



**STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN TANAH  
DI KOTA LAMA SEMARANG  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK  
RESISTIVITY KONFIGURASI SCHLUMBERGER**

skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika

oleh

Sukur Kusuma Tama

4211410006

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2015**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul "Struktur Bawah Permukaan Tanah di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan di sidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Hari : Rabu

Tanggal : 25 Februari 2015

Pembimbing



Prof. Dr. Supriyadi, M.Si

NIP.196505181991021001

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

Struktur Bawah Permukaan Tanah di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger

disusun oleh

Sukur Kusuma Tama

4211410006

telah dipertahankan dihadapan siding Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal

Panitia



Prof. Dr. Yulianto, M.Si.  
NIP. 19630612 198803 1 001

Sekretaris

Dr. Khumaedi, M.Si.  
NIP. 19630610 198901 1 002

KetuaPenguji

Dr. Agus Yulianto, M.Si.  
NIP. 19660705 199003 1 002

AnggotaPenguji I

Dr. Khumaedi, M.Si  
NIP. 19630610 198901 1 002

AnggotaPenguji II

Prof. Dr. Supriyadi, M.Si  
NIP. 19650518 199102 1 001

## PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Struktur Bawah Permukaan Tanah di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger" disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Semarang, 25 Februari 2015

Penulis



Sukur Kusuma Tama  
NIM. 4211410006

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO:**

- Kita lahir dengan dua mata di depan wajah kita, karena kita tidak boleh selalu melihat kebelakang dengan penyesalan. Tapi pandanglah semua itu kedepan, pandanglah masa depan kita.
- Setiap orang memiliki potensi yang sama untuk sukses. Perbedaannya adalah seberapa besar motivasi mampu mengalahkan setiap hambatan
- Di balik kehebatan seorang laki-laki lihatlah dulu siapa wanita hebat di belakangnya. Wanita adalah tiang negara yang bijak.
- Pahami arti sukses yang sesungguhnya.

### **PERSEMBAHAN :**

- ✓ Untuk Bapak dan Ibu yang senantiasa memberi do'a, kasih sayang serta pengorbanan yang begitu besar demi masa depanku.
- ✓ Untuk Adikku yang selalu memberi doa dan dukungan.
- ✓ Untuk Firstanty Praveira Philein beserta keluarga besar, terima kasih atas do'a dan dukungannya.
- ✓ Untuk seluruh keluarga besar Fisika 2010, terima kasih atas bantuan dan semangatnya.
- ✓ Untuk teman-teman KSGF 2010 terima kasih atas do'a dan bantuannya.

## **PRAKATA**

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Struktur Bawah Permukaan Tanah di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger”.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studinya.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam atas izin yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian.
3. Ketua Jurusan Fisika atas kemudahan administrasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Prof. Dr. Supriyadi, M.Si, sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
5. Dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat berguna untuk penyempurnaan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bekal ilmu yang tak ternilai harganya selama belajar di FMIPA UNNES.
7. Bapak, Ibu, dan adikku tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, dan pengorbanan serta semangat untuk saya selama ini.
8. Keluarga besarku yang selalu memberis emangat dan doa.

9. Firstanty Praveira Philein beserta keluarga yang telah memberi do'a dan dukungan untuk saya selama ini.
10. Kakak-kakak angkatan Fisika yang telah memberikan bantuan, dukungan dan semangat untuk saya selama ini.
11. Teman-teman Fisika angkatan 2010 semuanya yang saya sayangi.
12. Adik-adik Fisika angkatan yang telahm emotifasiku.
13. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Semoga kiranya amal baik mereka diterima sebagai suatu amal kebaikan untuk keridhoan-Nya semata-mata. Penulis juga mohon maaf apabila dalam penyusunan laporan skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat member tambahan ilmu bagi para pembaca untuk meningkatkan wawasan pengetahuan.

Semarang, Februari 2015

Penulis

## ABSTRAK

Tama, Sukur Kusuma. 2014. *Struktur Bawah Permukaan Tanah di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Prof.Dr. Supriyadi, M.Si.

Kata Kunci : geolistrik, konfigurasi *Schlumberger*, struktur tanah

Kota Lama Semarang merupakan salah satu obyek wisata yang berada di wilayah kota Semarang, hampir setiap tahun terjadi musibah banjir yang sangat mengganggu semua aktivitas yang ada di kota lama Semarang. Sehingga perlu penanganan yang sangat khusus dari semua pihak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah dan menentukan titik lokasi banjir yang paling parah di wilayah kota lama Semarang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger*. Pengolahan data hasil penelitian menggunakan software *IPI2Win* untuk mengetahui struktur tanah dan *software Corel Draw X5* untuk membuat penampang dua dimensi. Hasil menunjukkan nilai resistivitas batuan pada titik pengukuran pertama sampai titik pengukuran keenam antara 4,58  $\Omega\text{m}$ -109  $\Omega\text{m}$ . Nilai resistivitas tersebut terdistribusi dalam tiga lapisan batuan yaitu *top soil*, batu pasir, batu lempung. Nilai resistivitas antara 94.5  $\Omega\text{m}$ -109  $\Omega\text{m}$  merupakan lapisan batu lempung yang diduga sebagai titik lokasi yang terjadi banjir paling parah, karena batu lempung memiliki nilai resistivitas yang rendah. Pada lapisan batu lempung terdapat pada kedalaman antara 9 m-16 m bawah permukaan tanah.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Latar Belakang.....	1
Rumusan Masalah .....	4
Batasan Masalah .....	4
Tujuan Penelitian.....	4
Manfaat Penelitian.....	5
Sistematika Skripsi .....	5

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Kondisi Geologi Semarang.....	7
Tanah .....	8
2.1.1 Struktur Tanah.....	9
Teori Dasar Kelistrikan .....	10
2.1.2 Sifat Kelistrikan Batuan dan Tanah .....	11
2.1.3 Potensial di Sekitar Titik Arus .....	12
2.1.4 Relativitas Semu .....	13
2.1.5 Faktor Geometri .....	14
Metode Geofisika .....	16

2.1.6 Metode Pendugaan Geolistrik.....	16
2.1.7 Metode Geolistrik Tahanan Jenis.....	17
2.1.8 Konfigurasi Schlumberger .....	19
2.1.9 Dasar Interpretasi .....	21

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	23
3.1.1 Lokasi Penelitian .....	23
3.1.2 Waktu Penelitian.....	24
3.2 Besaran yang Diukur .....	24
3.3 Alat dan Bahan.....	25
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	26
3.4.1 Persiapan.....	26
3.4.2 Akuisisi Data .....	26
3.4.3 Pengolahan Data .....	27
3.4.4 Interpretasi Data.....	28
3.5 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian .....	29

### **BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Hasil Penelitian .....	30
4.1.1 Hasil Pengolahan Data di Titik Pertama .....	31
4.1.2 Hasil Pengolahan Data di Titik Kedua .....	32
4.1.3 Hasil Pengolahan Data di Titik Ketiga.....	34
4.1.4 Hasil Pengolahan Data di Titik Keempat .....	35
4.1.5 Hasil Pengolahan Data di Titik Kelima.....	36
4.1.6 Hasil Pengolahan Data di Titik Keenam .....	37
Pembahasan .....	39
4.1.7 Pembahasan Pengukuran pada Titik 1 dan 3.....	39
4.1.8 Pembahasan Pengukuran pada Titik 1 dan 4.....	40
4.1.9 Pembahasan Pengukuran pada Titik 4 dan 5.....	42
4.1.10 .....	
Pembahasan Pengukuran pada Titik 4 dan 6.....	43
Pembahasan Pengukuran pada Titik 5 dan 6.....	45

**BAB 5 PENUTUP**

5.1 Simpulan .....47

5.2 Saran .....47

**DAFTAR PUSTAKA**.....49

**LAMPIRAN**.....51

## DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

2.1 Nilai Resistivitas Sebagian Material Bumi .....	22
4.1 Jenis Batuan Berdasarkan Nilai Resistivitas di Titik Pertama .....	32
4.2 Jenis Batuan Berdasarkan Nilai Resistivitas di Titik Kedua.....	33
4.3 Jenis Batuan Berdasarkan Nilai Resistivitas di Titik Ketiga .....	34
4.4 Jenis Batuan Berdasarkan Nilai Resistivitas di Titik Keempat.....	36
4.5 Jenis Batuan Berdasarkan Nilai Resistivitas di Titik Kelima .....	37
4.6 Jenis Batuan Berdasarkan Nilai Resistivitas di Titik Keenam.....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Konduktor dengan Panjang L dan Luas Penampang A .....	11
2.2 Potensial di Sekitar Titik Arus pada Permukaan Bumi.....	12
2.3 Pengaruh Jarak Antar Elektroda Terhadap Kedalaman Lapisan.....	13
2.4 Aturan Elektroda dengan Metode Schlumberger .....	17
3.1 Peta Lokasi Penelitian Wilayah Kota Lama Semarang.....	23
3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	29
4.1 Hasil Pengolahan Data Resistivity Titik Pertama (a) Penampanang 2 Dimensi dari Software Res2DinV (b) Pemodelan 1 Dimensi dari Software IPI2win.....	31
4.2 Hasil Pengolahan Data Resistivity Titik Kedua (a) Penampanang 2 Dimensi dari Software Res2DinV (b) Pemodelan 1 Dimensi dari Software IPI2win.....	33
4.3 Hasil Pengolahan Data Resistivity Titik Ketiga (a) Penampanang 2 Dimensi dari Software Res2DinV (b) Pemodelan 1 Dimensi dari Software IPI2win.....	34
4.4 Hasil Pengolahan Data Resistivity Titik Keempat (a) Penampanang 2 Dimensi dari Software Res2DinV (b) Pemodelan 1 Dimensi dari Software IPI2win.....	35
4.5 Hasil Pengolahan Data Resistivity Titik Kelima (a) Penampanang 2	

Dimensi dari Software Res2DinV (b) Pemodelan 1 Dimensi dari Software	
IPI2win.....	36
4.6 Hasil Pengolahan Data Resistivity Titik Keenam (a) Penampang 2	
Dimensi dari Software Res2DinV (b) Pemodelan 1 Dimensi dari Software	
IPI2win.....	37
4.7 Pemodelan Penampang 2 Dimensi di Titik 1 dan 3 .....	39
4.8 Pemodelan Penampang 2 Dimensi di Titik 1 dan 4 .....	41
4.9 Pemodelan Penampang 2 Dimensi di Titik 4 dan 5 .....	42
4.10 Pemodelan Penampang 2 Dimensi di Titik 4 dan 6 .....	44
4.11 Pemodelan Penampang 2 Dimensi di Titik 5 dan 6 .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Halaman

Lampiran 1	Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger .....	51
Lampiran 2	Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang.....	60
Lampiran 3	Foto Pentian.....	61

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LatarBelakang**

Posisi geografi Kota Semarang sebagai ibukota Propinsi Jawa Tengah, terletak di pantai Utara Jawa Tengah tepatnya pada garis 6°, 5' - 7°, 10' Lintang Selatan dan 110°, 35' Bujur Timur. Sedang luas wilayah mencapai 37.366.838 Ha atau 373,7 Km<sup>2</sup>. Letak geografi Kota Semarang dalam koridor pembangunan Jawa Tengah merupakan simpul-simpul empat pintu gerbang, yaitu koridor utara dimana posisi geografi Kota Semarang sebagai ibukota Propinsi Jawa Tengah terletak di pantai Utara Jawa, koridor Selatan ke arah kota-kota dinamis seperti Kabupaten Magelang, Surakarta yang dikenal dengan koridor Merapi-Merbabu, koridor Timur ke arah kabupaten Demak/Gerobogan dan Barat menuju kabupaten Kendal.

