dan Mabey, D. R., 1980. *Application of Surface Geophysics to Ground-Water Investigations*. United States Government Printing Office. Washington.

Halaman ini sengaja di kosongkan

LAMPIRAN

Tabel. 1 Data sheet VES 1

No.	MN/2	AB/2	V	I	SP	v - SP	K	R	Rho	log
1	0.5	1.5	250	143	26.5	223.5	6.28	1.562937	9.815245	0.991901134
2	0.5	2	139	142	28.2	110.8	11.775	0.780282	9.187817	0.963212332
3	0.5	2.5	111.2	142.1	52.7	58.5	18.84	0.411682	7.756087	0.889642687
4	0.5	3	91.8	142.2	51.5	40.3	27.475	0.283404	7.786515	0.891343151
5	0.5	4	75.7	142.3	53	22.7	49.455	0.159522	7.889167	0.897031163
6	0.5	5	13.9	142.4	0	13.9	77.715	0.097612	7.585945	0.880009662
7	0.5	6	10.1	142.4	0	10.1	112.255	0.070927	7.961907	0.901017079
8	1	6	19	142.5	0	19	54.95	0.133333	7.326667	0.864906433
9	1	7	14.4	142.6	0	14.4	75.36	0.100982	7.609986	0.881383856
10	1	8	11.1	142.6	0	11.1	98.91	0.07784	7.699165	0.886443655
11	1	9	8.7	142.6	0	8.7	125.6	0.06101	7.662833	0.884389367
12	1	10	31.7	142.8	24.3	7.4	155.43	0.051821	8.054496	0.906038359
13	1	12	30.1	142.9	24.3	5.8	224.51	0.040588	9.112372	0.959631455
14	1	15	3.5	143.1	0	3.5	351.68	0.024458	8.601537	0.934576081
15	5	15	17.9	143.2	0	17.9	62.8	0.125	7.85	0.894869657
16	5	20	7.3	143.2	0	7.3	117.75	0.050978	6.002619	0.778340758
17	5	25	9	143.1	0	9	188.4	0.062893	11.84906	1.073683774
18	5	30	7.2	143.1	0	7.2	274.75	0.050314	13.8239	1.140630564
19	10	30	50.7	143.1	36	14.7	125.6	0.102725	12.90231	1.11066734
20	10	40	36	143	26.1	9.9	235.5	0.069231	16.30385	1.212290069
21	10	50	32	143.1	24.2	7.8	376.8	0.054507	20.53836	1.312565863
22	10	60	30.4	143	24.1	6.3	549.5	0.044056	24.20874	1.383972209
23	10	75	29.8	143.1	24.7	5.1	867.425	0.035639	30.91452	1.490162477
24	25	75	12	143	-2.1	14.1	314	0.098601	30.96084	1.490812723
25	25	100	8.4	143.1	0	8.4	588.75	0.0587	34.55975	1.538570572

