

SKRIPSI

ANALISA RESISTIVITAS UNTUK IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK PERSEBARAN ANDESIT MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOLE – DIPOLE DI DAERAH XXX

RESISTIVITY ANALYSIS FOR CHARACTERISTIC ANDESITE IDENTIFICATION USING GEOELECTRICAL METHOD DIPOLE DIPOLE CONFIGURATION ARRAY IN XXX AREA

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memenuhi gelar Sarjana Strata Satu (S1) Jurusan
Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta



Oleh :

ILHAM FURQONI

115.140.072

**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2019**

SKRIPSI

**ANALISA RESISTIVITAS UNTUK IDENTIFIKASI
KARAKTERISTIK PERSEBARAN ANDESIT
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI
DIPOLE – DIPOLE DI DAERAH XXX**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh :

Ilham Furqoni

115.140.072

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal, 21 Agustus 2019

Susunan Tim Penguji

Dosen Pembimbing I

Penguji I

Wrego Seno Giaboro, S.T., M.Sc.
NIP. 2.8612.16.0453.1

Indriati Retno P, S.Si., M.Sc.
NIP. 2.8610.12.0355.1

Dosen Pembimbing II

Penguji II

Ajimas Pascaning, S.T., M.T.

Hafiz Hamdalah, S.T.,

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Ir. H. Firdaus Maskuri, MT.
NIP. 19580822 199203 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya menyatakan bahwa judul dan keseluruhan isi dari skripsi adalah asli karya ilmiah saya, dengan ini saya menyatakan bahwa dalam rangka menyusun, berkonsultasi dengan dosen pembimbing hingga menyelesaikan skripsi ini, tidak melakukan penjiplakan (plagiasi) terhadap karya orang atau pihak lain baik karya lisan maupun tulisan, baik secara sengaja maupun tidak sengaja.

Saya menyatakan bahwa apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini mengandung unsur penjiplakan (plagiasi) dari karya orang atau pihak lain, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, diluar tanggung jawab Dosen Pembimbing. Oleh karenanya saya sanggup bertanggung jawab secara hukum dan bersedia dibatalkan/dicabut gelar kesarjanaan saya oleh Otoritas/Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta dan diumumkan kepada khalayak ramai.

Yogyakarta, 21 Agustus 2019

Yang Menyatakan,

Ilham Furqoni

Nomor Hp/ Telepon : 08995658952

Alamat e-mail : Ilhamfurqonn@gmail.com

Nama Orang tua : Idha Herlina.

Alamat Orang tua : Pemukti Baru Rt 08 Rw 09 Tlogo, Prambanan, Klaten.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahilahirabil ‘alamin puji syukur saya panjatkan kepada Allah Tuhan semesta alam berkat kasih dan sayangNya, segala nikmat, dan karuniaNya sehingga skripsi dengan judul “Analisa Resistivitas untuk Identifikasi Karakteristik Andesit menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Dipole-dipole* di daerah xxx” pada akhirnya dapat selesai dengan baik. Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan beberapa pihak yang ada, oleh karenanya saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Idha Herlina, Maryamku, wanita paling suci yang selalu memberikan kasih dan sayangnya tanpa mengenal batas, yang selalu memberikan dukungan baik moral dan materi, terimakasih ibu.
2. kepada kedua dosen pembimbing saya, bapak Wrego Seno Giamboro dan Bapak Ajimas Pascaning terimakasih untuk kesabarannya membimbing skripsi saya hingga selesai.
3. kepada teman-teman yang selalu membimbing dan memberikan pencerahan dalam pengerjaan skripsi, khususnya mas Arditya, Wayan Budi, Firdaus Sigma, Andi Wibowo, Agung Satria, Muhammad Sukron, Ahmad Ridwan, Mochammad Januar, Mohammad Dzikru terimakasih selalu memberi ruang saya untuk belajar dan berdoa. Terimakasih.

Sebagai penulis saya menyadari banyak sekali kesalahan yang saya buat dalam pengerjaan skripsi ini baik secara sengaja ataupun tidak sengaja, saya memohon maaf dengan tulus. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada siapapun yang membaca. Amin.

Yogyakarta, 31 Januari 2019

Ilham Furqoni

INTISARI

ANALISA RESISTIVITAS UNTUK IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK PERSEBARAN ANDESIT MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOLE – DIPOLE DI DAERAH XXX

Oleh: Ilham Furqoni
115140072

Penelitian resistivitas untuk identifikasi karakteristik persebaran andesit dilakukan di daerah Wonogiri, Jawa Tengah. Teridentifikasi adanya potensi *Fresh Rock* batu Andesite di daerah tersebut, kemudian dilakukan eksplorasi menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi *dipole-dipole* untuk mengetahui karakteristik dan persebaran batu andesit dibawah permukaan.

Metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan lateral. Penelitian ini menggunakan data sekunder sebanyak 10 lintasan dengan panjang lintasan 500 meter dengan spasi 50 meter. Data ini diolah menggunakan inversi *least square* untuk mendapatkan penampang 2D kemudian dilakukan pengolahan data 3D dan pembuatan model 3D menggunakan metode *kriging*.

Pada penelitian ini didapatkan nilai resistivitas tinggi $>170 \text{ Ohm.m}$ diinterpretasikan sebagai batuan Andesit lava. Pada nilai resistivitas sedang $19,7 - 170 \text{ Ohm.m}$ diinterpretasikan sebagai batu pasir perselingan breksi dan nilai resistivitas rendah $<19,7 \text{ Ohm.m}$ diinterpretasikan sebagai *soil* dan batu pasir basah. Pada daerah penelitian berbentuk *closure* dan cenderung membentuk pola lateral. Pada penampang 2D dimana nilai resistivitas yang tinggi cenderung berbentuk block-block. Jumlah tonase yang didapatkan berdasarkan volume pada model 3D yaitu $8.891.000 \text{ m}^3$ dan tonase cadangan andesit didapatkan volume sebesar 23.116.600 Ton.

Kata Kunci : batuan andesit, *dipole – dipole*, geolistrik, resistivitas

ABSTARCT

**RESISTIVITY ANALYSIS FOR IDENTIFICATION OF ANDESITE
CHARACTERISTICS USING GEOELECTRICAL METHOD DIPOLE DIPOLE
CONFIGURATION ARRAY IN 'XXX' AREA**

By: Ilham Furqoni
115140072

This research has purpose to identification andesite characteristics in Wonogiri, Center Java Province. The potential of fresh Andesite is suspected in the areas, by geoelectric method with a dipole-dipole configuration hope it can be determined. Dipole dipole configuration has a high sensitivity for lateral changes.

This research uses a total of ten lines, with total length 500 meters and electrode distance of 50 meters. Then the data processed by least square inversion to get 2D map and krigging to get 3D map of resistivity value.

The results of this research is lithologies description. There are soil with a resistivity of $< 19,7$ Ohm.m, sandstone with a resistivity from $19,7$ to 170 Ohm.m and andesitelava with a resistivity more than 170 Ohm.m. Based on the sections correlation and 3D model, it has volume of $8.891.000\text{m}^3$, while the andesite reserve volume tonnage about of $23,116,600$ Tons..

Kata Kunci : Andesite, *dipole – dipole*, geoelectrical, resistivity

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
INTISARI	v
<i>ABSTRACT</i>.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Pembatasan Masalah	3
1.5. Lokasi dan Waktu Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Geologi Regional	4
2.1.1. Fisiografi.....	5
2.1.2. Morfologi.....	7
2.1.3. Stratigrafi	8
2.2. Geologi Lokal Daerah Penelitian.....	11
2.3. Penelitian Terdahulu	13
BAB III. DASAR TEORI	
3.1. Metode Geolistrik.....	17
3.2. Hukum <i>Coulomb</i>	18

3.3. Resistansi	20
3.4. Resistivitas	20
3.5. Resistivitas Semu	21
3.6. Elektroda Arus	22
3.6.1. Elektroda Arus Tunggal di Permukaan.....	22
3.6.2. Elektorda Arus Ganda di Permukaan	24
3.7. Konfigurasi <i>Dipole – Dipole</i>	26
3.8 Sensivitas Konfigurasi <i>Dipole – Dipole</i>	27
3.9. Inversi <i>Least Square</i>	28
3.10. Andesit	32
BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN	
4.1. Sistematika	36
4.2. Pengolahan Data.....	40
4.3. Interpretasi Data	46
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1. Hasil Proses Pengolahan Data dan Interpretasi Resistivitas.....	47
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	54
6.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Daerah Penelitian.....	3
Gambar 2.1.	Peta Geologi Regional (Samporna dan Samodra, 1997)	5
Gambar 2.2.	Peta fisiografi Pulau Jawa (Bemmelen, 1949).....	6
Gambar 2.3.	Kolom Stratigrafi Pegunungan Selatan (Bothe, 1929).....	8
Gambar 2.4.	Peta Geologi Lokal (Surono dan Sudarno,1992).....	12
Gambar 2.5.	Penampang hasil <i>Rockworks</i> (Indriani, 2014)	14
Gambar 2.6.	Pemodelan <i>Chargeability</i> (Supriyadi dan Fajariyah, 2014).....	15
Gambar 2.7.	Model 3D Resistivitas (Giamboro dan Hidayat,2016).....	16
Gambar 3.1.	Konfigurasi elektroda geolistrik dan faktor geometrinya (Loke, 2004).....	22
Gambar 3.2.	Penjalaran arus tunggal dalam medium homogen isotrop (Telford, <i>et al.</i> , 1990).....	22
Gambar 3.3.	Sumber titik arus berada di permukaan pada medium homogen (Telford, <i>et al.</i> , 1990)	23
Gambar 3.4.	Dua elektoda arus dan elektroda potensial di permukaan tanah homogen isotrop (dimodifikasi dari Telford <i>et.al.</i> ,1990	24
Gambar 3.5.	Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi <i>dipole - dipole</i> (dimodifikasi dari Loke, 1999).....	26
Gambar 3.6.	Sensitivitas Konfigurasi <i>Dipole – Dipole</i> (Loke, 2004)	28
Gambar 3.7.	Hasil plotting data observasi dalam sumbu-x dan sumbu-y (Supriyanto, 2007)	29
Gambar 3.8.	Contoh solusi regresi linear (Supriyanto, 2007).....	32
Gambar 4.1.	Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 4.2.	Desain Akuisisi Data Daerah Penelitian.....	37
Gambar 4.3.	Peralatan Penelitian	38
Gambar 4.4.	Data Lapangan.....	39
Gambar 4.5.	Diagram Alir Pengolahan Data.....	40
Gambar 4.6.	<i>Setting model refinement</i>	41

Gambar 4.7.	<i>Setting jumlah nodes</i>	41
Gambar 4.8.	<i>Setting metode forward modelling</i>	42
Gambar 4.9.	<i>Setting mesh untuk metode forward modelling</i>	42
Gambar 4.10.	<i>Setting jenis inversi</i>	43
Gambar 4.11.	Contoh <i>RMS Error</i>	43
Gambar 4.12.	Penampang <i>True Resistivity</i>	44
Gambar 4.13.	Penampang sebelum inversi	44
Gambar 4.14.	Koordinat Sistem.....	45
Gambar 4.15.	Pengolahan 3D Krigging	46
Gambar 5.1.	Penampang Resistivitas Lintasan 100.....	48
Gambar 5.2.	Penampang Resistivitas Lintasan 300.....	49
Gambar 5.3.	Penampang Resistivitas Lintasan -100	50
Gambar 5.4.	Penampang Resistivitas Lintasan -300	51
Gambar 5.5.	Penampang Resistivitas Lintasan -500	52
Gambar 5.10.	Model 3D Oasis	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Observasi <i>Least Square</i> (supriyanto, 2007).....	29
Tabel 3.2.	Nilai Resistivitas Batuan Beku dan Metamorf (dimodifikasi dari Telford, et al., 1990)	33
Tabel 3.3.	Tabel Densitas Batuan (Telford, 1990).....	33

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan Nama

3D	: Tiga Dimensi
2D	: Dua Dimensi
Msec	: Mili Second
Ohm.m	: Ohm Meter
Mdpl	: Meter diatas Permukaan Laut
TDIP	: <i>Time Domain Induce Polarization</i>

Lambang

\pm	: Kurang Lebih
F	: Gaya Listrik
K	: Konstanta Listrik
q	: Muatan Listrik
r	: Jarak Antar Dua Muatan
V	: Potensial Listrik
E_p	: Energi Potensial Listrik
\vec{E}	: Kuat Medan Listrik
\vec{J}	: Rapat Arus Listrik
σ	: Konduktivitas
ρ	: Resistivitas
A	: Luas Medium
I	: Kuat Arus
R	: Resistensi
L	: Panjang Medium

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan batu andesit akhir ini terus meningkat dikarenakan batu andesit memiliki beragam kegunaan antara lain batu andesit banyak digunakan pada industri serta digunakan sebagai batuan dasar pondasi bangunan, pemadatan jalan dan lain sebagainya. Pada daerah penelitian memiliki potensi batu andesit yang besar namun belum diketahui persebaran dan karakteristik batu andesit pada daerah penelitian sehingga perlu diadakanya eksplorasi untuk dapat memanfaatkan batu andesit secara optimal.