Kota Lama Semarang dimulai pertama kali pada abad ke 18 ketika era pemerintahan Hindia Belanda. Hampir sama dengan kota lama-kota lama di berbagai kota disepanjang pulau Jawa seperti Surakarta, Yogyakarta dan Jakarta. Semarang juga memiliki kota lama dimana ketika itu sebagai pusat perekonomian dan budaya masyarakat Jawa Tengah sekaligus pusat pemerintahan Hindia belanda yang berada di Jawa Tengah. Ada masanya dahulu berapa etnis berkumpul menjadi satu di area kota lama Semarang. Di bagian utara yang dipotong oleh kali Mberok terdapat kawasan melayu yang beragam islam dengan peninggalan berupa Masjid Layur (Masjid Menara). Sementara di sisi barat



terdapat kawasan orang Jawa Islam dengan dibangunnya Masjid Kauman Semarang, sedangkan disisi selatan terdapat pemukiman keturunan cina yang berkumpul menjadi satu membentuk kawasan Pecinan Semarang. Sedangkan bagian dalam Kota Lama terdapat bangunan arsitektur yang bagus, masyarakat menamai dengan gereja Blenduk. Di Kawasan Kota lama Semarang, terjadi permasalahan yang butuh perhatian dari pihak-pihak yang terkait, yaitu permasalahan yang terjadi saat pada musim penghujan, yaitu banjir.

Banjir salah satu peristiwa yang cukup sering terjadi di kota Semarang. Status Kota Semarang sebagai ibu kota provinsi Jawa Tengah pun nyatanya masih belum bisa mengatasi banjir yang kerap kali terjadi dan yang makin mengawatirkan adalah bertambahnya luasan genangan banjir yang terjadi. Bertambahnya luas genangan tersebut lebih banyak dipengaruhi karena struktur bawah permukaan tanah di Kota Lama Semarang kurang dapat menyerap air sehingga terjadi genangan air di sekitarnya.

Banjir dilihat dari penyebabnya dapat digolongkan setidaknya menjadi tiga jenis yaitu banjir kiriman, banjir lokal, dan banjir rob. Banjir yang terjadi pada Kawasan Kota Lama lebih dikarenakan banjir lokal. Banjir lokal ialah genangan air yang timbul akibat hujan yang jatuh di kawasan itu sendiri. Hal ini biasa terjadi jika hujan yang terjadi melebihi kapasitas system drainase yang ada. Kawasan Kota Lama sudah memiliki polder yang seharusnya bisa mencegah kemungkinan banjir yang bisa terjadi. Akan tetapi polder tersebut tidak bekerja secara maksimal sebagaimana manfaat fungsinya. Hal ini disebabkan saluran drainase yang sudah tidak mampu mengalirkan air hujan secara maksimal ke polder

Faktor yang menyebabkan saluran drainase ini tidak bekerja secara maksimal yaitu kapasitas saluran drainase jauh berkurang akibat banyaknya sampah yang masuk saluran drainase dan menyumbat saluran drainase, serta penurunan tanah yang cukup besar terjadi di Kawasan Kota Lama.

Persoalan air/banjir yang terjadi di Kawasan Kota lama menimbulkan dampak negatif yang tidak bisa diabaikan, karena menyangkut kerugian dan penderitaan yang bersifat moral maupun materiil, sebagai contoh adalah dampak genangan air bisa menyebabkan kerusakan sarana infrastruktur kota, gedung-gedung dan rumah-rumah, tidak hanya itu ruas jalan yang tergenang air bisa mengalami kerusakan parah, sehingga mengganggu aktivitas lalu lintas di ruas jalan tersebut atau bahkan mematikan pergerakan di kawasan kota lama jika genangan yang terjadi cukup tinggi dan memakan waktu yang cukup lama. Apalagi kawasan Kota lama Semarang adalah pusat perdagangan jasa dan merupakan salah satu ikon yang menjadi daya tarik pariwisata Kota Semarang, sehingga bisa mengganggu aktivitas perekonomian Kota Semarang.

Keadaan seperti ini tidak bisa dibiarkan berlarut-larut, sehingga memerlukan penanganan yang serius dari pemerintah dan masyarakat pada umumnya untuk berpartisipasi dalam persoalan ini, untuk itu perlu langkah-langkah konkret baik secara teknis maupun non teknis.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas maka rumusan masalah dalam penelitian adalah :

- 1) Pendugaan Struktur lapisan bawah permukaan tanah di Kawasan Kota Lama Semarang.
- 2) Penentuan lokasi yang berpotensi terjadi banjir yang paling parah di kawasan Kota Lama Semarang sesuai struktur bawah permukaan tanah?
- 3) Pemodelan 2Dimensi struktur lapisan bawah permukaan tanah di Kota Lama Semarang.

## **1.3 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah, yaitu:

- 1) Metode geofisika yang digunakan adalah metode geolistrik *resistivity* dengan konfigurasi schlumberger,
- 2) Wilayah penelitian dikawasan Kota Lama Semarang,
- 3) Unsur yang diteliti adalah resistivitas/hambatjenis.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui struktur bawah permukaan tanah di Kota Lama Semarang
- 2) Mengetahui lokasi yang berpotensi terjadi banjir yang paling parah di kawasan Kota Lama Semarang sesuai struktur bawah permukaan tanah.

- 3) Mengetahui pemodelan 2Dimensi struktur bawah permukaan tanah di Kota Lama Semarang

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui struktur bawah permukaan tanah di Kota Lama Semarang
- 2) Dapat memberikan informasi susunan struktur bawah permukaan tanah berdasarkan sifat tahanan jenis batuanannya
- 3) Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

## **1.6 Sistematika Skripsi**

Sistematika penulisan skripsi disusun untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu : bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi.

- 1) Bagian awal skripsi berisi tentang lembar judul, persetujuan pembimbing, lembar pengesahan, lembar pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.
- 2) Bagian isi skripsi terdiri dari:

- Bab I Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika skripsi.
- Bab II Tinjauan Pustaka terdiri dari kajian mengenai landasan teori yang mendasari penelitian.
- Bab III Metode Penelitian berisi lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, desain penelitian, dan metode analisis serta interpretasi data, dan metode pengumpulan data.
- Bab IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil-hasil penelitian dan pembahasannya.
- Bab V Penutup berisi tentang kesimpulan dan saran.
- 3) Bagian akhir skripsi terdiri atas daftar pustaka dan lampiran.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kondisi Geologi Semarang**

Keadaan Kota Semarang mencerminkan susunan bentang alam yang berupa dataran rendah pantai, perbukitan bergelombang sedang, serta daerah kerucut gunung api yang merupakan kaki dari Gunung Ungaran.

Bentuk morfologi kota Semarang dapat dikelompokkan menjadi 3 satuan, yaitu:

- 1) Satuan dataran, penyebarannya terletak di dataran pantai di utara mulai dari daerah Kendal – Semarang hingga ke daerah Demak dengan ketinggian antara 0 m – 50 m diatas permukaan laut (dpl).
- 2) Satuan perbukitan bergelombang sedang, penyebarannya di bagian tengah memanjang dari arah barat ke arah timur dengan ketinggian berkisar antara 50 m – 300 m dpl.
- 3) Satuan perbukitan bergelombang kuat, penyebarannya di bagian selatan dengan ketinggian > 300 m dpl.

Menurut Tigor Tobing dan Dodid Murdohardono (2002) berdasarkan peta geologi lembar Magelang Semarang (Thaden *et al.*, 1996). Susunan Stratigrafi Kota Semarang terdiri dari Aluvial, batuan Gunungapi Gajahmungkur, batuan Gunungapi Kaligesik, Formasi Jongkong, Formasi Damar, Formasi Kaligetas, Formasi Kalibeng, Formasi Kerek. Struktur geologi yang terdapat di daerah Semarang umumnya berupa sesar yang terdiri dari sesar normal, sesar

geser dan sesar naik. Sesar normal relatif berarah Barat-Timur sebagian agak cembung ke arah Utara, sesar geser berarah Utara-Selatan hingga Barat Laut-Tenggara. Sesar-sesar tersebut umumnya terjadi pada batuan Formasi Kerek, Formasi Kalibeng dan Formasi Damar yang berumur kuartar dan tersier.

Geologi Kota Semarang berdasarkan peta geologi lembar Magelang Semarang (Thaden *et al.*, 1996), Aluvium (Qa) Merupakan endapan aluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantailitoginya terdiri dari lempung, lanau, pasir dan campuran dengan ketebalan mencapai 50 m atau lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1-3 m. Bongkahan tersusun andesit, batu lempung dan sedikit batu pasir.

## **2.2 Tanah**

Menurut Pamungkas & Widhiatmoko (2007) tanah adalah unsur yang terdapat dalam lapisan bumi yang sangat besar pengaruhnya terhadap proses terjadinya peristiwa gerakan tanah. Sebelum membahas tentang tanah dan batuan, harus diketahui definisi dari tanah terlebih dahulu.

Tanah sangat penting dalam kehidupan manusia, tanah mempunyai beberapa definisi, dalam keteknikan tanah diartikan sebagai semua bahan lepas yang berada di atas batuan dasar. Tanah merupakan hasil akhir dari proses pelapukan. Penghancuran batuan secara fisika dan kimia merupakan proses pelapukan. Tanah mengandung bahan organik bercampur dengan komponen mineral. Berikut definisi tanah ditinjau dari sudut geoteknik, menurut Bowles (1991), tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian padat yang tidak terikat satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik atau mineral) yang

terdapat secara alami yang dapat dipisahkan menjadi partikel yang lebih kecil dan didalam bentuk massa yang mengandung banyak rongga. Rongga-rongga di antara bagian-bagian tersebut berisi udara atau air.

Lapisan tanah berkembang dari bawah ke atas, tahapannya merupakan lapisan-lapisan sub horizontal yang merupakan derajat pelapukan. Setiap lapisan mempunyai sifat fisik, kimia dan biologi yang berbeda. Lapisan tanah berbeda dengan lapisan sedimen karena tanah berada tidak jauh dari tempat terjadinya, sedangkan sedimen sudah tertransportasi oleh angin, air atau gletser dan diendapkan kembali (Plummer, 2005: 119).