Tabel. 2 Data sheet VES 2

MN/2	AB/2	MN	SP	V	I	K	v - SP	R	Rho	log
0.5	1.5	1	0	227.5	142.4	6.28	227.5	1.597612	10.03301	1.001431
0.5	2	1	0	129.6	142.5	11.775	129.6	0.909474	10.70905	1.029751
0.5	2.5	1	0	81	142.2	18.84	81	0.56962	10.73165	1.030666
0.5	3	1	0	53.9	142.5	27.475	53.9	0.378246	10.3923	1.016712
0.5	4	1	0	28	142.5	49.455	28	0.196491	9.717474	0.987553
0.5	5	1	0	16.8	142.5	77.715	16.8	0.117895	9.162189	0.961999
0.5	6	1	0	11	142.6	112.255	11	0.077139	8.659222	0.937479
1	6	2	0	18	142.7	54.95	18	0.126139	6.931324	0.840816
1	7	2	0	12.4	142.8	75.36	12.4	0.086835	6.543866	0.815834
1	8	2	0	9.4	142.7	98.91	9.4	0.065872	6.515445	0.813944
1	9	2	0	7	142.8	125.6	7	0.04902	6.156863	0.789359
1	10	2	0	5.6	142.8	155.43	5.6	0.039216	6.095294	0.784995
1	12	2	0	4.2	142.9	224.51	4.2	0.029391	6.598614	0.819453
1	15	2	0	2.9	143	351.68	2.9	0.02028	7.131972	0.85321
5	15	10	-1.2	10.3	143	62.8	11.5	0.072028	4.523357	0.655461
5	20	10	0	9.3	143	117.75	9.3	0.065035	7.657867	0.884108
5	25	10	0	7.4	143.1	188.4	7.4	0.051712	9.742558	0.988673
5	30	10	0	6.3	143.1	274.75	6.3	0.044025	12.09591	1.082639
10	30	20	0	14.7	143.1	125.6	14.7	0.102725	12.90231	1.110667
10	40	20	0	10.7	143.1	235.5	10.7	0.074773	17.60901	1.245735
10	50	20	0	8.4	143.1	376.8	8.4	0.0587	22.11824	1.344751
10	60	20	0	7.7	143.1	549.5	7.7	0.053809	29.56778	1.470819
10	75	20	0	5.1	143.2	867.425	5.1	0.035615	30.89293	1.489859
25	75	50	0	13.1	143.1	314	13.1	0.091544	28.74493	1.458561
25	100	50	0	8	143.2	588.75	8	0.055866	32.89106	1.517078

Tabel. 3 Data sheet VES 3

No.	MN/2	AB/2	MN	SP	V	I	K	v-SP	R	Rho	Log
1	0.5	1.5	1	0	174	142	6.28	174	1.225352	7.695211	0.886221
2	0.5	2	1	0	93.5	142.1	11.775	93.5	0.657987	7.747801	0.889178
3	0.5	2.5	1	0	60.5	142	18.84	60.5	0.426056	8.026901	0.904548
4	0.5	3	1	0	40.6	142	27.475	40.6	0.285915	7.855528	0.895175
5	0.5	4	1	0	24.6	142.1	49.455	24.6	0.173118	8.561527	0.932551
6	0.5	5	1	0	15	142.1	77.715	15	0.105559	8.203554	0.914002
7	0.5	6	1	0	10	142.1	112.255	10	0.070373	7.899719	0.897612
8	1	6	2	0	21.7	142.2	54.95	21.7	0.152602	8.385478	0.923528
9	1	7	2	0	14.7	143.3	75.36	14.7	0.102582	7.730579	0.888212
10	1	8	2	0	11.3	143.3	98.91	11.3	0.078856	7.799602	0.892072
11	1	9	2	0	8.6	142.4	125.6	8.6	0.060393	7.585393	0.879978
12	1	10	2	0	7.3	142.4	155.43	7.3	0.051264	7.967971	0.901348
13	1	12	2	0	5.2	142.4	224.51	5.2	0.036517	8.198399	0.913729
14	1	15	2	0	3.7	142.4	351.68	3.7	0.025983	9.137753	0.960839
15	5	15	10	0	26.2	142.4	62.8	26.2	0.183989	11.55449	1.062751
16	5	20	10	0	12.3	142.5	117.75	12.3	0.086316	10.16368	1.007051
17	5	25	10	0	8.8	142.4	188.4	8.8	0.061798	11.6427	1.066054
18	5	30	10	0	6.4	142.5	274.75	6.4	0.044912	12.33965	1.091303
19	10	30	20	0	13.2	142.5	125.6	13.2	0.092632	11.63453	1.065749
20	10	40	20	0	9.6	142.5	235.5	9.6	0.067368	15.86526	1.200447
21	10	50	20	0	7.1	142.4	376.8	7.1	0.04986	18.78708	1.273859
22	10	60	20	0	5.2	142.5	549.5	5.2	0.036491	20.05193	1.302156
23	10	75	20	0	3.9	142.5	867.425	5.9	0.027368	23.74005	1.375482
24	25	75	50	0	11.4	142.4	314	9.3	0.080056	25.13764	1.400325
25	25	100	50	0	8.4	142.4	588.75	8.4	0.058989	34.72963	1.5407