Untuk melakukan eksplorasi batu andesit maka dapat dilakukan menggunakan metode geofisika yang mampu memetakan persebaran dan karakteristik batu andesit dibawah permukaan. Metode geofisika yang digunakan pada penelitian ini adalah metode geolistrik. Metode ini dipilih karena efisiensi kerja yang cepat dan biaya yang murah serta akurasi untuk pemetaan secara lateral maupun vertikal yang baik. Pada metode geolistrik sendiri terdapat banyak konfigurasi yang digunakan namun pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *dipole-dipole*. Pada prinsipnya metode geolistrik diaplikasikan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus yang kemudian akan menghasilkan tegangan melalui elektroda potensial. Setelah itu, nilai tegangan yang muncul akan dibaca oleh sebuah alat yang disebut *resistivitymeter*. Pada saat akuisisi terdapat beberapa jenis penyusunan elektroda arus dan elektroda potensial. Aturan dalam menempatkan kedua jenis elektroda tersebut dikenal dengan istilah konfigurasi (Hendrajaya dan Idam, 1990). Pada penelitian ini dipilih konfigurasi *dipole-dipole* karena konfigurasi ini memiliki sensitifitas yang tinggi secara lateral atau horizontal melihat target eksplorasi adalah andesit sedangkan untuk vertikal konfigurasi ini memiliki sensitifitas yang sedang.

Penelitian ini digunakan untuk identifikasi karakteristik persebaran batu andesit lbawah permukaan menggunakan metode geolistrik dengan parameter tahanan jenis batuan. Setiap batuan memiliki nilai tahanan jenis atau resistivitas

yang beragam sehingga dapat diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas tersebut dengan berbentuk penampang 2 dimensi dan model 3 dimensi. Oleh karena itu penelitian ini sangat penting untuk dilakukan sebagai tahap awal eksplorasi batu andesit di daerah penelitian.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dirumuskan pada penelitian ini adalah belum diketahuinya persebaran batu andesit dibawah permukaan. Persebaran batu andesit perlu diketahui untuk mengetahui karakteristik batu andesit tersebut. Eksplorasi geologi permukaan hanya mampu memetakan batu andesit pada permukaan akan tetapi kemenerusan batu andesit dibawah permukaan tidak diketahui. Untuk dapat mengetahui batu andesit dibawah permukaan maka perlu dilakukan penelitian geofisika untuk menjawab permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana keberadaan batuan andesit dibawah permukaan melalui pengukuran nilai resistivitas?
2. Bagaimana geometri batuan andesit dibawah permukaan?
3. Bagaimana persebaran batuan andesit dibawah permukaan?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan persebaran batu andesit. Sedangkan tujuan dalam pelaksanaan skripsi ini adalah :

1. Melakukan interpretasi data geolistrik untuk mengetahui keberadaan batuan andesit
2. Menggunakan pola resistivitas batuan andesit dibawah permukaan untuk mengetahui geometri batuan andesit
3. Melakukan pemodelan 3D untuk mengetahui sebaran batuan andesit

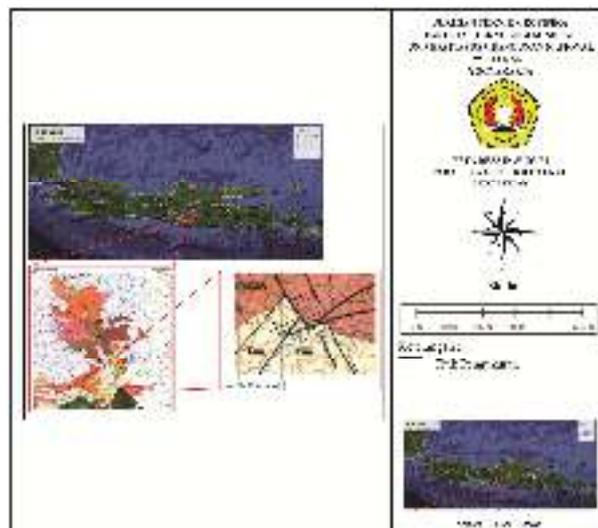
1.4. Batasan masalah

Pada penelitian ini dibatasi oleh beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan data sekunder geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* sebanyak 10 lintasan dengan panjang lintasan 500 meter dengan jarak antar elektroda 50 meter.
2. Hasil dari pengolahan data berupa penampang 2D dengan metode *least square* dan model 3D dengan metode *krigging*.
3. Daerah penelitian berada Wonogiri bagian timur tepatnya di daerah Jatiroto.
4. Target dari penelitian ini adalah persebaran batuan andesit dibawah permukaan serta karakteristik batuan andesit yang ada.

1.5. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dikerjakan di Laboratorium geofisika Universitas Pembangunan Nasional Veteran “Yogyakarta”. Penelitian ini berada di daerah Wonogiri, Jawa Tengah. Tempat penelitian bisa di tempuh dengan menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat dengan waktu tempuh 2 jam dari Laboratorium Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan mulai dari tahap studi literatur, pengolahan data, interpretasi yang dilakukan pada bulan desember 2018 hingga februari 2019 dan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan laporan yang dilakukan pada bulan februari 2019



Gambar 1.1. A. Peta lokasi (modifikasi dari google *earth* diakses pada 21 februari 2019) B. Peta geologi regional (Surono, B. Toha dan I. Sudarno, 1992) C. Peta geologi lokal (Surono, B. Toha dan I. Sudarno, 1992)

BAB II

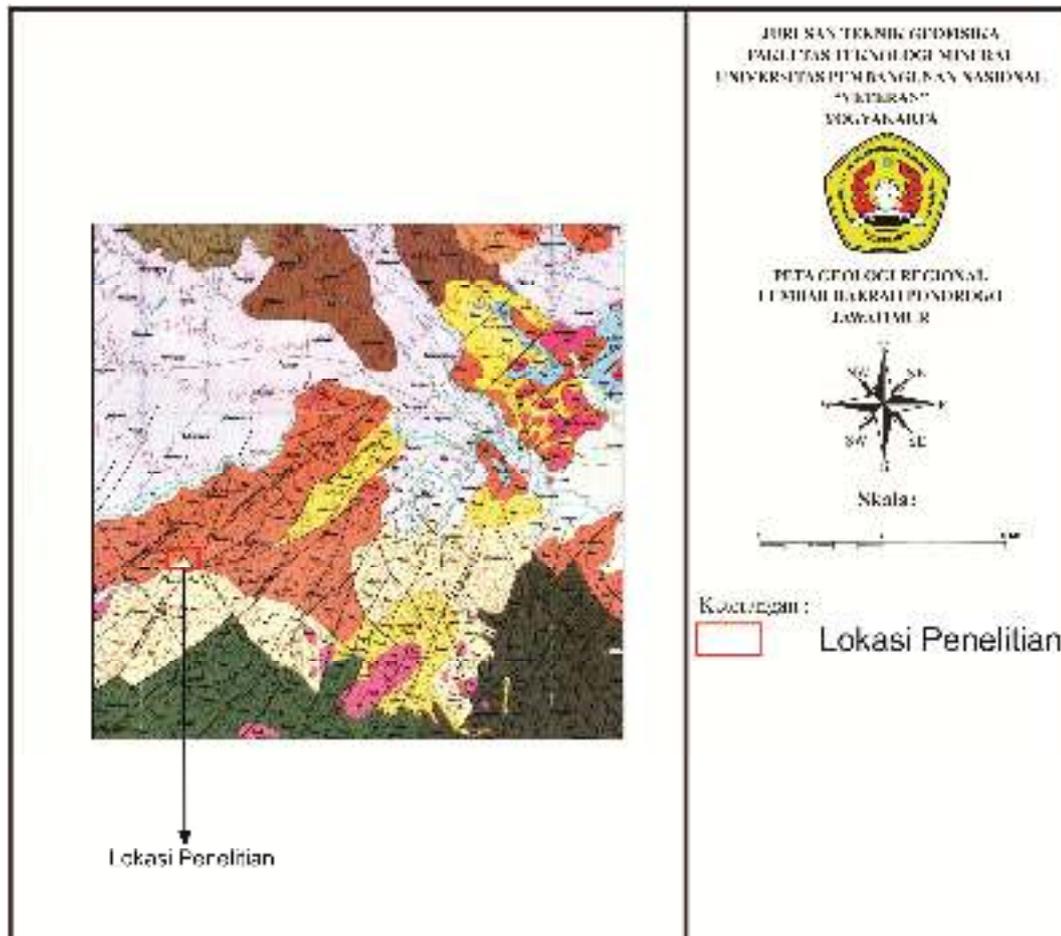
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional

Zona Pegunungan Selatan dan Jawa Tengah (van Bemmelen, 1949) umumnya tersusun oleh batuan gunung api berumur Tersier atau lebih dikenal sebagai Formasi Andesit Tua. Selain itu, Zona Pegunungan Selatan yang tersusun oleh batuan dasar gunung api membentuk daerah tinggian dengan morfologi kasar, sedangkan yang disusun oleh batugamping membentuk morfologi kars. Hal ini secara fisiografi memberi gambaran adanya perbedaan fisik yang berhubungan dengan genesisnya. Sehingga secara khusus Zona Pegunungan Selatan dan Jawa Tengah berkaitan erat dengan kegiatan magmatisme dan volkanisme, dan di sisi lain berkaitan dengan kegiatan organisme yang berkembang di laut. Di sebelah utara Zona Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Jawa Tengah ini berkembang morfologi Kuartar produk G. Merapi di sebelah barat, dan G. Lawu di timur.

Penelitian geologi, terutama stratigrafi Pegunungan Selatan telah banyak dilakukan antara lain oleh: Bothe (1929), van Bemmelen (1949), Rahardjo, dkk., (1995), Surono, dkk., (1992), dan Samodra, dkk., (1992). Penelitian tersebut melaporkan adanya beberapa kelompok batuan malihan, batuan beku, batuan gunung api, batuan sedimen, dan batuan karbonat yang menyusun Zona Pegunungan Selatan dan Jawa Tengah. Secara umum, bagian utara disusun oleh batuan beku dan gunung api, sedangkan bagian selatan disusun oleh batuan karbonat. Namun, secara khusus di bagian timurlaut wilayah ini terdapat daerah yang disusun oleh batuan-batuan dari Formasi Mandalika (warna oranye) yang penyebarannya terbatas dan bagian dalamnya dijumpai batuan intrusi berkomposisi andesit hingga diorit dari kungkungan perlapisan batuan gunung api. Batuan beku yang menyusun Zona Pegunungan Selatan dan Jawa Tengah terdiri dari batuan beku intrusi dalam (plutonik) dan batuan beku intrusi dangkal (sub gunung api) berupa *sill*, dan retas. Kedua kelompok batuan tersebut mempunyai komposisi beragam mulai dari yang bersifat basa hingga asam. 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 kemungkinan besar struktur inilah yang menimbulkan banyak dijumpai mineralisasi di daerah ini.