Resistivitas tanah berkaitan dengan berbagai parameter geologi seperti mineral dan konten cairan, porositas, derajat patahan, persentase patahan yang terisi air tanah dan derajat saturasi air di batuan (Singh *et al.*, 2004).

### **2.2.1 Struktur Tanah**

Struktur tanah merupakan gumpalan-gumpalan kecil dari tanah, akibat melekatnya butir-butir tanah satu sama lain, dengan tersusunnya partikel-partikel atau fraksi- fraksi (liat, lempung, dan pasir) tanah primer, terdapat ruang kosong atau pori-pori diantaranya. Pori-pori tanah dapat dibedakan menjadi pori-pori kasar dan pori-pori halus. Pori-pori kasar berisi udara atau air gravitasi (air yang mudah hilang karena gaya gravitasi), sedangkan pori-pori halus berisi air kapiler atau udara. Struktur lapisan bawah permukaan ini dapat memberikan gambaran kondisi hidrogeologis dan jenis tanah/batuan berdasarkan nilai resistivitas yang terukur (Reynold, 1997).



Struktur tanah merupakan susunan tanah yang terdiri dari beberapa lapisan yang ada. Lapisan-lapisan yang ada pada struktur tanah, yaitu :

- 1) Lapisan atas, merupakan lapisan yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan dan sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati. Lapisan ini air mudah menyerap kedalam tanah.
- 2) Lapisan tengah, terbentuk dari campuran antara hasil pelapukan batuan dan air. Lapisan tersebut terbentuk karena sebagian bahan lapisan atas terbawa oleh air dan mengendap.
- 3) Lapisan bawah, merupakan lapisan yang terdiri atas bongkahan-bongkahan batu, disela-sela bongkahan terdapat hasil pelapukan batuan dan masih terdapat batu yang belum melapuk secara sempurna.
- 4) Lapisan batuan induk (*bedrock*), berupa bebatuan yang padat, pada lapisan ini sulit meresap air.

### 2.3 Teori Dasar Kelistrikan

Dalam metode geolistrik ini digunakan definisi-definisi sebagai berikut :

- a) resistansi  $R = V/I$  dalam  $\Omega$ ,
- b) resistivitas  $\rho = E/J$  dalam  $\Omega\text{m}$ , dan
- c) konduktivitas  $\sigma = I/\rho$  dalam  $(\Omega\text{m})^{-1}$

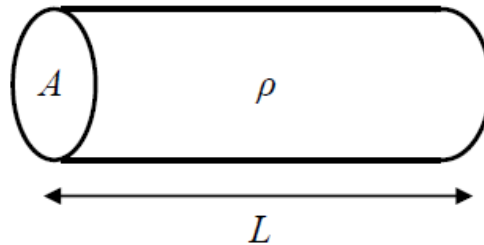
dengan,  $V$  : beda potensial 2 buah titik

$I$  : kuat arus listrik yang mengalir

$E$  : medan listrik

$J$  : rapat arus listrik (arus listrik persatuan luas)

Untuk silinder konduktor dengan panjang  $L$  dan luas penampang  $A$  seperti pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Konduktor dengan Panjang  $L$  dan Luas Penampang  $A$

Sehingga untuk  $E = \frac{V}{L}$  dan akhirnya diperoleh hukum ohm yang dapat dituliskan dalam bentuk :

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

dengan  $R$  menyatakan tahanan ( $\Omega$ ) dan  $\rho$  adalah resistivitas ( $\Omega\text{m}$ ) yang akan ditentukan dalam penelitian ini.

### 2.3.1 Sifat Kelistrikan Batuan dan Tanah

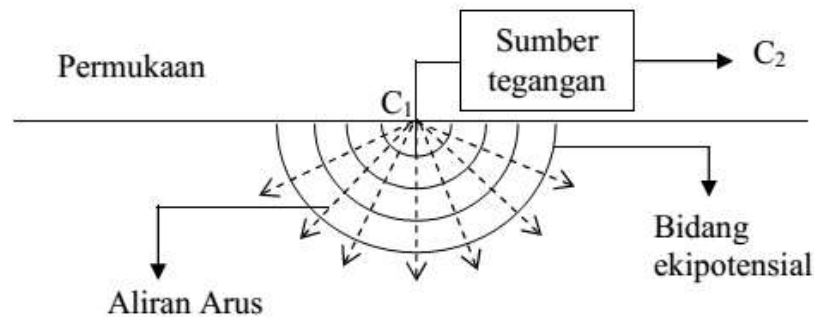
Batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan dimana sifat listrik batuan adalah karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik ke dalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri akibat terjadi dimasukkan ke dalamnya. Potensial listrik alam dikelompokkan menjadi 4 yaitu potensial elektrokinetik, potensial difusi, potensial nerst, potensial mineralisasi.

Sifat konduktivitas batuan berpori dihasilkan oleh sifat konduktivitas dari fluida yang mengisi pori, interkoneksi ruang pori dan sifat konduktivitas dari *interfase* butiran dan fluida pori (Revil, 1998). Menurut Telford *et al.* (1990), aliran arus

listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

### 2.3.2 Potensial di Sekitar Titik Arus

Arus listrik merupakan gerak muatan negatif (elektron) pada materi dalam proses mengatur diri menuju keseimbangan. Apabila ada arus listrik dengan sumber tunggal dialirkan ke bawah permukaan bumi maka arah aliran arus listrik adalah menyebar ke segala arah dalam suatu ruang berbentuk setengah bola. Pendekatan paling sederhana dalam pembahasan gejala kelistrikan di dalam bumi adalah dengan menganggap bumi sebagai medium homogen isotropis. Medan listrik dari titik sumber di dalam bumi dianggap memiliki simetri bola seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Potensial di Sekitar Titik Arus pada Permukaan Bumi

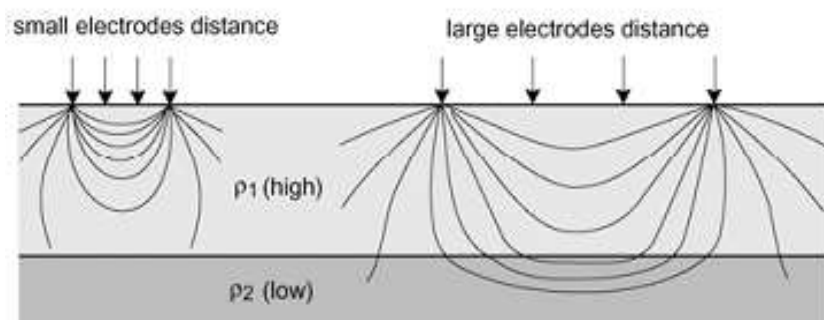
Potensial di sekitar titik arus pada permukaan bumi seperti gambar 2.2 yang dilalui arus  $I$  adalah permukaan setengah bola dengan luas  $2\pi r$ , sehingga :

$$V_{(r)} = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.2)$$

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.3)$$

### 2.3.3 Relativitas Semu

Pada kondisi sebenarnya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan tanah dengan tahanan jenis yang berbeda-beda. Bumi tersusun atas komposisi batuan yang bersifat heterogen baik ke arah vertikal maupun horisontal. Potensial yang terukur adalah nilai medan potensial oleh medium berlapis, untuk jarak elektroda arus kecil akan memberikan  $\rho_a$  yang harganya mendekati  $\rho$  batuan di dekat permukaan. Sedangkan untuk jarak bentangan yang besar,  $\rho_a$  yang diperoleh akan mewakili harga  $\rho$  batuan yang lebih dalam. Konsep resistivitas semu ditunjukkan pada Gambar 2.3. (Kurniasari, 2008).



Gambar 2.3 Pengaruh Jarak Antar Elektroda terhadap Kedalaman Lapisan

Resistivitas semu yang terukur merupakan resistivitas gabungan dari beberapa lapisan tanah yang dianggap sebagai satu lapisan homogen. Anggapan medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapis dan mempunyai resistivitas berbeda ( $\rho_1$  dan  $\rho_2$ ). Pengukuran medium dianggap medium satu lapis homogen yang memiliki satu harga resistivitas yaitu resistivitas semu ( $\rho_a$ ) (Hendrajaya, 1993).

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai resistivitas semu adalah sebagai berikut (Prasetyawati, 2004) :

- 1) ukuran butir penyusun batuan, semakin kecil besar butir maka kelolosan arus akan semakin baik, sehingga mereduksi nilai tahanan jenis,
- 2) komposisi mineral dari batuan, semakin meningkat kandungan mineral *clay* akan mengakibatkan menurunnya nilai resistivitas,
- 3) kandungan air, air tanah atau air permukaan merupakan media yang mereduksi nilai resistivitas,
- 4) kelarutan garam dalam air di dalam batuan akan mengakibatkan meningkatnya kandungan ion dalam air sehingga berfungsi sebagai konduktor, dan
- 5) kepadatan, semakin padat batuan akan meningkatkan nilai resistivitas.

### 2.3.4 Faktor Geometri

Besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap kedua elektroda arus disebut faktor geometri (Hendrajaya & Arif, 1990). Jika pada permukaan bumi diberikan dua sumber arus yang berlawanan polaritasnya maka besarnya potensial disuatu titik adalah:

$$\begin{aligned} V_{(p)} &= \frac{\rho I}{2\pi r_1} - \frac{\rho I}{2\pi r_2} \\ &= \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \end{aligned} \quad (2.4)$$

dengan,  $r_1$  : Jarak dari titik P ke sumber arus positif

$r_2$  : Jarak dari titik P ke sumber arus negatif

Jika ada dua titik yaitu P dan Q yang terletak didalam bumi tersebut, maka besarnya beda potensial antara titik P dan titik Q adalah :

$$\begin{aligned}
 V_{pq} &= V_p - V_q \\
 &= \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right\} - \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \\
 &= \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

dengan,  $r_3$  : jarak titik Q kesumber arus positif

$r_4$  : jarak titik Q kesumber arus negatif

Pada metode geolistrik, menurut Hendrajaya & Arif (1990) dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat dihitung nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*  $\rho_a$ ). Untuk lebih jelas, penjabaran rumusnya adalah sebagai berikut (Telford *et al.*, 1990) :

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right\} \quad (2.6)$$

sehingga

$$\rho_a = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right\}} \frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.7)$$

dengan,

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right\}}$$

atau

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \quad (2.8)$$

dengan K adalah faktor geometri yang besarnya tergantung dari susunan elektroda yang digunakan sebagai koreksi dalam pengolahan data.

## 2.4 Metode Geofisika

Metode Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang bumi dengan penggunaan pengukuran fisik pada atau diatas permukaan. Dari sisi lain, geofisika mempelajari semua isi bumi baik yang terlihat maupun tidak terlihat langsung oleh pengukuran sifat fisik dengan penyesesuaian yang pada umumnya pada permukaan. (Dobrin & Savir, 1988).