Tabel. 4 Data sheet VES 4

No.	MN/2	AB/2	V (mV)	I (Ma)	SP	K	v-SP	R	Rho	Log
1	0.5	1.5	221.1	137.4	0	6.28	221.1	1.60917	10.10559	1.004562
2	0.5	2	107	137.5	0	11.775	107	0.778182	9.163091	0.962042
3	0.5	2.5	84.6	137.4	0	18.84	84.6	0.615721	11.60017	1.064465
4	0.5	3	58.7	137.7	0	27.475	58.7	0.426289	11.71229	1.068642
5	0.5	4	36.6	137.5	0	49.455	36.6	0.266182	13.16402	1.119389
6	0.5	5	27.9	137.9	0	77.715	27.9	0.202321	15.72334	1.196545
7	0.5	6	15.8	137.7	0	112.255	15.8	0.114742	12.88038	1.109929
8	1	7	31	138.1	0	75.36	31	0.224475	16.91644	1.228309
9	1	8	24.1	138.1	0	98.91	24.1	0.174511	17.26091	1.237064
10	1	9	19.1	138	0	125.6	19.1	0.138406	17.38377	1.240144
11	1	10	14.6	138.1	0	155.43	14.6	0.10572	16.43214	1.215694
12	1	11	11.5	138.3	0	188.4	11.5	0.083153	15.66594	1.194957
13	1	12	8.3	138.7	0	224.51	8.3	0.059841	13.43499	1.128237
14	1	15	4.1	138.9	0	351.68	4.1	0.029518	10.38076	1.016229
15	5	15	41.3	139.1	0	62.8	41.3	0.296909	18.64587	1.270583
16	5	20	22.3	139	0	117.75	22.3	0.160432	18.89083	1.276251
17	5	25	17.7	139.1	0	188.4	17.7	0.127247	23.97326	1.379727
18	5	30	12.6	139.3	0	274.75	12.6	0.090452	24.85176	1.395357
19	10	30	38.2	139.4	0	125.6	38.2	0.274032	34.41836	1.53679
20	10	40	18.9	139.6	0	235.5	18.9	0.135387	31.8836	1.503567
21	10	50	11.5	139.7	0	376.8	11.5	0.082319	31.0179	1.491612
22	10	60	9	139.8	0	549.5	9	0.064378	35.37554	1.548703
23	10	75	5.1	139.8	0	867.425	5.1	0.036481	31.64426	1.500295
24	25	75	19.3	140	0	314	19.3	0.137857	43.28714	1.636359
25	25	100	9.4	139.5	0	588.75	9.4	0.067384	39.67204	1.598485