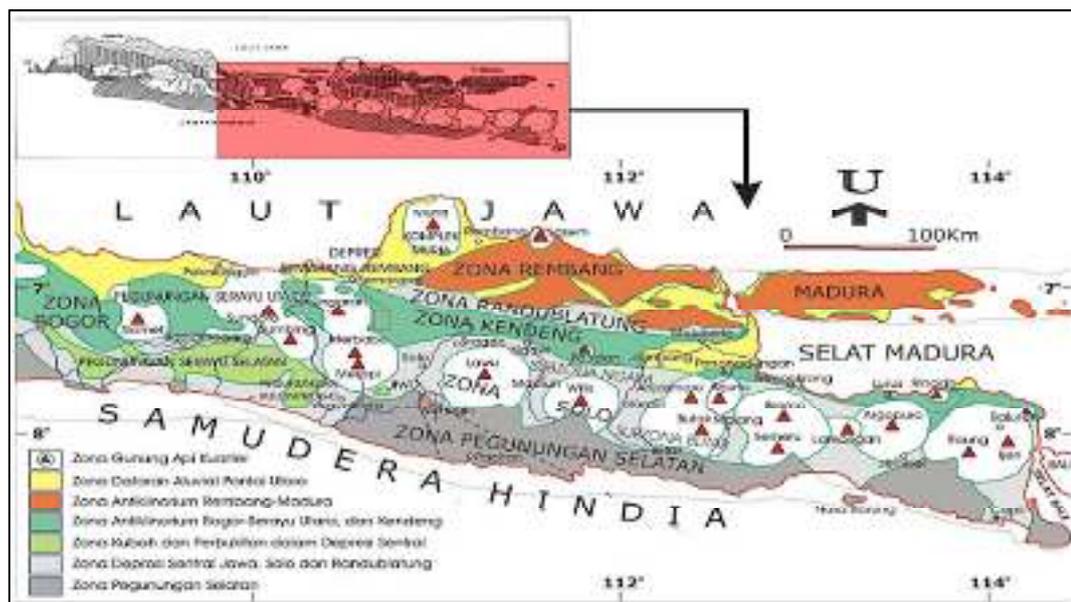


Gambar 2.1. Peta Geologi Regional (Samporna dan Samodra, 1997)

2.1.1 Fisiografi

Menurut penelitian Bemmelen (1949) yang diperlihatkan oleh gambar 2.1, dimana daerah penelitian berada didaerah Jatiroto, Wonogiri, Jawa Tengah yang masuk kedalam zona pegunungan selatan. Secara umum, fisiografi Jawa Tengah bagian selatan-timur yang meliputi kawasan Gunungapi Merapi, Yogyakarta, Surakarta dan Pegunungan Selatan dapat dibagi menjadi dua zona, yaitu Zona Solo dan Zona Pegunungan Selatan (Bemmelen, 1949) (lihat Gambar 2.2). Zona Solo merupakan bagian dari Zona Depresi Tengah (*Central Depression*

Zone) Pulau Jawa. Zona ini ditempati oleh kerucut G. Merapi (± 2.968 m). Kaki selatan-timur gunungapi tersebut merupakan dataran Yogyakarta-Surakarta (± 100 m sampai 150 m) yang tersusun oleh endapan aluvium asal G. Merapi. Di sebelah barat Zona Pegunungan Selatan, dataran Yogyakarta menerus hingga pantai selatan Pulau Jawa, yang melebar dari P. Parangtritis hingga K. Progo. Aliran sungai utama di bagian barat adalah K. Progo dan K. Opak, sedangkan di sebelah timur ialah K. Dengkeng yang merupakan anak sungai Bengawan Solo (Bronto, 2007). Satuan perbukitan terdapat di selatan Klaten, yaitu Perbukitan Jiwo. Perbukitan ini mempunyai kelerengan antara $4^0 - 15^0$ dan beda tinggi $125 - 264$ m. Beberapa puncak tertinggi di Perbukitan Jiwo adalah G. Jabalkat (± 264 m) di Perbukitan Jiwo bagian barat dan G. Konang (lk. 257 m) di Perbukitan Jiwo bagian timur. Kedua perbukitan tersebut dipisahkan oleh aliran K. Dengkeng. Perbukitan Jiwo tersusun oleh batuan Pra-Tersier hingga Tersier (Surono dkk, 1992) (gambar 2.2).



Gambar 2.2. Peta Fisiografi Pulau Jawa bagian timur (Bemmelen, 1949)

Zona Fisiografi Jawa Tengah – Jawa Timur oleh Bemmelen (1949) dari utara ke selatan adalah sebagai berikut:

1. Zona Dataran Aluvial Pantai Utara Jawa
2. Zona Depresi Semarang - Rembang
3. Zona Rembang
4. Zona Depresi Randublatung

5. Zona Kendeng
6. Zona Depresi Tengah/Zona Solo
7. Zona Pegunungan Selatan

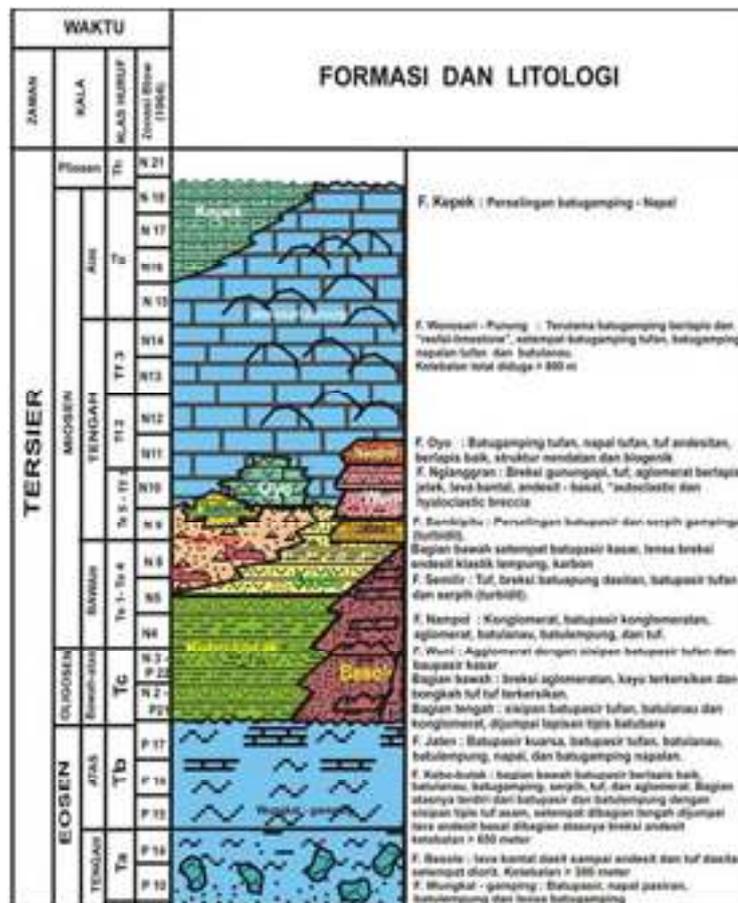
2.1.2 Morfologi Daerah Penelitian

Secara morfologis daerah Pegunungan Selatan merupakan pegunungan yang dapat dibedakan menjadi 3 satuan morfologi utama, yaitu:

1. Satuan perbukitan berelief sedang sampai kuat, yakni daerah mulai dari sekitar Imogiri di bagian barat, memanjang ke utara hingga Prambanan, membelok ke timur (Pegunungan Baturagung) dan terus ke arah timur melewati Perbukitan Panggung, Plopo, Kambengan hingga di kawasan yang terpotong oleh jalan raya antara Pacitan-Slahung, daerah ini didominasi oleh keberadaan litologi batupasir, breksi vulkanik dan batuan beku dari Formasi Semilir, Nglanggran atau Wuni dan Besole.
2. Satuan dataran tinggi terdapat di daerah Gading, Wonosari, Playen hingga Semanu. Memiliki ketinggian 400 m di atas muka laut, dengan topografi yang hampir rata dan pada umumnya ditempati oleh batugamping. Daerah ini tersusun oleh bukit-bukit kecil maupun berbentuk kerucut, tersusun oleh batugamping klastik maupun jenis batugamping yang lain.
3. Satuan dataran rendah, berada pada daerah mulai dari Wonogiri di utara hingga Giritronto-Pracimantoro di selatan. Dataran rendah ini terdiri oleh batugamping Formasi Kepek yang tertutup oleh endapan Kuartar. Dataran rendah ini disebut sebagai Depresi Wonogiri-Baturetno, yang saat ini sebagian besar merupakan daerah genangan Waduk Gajahmungkur. Kemudian pada daerah Bayat, Kabupaten Klaten, yang merupakan suatu daerah yang terletak pada kaki perbukitan rendah yakni Perbukitan Jiwo, perbukitan Jiwo terdiri dari Jiwo Barat dan Jiwo Timur yang dipisahkan oleh Sungai Dengkeng. Perbukitan ini tersusun oleh batuan Pra Tersier dan Tersier, dikelilingi oleh dataran yang tersusun oleh endapan Kuartar. Perbukitan Jiwo tersusun oleh batuan yang kompleks yakni batuan beku: khususnya diorit dan gabbro, batuan sedimen: batugamping, dan batuan metamorf: sekis, filit, dan marmer.

2.1.2. Stratigrafi Daerah Penelitian

Pegunungan Selatan Bagian Timur 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 km² (Lehmann. 1939). Stratigrafi Pegunungan Selatan di Jawa Timur, telah diteliti oleh Sartono (1964) dengan daerah telitian di daerah Punung dan sekitarnya- Pacitan. Susunan litostratigrafinya sebagaiberikut (dari tua ke muda): Kelompok Formasi Besole, Formasi Jaten, Formasi Nampol, Formasi Punung.



Gambar 2.3. Kolom Statigrafi Pegunungan Selatan (Bothe 1929, Van Bemmelen 1949, Sumarso 1975, Surono 1992)

1. Formasi Besole

Merupakan satuan batuan tertua yang tersingkap di daerah ini. Sartono (1964), pencetus nama Formasi Besole menyebutkan bahwa satuan ini tersusun oleh dasit, tonalit, tuf dasitan, serta andesit, dimana satuan ini diendapkan di lingkungan darat. Nahrowi dkk (1978), dengan menggunakan satuan batuan bernama Formasi Besole, menyebutkan bahwa formasi ini tersusun oleh perulangan breksi vulkanik, batupasir, tuf, dan lava bantal, diendapkan dengan mekanisme turbidangit, pada lingkungan laut dalam.

Samodra dkk (1992) membagi satuan yang bernama Formasi Besole ini menjadi dua satuan yaitu Formasi Arjosari yang terdiri dari perselingan batupasir dan breksi, yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal, dan Formasi Mandalika yang tersusun oleh perselingan breksi, batupasir, serta lava bantal diendapkan pada lingkungan laut dalam. Terlepas dari perbedaan litologi, dan lingkungan pengendapan pada satuan yang bernama Formasi Besole ini, mempunyai penyebaran menempati morfologi terjal, dan berbukit-bukit. Oleh Sartono (1964), satuan ini merupakan bagian dari kelompok batuan *Old Andesite* (van Bemmelen, 1949), seperti halnya yang terdapat di Kulon Progo. Jadi secara umum Formasi Besole tersusun oleh satuan batuan vulkanik (intrusi), lava dan vulkanoklastik (breksi, sisipan batupasir tufan).

Djohor, 1993 meneliti singkapan di K.Grindulu (Pacitan-Tegalombo) menyimpulkan urutan Formasi Besole yang tersingkap di daerah tersebut adalah sebagaiberikut: bagian bawah terdiri dari breksi vulkanik (*pyroclastic*), batupasir tufan (*greywacke*), sisipan crystal tuf, dan di beberapa tempat dijumpai intrusi (korok dasit). Bagian tengah tersusun oleh lava dasitik, tuf dasitik, breksi vulkanik, batupasir vulkanik, dan sisipan lava basaltik dengan kekar-kekar kolom, di beberapa tempat dijumpai intrusi korok berkomposisi basaltis, dan dasitik. Bagian atas didominasi oleh batn vulkanoklastik (perulangan konglomerat, batupasir tufan, tuf, dengan sisipan breksi dan batulempung). Didapat intrusi berupa *volcanic neck* berkomposisi andesitik. Juga dijumpai sisipan tipis batulempung gampingan yang mengandung foraminifera planktonik serta bongkah batu-gamping berukuran mencapai ± 1 m didalam tubuh tuf. Secara tidak selaras di atasnya terdapat Formasi Jaten.

2. Formasi Jaten

Dengan lokasi tipenya K.Jaten – Donorojo, Pacitan (Sartono 1964), tersusun oleh konglomerat, batupasir kuarsa, batulempung (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) Formasi Wuni Dengan lokasi tipenya K.Wuni (anak Sungai S Basoka) – Punung, Pacitan (Sartono, 1964), tersusun oleh breksi, aglomerat, batupasir tufan, lanau, dan batugamping. Berdasarkan fauna koral satuan ini berumur Miosen Bawah (Te.5 – Tf.1), berdasarkan hadirnya *Globorotalia siakensis*, *Globigerinoides trilobus* & *Globigerina praebuloides* berumur Miosen Tengah (N9-N12) (Tim Lemigas). Ketebalan Formasi Wuni = 150 -200 m. Satuan ini terletak selaras menutupi Formasi Jaten, dan selaras di bawah Formasi Nampol

3. Formasi Nampol

Tersingkap baik di K.Nampol, Kec Punung, Pacitan (Sartono,1964), dengann susunan batuan sebagai berikut: bagian bawah terdiri dari konglomerat, batupasir tufan, dan bagian atas: terdiri dari perselingan batulanau, batupasir tufan, dan sisipan serpih karbonan dan lapisan lignit. Diendapkan pada Kala Miosen Awal (Sartono,1964) atau Nahrowi (1978), Pringgoprawiro (1987), menghitungnya berumuri Miosen Awal – Miosen Tengah. Ketiga formasi (Jaten, Wuni, Nampol) berhu-bungan jari-jemari dengan bagian bawah Formasi Punung.