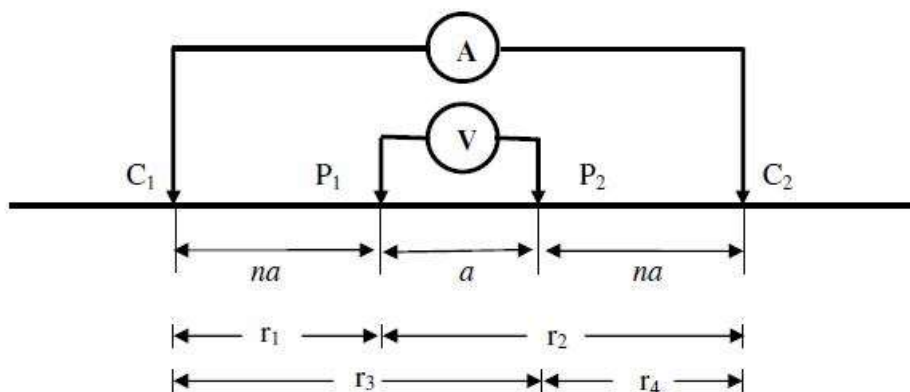
Metode Geofisika sebagai pendekteksi perbedaan tentang sifat fisis di dalam bumi. Kepadatan, kemagnetan, kekenyalan, dan tahanan jenis adalah kekayaan yang paling umum digunakan untuk mengukur penelitian yang memungkinkan perbedaan didalam bumi untuk ditafsirkan dalam kaitannya dengan struktur mengenai lapisan tanah, berat jenis batuan dan rembesan air, dan mutu air (Todd,1959).

### 2.4.1 Metode Pendugaan Geolistrik

Metode geolistrik tahanan jenis (*resistivity*) merupakan salah satu metode geofisika yang biasa digunakan untuk memetakan resistivitas bawah permukaan bumi. Metode ini cukup baik dikaitkan dengan keberadaan struktur bawah permukaan tanah. Hal ini dimungkinkan karena lapisan tanah dan batuan yang berisi air yang sangat mudah mengalirkan arus listrik atau bersifat konduktif.

Lapisan tanah (konduktif) seperti ini biasanya memiliki harga resistivitas tertentu (berharga renda). Dengan mengetahui nilai resistivitas lapisan bumi bawah permukaan, maka dapat diprediksi lapisan-lapiasan tanah atau batuan. Hal ini cukup bermanfaat untuk memprediksi lokasi dan kedalam tempat yang mempunyai struktur tanah yang telah kedap air atau struktur tanah yang tidak kedap air.

Pada penyelidikan ini dilakukan *resistivity sounding* dengan menggunakan konfigurasi *schlumberger*. Untuk aturan elektroda *schlumberger*, spasi elektroda arus jauh lebih besar daripada spasi elektroda potensial. Secara garis besar aturan elektroda dilihat pada gambar 2.4.



Gambr 2.4 Aturan elektroda dengan metode *schlumberger*

### 2.4.2 Metode Gelistrik Tahanan Jenis

Geolistrik merupakan salah satu metoda geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi baik secara



alamiah ataupun akibat injeksi arus ke dalam bumi. Ada beberapa macam metoda geolistrik, antara lain : metoda potensial diri, arus telluric, magnetotelluric, IP (*Induced Polarization*), resistivitas (tahanan jenis) dan lainlain. Dalam praktikum kali ini, dibahas khusus metoda geolistrik tahanan jenis.

Prinsip kerja pendugaan geolistrik adalah mengukur tahanan jenis (*resistivity*) dengan mengalirkan arus listrik kedalam batuan atau tanah melalui elektroda arus (*current electrode*), kemudian arus diterima oleh elektroda potensial. Beda potensial antara dua elektroda tersebut diukur dengan volt meter dan dari harga pengukuran tersebut dapat dihitung tahanan jenis semua batuan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Anonim, 1992 ; Todd, 1980):

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot \frac{V}{I}$$

$\rho$  adalah tahanan jenis,  $2\pi$  konstanta, V beda potensial, I kuat arus dan a adalah jarak elektroda

Pada metoda geolistrik tahanan jenis ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda kemudian dapat diturunkan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan dibawah titik ukur

Metoda ini lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 feet atau 1500 feet. Oleh karena itu metoda ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang *engineering geology* seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, juga digunakan dalam

eksplorasi geothermal. Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda potensial dan elektroda-elektroda arus, dikenal beberapa jenis metoda resistivitas tahanan jenis, antara lain :

1. Metoda Schlumberger
2. Metoda Wenner
3. Metoda Dipole Sounding

### **2.4.3 Konfigurasi Schlumberger**

Survey geolistrik (resistivity) pada umumnya bertujuan untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi tahanan jenis batuanannya (Grandis,1986). Struktur geologi yang dapat dideteksi dengan metode ini terutama adalah yang mempunyai kontras tahanan jenis yang cukup jelas terhadap sekitarnya, misalnya untuk keperluan eksplorasi air tanah, mineral, geothermal (panasbumi). Prinsip pelaksanaan survey tahanan jenis adalah dengan menginjeksikan arus listrik melalui elektroda arus dan mengukur responnya (tegangan) pada elektroda potensial dalam suatu susunan (konfigurasi) tertentu (Hochstein,1982).

Menurut Bisri (1991) Ada beberapa macam aturan pendugaan lapisan bawah permukaan tanah dengan geolistrik ini, antara lain : aturan Wenner, aturan Schlumberger, aturan  $\frac{1}{2}$  Wenner, aturan  $\frac{1}{2}$  Schlumberger, dipole-dipole dan lain sebagainya. Prosedur pengukuran untuk masing-masing konfigurasi bergantung pada variasi resistivitas terhadap kedalaman yaitu pada arah vertikal (*sounding*) atau arah lateral (*mapping*) (Derana,1981). Metode resistivitas dengan konfigurasi

Schlumberger dilakukan dengan cara mengkondisikan spasi antar elektrode potensial adalah tetap sedangkan spasi antar elektrode arus berubah secara bertahap (Sheriff, 2002). Pengukuran resistivitas pada arah vertikal atau *Vertical Electrical Sounding* (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, *et al.*, 1990).

Berdasarkan tujuan dan cara pengubahan jarak elektroda, survey geofisika dibagi menjadi dua cara : mapping dan sounding. Mapping dimaksudkan untuk mengetahui variasi horizontal atau lateral tahanan jenis batuan pada kedalaman tertentu. Jarak antar elektroda dibuat tetap sesuai dengan kedalaman daya penetrasi yang diinginkan, selanjutnya seluruh susunan elektroda dipindahkan menurut suatu lintasan tertentu. Sedangkan sounding dimaksudkan untuk mengetahui variasi tahanan jenis batuan terhadap kedalaman (secara vertikal). Jarak antar elektroda diperbesar dalam suatu arah bentangan pada suatu titik tertentu (Koefoed, 1979).

Konfigurasi metode geolistrik (resistivity) Schlumberger pada penelitian kali ini bertujuan untuk mengidentifikasi pada arah vertikal atau *Vertical Electrical Sounding* (VES). Arus diinjeksikan melalui elektroda AB, dan pengukuran beda potensial dilakukan pada elektroda MN (Telford, 1990), dimana jarak elektroda arus (AB) jauh lebih besar dari jarak elektroda tegangan (MN).

Faktor geometri konfigurasi Schlumberger adalah sebagai berikut :

$$\pi a n (n + 1) \quad (2.8)$$

Secara umum harga tahanan jenis semu dinyatakan oleh hubungan sebagai berikut :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.9)$$

Sedangkan tahanan jenis pada konfigurasi Schlumberger adalah :

$$\rho_s = K_s \frac{\Delta V}{I}$$

$$\text{Dengan } K_s = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l}$$

dimana :  $K_s$  : faktor geometri schlumberger.

$\Delta V$  : beda potensial.

$I$  : arus listrik.

$\rho_s$  : resisrivotas semu schlumberger

$L$  : Jarak elektroda

#### 2.4.4 Dasar Interpretasi

Secara teoritis setiap batuan memiliki daya hantar listrik dan harga tahanan jenisnya masing-masing. Batuan yang sama belum tentu mempunyai nilai tahanan jenis yang sama. Sebaliknya harga tahanan jenis yang sama bisa dimiliki oleh batuan yang berbeda jenis. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai tahanan jenis antara lain : komposisi mineral pada batuan, kondisi batuan, komposisi benda cair pada batuan dan faktor eksternal lainnya. Beberapa aspek yang berpengaruh pada terhadap tahanan jenis terhadap suatu batuan, bisa digambarkan sebagai berikut :

- a. Batuan sedimen yang bersifat lepas (urai) mempunyai nilai tahanan jenis lebih rendah bila dibandingkan dengan batuan sedimen padat dan kompak.

- b. Batuan beku dan metamorf (ubahan) mempunyai nilai tahanan jenisnya yang tergolong tinggi,
- c. Batuan yang basah dan mengandung air, nilai tahanan jenisnya rendah dan semakin lebih rendah lagi bila air yang dikandungnya bersifat payau atau asin.

Dalam pengambilan data lapangan perlu diperhitungkan faktor luar yang sering berpengaruh seperti: kabel, tiang listrik, dan saluran pipa logam dapat mempengaruhi akurasi data lapangan. Dalam interpretasi sangat diperlukan perolehan gambaran tentang besarnya tahanan jenis untuk berbagai macam air dan batuan maupun kombinasi antaranya secara umum. Berdasarkan nilai resistivitas material-material bumi dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah.

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas sebagian material bumi(Telford *et al.*, 1990)

Material	Resistivitas ( $\Omega m$ )
<i>Air (Udara)</i>	~
<i>Sea Water (Air Asin)</i>	0.2
<i>Ground Water (Air Tanah)</i>	0.5–300
<i>Clay (Lempung)</i>	1–100
<i>Sand (Pasir)</i>	1–1.000
<i>Sandstones (Batu Pasir)</i>	1-1 x 10 <sup>8</sup>
<i>Alluvium (Aluvium)</i>	10–800
<i>Gravel (Kerikil)</i>	100–600
<i>Andesite (Andesit)</i>	1,7 x 10 <sup>2</sup> –45 x 10 <sup>4</sup>
<i>Basalt (Basal)</i>	200-100.000
<i>LimesNitones (Gamping)</i>	500–10.000
<i>Quartz (Kwarsa)</i>	500–800.000
<i>Dry Gravel (Kerikil Kering)</i>	600–10.000

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

##### 3.1.1 Lokasi Penelitian

Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik untuk menentukan struktur bawah permukaan ini dilakukan di kawasan Kota Lama Semarang seperti pada peta kesesuaian tempat di kawasan Kota Lama Semarang yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Penelitian Wilayah Kota Lama Semarang

### 3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi *schlumberger* dilakukan secara langsung dengan mengambil data di kawasan kota Lama Semarang, yang dilaksanakan selama 2 minggu yaitu pada tanggal 28 April-12 Mei 2014.