Tabel.5 Data sheet VES 5

No.	MN/2	AB/2	V (mV)	I (Ma)	SP	K	v-Sp	R	Rho	log
1	0.5	1.5	199.5	138.7	199.9	6.28	-0.4	1.438356	9.032877	0.955826
2	0.5	2	116.3	138.9	117.5	11.775	-1.2	0.837293	9.859125	0.993838
3	0.5	2.5	77.6	139	78.9	18.84	-1.3	0.558273	10.51787	1.021928
4	0.5	3	53.3	139.1	55.5	27.475	-2.2	0.383178	10.5278	1.022338
5	0.5	4	34.4	139.2	34.5	49.455	-0.1	0.247126	12.22164	1.087129
6	0.5	5	26.6	139.3	26.4	77.715	0.2	0.190955	14.84005	1.171435
7	0.5	6	16.8	139.3	18.7	112.255	-1.9	0.120603	13.53829	1.131564
8	1	7	33.5	139.4	33.4	75.36	0.1	0.240316	18.11019	1.257923
9	1	8	29.3	139.3	33.5	98.91	-4.2	0.210337	20.80447	1.318157
10	1	9	28.5	139.6	28.8	125.6	-0.3	0.204155	25.64183	1.408949
11	1	10	25.3	139.7	0	155.43	25.3	0.181102	28.14874	1.449459
12	1	11	23.9	139.7	23	188.4	0.9	0.171081	32.23164	1.508282
13	1	12	17	139.9	16.9	224.51	0.1	0.121515	27.28142	1.435867
14	1	15	4.9	139.7	8.1	351.68	-3.2	0.035075	12.33523	1.091147
15	5	15	49.5	139.8	52.9	62.8	-3.4	0.354077	22.23605	1.347058
16	5	20	31	140.1	31.7	117.75	-0.7	0.221271	26.0546	1.415884
17	5	25	22.5	140.1	22.7	188.4	-0.2	0.1606	30.25696	1.480825
18	5	30	14.7	140	15	274.75	-0.3	0.105	28.84875	1.460127
19	10	30	40.2	140	39.3	125.6	0.9	0.287143	36.06514	1.557088
20	10	40	20.9	140.2	21.9	235.5	-1	0.149073	35.10663	1.545389
21	10	50	9	140.3	10	376.8	-1	0.064148	24.17106	1.383296
22	10	60	6.8	140.5	8.4	549.5	-1.6	0.048399	26.59502	1.4248
23	10	75	3.9	140.7	4.4	867.425	-0.5	0.027719	24.04376	1.381002
24	25	75	20.6	140.8	27.7	314	-7.1	0.146307	45.94034	1.662194
25	25	100	13.3	141	13.2	588.75	0.1	0.094326	55.53457	1.744563

Tabel. 6 Data sheet VES 6

No.	MN/2	AB/2	V(mV)	I (Ma)	SP	K	v-SP	R	Rho
1	0.5	1.5	3961	169.7	0	6.28	3961	23.34119	146.5827
2	0.5	2	2708	174.1	0	11.775	2708	15.55428	183.1516
3	0.5	2.5	1850	170.5	0	18.84	1850	10.85044	204.4223
4	0.5	3	1334	168	0	27.475	1334	7.940476	218.1646
5	0.5	4	748	163.2	0	49.455	748	4.583333	226.6688
6	0.5	5	508	170.2	0	77.715	508	2.984724	231.9578
7	0.5	6	388	168	0	112.255	388	2.309524	259.2556
8	1	7	582	168.8	0	75.36	582	3.447867	259.8313
9	1	8	4507	169.6	0	98.91	4507	26.57429	2628.463
10	1	9	320	167.6	0	125.6	320	1.909308	239.8091
11	1	10	267	165.6	0	155.43	267	1.612319	250.6027
12	1	11	209.1	169.9	0	188.4	209.1	1.230724	231.8684
13	1	12	114.5	163.5	0	224.51	114.5	0.700306	157.2257
14	1	15	59.5	164.9	0	351.68	59.5	0.360825	126.8948
15	5	15	294.5	162.1	0	62.8	294.5	1.81678	114.0938
16	5	20	139.8	162.3	0	117.75	139.8	0.861368	101.4261
17	5	25	80.7	160	0	188.4	80.7	0.504375	95.02425
18	5	30	51.7	159.1	0	274.75	51.7	0.324953	89.2808
19	10	30	110.7	156.9	-0.8	125.6	111.5	0.705545	88.61644
20	10	40	67.6	158.5	0	235.5	67.6	0.426498	100.4404
21	10	50	47.6	157.5	0	376.8	47.6	0.302222	113.8773
22	10	60	28	157	0	549.5	28	0.178344	98
23	10	75	16.7	154	0	867.425	16.7	0.108442	94.06492
24	25	75	44	149.3	0	314	44	0.294709	92.53851
25	25	100	22.8	143.8	-0.9	588.75	23.7	0.158554	93.3484