4. Formasi Punung

Dengan lokasi tipenya di daerah Punung, Pacitan, tersusun oleh dua litofasies yaitu: fasies klastika dan fasies kar-bonat (Sartono, 1964). Fasies karbonat, tersusun oleh batu-gamping terumbu, batugamping bioklastik, batugamping pasiran, napal, dimana satuan ini merupakan endapan sistim karbonat paparan. Ketebalan fasies ini 200-300 m, berumur Miosen Tengah-Atas (N9-N16). Sedangkan fasies klastika tersusun oleh perselingan batupasir tufan, batupasir gampingan, lanau dan serpih. Ketebalan satuan ini 76 -230 m. Berdasarkan kandungan fosil foram menunjukkan umur Miosen Tengah (N15), diendapkan pada lingkungan nertitik tepi. Hubungan dengan fasies karbonat

adalah menjari, dan kedua satuan fasies ini menutupi secara tidak selaras Formasi Nampol (Sartono, 1964). Sedangkan menurut Nahrowi (1979), Pringgoprawiro (1985) Formasi Punung menutupi secara tidak selaras Formasi Besole, dengan saling menjari dengan Formasi Jaten, Wuni, dan Nampol.

5. Endapan Tersier

Di daerah Pegunungan Selatan bagian Timur, endapan yang paling muda adalah endapan terarosa dan endapan sungai yang secara tidak selaras menutupi seri endapan Tersier

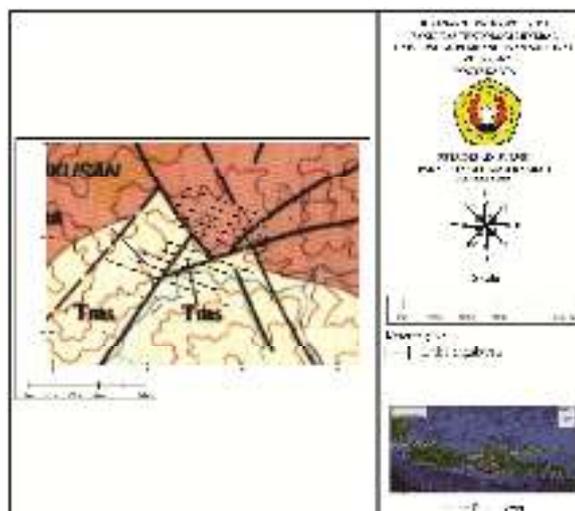
2.1.3. Geologi Lokal

Daerah penelitian terletak di Jatiroto, Wonogiri, Jawa Tengah. Berdasarkan genetika pembentukan bentang alamnya, serta merujuk pada struktur, proses dan stadia (tahapan) geomorfiknya, pembagian satuan geomorfologi berdasarkan morfogenesis hasil pengamatan di lapangan mengacu pada konsep dasar Thornbury, W. D., 1954 (*Principles of Geomorphology*) maka geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi 2 (dua) satuan geomorfologi, yaitu:

1. Satuan Geomorfologi Perbukitan Lipat Patahan. Secara genetik satuan ini dikontrol oleh struktur yang berupa perlipatan dan patahan, dengan bentuk bukit dan lembah yang memanjang berarah barat laut – tenggara. Satuan ini menempati 94% dari luas daerah penelitian. Berada pada ketinggian 200 – 800 mdpl. Satuan ini ditempati oleh satuan breksi sisipan batupasir, satuan batupasir tufan selang-seling breksi, dan satuan batugamping sisipan batulempung gampingan. Proses - proses geologi yang teramati berupa pelapukan, erosi, dan sedimentasi.
2. Satuan Geomorfologi Bukit Intrusi. Satuan geomorfologi bukit intrusi terbentuk oleh terobosan batuan beku diorit. Satuan geomorfologi bukit intrusi menempati luas $\pm 4\%$ dari total luas keseluruhan daerah penelitian. Morfometri satuan ini berada pada ketinggian mencapai 200 - 300 mdpl. Karakteristik permukaan morfologi ini tergolong pada bentuk stadia tua dimana bentuk morfologi sudah mengalami perubahan dari bentuk aslinya. Secara umum pola aliran sungai daerah penelitian yaitu pola aliran rektangular. Pola aliran rektangular terbentuk dari pertemuan antara anak

sungai dan induk sungai membentuk sudut siku - siku atau hampir siku - siku. Umumnya berkembang pada batuan yang resistensi terhadap erosinya mendekati seragam, namun dikontrol oleh kekar dan sesar. Kekar pada umumnya kurang resisten terhadap erosi sehingga memungkinkan air mengalir dan berkembang melalui kekar - kekar membentuk suatu pola pengaliran dengan saluran salurannya lurus - lurus mengikuti sistem kekar.

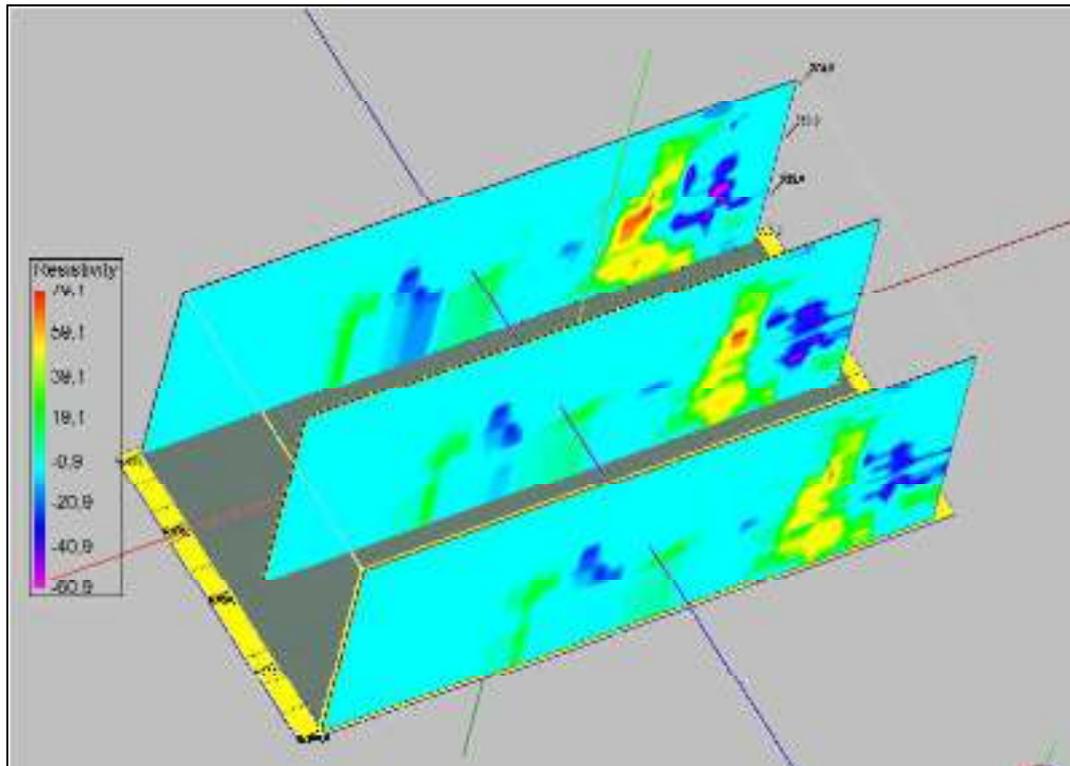
3. Formasi Mandalika tersusun oleh perselingan breksi, batupasir, serta lava bantal diendapkan pada lingkungan laut dalam. Formasi ini mempunyai penyebaran menenmpati morfologi terjal, dan berbukit bukit. Oleh Sartono (1964), satuan ini merupakan bagian dari kelompok batuan *Old andesite* (van bemmelen, 1949). Formasi mandalika tersusun oleh perselingan breksi gunung api dan lava yang bersusunan andesite dan basal, dan bersisipan dengan batu pasir tufaan. Formasi mandalika berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal.
4. Formasi Semilir merupakan runtuhan turbidit dari breksi batuapung dan perulangan batupasir kerikilan, batupasir dan batulempung yang terbentuk pada lingkungan laut dalam dan berumur Miosen Awal. Formasi ini menindih selaras satuan batuan Oligo-Miosen. Sebagian besar dari satuan batuan berumur Oligo-Miosen Awal telah mengalami alterasi (Dyah Hastuti,2006; Purwanto, 1996; Sudarto dan Prapto, 1995). Kemudian semua satuan batuan diatas diterobos oleh andesit, diorit dan basal yang berbentuk *stock* dan retas yang berumur Miosen Tengah.



Gambar 2.4. Peta geologi lokal (Surono dan Sudarno, 1992)

2.1.4. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang telah dilakukan berjudul pemetaan distribusi aliran sungai bawah tanah menggunakan metode geofisika VLF (*Very Low Frequency*) daerah Karst, Pracimantoro kabupaten Wonogiri oleh Indriani pada tahun 2014. Pada penelitian tersebut menghasilkan data berupa Sumber air di kawasan karst hanya diperoleh dari hujan yang turun dan sungai bawah tanah yang keluar ke permukaan. Untuk mengetahui jalur sungai bawah tanah yang melewati lorong-lorong gua tersebut diperlukan suatu metode geofisika yang efektif dan efisien sesuai dengan keadaan topografi di daerah Pracimantoro. Metode tersebut diharapkan dapat membantu melaksanakan pemetaan regional potensi sungai bawah tanah di kawasan karst. Metode VLF dapat menghasilkan respon yang jelas dan akuisisi data untuk digunakan dalam pemetaan sungai bawah tanah seperti di daerah Pracimantoro, Kabupaten Wonogiri. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan dan memetakan pola aliran sungai bawah tanah di daerah Karst Pracimantoro Kabupaten Wonogiri. Penelitian dilakukan menggunakan alat TVLF, terdapat tiga lintasan dengan panjang lintasan 200 meter, jarak antar titik 2 meter. Data yang diperoleh berupa nilai RAE (Rapat Arus Ekuivalen) dari data tilt, ellips, H hor, H ver yang diolah pada *Ms.excel*. Pembuatan profil penampang bawah permukaan dibuat menggunakan *software surfer dan RockWorks*. Hasil interpretasi didapatkan struktur bawah permukaan antara ketiga lintasan dan mendapatkan pola aliran bawah tanah di daerah Karst Pracimantoro arah aliran menuju ke arah Timur lintasan kedua dan selanjutnya lintasan kedua arah alirannya menuju ke arah Tenggara lintasan ketiga. Aliran air tersebut diduga yang nantinya akan dialirkan ke pantai selatan.

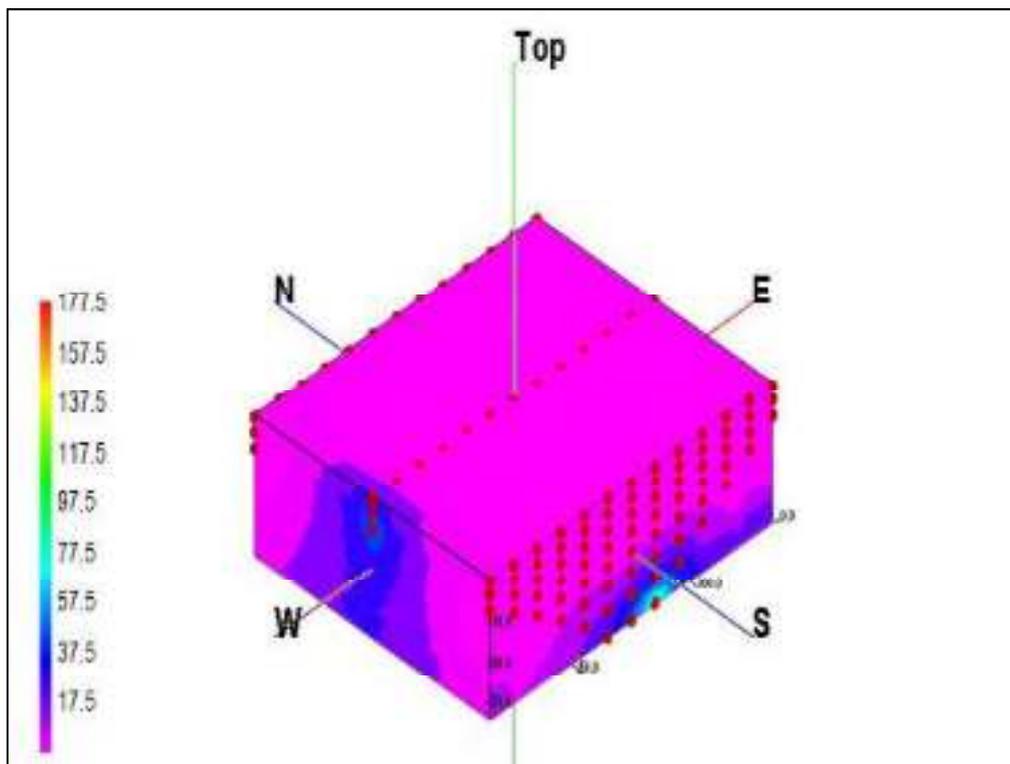


Gambar 2.5. Penampang hasil pengolahan *RockWorks* (Indriani, 2014)