### 3.2 Besaran yang Diukur

Besaran-besaran fisis yang diukur pada saat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Beda potensial (V)

Beda potensial yang didapatkan saat pengukuran akibat adanya perbedaan potensial antara dua buah elektroda potensial, yaitu elektroda  $P_1$  dan  $P_2$ .

2. Kuat arus (A)

Kuat arus yang terukur adalah arus listrik yang diinjeksikan pada elektroda  $C_1$  dan diterima oleh elektroda  $C_2$ .

3. Jarak/spasi antar elektroda (a)

Jarak yang diukur antara elektroda satu dengan elektroda lainnya dalam satuan meter. Pengukuran ini digunakan dalam menentukan factor geometri.

4. Resistansi (R)

Resistansi yang didapatkan pada saat pengambilan data merupakan hambatan yang terukur di dalam bumi.

#### 5. Faktorgeometri (K)

Faktor geometri merupakan besaran koreksi letak antara kedua elektroda potensial terhadap kedua elektroda arus. Faktor geometri ini digunakan dalam menentukan resistivitas (tahanan jenis).

#### 6. Resistivitas ( $\rho$ )

Resistivitas yang terukur dalam penelitian ini merupakan tahanan jenis suatu bahan yang ada di dalam bumi,

### 3.3 Alat dan Bahan

Alat yang di gunakan selama penelitian dilapangan adalah sebagai berikut:

- 1) *Resistivitymeter multi channel* merk S-Field
- 2) Elektroda sebanyak 16 buah yang digunakan untuk mengetahui penempatan elektroda (elektroda potensial dan elektroda arus) yang akan dipasang,
- 3) Dua buah aki (elemen kering) sebagai sumber arus masing-masing 12 volt,
- 4) Dua buah meteran masing-masing sepanjang 100 meter yang digunakan untuk mengukur panjang lintasan yang akan diteliti,
- 5) Kabel listrik digunakan sebagai kabel penghubung antar elektroda,
- 6) *Global Positioning System (GPS)* untuk menentukan titik lokasi penelitian.
- 7) Alat tulis untuk mencatat hasil pengukuran di lapangan, dan
- 8) Laptop untuk dihubungkan ke alat *restivitymeter* agar terbaca hasil *monitoring* bawah permukaan dengan menggunakan *softwareGeoRes*.



## **3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

### **3.4.1 Persiapan**

Dalam tahap persiapan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Studi literatur, yaitu mempelajari literatur-literatur mengenai geologi daerah semarang, teori-teori yang berhubungan dengan struktur bawah permukaan tanah dan jurnal-jurnal penelitian tentang geolistrik,
- 2) Mengurus surat izin penelitian dan melakukan survei pendahuluan untuk mengetahui gambaran umum lokasi penelitian,
- 3) Menyiapkan alat dan bahan, dan
- 4) Melakukan uji tes pada alat yang akan di gunakan di lapangan.

### **3.4.2 Akuisisi Data**

Akuisis data dilaksanakan di kota Lama Semarang yang berfungsi untuk mengetahui struktur tanah. Teknik pengambilan data dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *schlumberger* di lapangan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Memasang elektroda pada lintasan pengukuran sebanyak 16 buah sepanjang 75 meter, dengan dua buah elektoda sebagai elektroda potensial  $P_1$  dan  $P_2$  dan dua buah elektroda sebagai arus  $C_1$  dan  $C_2$ , untuk elektroda  $P_1$  dan  $C_1$  (elektroda pertama dan ke-enam belas) ditempatkan di luar lintasan dengan jarak tak hingga serta elektroda  $C_2$  dan  $P_2$  digunakan untuk mengukur nilai arus dan potensial di lintasan,
- 2) Mengatur jarak antar elektroda sepanjang 5 meter dan mengubungkan kabel

penghubung dengan elektroda,

- 3) Kabel penghubung elektroda pertama hingga elektroda ke delapan dimasukkan ke lubang pada alat *resistivity multichannel* yang bertuliskan *electrode 01-08*,
- 4) Kabel penghubung elektroda ke sembilan hingga elektroda ke enam belas dimasukkan pada lubang alat *resistivity multichannel* yang bertuliskan *electrode 09-16*,
- 5) Sisa lubang dipergunakan untuk kabel penghubung dengan sumber arus atau aki dan kabel penghubung alat *resistivity multichannel* dengan USB agar terkoneksi dengan laptop, dan
- 6) Membuka *software GeoRes* pada laptop. Dengan *software* tersebut *monitoring* di bawah permukaan tanah dapat otomatis terbaca dengan menggunakan bantuan *software Res2Dinv*.
- 7) Mengukur dan mencatat titik koordinat lokasi tiap elektroda dengan menggunakan GPS.

### **3.4.3 Pengolahan Data**

Dalam melakukan pengolahan data dilakukan dengan komputer menggunakan *software Res2dinv*. Dimana *software Res2dinv* ini merupakan program yang dibuat untuk menghitung serta menggambarkan harga resistivitas dari hasil perhitungan di lapangan dalam bentuk 2 dimensi. Beberapa hal yang harus dilakukan dalam tahap ini adalah :

- 1) Data berupa nilai beda potensial (V), nilai potensial diri ( $V_{sp}$ ) dari hasil

pengukuran, dan nilai besarnya kuat arus ( $I$ ) yang diinjeksikan diolah menggunakan program *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai faktor geometri ( $K$ ) dan nilai resistivitas semu ( $\rho_a$ ),

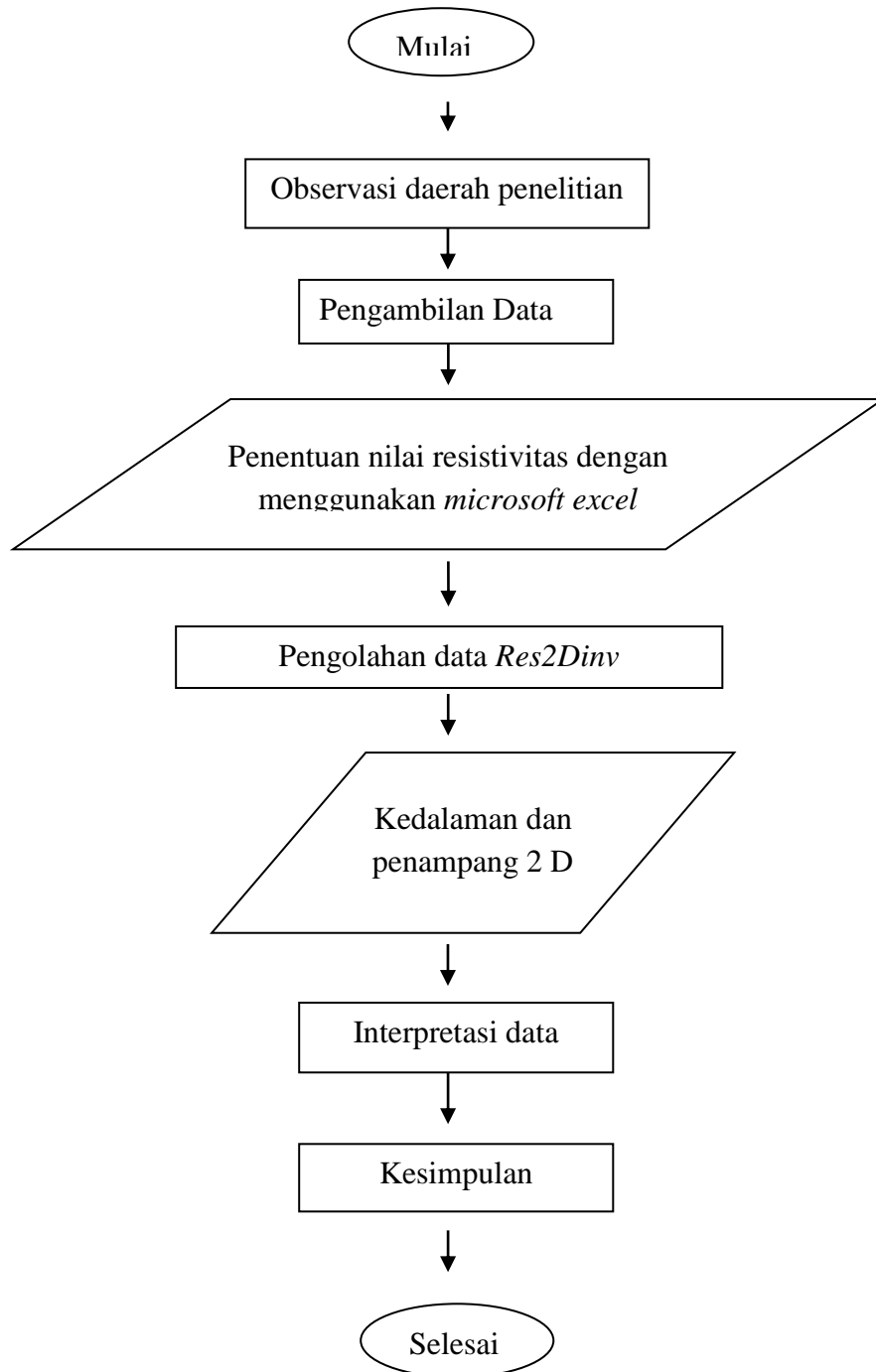
- 2) Data resistivitas semu ( $\rho_a$ ) hasil perhitungan, data *datum point* ( $dp$ ), spasi elektroda ( $a$ ) dan faktor pemisah elektroda ( $n$ ) diinput ke program *notepad* dalam bentuk *file text* atau dengan *format .dat*,
- 3) Setelah *file* data lapangan sudah berada dalam bentuk *file text* dan mengikuti *format* data *Res2Dinv*, selanjutnya dilakukan inversi untuk menampilkan gambar penampang bawah permukaan daerah survei.

#### **3.4.4 Interpretasi Data**

Dalam tahap interpretasi data resistivitas hanya dilakukan berupa 2 dimensi yaitu dengan menggunakan *software Res2Dinv*. Pada tahapan ini hasil *output* yang dihasilkan oleh *software Res2Dinv* akan menampilkan gambar penampang vertikal dan horisontal. Dari perbedaan nilai resistivitas inilah kita dapat menafsirkan kondisi dibawah permukaan lapisan tanah pada kawasan Kota Lama Semarang

### 3.5 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

Adapun prosedur pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir seperti pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Diagram alir pelaksanaan penelitian

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Struktur bawah permukaan tanah di wilayah kawasan Kota Lama Semarang nilai resistivitasnya terdistribusi dalam tiga lapisan batuan yaitu lapisan pertama merupakan *top soil*, lapisan kedua batu pasir, lapisan ketiga batu lempung.
2. Daerah rawan banjir di Kota Lama Semarang, jika dilihat dari pemodelan dua dimensi terletak pada titik pengukuran 4 dan 6 disebabkan memiliki nilai resistivitas batuan yang tinggi antara 94.5  $\Omega\text{m}$ -109  $\Omega\text{m}$  yang diinterpretasikan merupakan struktur lapisan batuan lempung yang mempunyai sifat permeabilitas rendah.