Penelitian selanjutnya berjudul aplikasi metode TDIP untuk pendugaan zona mineralisasi emas di desa Jendi, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri. Penelitian tersebut dilakukan pada tahun 2014 oleh Supriyadi dan EN Fajariyah. Berdasarkan data geologi Jawa Tengah, Wonogiri merupakan salah satu daerah penghasil emas terbesar di Jawa Tengah tepatnya di desa Jendi, Kecamatan Selogiri. Segala bentuk sumberdaya mineral dan sumberdaya energi di muka bumi ini tentunya tidak langsung diambil begitu saja tanpa menggunakan azas ilmu pengetahuan yang mumpuni di bidangnya. Metode IP (Induksi Polarisasi) adalah salah satu metode geofisika yang sedang berkembang pesat terutama dalam bidang pertambangan yaitu eksplorasi mineral ekonomis dan geofisika lingkungan.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui zona mineral emas di daerah penelitian berdasarkan data resistivitas dan chargeabilitas yang diperoleh menggunakan metode Induksi Polarisasi. Penelitian dilakukan sebanyak 3 lintasan dengan panjang masing masing lintasan 150 meter dan spasi antar lintasan 50 meter. Alat yang digunakan dalam pengukuran adalah Resistivitymeter Iris Syscal R1 Plus Switch-72 yang mana dapat mengukur

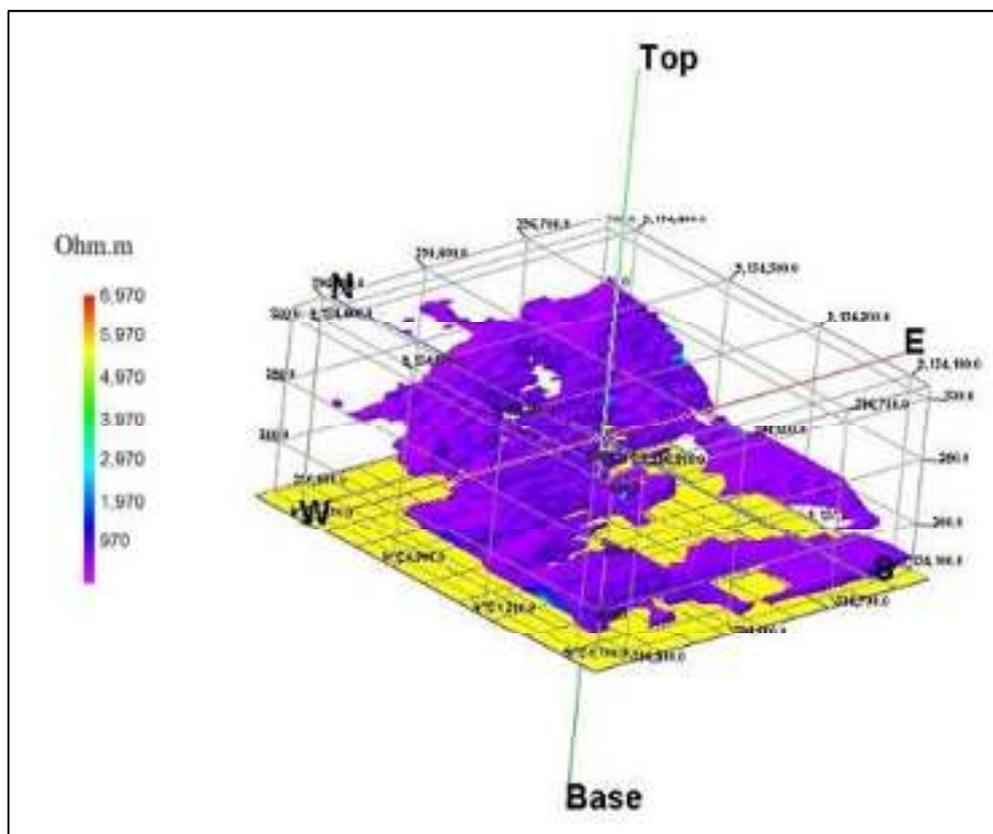
resistivitas dan chargeabilitas secara bersamaan. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi dipole-dipole sehingga dapat memetakan dengan baik secara vertikal dan horizontal. Data hasil pengukuran kemudian dibuat pemodelan 2 dimensi dan 3 dimensi menggunakan software Res2Dinv, RockWork, dan Surfer. Hasil interpretasi dari model 2 dimensi dan 3 dimensi menunjukkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh lapisan Alluvium dengan nilai chargeabilitas 1 – 4 msec dan beberapa jenis batuan serta mineral lain yaitu kalkopirit 4 – 9 msec, tembaga 3 – 12 msec, vulkanik prekambrian 8 – 20 msec, batuan serpih 20 – 50 msec, vulkanik padat 50 – 100 msec, batu pasir dan batu lanau 100 – 500 msec. Zona mineralisasi emas diindikasikan dengan adanya mineral kalkopirit dengan nilai chargeabilitas 4 – 9 msec terletak pada lintasan 1 dan lintasan 2 pada kedalaman lebih dari 20 meter. Keberadaan zona mineralisasi emas pada lintasan 2 diduga merupakan kemenerusan dari lintasan 1.



Gambar 2.6. Pemodelan *Chargeability* 3Dimensi (Supriyadi dan Fajariyah, 2014)

Penelitian selanjutnya berjudul Pemodelan 3 Dimensi (3D) batuan andesit telah dilakukan pada Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dengan menggunakan Metode Geolistrik oleh

Wrego Seno Giamboro dan Wahyu Hidayat pada tahun 2016. Penelitian ini menggunakan 5 (lima) lintasan geolistrik dengan panjang lintasan 290 m yang berorientasi Tenggara - Baratlaut. Model inversi resistivitas batuan dihasilkan dari Konfigurasi Dipole-Dipole yang memiliki akurasi yang baik untuk analisa struktur - struktur vertikal. Pemodelan 3D dihasilkan dari korelasi model 2 Dimensi (2D) resistivitas batuan yang mampu memberikan solid model sebaran batuan andesit. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa batuan andesit memiliki nilai resistivitas yang tinggi (>450 ohm.m) dengan kedalaman yang bervariasi antara 0-40 meter. Berdasarkan pemodelan 3D, diketahui bahwa batuan andesit tersebar hampir di seluruh daerah penelitian.



Gambar 2.7. Model 3D Resistivitas (Giamboro dan Hidayat, 2016)

BAB III

DASAR TEORI

3.1. Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk eksplorasi, memetakan keadaan bawah permukaan dengan parameter resistivitas batuan yang ada. Dimana batuan memiliki respon yang beragam terhadap resistivitas sehingga dapat dibedakan atau diinterpretasikan berdasarkan keragaman resistivitas batuan bawah permukaan. Resistivitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa parameter geologi yang ada seperti mineral, fluida, porositas dan derajat jenuh air. Kemudian dari parameter dan resistivitas tersebut dapat diinterpretasikan kondisi bawah permukaan. Survei resistivitas listrik telah digunakan selama beberapa dekade di *hydrogeological*, pertambangan, dan investigasi *geotechnical*. Baru-baru ini, telah digunakan untuk survei lingkungan (Loke, 1999). Pada umumnya metode geolistrik dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Geolistrik yang bersifat pasif

Geolistrik dimana energi yang dibutuhkan telah ada terlebih dahulu secara alamiah sehingga tidak diperlukan adanya injeksi/pemasukan arus terlebih dahulu. Geolistrik jenis ini disebut *Self Potential (SP)*.

2. Geolistrik yang bersifat aktif

Geolistrik dimana energi yang dibutuhkan ada, akibat penginjeksian arus ke dalam bumi terlebih dahulu oleh elektroda arus. Geolistrik jenis ini ada dua metode, yaitu metode Resistivitas (*Resistivity*) dan Polarisasi Terimbas (*Induced Polarization*).

Sifat kelistrikan batuan di bawah permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- a. Kandungan mineral logam
- b. Kandungan mineral non-logam
- c. Kandungan elektrolit padat
- d. Kandungan air garam
- e. Tekstur batuan
- f. Porositas dan permeabilitas batuan

g. Temperatur

Studi mengenai geolistrik dapat dipahami sebagai proses penjalaran arus listrik melalui medium di bawah permukaan yang terdiri dari lapisan batuan dengan nilai resistivitas yang berbeda dengan menganggap bumi homogen isotropi. Aplikasi metode geolistrik ini dapat berupa grafik, peta resistivitas maupun beda potensial, serta penampang 2D dan 3D.

3.2. Hukum *Coulomb*

Hukum *Coulomb* adalah hukum yang menjelaskan gaya tarik menarik ataupun tolak menolak antara dua muatan yang berjarak r .

$$\vec{F} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad (3.1)$$

dengan ; \vec{F} : Gaya listrik (*Newton*)

k : Konstanta listrik ($9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)

q : Muatan listrik (*Coulomb*)

r : Jarak antara dua muatan (meter)

$$q_1 = q_2 = q$$

Dari Hukum *Coulomb* tersebut, terdapat hubungan dengan potensial listrik, medan listrik, dan Hukum *Ohm*, yang ditunjukkan seperti berikut :

Potensial Listrik

$$V = \frac{Ep}{q} \quad (3.2)$$

$$V = \frac{k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}}{q} \quad (3.3)$$

$$V = \frac{Kq}{r} \quad (3.4)$$

dengan ; V : Potensial listrik (*Volt*)

Ep : Energi potensial listrik (*Joule*)

Medan Listrik :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (3.5)$$

$$\vec{E} = \frac{k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}}{q} \quad (3.6)$$

$$\vec{E} = \frac{Kq}{r^2} \quad (3.7)$$

$$\vec{E} = \frac{V}{r} \quad (3.8)$$

dengan ; \vec{E} : Kuat medan listrik (N/C)

dari nilai E tersebut maka disubstitusikan kedalam nilai J untuk mendapatkan nilai V atau potensial listrik.

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} \quad (3.9)$$

$$\frac{I}{A} = \sigma \cdot \frac{V}{l} \quad (3.10)$$

$$\frac{I}{A} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{V}{l} \quad (3.11)$$

$$V = \frac{\rho l}{A} \cdot I \quad (3.12)$$

$$V = I \cdot R \quad (3.13)$$

dengan ; \vec{J} : Rapat arus listrik (Am^2)
 σ : Konduktivitas (*Siemen* atau Ohm^{-1})
 I : Arus listrik (*Ampere*)
 ρ : Resistivitas (*Ohm.meter*)
 R : Resistansi (*Ohm*)
 A : Luas medium (m^2)
 K : Faktor geometri

3.3. Resistansi

Resistansi merupakan daya hambat listrik suatu material yang dialiri listrik, yang merupakan fungsi dari sifat material, ukuran serta geometrinya. Besaran nilai hambatan dari suatu medium dapat diketahui dari perbedaan besaran beda potensial pada medium saat teraliri oleh arus listrik dengan besaran arus tertentu. Yang mana hal tersebut terdapat pada Hukum *Ohm* yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$R = \frac{V}{I} \quad (3.14)$$

dengan ; R : Resistensi (*Ohm*)
 V : Potensial listrik (*Volt*)
 I : Arus listrik (*Ampere*)

Besarnya nilai resistansi tergantung pada jenis medium, sifat medium serta bentuk medium. Bentuk dari medium memiliki hubungan antara nilai resistansi dengan geometri dari bentuk medium.

3.4. Resistivitas

Resistivitas yakni merupakan kemampuan dari suatu medium untuk menghambat aliran arus listrik tergantung dari jenis medium yang digunakan untuk teraliri arus listrik. Hal ini dirumuskan dalam hukum *Ohm* dengan persamaan sebagai berikut

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (3.15)$$

dengan ; ρ : Resistivitas (*Ohm.meter*)
 V : Potensial listrik (*Volt*)
 I : Arus listrik (*Ampere*)
 L : Panjang medium (*m*)
 A : Luas medium (m^2)

Besaran nilai resistivitas digunakan untuk mengetahui profil bawah permukaan dengan mengasumsikan bahwa litologi yang terdapat dibawah permukaan bumi memiliki nilai yang berbeda-beda. Yang mana setiap litologi

mempunyai sifat kelistrikan sendiri tergantung dari komposisi mineral logam yang terkandung pada litologi, permeabilitas, kandungan air, temperatur, porositas, kandungan elektrolit padat dan juga tekstur dari litologi dibawah permukaan bumi.

Nilai resistivitas atau tahanan jenis batuan dalam satuan Ohm.m yang mana nilai tersebut kadang dibuat oleh peneliti berdasarkan hasil observasi dengan *range* tertentu sehingga dapat dijadikan acuan dalam melakukan interpretasi.

3.5. Resistivitas Semu

Dasar dari metode geolistrik adalah asumsi yang menyatakan bahwa bumi dianggap sebagai medium yang homogen isotropis atau dengan kata lain memiliki komposisi dan fisik yang sama. Resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya (*true resistivity*) dan tidak tergantung pada spasi elektroda (Loke, 2004). Pada kenyataannya bumi tidaklah homogen tetapi heterogen yang terdiri atas lapisan- lapisan dengan variasi komposisi dan fisik yang berbeda-beda. Heterogenitas ini lah yang mengasumsikan bahwa nilai resistivitas yang terukur merupakan nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*) yang tergantung pada jarak spasi elektrodanya. Maka besaran resistivitas yang terukur bukan besaran resistivitas untuk satu lapisan.

Untuk kasus tak homogen, bumi diasumsikan berlapis-lapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Sebagai contoh medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapis yang mempunyai resistivitas berbeda (ρ_1 dan ρ_2) dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang mempunyai satu harga resistivitas semu ρ_a .

$$\rho_a = \frac{V}{I} \cdot K \quad (3.16)$$

dengan ; ρ : Resistivitas (*Ohm.meter*)

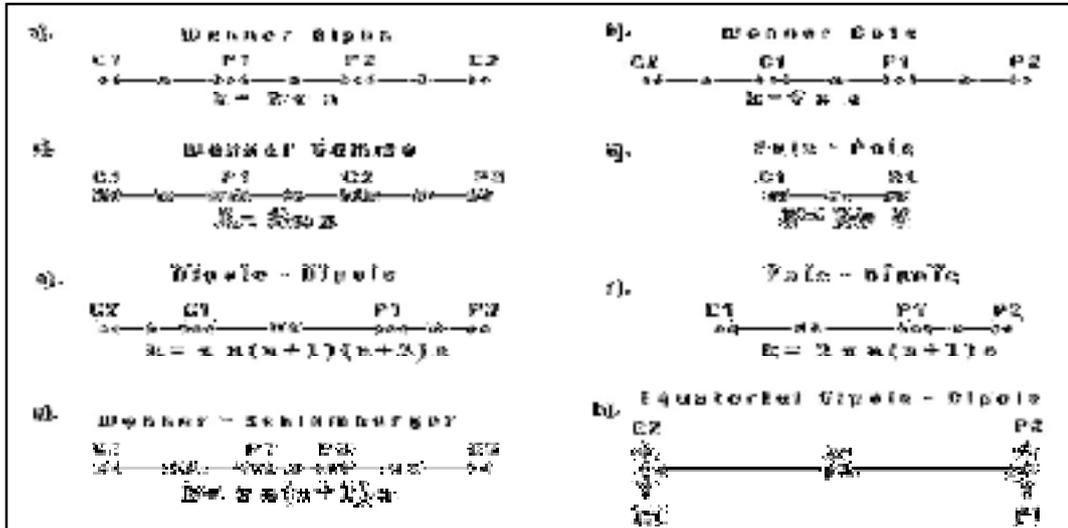
V : Potensial listrik (*Volt*)

I : Arus listrik (*Ampere*)

K : Faktor Geometri

Faktor geometri (K) pada setiap konfigurasi berbeda-beda, pemilihan konfigurasi tergantung pada target yang dicari untuk mendapatkan profil

bawah permukaan yang sesuai. Sehingga nilai faktor geometri tergantung pada konfigurasi yang digunakan. Terdapat macam – macam konfigurasi pada pengukuran geolistrik terlihat pada Gambar 3.1.

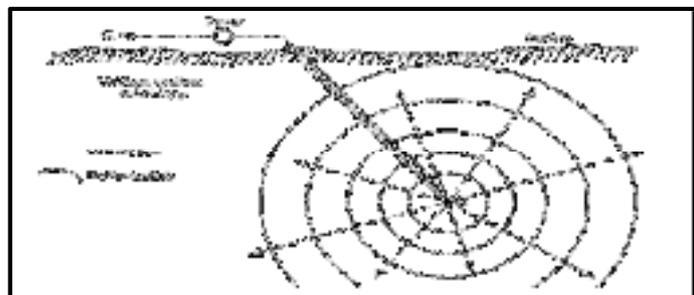


Gambar 3.1. Konfigurasi elektroda geolistrik dan faktor geometrinya (Loke, 2004)

3.6. Elektroda Arus

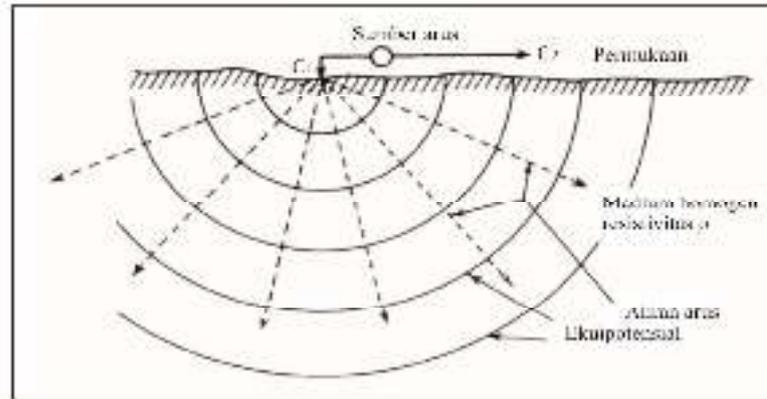
3.6.1. Elektroda Arus Tunggal di Permukaan

Arus yang dimasukkan kedalam bawah permukaan pada medium yang homogen isotrop, sumber arus tunggal akan menghasilkan penjaralan arus listrik yang berbentuk bola dengan distribusi potensial membentuk permukaan equipotensial (Telford *et.al.*,1990). Terlihat pada Gambar 3.2 dimana garis tegas yang menyebar kesegala arah dengan titik pusat berada pada titik pusat sumber arus merupakan garis equipotensial yang memiliki nilai potensial yang sama dan membentuk bola.



Gambar 3.2. Penjaralan arus tunggal dalam medium homogen isotrop (Telford *et.al.*, 1990).

Apabila suatu arus listrik diinjeksikan pada medium dari permukaan, maka penjalaran arus akan terbentuk menjadi setengah bola dan titik equipotensialnya berada pada sumber arus yang terdapat di permukaan. Hal ini diasumsikan bahwa medium membentuk setengah ruang, sehingga jika dilihat pada Gambar 3.3 akan terlihat sebagian merupakan udara dan setengahnya merupakan ruang atau medium penjalaran arus.



Gambar 3.3. Sumber titik arus berada di permukaan pada medium homogen (Telford *et.al.*,1990).

Jika arus searah yang dikirim melalui elektroda arus terletak dipermukaan medium yang homogen dan isotrop, untuk mencari nilai potensial, maka sumber arus harus dipandang sebagai titik arus. Arus yang melewati luasan pada Gambar 3.3 adalah:

$$I = 2\pi r^2 J = -2\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -2\pi \alpha \sigma A \quad (3.17)$$

$$A = -\frac{I}{-2\pi \sigma} = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (3.18)$$

Maka potensial elektroda medium homogen adalah:

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \left(\frac{1}{r}\right) \quad (3.19)$$

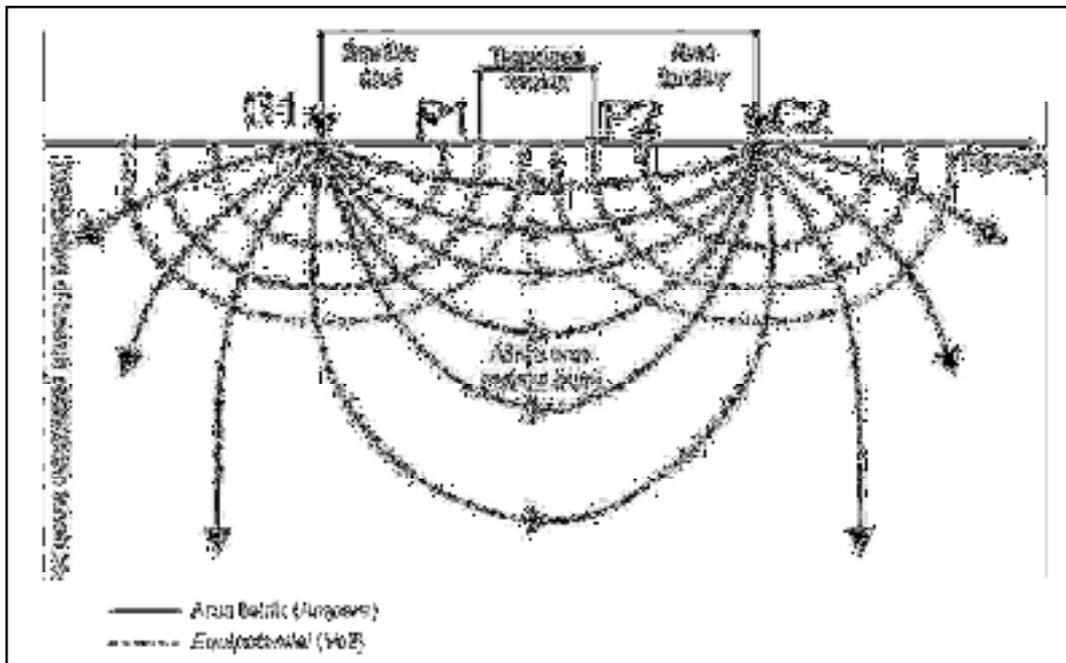
Sehingga resistivitasnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (3.20)$$

- dengan ;
- I : Arus listrik (*Ampere*)
 - \vec{j} : rapat arus (A/m^2)
 - A : Luasan medium (m^2),
 - ρ : Resistivitas semu (*Ohm.meter*)
 - V : Potensial listrik (*Volt*),
 - r : Jarak antar elektroda (meter).

3.6.2. Elektroda Arus Ganda di Permukaan

Jika elektroda kedua tidak terletak jauh atau tak hingga seperti berhingga, tetapi pada jarak yang berhingga, maka elektroda arus yang kedua ini akan memberikan sumbangan pada beda potensial yang terjadi di bawah permukaan. Proses penjalaran arus listrik dibawah permukaan dengan elektroda arus ganda diilustrasikan oleh Gambar 3.4



Gambar 3.4. Dua elektroda arus dan elektroda potensial di permukaan tanah homogen isotrop (dimodifikasi dari Telford *et.al.*,1990).

Potensial yang terjadi pada P1 akibat adanya C1 adalah:

$$V1 = -\frac{A1}{r1} \quad (3.21)$$

$$A1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (3.22)$$

Potensial yang terjadi pada P1 akibat adanya C2 adalah:

$$V2 = -\frac{A2}{r2} \quad (3.23)$$

$$A2 = \frac{I\rho}{2\pi} = -A1 \quad (3.24)$$

Jika arus pada kedua elektroda sama namun berarah berlawanan maka potensial di titik p1 adalah:

$$Vp1 = V1 + V2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r1} - \frac{1}{r2} \right) \quad (3.25)$$

Beda potensial dititik p2 adalah:

$$Vp2 = V3 + V4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r3} - \frac{1}{r4} \right) \quad (3.26)$$

Sehingga beda potensial diantara titik p1 dan titik p2 adalah:

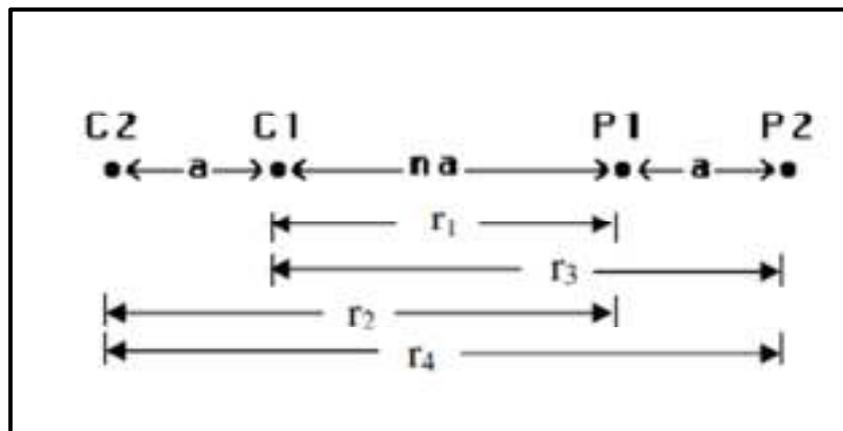
$$\Delta V = Vp1 - Vp2 = (V1 + V2) - (V3 + V4) \quad (3.27)$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r1} - \frac{1}{r2} \right) - \left(\frac{1}{r3} - \frac{1}{r4} \right) \right] \quad (3.28)$$

dengan ;
 I : Arus listrik (*Ampere*)
 \vec{J} : rapat arus ($\frac{A}{m^2}$)
 A : Luasan medium (m^2),
 ρ : Resistivitas semu (*Ohm.meter*)
 V : Potensial listrik (*Volt*),
 r : Jarak antar elektroda (meter).