#### **5.2 Saran**

Mengacu dari hasil akhir dan pembahasan di atas, penelitian survei kondisi bawah permukaan di UNNES masih harus disempurnakan, agar hasil penentuan struktur bawah permukaan lebih akurat sebaiknya digunakan pula metode geofisika yang lain seperti GPR (*Ground Penetrating Radar*) untuk menunjang keakurasian data. Dilihat dari hasil penelitian pada titik pengukuran 4 dan 6 merupakan lokasi yang rawan

terjadi banjir, oleh karena itu membutuhkan penanganan yang khusus dari masyarakat dan pemerintah setempat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992. "Standar Metode Eskplorasi Air Tanah dengan Geolistrik Susunan Schlumberger", SNI 03 – 2818 – 1992, Departemen Pekerjaan Umum Jakarta.
- Bisri, Mohammad, 1991. "Aliran Air Tanah.Malang", Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Bowles, J.E.1989. *Sifat Fisis dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta : Erlangga.
- Derana, T. I., 1981, "Perbandingan Interpretasi Geolistrik", Aturan Wenner dan Schlumberger, Skripsi, Jurusan Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Dobrin, M.B. dan Savit, C.H., 1988, *Introduction to Geophysisc Prospecting 4<sup>th</sup> Edition*, New York.
- Grandis, H. *Penerapan Metode Gaya Berat dan Tahanan Jenis Dalam Eksplorasi Pendahuluan Daerah Prospek Panasbumi*, Tugas Akhir Jurusan GM – ITB, 1986.
- Hendrajaya, L. 1993. *Pengukuran Resistivitas Bumi pada Satu Titik di Medium Tak Hingga*. Bandung.
- Hendrajaya, L. & I. Arif. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Bandung : Lab. Fisika Bumi Jurusan Fisika, FMIPA ITB.
- Hochstein, M.P.,*Introduction to Geothermal Prospecting*, Geothermal Institut, University of Auckland, 1982.
- Hunt, R.E..1984. *Direct Current Geolistic Sounding*.London : Elsevier Publishing Company.
- Koefoed, O. *Geosounding Principles : Resistivity Sounding Measurement*, Elsevier, 1979.
- Kurniasari, Priyani. 2008. *Identifikasi Batuan Dasar (Bedrock) Dengan Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Universitas Sebelas Maret Surakarta*. Skripsi. Surakarta : Jurusan Fisika, FMIPA UNS.
- Murdohardono, Dodid. Tigor, Tobing 2002, *Evaluasi Geologi Teknik Zona Bahaya Erosi / Lahan Kritis Kota Semarang dan Sekitarnya Propinsi Jawa Tengah*, DGTL, Bandung.
- Pamungkas, D.W. & B.Widhiatmoko.2007. *Kajian Arah Pergerakan Relatif Tanah Di Jalan Raya Trangkil kecamatan GunungPati Semarang*. Skripsi. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata.
- Plummer, C. M. 2005.*Physical Geology* (10th ed.). New York: McGraw-Hill Companies.

- Prasetiawati, Lukei, 2004. *Aplikasi Metode Resistivitas dalam Eksplorasi Endapan Laterit Nikel serta Studi Perbedaan Ketebalan Endapannya berdasarkan Morfologi Lapangan*. Skripsi. Jakarta :Program Sarjana Sains FMIPA, Universitas Indonesia.
- Revil, A. 1998. Nature of Surface Electrical Conductivity in Natural Sand, Sandstones, and Clays. *Geophysical Research*, 25 :(691-694).
- Reynold, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Sheriff, R E., 2002, "Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics, 4th edition", SEG Tulsa, Oklahoma.
- Singh, K. B, R. D. Lokhande, & A. Prakash. 2004. Multielectrode resistivity imaging technique for the study of coal seam. Central Mining Research Institute. *Journal of Scientific and Industrial Research*. Vol. 63.pp 927-930
- Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff & D.A. Keys. 1990. *Applied Geophysics* (2<sup>nd</sup>ed.). London : Cambridge University Press.
- Thaden, R, E., H. Sumadiredja, P. W. Richards, K. Sutisna, & T. C. Amin. 1996. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Todd, D.K., 1959, *Groundwater Hydrology*, Associate Professor of Civil Engineering California University. John Wiley & Sons, New York.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger

#### Data Pengukuran Titik 1

A	M	N	B	Sp	I:AB	V:MN	K	V-Sp/I	Rho
0	5	10	15	0,0321	0,1134	0,0415	57,83185	0,082892	4,793822
5	10	15	20	0,3448	0.1162	0.3562	84,24778	0,098107	8,265273
10	15	20	25	0,1734	0.1121	0.1763	110,6637	0,02587	2,862843
15	20	25	30	0,058	0.1134	0.059	137,0796	0,008818	1,208815
20	25	30	35	0,2212	0.1145	0.2228	163,4956	0,013974	2,284654
25	30	35	40	0,1695	0.1133	0.1696	189,9115	0,000883	0,167618
30	35	40	45	0,1509	0.1146	0.1528	216,3274	0,016579	3,58658
35	40	45	50	0,097	0.1155	0.098	242,7433	0,008658	2,101674
40	45	50	55	0,1444	0.1111	0.1448	269,1593	0,0036	0,96907
45	50	55	60	0,0739	0.1131	0.0742	295,5752	0,002653	0,784019
50	55	60	65	0,0325	0.1157	0.0339	321,9911	0,0121	3,896176
55	60	65	70	0,0938	0.1152	0.0943	348,407	0,00434	1,512183
60	65	70	75	0,3334	0.1162	0.3336	374,823	0,001721	0,645134
0	10	15	25	0,1998	0.1108	0.2013	272,7433	0,013538	3,692374
5	15	20	30	0,201	0.1159	0.204	361,9911	0,025884	9,369917
10	20	25	35	0,2229	0.1141	0.2249	451,2389	0,017528	7,909534
15	25	30	40	0,162	0.1112	0.164	540,4867	0,017986	9,720983
20	30	35	45	0.1509	0.1132	0.1512	629,7345	0,00265	1,668908
25	35	40	50	0,194	0.1104	0.195	718,9822	0,009058	6,51252
30	40	45	55	0,0272	0.1108	0.0277	808,23	0,004513	3,647247
35	45	50	60	0,0979	0.1116	0.0984	897,4778	0,00448	4,020958
40	50	55	65	0,0118	0.1107	0.0121	986,7256	0,00271	2,674053
45	55	60	70	0,0135	0.1113	0.0139	1075,973	0,003594	3,86693
50	60	65	75	0,085	0.1141	0.086	1165,221	0,008764	10,21228
0	15	20	35	0.2177	0.1086	0.2173	738,9822	0,003683	2,72185
5	20	25	40	0,0971	0.1141	0.0975	922,4778	0,003506	3,233927
10	25	30	45	0,191	0.1114	0.192	1105,973	0,008977	9,927948
15	30	35	50	0,3169	0.1114	0.3173	1289,469	0,003591	4,63005
20	35	40	55	0,2264	0.1112	0.2266	1472,964	0,001799	2,649217
25	40	45	60	0,0187	0.1085	0.0189	1656,46	0,001843	3,053383

30	45	50	65	0,0579	0.1124	0.0581	1839,956	0,001779	3,273942
35	50	55	70	0,075	0.1139	0.076	2023,451	0,00878	17,76515
40	55	60	75	0,0399	0.1159	0.0403	2206,947	0,003451	7,616727
0	20	25	45	0,1399	0.1124	0.1422	1550,796	0,020463	31,73338
5	25	30	50	0,1936	0.1159	0.1956	1859,956	0,017256	32,09587
10	30	35	55	0,0561	0.1143	0.0568	2169,115	0,006124	13,28417
15	35	40	60	0,194	0.1127	0.195	2478,274	0,008873	21,99001
20	40	45	65	0,2291	0.1147	0.2294	2787,433	0,002616	7,290584
25	45	50	70	0,0499	0.1132	0.0502	3096,593	0,00265	8,206518
30	50	55	75	0,0585	0.1157	0.0587	3405,752	0,001729	5,887212
0	25	30	55	0,2953	0.1127	0.2963	2802,433	0,008873	24,86631
5	30	35	60	0,1664	0.1162	0.1672	3268,672	0,006885	22,50377
10	35	40	65	0,1658	0.1137	0.1679	3734,911	0,01847	68,98253
15	40	45	70	0,1262	0.1141	0.1263	4201,15	0,000876	3,68199
20	45	50	75	0,0316	0.1158	0.0317	4667,389	0,000864	4,03056
0	30	35	65	0,0897	0.1133	0.0918	4588,141	0,018535	85,04057
5	35	40	70	0,1831	0.1166	0.1845	5242,876	0,012007	62,95048
10	40	65	75	0,0948	0.1154	0.0949	8536,548	0,000867	7,397355
0	35	40	75	0,1551	0.1155	0.1569	7002,168	0,015584	109,1247

#### Data Pengukuran Titik 2

A	M	N	B	Sp	I:AB	V:MN	K	V-Sp/I	Rho
0	5	10	15	0,0345	0,1149	0,0395	57,83185	0,043516	2,516617
5	10	15	20	0,329	0,1106	0,334	84,24778	0,045208	3,80867
10	15	20	25	0,1169	0,1098	0,1263	110,6637	0,08561	9,473942
15	20	25	30	0,1514	0,114	0,1583	137,0796	0,060526	8,296925
20	25	30	35	0,1098	0,1066	0,1114	163,4956	0,015009	2,453967
25	30	35	40	0,2644	0,1134	0,2652	189,9115	0,007055	1,339764
30	35	40	45	0,0329	0,1089	0,0368	216,3274	0,035813	7,747263
35	40	45	50	0,0129	0,1151	0,0173	242,7433	0,038228	9,279502
40	45	50	55	0,1697	0,1161	0,173	269,1593	0,028424	7,650522
45	50	55	60	0,0012	0,0931	0,0021	295,5752	0,009667	2,857333
50	55	60	65	0,0449	0,1146	0,044	321,9911	0,007853	2,528726
55	60	65	70	0,1725	0,1138	0,1759	348,407	0,029877	10,40935
60	65	70	75	0,1689	0,11	0,1719	374,823	0,027273	10,22244
0	10	15	25	0,0391	0,1139	0,0404	272,7433	0,011414	3,112962
5	15	20	30	0,2257	0,1162	0,228	361,9911	0,019793	7,165057
10	20	25	35	0,547	0,1154	0,551	451,2389	0,034662	15,64086

15	25	30	40	0,0331	0,1161	0,0345	540,4867	0,012059	6,517497
20	30	35	45	0,0539	0,0902	0,0571	629,7345	0,035477	22,34091
25	35	40	50	0,0233	0,1129	0,0198	718,9822	0,031001	22,28909
30	40	45	55	0,01	0,1157	0,011	808,23	0,008643	6,985566
35	45	50	60	0,179	0,1119	0,182	897,4778	0,02681	24,06107
40	50	55	65	0,0016	0,1158	0,0002	986,7256	0,01209	11,92932
45	55	60	70	0,0208	0,1022	0,0246	1075,973	0,037182	40,00684
50	60	65	75	0,0977	0,1151	0,0979	1165,221	0,001738	2,024711
0	15	20	35	0,3585	0,1163	0,3594	738,9822	0,007739	5,718693
5	20	25	40	0,3624	0,1169	0,3656	922,4778	0,027374	25,25174
10	25	30	45	0,0684	0,1036	0,0675	1105,973	0,008687	9,607877
15	30	35	50	0,2982	0,1155	0,3028	1289,469	0,039827	51,35547
20	35	40	55	0,0012	0,1091	0,0023	1472,964	0,010082	14,85115
25	40	45	60	0,0603	0,1059	0,0608	1656,46	0,004721	7,820869
30	45	50	65	0,1363	0,1151	0,142	1839,956	0,049522	91,11857
35	50	55	70	0,0009	0,1146	0,0005	2023,451	0,00349	7,062657
40	55	60	75	0,0344	0,1158	0,0359	2206,947	0,012953	28,58739
0	20	25	45	0,2952	0,1094	0,2989	1550,796	0,033821	52,44924
5	25	30	50	0,0871	0,1157	0,0868	1859,956	0,002593	4,822702
10	30	35	55	0,1662	0,1132	0,167	2169,115	0,007067	15,32943
15	35	40	60	0,2292	0,1093	0,2306	2478,274	0,012809	31,74368
20	40	45	65	0,0324	0,1021	0,0335	2787,433	0,010774	30,03111
25	45	50	70	0,0719	0,1107	0,0725	3096,593	0,00542	16,7837
30	50	55	75	0,0776	0,1163	0,0788	3405,752	0,010318	35,14103
0	25	30	55	0,0528	0,1157	0,0543	2802,433	0,012965	36,33233
5	30	35	60	0,1302	0,1132	0,1304	3268,672	0,001767	5,775039
10	35	40	65	0,1285	0,1135	0,1282	3734,911	0,002643	9,872012
15	40	45	70	0,0054	0,1135	0,0048	4201,15	0,005286	22,20872
20	45	50	75	0,2118	0,105	0,2129	4667,389	0,010476	48,89646
0	30	35	65	0,0562	0,1155	0,0551	4588,141	0,009524	43,69658
5	35	40	70	0,1061	0,1155	0,1066	5242,876	0,004329	22,69643
10	40	65	75	0,0086	0,1139	0,0083	8536,548	0,002634	22,48432
0	35	40	75	0,0979	0,1154	0,0977	7002,168	0,001733	12,13547

### Data Pengukuran Titik 3

A	M	N	B	Sp	I:AB	V:MN	K	V-Sp/1	Rho
0	5	10	15	0,075	0,1045	0,079	57,83185	0,038278	2,213659
5	10	15	20	0,0839	0,0641	0,0869	84,24778	0,046802	3,942954

10	15	20	25	0,063	0,0637	0,069	110,6637	0,094192	10,42358
15	20	25	30	0,0199	0,0953	0,0233	137,0796	0,035677	4,890564
20	25	30	35	0,0691	0,0856	0,0714	163,4956	0,026869	4,392988
25	30	35	40	0,3127	0,0626	0,3149	189,9115	0,035144	6,674206
30	35	40	45	0,0912	0,097	0,0963	216,3274	0,052577	11,37392
35	40	45	50	0,1496	0,1063	0,1562	242,7433	0,062088	15,07155
40	45	50	55	0,3216	0,0899	0,3245	269,1593	0,032258	8,682557
45	50	55	60	0,0598	0,0844	0,0677	295,5752	0,093602	27,6664
50	55	60	65	0,1289	0,0844	0,1326	321,9911	0,043839	14,11572
55	60	65	70	0,0788	0,0985	0,0829	348,407	0,041624	14,50222
60	65	70	75	0,476	0,0771	0,479	374,823	0,038911	14,58455
0	10	15	25	0,0619	0,0864	0,0659	272,7433	0,046296	12,62701
5	15	20	30	0,0699	0,0922	0,0727	361,9911	0,030369	10,99322
10	20	25	35	0,1595	0,1016	0,1624	451,2389	0,028543	12,87985
15	25	30	40	0,0129	0,0759	0,0154	540,4867	0,032938	17,80259
20	30	35	45	0,0382	0,0689	0,0395	629,7345	0,018868	11,88178
25	35	40	50	0,093	0,0748	0,096	718,9822	0,040107	28,83619
30	40	45	55	0,1739	0,1085	0,1774	808,23	0,032258	26,07194
35	45	50	60	0,0371	0,104	0,0397	897,4778	0,025	22,43694
40	50	55	65	0,055	0,0629	0,057	986,7256	0,031797	31,37442
45	55	60	70	0,0381	0,0773	0,0399	1075,973	0,023286	25,05501
50	60	65	75	0,2511	0,0829	0,2529	1165,221	0,021713	25,30034
0	15	20	35	0,0665	0,1132	0,0688	738,9822	0,020318	15,01466
5	20	25	40	0,0033	0,0722	0,0011	922,4778	0,030471	28,10874
10	25	30	45	0,0033	0,071	0,0025	1105,973	0,011268	12,46167
15	30	35	50	0,2112	0,0891	0,2126	1289,469	0,015713	20,26102
20	35	40	55	0,2149	0,0834	0,2175	1472,964	0,031175	45,91976
25	40	45	60	0,2738	0,0742	0,2749	1656,46	0,014825	24,55669
30	45	50	65	0,0857	0,0888	0,088	1839,956	0,025901	47,65651
35	50	55	70	0,1439	0,0977	0,1458	2023,451	0,019447	39,35064
40	55	60	75	0,0299	0,067	0,0314	2206,947	0,022388	49,40925
0	20	25	45	0,1169	0,1012	0,1156	1550,796	0,012846	19,9213
5	25	30	50	0,0329	0,0849	0,0345	1859,956	0,018846	35,05217
10	30	35	55	0,0299	0,0953	0,0307	2169,115	0,008395	18,20873
15	35	40	60	0,0381	0,0879	0,0393	2478,274	0,013652	33,83309
20	40	45	65	0,1242	0,071	0,1258	2787,433	0,022535	62,8154
25	45	50	70	0,1221	0,0649	0,1229	3096,593	0,012327	38,17063
30	50	55	75	0,1243	0,0885	0,1252	3405,752	0,010169	34,63477
0	25	30	55	0,0148	0,1118	0,0158	2802,433	0,008945	25,06649
5	30	35	60	0,0968	0,0833	0,0976	3268,672	0,009604	31,39181
10	35	40	65	0,0789	0,0723	0,0795	3734,911	0,008299	30,99511

15	40	45	70	0,1189	0,0802	0,1196	4201,15	0,008728	36,66839
20	45	50	75	0,0169	0,0596	0,0176	4667,389	0,011745	54,81833
0	30	35	65	0,088	0,095	0,089	4588,141	0,010526	48,29622
5	35	40	70	0,0985	0,0747	0,0992	5242,876	0,009371	49,13003
10	40	65	75	0,1115	0,0765	0,1118	8536,548	0,003922	33,47666
0	35	40	75	0,1894	0,0956	0,1897	7002,168	0,003138	21,97333

#### Data Pengukuran Titik 4

A	M	N	B	Sp	l:AB	V:MN	K	V-Sp/l	Rho
0	5	10	15	0,0182	0,1096	0,0084	57,83185	0,08941606	5,171096
5	10	15	20	0,521	0,1093	0,531	84,24778	0,09149131	7,70794
10	15	20	25	0,1367	0,1252	0,1553	110,6637	0,1485623	16,44045
15	20	25	30	0,185	0,1022	0,172	137,0796	0,12720157	17,43674
20	25	30	35	0,2534	0,0529	0,2582	163,4956	0,09073724	14,83514
25	30	35	40	0,589	0,1141	0,611	189,9115	0,19281332	36,61746
30	35	40	45	0,801	0,1016	0,813	216,3274	0,11811024	25,55048
35	40	45	50	0,1467	0,0691	0,1593	242,7433	0,18234443	44,2629
40	45	50	55	0,0866	0,1201	0,0727	269,1593	0,11573689	31,15166
45	50	55	60	0,2912	0,1029	0,2972	295,5752	0,05830904	17,23471
50	55	60	65	0,0164	0,1273	0,0385	321,9911	0,17360566	55,89948
55	60	65	70	0,2591	0,0991	0,2731	348,407	0,14127144	49,21997
60	65	70	75	0,2099	0,1216	0,2199	374,823	0,08223684	30,82426
0	10	15	25	0,0599	0,1158	0,0693	272,7433	0,08117444	22,13979
5	15	20	30	0,2869	0,1028	0,3021	361,9911	0,14785992	53,52398
10	20	25	35	0,1212	0,064	0,1249	451,2389	0,0578125	26,08725
15	25	30	40	0,0788	0,1042	0,0863	540,4867	0,07197697	38,90259
20	30	35	45	0,1821	0,0999	0,1918	629,7345	0,0970971	61,14539
25	35	40	50	0,1567	0,1249	0,1627	718,9822	0,04803843	34,53878
30	40	45	55	0,0932	0,1148	0,0989	808,23	0,04965157	40,12989
35	45	50	60	0,1599	0,0536	0,1648	897,4778	0,09141791	82,04554
40	50	55	65	0,1548	0,129	0,1478	986,7256	0,05426357	53,54325
45	55	60	70	0,1211	0,0842	0,1261	1075,973	0,05938242	63,8939
50	60	65	75	0,0573	0,1289	0,0656	1165,221	0,064391	75,02976
0	15	20	35	0,0499	0,102	0,0589	738,9822	0,08823529	65,20432
5	20	25	40	0,419	0,1087	0,426	922,4778	0,06439742	59,40519
10	25	30	45	0,616	0,1181	0,621	1105,973	0,042337	46,8236
15	30	35	50	0,1354	0,1246	0,1406	1289,469	0,04173355	53,81411
20	35	40	55	0,539	0,1183	0,544	1472,964	0,04226543	62,25547

25	40	45	60	0,0423	0,1098	0,0456	1656,46	0,03005464	49,78432
30	45	50	65	0,0544	0,116	0,0554	1839,956	0,00862069	15,86169
35	50	55	70	0,0199	0,0421	0,0209	2023,451	0,02375297	48,06297
40	55	60	75	0,0799	0,1089	0,0759	2206,947	0,03673095	81,06324
0	20	25	45	0,3597	0,1096	0,3615	1550,796	0,01642336	25,46928
5	25	30	50	0,1943	0,1283	0,2003	1859,956	0,04676539	86,98156
10	30	35	55	0,3129	0,1261	0,3164	2169,115	0,02775575	60,20541
15	35	40	60	0,0489	0,0995	0,0525	2478,274	0,0361809	89,6662
20	40	45	65	0,1787	0,1161	0,1808	2787,433	0,01808786	50,41869
25	45	50	70	0,1859	0,1201	0,1879	3096,593	0,01665279	51,56691
30	50	55	75	0,0899	0,1208	0,0891	3405,752	0,00662252	22,55465
0	25	30	55	0,593	0,1202	0,597	2802,433	0,03327787	93,25901
5	30	35	60	0,576	0,1014	0,579	3268,672	0,0295858	96,70628
10	35	40	65	0,2099	0,1267	0,2136	3734,911	0,02920284	109,07
15	40	45	70	0,1013	0,0793	0,1035	4201,15	0,02774275	116,5515
20	45	50	75	0,0198	0,1228	0,0222	4667,389	0,01954397	91,21933
0	30	35	65	0,2501	0,119	0,2534	4588,141	0,02773109	127,2342
5	35	40	70	0,1735	0,0831	0,1747	5242,876	0,01444043	75,7094
10	40	65	75	0,0885	0,1284	0,0897	8536,548	0,00934579	79,78082
0	35	40	75	0,1781	0,1255	0,1798	7002,168	0,01354582	94,85008

#### Data Pengukuran Titik 5

A	M	N	B	Sp	I:AB	V:MN	K	V-Sp/l	Rho
0	5	10	15	0,2586	0,1254	0,2482	57,83185	0,082935	4,796262
5	10	15	20	0,579	0,1271	0,605	84,24778	0,204563	17,23401
10	15	20	25	0,0763	0,127	0,0807	110,6637	0,034646	3,834018
15	20	25	30	0,269	0,1276	0,277	137,0796	0,062696	8,594334
20	25	30	35	0,0592	0,1272	0,0678	163,4956	0,06761	11,05395
25	30	35	40	0,2491	0,1274	0,2533	189,9115	0,032967	6,260818
30	35	40	45	0,0433	0,1271	0,0511	216,3274	0,061369	13,2758
35	40	45	50	0,0571	0,1271	0,0617	242,7433	0,036192	8,785361
40	45	50	55	0,0719	0,1272	0,0778	269,1593	0,046384	12,48459
45	50	55	60	0,387	0,127	0,394	295,5752	0,055118	16,29155
50	55	60	65	0,566	0,1249	0,573	321,9911	0,056045	18,04594
55	60	65	70	0,0043	0,1251	0,0075	348,407	0,02558	8,912091
60	65	70	75	0,1567	0,1232	0,1656	374,823	0,07224	27,07731
0	10	15	25	0,1629	0,1257	0,1686	272,7433	0,045346	12,36784
5	15	20	30	0,0869	0,1263	0,0947	361,9911	0,061758	22,35575

10	20	25	35	0,521	0,1263	0,533	451,2389	0,095012	42,87305
15	25	30	40	0,0101	0,1275	0,0141	540,4867	0,031373	16,95644
20	30	35	45	0,101	0,1267	0,1087	629,7345	0,060773	38,27115
25	35	40	50	0,2064	0,1267	0,2119	718,9822	0,04341	31,21075
30	40	45	55	0,0029	0,1276	0,0061	808,23	0,025078	20,26909
35	45	50	60	0,1488	0,1266	0,1566	897,4778	0,061611	55,29484
40	50	55	65	0,1139	0,1264	0,1176	986,7256	0,029272	28,88358
45	55	60	70	0,0689	0,1262	0,0732	1075,973	0,034073	36,66153
50	60	65	75	0,1257	0,1251	0,1283	1165,221	0,020783	24,21723
0	15	20	35	0,037	0,1252	0,041	738,9822	0,031949	23,60966
5	20	25	40	0,0926	0,1277	0,0968	922,4778	0,03289	30,33991
10	25	30	45	0,0139	0,1269	0,0169	1105,973	0,023641	26,14594
15	30	35	50	0,3321	0,1276	0,3351	1289,469	0,023511	30,31667
20	35	40	55	0,3011	0,1271	0,3046	1472,964	0,027537	40,56157
25	40	45	60	0,1022	0,1269	0,1097	1656,46	0,059102	97,89953
30	45	50	65	0,1725	0,1268	0,1748	1839,956	0,018139	33,37459
35	50	55	70	0,1579	0,1265	0,1609	2023,451	0,023715	47,98698
40	55	60	75	0,171	0,1264	0,173	2206,947	0,015823	34,92004
0	20	25	45	0,0488	0,1259	0,0517	1550,796	0,023034	35,72128
5	25	30	50	0,0312	0,1273	0,0332	1859,956	0,015711	29,22161
10	30	35	55	0,0919	0,1271	0,0939	2169,115	0,015736	34,13241
15	35	40	60	0,2947	0,1254	0,2969	2478,274	0,017544	43,47849
20	40	45	65	0,0169	0,1243	0,0189	2787,433	0,01609	44,85009
25	45	50	70	0,1492	0,1257	0,1514	3096,593	0,017502	54,19653
30	50	55	75	0,0601	0,126	0,0613	3405,752	0,009524	32,43573
0	25	30	55	0,0739	0,1246	0,0762	2802,433	0,018459	51,73031
5	30	35	60	0,0496	0,1254	0,0509	3268,672	0,010367	33,88576
10	35	40	65	0,571	0,1249	0,573	3734,911	0,016013	59,80642
15	40	45	70	0,00112	0,1248	0,0039	4201,15	0,022276	93,58331
20	45	50	75	0,1837	0,1253	0,1857	4667,389	0,015962	74,49943
0	30	35	65	0,0187	0,1209	0,0204	4588,141	0,014061	64,51481
5	35	40	70	0,531	0,1266	0,532	5242,876	0,007899	41,41292
10	40	65	75	0,0072	0,1246	0,0081	8536,548	0,007223	61,66046
0	35	40	75	0,54	0,1213	0,541	7002,168	0,008244	57,72603

#### Data Pengukuran Titik 6

A	M	N	B	Sp	I:AB	V:MN	K	V-Sp/l	Rho
0	5	10	15	0,0282	0,1134	0,0415	57,83185	0,117284	6,782748
5	10	15	20	0,3887	0,1162	0,3562	84,24778	0,27969	23,56328
10	15	20	25	0,1694	0,1121	0,1763	110,6637	0,061552	6,811593

15	20	25	30	0,0634	0,1134	0,059	137,0796	0,038801	5,318786
20	25	30	35	0,2304	0,1145	0,2228	163,4956	0,066376	10,85211
25	30	35	40	0,1716	0,1133	0,1696	189,9115	0,017652	3,352365
30	35	40	45	0,1489	0,1146	0,1528	216,3274	0,034031	7,361928
35	40	45	50	0,1049	0,1155	0,098	242,7433	0,05974	14,50155
40	45	50	55	0,1483	0,1111	0,1448	269,1593	0,031503	8,479365
45	50	55	60	0,0769	0,1131	0,0742	295,5752	0,023873	7,056172
50	55	60	65	0,0459	0,1146	0,0339	321,9911	0,104712	33,71635
55	60	65	70	0,1005	0,1152	0,0943	348,407	0,053819	18,75107
60	65	70	75	0,3355	0,1162	0,3336	374,823	0,016351	6,128775
0	10	15	25	0,2056	0,1108	0,2013	272,7433	0,038809	10,5848
5	15	20	30	0,199	0,1159	0,204	361,9911	0,043141	15,61653
10	20	25	35	0,2342	0,1141	0,2249	451,2389	0,081507	36,77933
15	25	30	40	0,162	0,1112	0,164	540,4867	0,017986	9,720983
20	30	35	45	0,1509	0,1132	0,1512	629,7345	0,00265	1,668908
25	35	40	50	0,192	0,1104	0,195	718,9822	0,027174	19,53756
30	40	45	55	0,0236	0,1108	0,0277	808,23	0,037004	29,90743
35	45	50	60	0,1011	0,1116	0,0984	897,4778	0,024194	21,71317
40	50	55	65	0,0134	0,1107	0,0121	986,7256	0,011743	11,58756
45	55	60	70	0,017	0,1113	0,0139	1075,973	0,027853	29,96871
50	60	65	75	0,0899	0,1141	0,086	1165,221	0,034181	39,82789
0	15	20	35	0,2177	0,1086	0,2173	738,9822	0,003683	2,72185
5	20	25	40	0,0986	0,1141	0,0975	922,4778	0,009641	8,8933
10	25	30	45	0,1907	0,1114	0,192	1105,973	0,01167	12,90633
15	30	35	50	0,3223	0,1114	0,3173	1289,469	0,044883	57,87562
20	35	40	55	0,2285	0,1112	0,2266	1472,964	0,017086	25,16756
25	40	45	60	0,0178	0,1085	0,0189	1656,46	0,010138	16,7936
30	45	50	65	0,0597	0,1124	0,0581	1839,956	0,014235	26,19154
35	50	55	70	0,0775	0,1139	0,076	2023,451	0,013169	26,64773
40	55	60	75	0,0388	0,1159	0,0403	2206,947	0,012942	28,56273
0	20	25	45	0,1445	0,1124	0,1422	1550,796	0,020463	31,73338
5	25	30	50	0,1925	0,1159	0,1956	1859,956	0,026747	49,7486
10	30	35	55	0,0539	0,1143	0,0568	2169,115	0,025372	55,03441
15	35	40	60	0,1993	0,1127	0,195	2478,274	0,038154	94,55704
20	40	45	65	0,2317	0,1147	0,2294	2787,433	0,020052	55,89448
25	45	50	70	0,0528	0,1132	0,0502	3096,593	0,022968	71,12315
30	50	55	75	0,0572	0,1157	0,0587	3405,752	0,012965	44,15409
0	25	30	55	0,3018	0,1127	0,2963	2802,433	0,048802	136,7647
5	30	35	60	0,1618	0,1162	0,1672	3268,672	0,046472	151,9004
10	35	40	65	0,1649	0,1137	0,1679	3734,911	0,026385	98,54647
15	40	45	70	0,1256	0,1141	0,1263	4201,15	0,006135	25,77393



20	45	50	75	0,0309	0,1158	0,0317	4667,389	0,006908	32,24448
0	30	35	65	0,1063	0,1133	0,0918	4588,141	0,127979	587,1849
5	35	40	70	0,1822	0,1166	0,1845	5242,876	0,019726	103,4186
10	40	65	75	0,0943	0,1154	0,0949	8536,548	0,005199	44,38413
0	35	40	75	0,1549	0,1155	0,1569	7002,168	0,017316	121,2497

## Lampiran 2

### Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang



Lampiran 3

Foto-Foto Penelitian