3.7. Konfigurasi *Dipole Dipole*

Metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole merupakan konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi andesit. Konfigurasi ini sering digunakan karena memiliki sensitivitas lateral yang baik sehingga cocok digunakan untuk batuan- batuan terobosan atau intrusi. Pada konfigurasi *dipole-dipole*, kedua elektroda arus dan potensial terpisah dengan jarak sedangkan elektroda arus dan elektroda potensial bagian dalam terpisah sejauh na , dengan n adalah bilangan bulat (Hartantyo dan Waluyo, 2002). Penjelasan susunan elektroda *dipole-dipole* terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi *dipole - dipole* (dimodifikasi dari Loke, 1999)

Berdasarkan konfigurasi di atas dapat diketahui faktor geometri konfigurasi *dipole- dipole*:

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \quad (3.29)$$

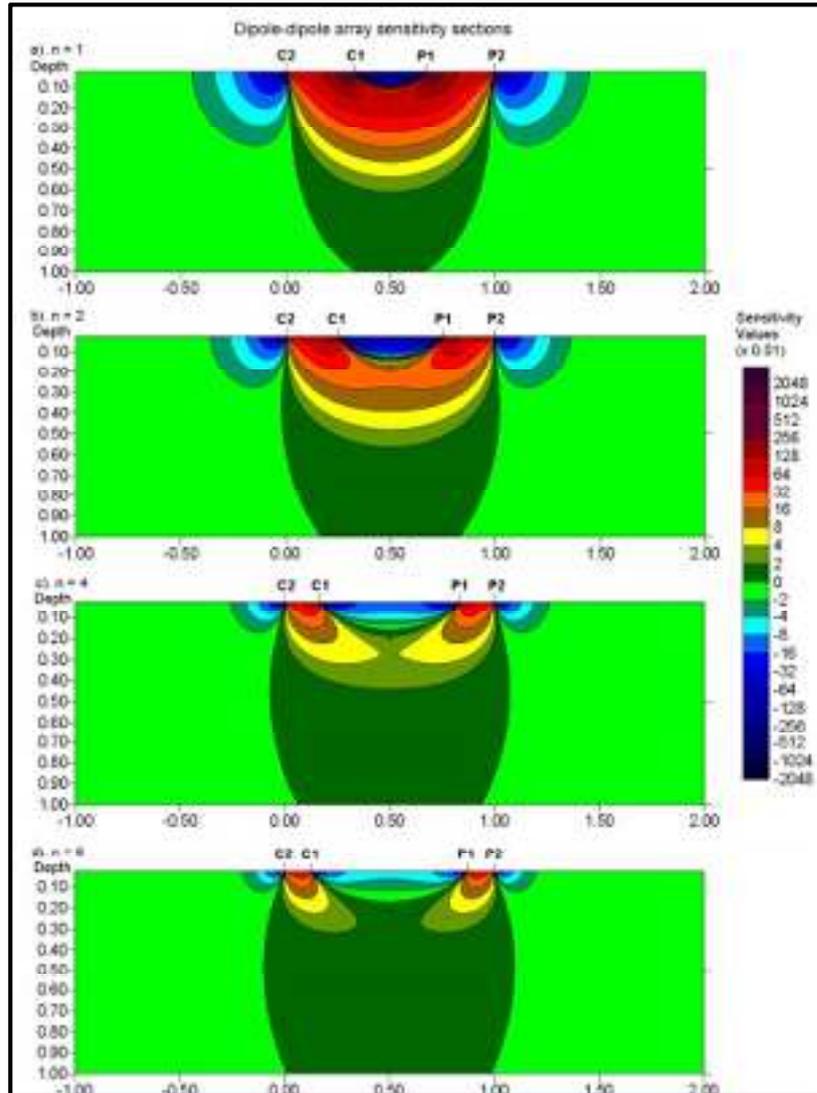
$$K = 2\pi \left(\frac{1}{na} - \frac{1}{a+na} - \frac{1}{a+na} + \frac{1}{2a+na} \right)^{-1} \quad (3.30)$$

$$K = \pi n(1 + n)(2 + n)a \quad (3.31)$$

3.8. Sensitivitas Konfigurasi *Dipole-Dipole*

Konfigurasi *dipole-dipole* merupakan salah satu metode yang sering dipakai dan memiliki sensitivitas lateral yang baik sehingga cocok digunakan dalam identifikasi material bawah permukaan seperti intrusi ataupun rongga yang memiliki geometri vertikal. Sensitivitas konfigurasi *dipole-dipole* yang memiliki nilai terbesar berada diantara elektroda C1- C2 serta diantara elektroda P1-P2 (Loke, 2004).

Hal ini memiliki arti bahwa konfigurasi ini memiliki sensitivitas terbaik dalam perubahan nilai resistivitas berada dibawah pasangan elektroda. Jika nilai “n” semaikin besar, maka sensitivitas yang tinggi akan semakin terkonsentrasi pada elektroda dibawah C1-C2 dan P1-P2, sedangkan nilai sensitivitas diantara elektroda C1-P1 akan semakin menurun. Nilai yang lebih besar lebih dari n lebih besar dari 2, maka diantara elektroda C1-P1 akan diabaikan karena sensitivitasnya terlalu kecil. Pola sensitivitas akan lebih terlihat vertikal ketika nilai n lebih dari 2 (Gambar3.6). Nilai kedalaman bergantung pada dua hal yaitu jumlah n (banyaknya perubahan elektroda) dan jumlah a (jarak antar elektroda). Namun geolistrik konfigurasi ini memiliki kelemahan yaitu memiliki kedalaman yang relatif dangkal jika dibandingkan dengan konfigurasi lain seperti wenner. Konfigurasi ini memiliki kedalaman antara 20% sampai 30% dari panjang lintasan.



Gambar 3.6. Sensitivitas Konfigurasi *Dipole-Dipole* (Loke, 2004)

3.9. Inversi *Least Square*

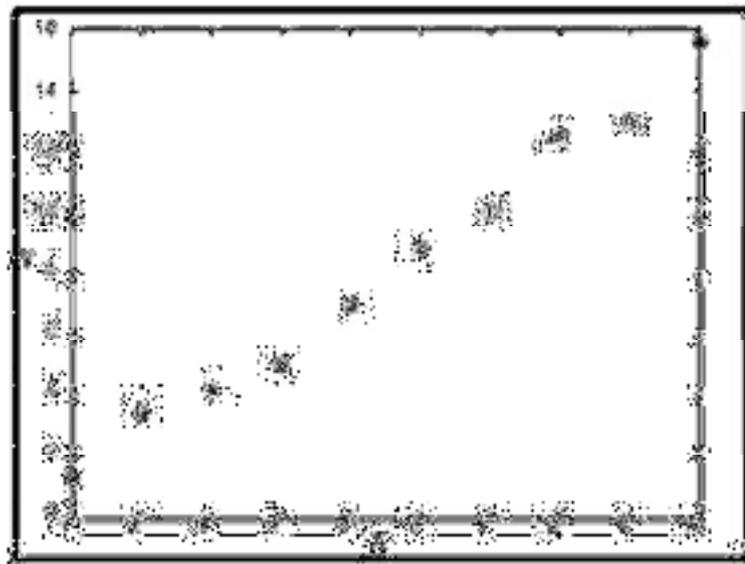
Proses inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan. Di dalam proses inversi, kita melakukan analisis terhadap data lapangan dengan cara melakukan *curve fitting* (pencocokan kurva) antara model matematika dan data lapangan. Tujuan dari proses inversi adalah untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya (*unknown parameter*). Diketahui data eksperimen tersaji pada Tabel 3.1. Lalu data tersebut diplot dalam sumbu x dan y. Sekilas, kita bisa melihat bahwa data yang telah diplot tersebut dapat

didekati dengan sebuah persamaan garis, yaitu $a_1 x_i + a_0$. Artinya kita melakukan pendekatan secara linear, dimana fungsi pendekatannya adalah

$$P(x_i) = a_1 x_i + a_0 \quad (3.32)$$

Tabel 3.1. Contoh data observasi yang dapat diolah oleh *least squares*(Supriyanto,2007)

X_i	Y_i	X_i	Y_i
1	1,3	6	8,8
2	3,5	7	10,1
3	4,2	8	12,5
4	5,0	9	13,0
5	7,0	10	15,6



Gambar 3.7. Hasil *plotting* data observasi dalam sumbu-x dan sumbu-y (Supriyanto,2007)

Problem-nya adalah berapakah nilai konstanta a_1 dan a_0 yang sedemikian rupa, sehingga posisi garis tersebut paling mendekati atau bahkan melalui titik-titik data yang telah di plot di atas. Dengan kata lain, sebisa mungkin y_i sama dengan $P(x_i)$ (pada Persamaan (3.33)) atau dapat diformulasikan sebagai (menurut Supriyanto, 2007)

$$\sum_{i=1}^m y_i - P(x_i) = 0 \quad (3.33)$$

$$\sum_{i=1}^m y_i - (a_1 x_i + a_0) = 0 \quad (3.34)$$

dimana jumlah data, $m = 10$. Suku yang berada disebelah kiri dinamakan fungsi *error* (*error function*),

$$E(a_0, a_1) = \sum_{i=1}^m (y_i - (a_1 x_i + a_0))^2 \quad (3.35)$$

Semua data yang diperoleh melalui eksperimen, fungsi *error*nya tidak pernah bernilai nol. Jadi, tidak pernah didapatkan garis yang berhimpit dengan semua titik data eksperimen. Namun demikian, kita masih bisa berharap agar fungsi *error* menghasilkan suatu nilai, dimana nilai tersebut adalah nilai yang paling minimum atau paling mendekati nol. Harapan tersebut di wujudkan oleh metode *least square* dengan sedikit modifikasi pada fungsi *error*nya sehingga menjadi

$$E(a_0, a_1) = \sum_{i=1}^m (y_i - (a_1 x_i + a_0))^2 \quad (3.36)$$

Agar nilai error dapat minimum maka diperlukan syarat:

$$\frac{\partial E(a_0, a_1)}{\partial a_1} = 0 \quad (3.37)$$

Dimana $i=0$ dan 1 , maka ada dua buah turunan dalam kasus ini:

$$\frac{\partial E(a_0, a_1)}{\partial a_0} = \frac{\partial}{\partial a_0} \sum_{i=1}^m [y_i - (a_1 x_i + a_0)]^2 \quad (3.38)$$

$$2 \sum_{i=1}^m (y_i - a_1 x_i - a_0) (-1) = 0 \quad (3.39)$$

$$a_0 \cdot m + a_1 \sum_{i=1}^m x_i = \sum_{i=1}^m y_i = \quad (3.40)$$

Dengan

$$\frac{\partial E(a_0, a_1)}{\partial a_1} = \frac{\partial}{\partial a_1} \sum_{i=1}^m [y_i - (a_1 x_i + a_0)]^2 \quad (3.41)$$

$$2 \sum_{i=1}^m (y_i - a_1 x_i - a_0) (-x_i) = 0 \quad (3.42)$$

Maka ditemukan solusi sebagai berikut:

$$\alpha_0 = \frac{\sum_{i=1}^m x_1^2 \sum_{i=1}^m Y_i - \sum_{i=1}^m X_i Y_i \sum_{i=1}^m X_i}{m(\sum_{i=1}^m X_1^2) - (\sum_{i=1}^m X_i)^2} \quad (3.43)$$

$$\alpha_1 = \frac{m \sum_{i=1}^m X_i Y_i - \sum_{i=1}^m X_i \sum_{i=1}^m Y_i}{m(\sum_{i=1}^m X_1^2) - (\sum_{i=1}^m X_i)^2} \quad (3.44)$$

Berdasarkan eksperimen pada tabel 3,1 maka didapatkan:

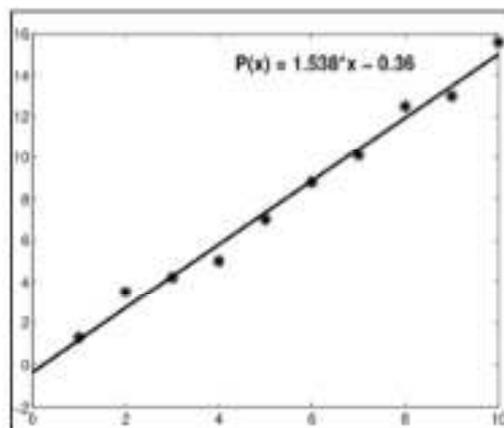
$$a_0 = \frac{385(81) - 55(572.4)}{10(385) - 55^2} = -0,360 \quad (3.45)$$

$$a_1 = \frac{10(572.4) - 55(81)}{10(385) - 55^2} = 1,358 \quad (3.46)$$

Jadi, fungsi pendekatannya, $P(x_j)$, adalah

$$P(x_j) = 1,538 x_j - 0,360 \quad (3.47)$$

Nilai a_0 dan a_1 disebut koefisien regresi. Lebih jauh lagi a_0 disebut intercept (titik perpotongan) terhadap sumbu y sedangkan a_1 adalah gradient atau slope (kemiringan garis). Gambar di bawah ini menampilkan solusi regresi linear tersebut berikut semua titik datanya



Gambar 3.8. Contoh solusi regresi linear (Supriyanto, 2007)

Teknik diatas diterapkan secara rutin dalam analisis data geofisika, khususnya ketika kita mencoba mengesktrak satu atau dua parameter model dari data observasi. Teknik ini disebut analisis regresi linear (*linear regression analysis*) atau *classical least squares fitting*. Teknik ini pertama kali dipakai oleh Gauss pada tahun 1809. Teknik ini pada mulanya digunakan untuk mencari solusi dari masalah *overdetermined* namun pada perkembangannya teknik ini diterapkan juga pada *underdetermined problem* setelah dimodifikasi. Ketika kita ingin mendapatkan lebih dari 2 parameter maka teknik ini disebut analisis regresi multipel (*multiple regression analysis*) (Supriyanto, 2007).

3.10. Andesit

Andesit dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal, salah satu yang paling sering digunakan, yaitu salah satunya sebagai bahan bangunan. Penggunaan andesit sebagai bahan bangunan harus memperhatikan berbagai faktor, yaitu ukuran, bentuk, kekutan, masa jenis, daya tahan dan sebagainya. Oleh karena itu diperlukan studi kelayakan atau keteknikan batuan sehingga dapat diketahui tingkat kelayakan batuan tersebut sebagai bahan bangunan. Pemanfaatan andesit tidak hanya diolah oleh perusahaan besar tetapi juga masyarakat ikut menambang secara tradisional.

Komposisi andesit adalah intermediet, antara basalt dan granit. Ini dikarenakan oleh sumber magmanya yang terbentuk dari pelelehan lempeng samudera yang *basaltic*. Magma ini mungkin telah memperoleh kontribusi *granitic* dari pelelehan batuan *granitic* saat mereka mengalami kenaikan, atau pencampuran dengan magma *granitic*. Andesit memiliki memiliki kekayaan mineral plagioklas, feldspar, dan mungkin mengandung biotit, piroksen, atau amphibol.

Andesit juga dapat terbentuk jauh dari zona subduksi. Contohnya, andesit dapat terbentuk pada di punggung tengah samudera, atau yang dikenal sebagai MOR (*Mid Oceanic Ridge*) dan *oceanic hot spots* dari pelelehan batuan *basaltic*. Andesit juga dapat terbentuk selama erupsi dibagian dalam lempeng benua dimana sumber magma yang dalam mengakibatkan pelelehan pada kerak benua atau tercampur dengan magma benua.

Batu andesit termasuk dalam jenis batuan beku intermediet vulkanik yang langsung terbentuk dari gunung api. Andesit terbentuk ketika temperatur lava yang meleleh turun antara 1100°C hingga 900°C. Andesit memiliki mineral yang berbutir kasar hingga sedang, warnanya agak gelap/hitam. Andesit adalah batuan beku yang mengandung antara sekitar 52-63% silika (SiO₂). Andesit biasanya ditemukan di daerah subduksi tektonik seperti di pantai barat Amerika Selatan atau daerah-daerah dengan aktivitas vulkanik yang tinggi seperti Indonesia. Nama andesit berasal dari nama Pegunungan Andes. Batu ini mempunyai tingkat kekerasan yang sangat tinggi dan porositas yang rendah sehingga tekstur batu ini sangat halus. Pada Tabel 3.2 menunjukkan nilai resistivitas andesit yakni berkisar antara 4.5x10⁴ (basah) hingga 1.7x10² (kering). Pada tabel 3.3 menunjukkan nilai densitas andesit berkisar antara 2.4kg/m³ – 2.8 kg/m³ dan rata-rata densitasnya yakni 2.6 kg/m³.

Tabel 3.2. Nilai resistivitas Batuan Beku dan Metamorf (dimodifikasi dari Telford *et.al.*,1990)

Batuan	Tahanan Jenis (Ohm Meter)
Granit	$3 \times 10^2 - 10^6$
Granit Porfiri	$4,5 \times 10^3$ (basah) – $1,3 \times 10^6$ (kering)
Felspar Porfiri	4×10^3 (basah)
Albit	3×10^2 (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
Diorite	$10^4 - 10^5$
Diorite Porfiri	$1,9 \times 10^3$ (basah) – $2,8 \times 10^4$ (kering)
Porfiri	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
Kuarsa Porfiri	$3 \times 10^2 - 3 \times 10^5$
Kuarsa Diorit	2×10^6 (basah) – $1,8 \times 10^5$ (kering)
Dasit	2×10^4 (basah)
Andesit	$4,5 \times 10^4$ (basah) – $1,7 \times 10^2$ (kering)
Diabas porfiri	10^3 (basah) – $1,7 \times 10^5$ (kering)
Diabas	$20 - 5 \times 10^7$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basal	$10 - 1,3 \times 10^7$
Peridotit	3×10^3 (basah) – $6,5 \times 10^3$ (kering)
Sekis	$20 - 10^4$
Tuff	2×10^3 (basah) – 10^5
Marmar	$10^2 - 2,5 \times 10^8$
Genis	$6,8 \times 10^4$ (basah) – 3×10^6 (kering)
Hornfel	8×10^3 (basah) – 6×10^7 (kering)

3.11. Perhitungan Tonase

Perhitungan tonase dilakukan dengan cara melakukan perkalian antara volume andesit dengan densitas andesit dengan persamaan:

$$m = v \rho$$

(3.50)

dengan ;

m : massa (ton)

v : volume (m³)

ρ : densitas (ton/m³)

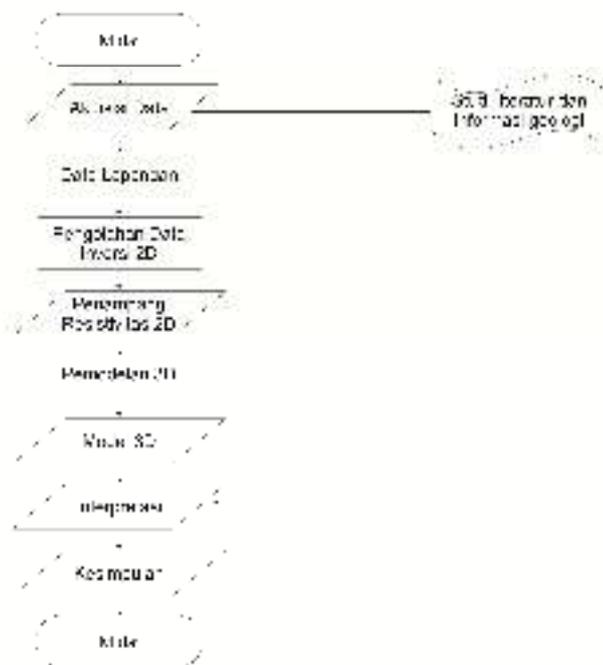
Tabel 3.3. Densitas Batuan (*Telford et.al.*, 1990).

Nama Batuan	Densitas (ton/m ³)	Rata-rata (ton/m ³)
Riolit	2,35-2,70	2,52
Andesit	2,40-2,80	2,60
Granit	2,50-2,81	2,64
Granodiorit	2,67-2,79	2,73
Diorit	2,72-2,99	2,85
Lava	2,80-3,00	2,90
Diabas	2,50-3,20	2,91
Basalt	2,70-3,30	2,99
Gabro	2,70-3,50	3,03

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Sistematika Penelitian

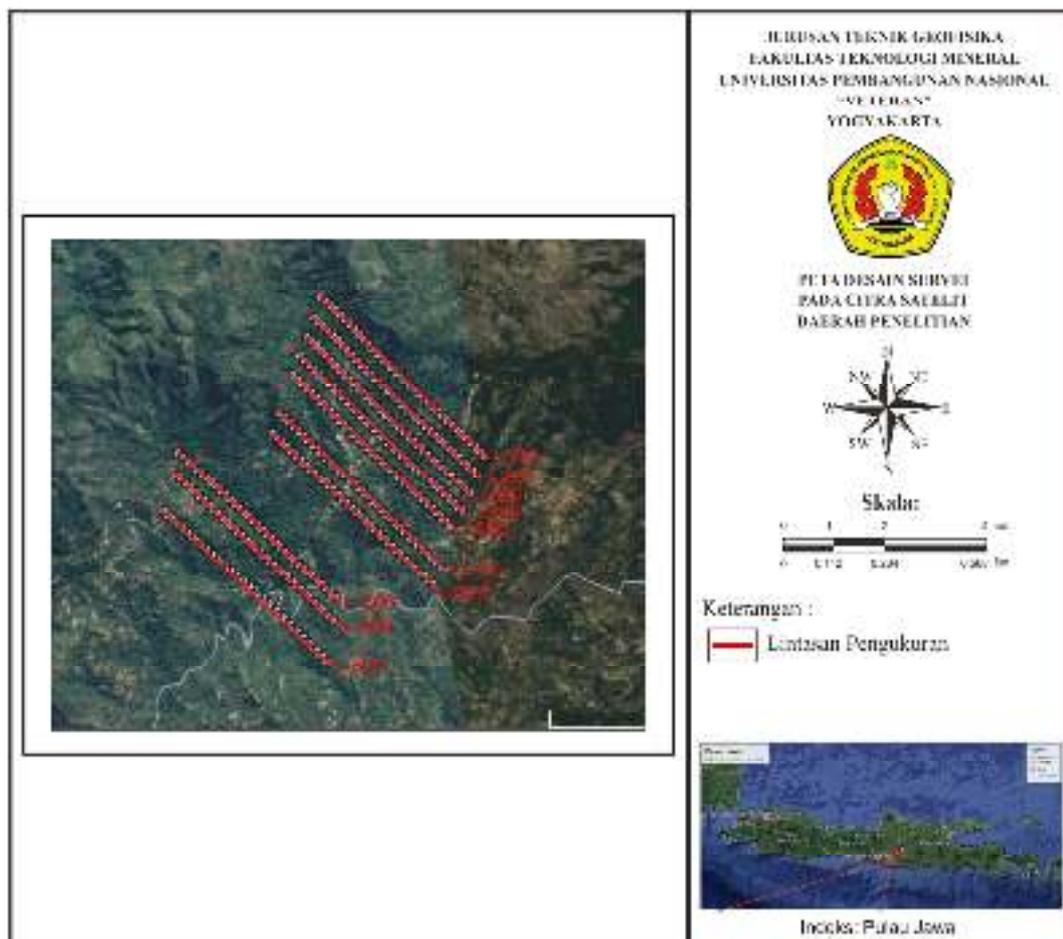
Penelitian ini menggunakan data sekunder sebanyak 10 lintasan yang diambil di daerah Wonogiri, Jawa Tengah. Selanjutnya data yang didapatkan diolah untuk mendapatkan nilai resistivitas. Setelah pengolahan data selesai kemudian dilakukan pembuatan penampang dua dimensi tiap lintasannya, dari penampang 2D ini dilakukan interpretasi untuk mengetahui nilai resistivitas dari batu andesit dibawah permukaan. Untuk mengetahui persebaran batu andesit secara menyeluruh pada semua lintasan maka dibuat model 3D menggunakan metode *kriging*, setelah model 3D selesai maka dapat dilakukan interpretasi terhadap persebaran dan karakteristik batu andesit dibawah permukaan berdasarkan dari nilai resistivitas yang dihasilkan. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram alir penelitian

4.1.1 Desain Survei

Data geolistrik resistivitas dengan konfigurasi *dipole dipole* yang digunakan adalah data sekunder yang diakuisisi pada daerah Jatiroto, Wonogiri, Jawa Tengah. Lokasi penelitian dapat ditempuh selama 3 jam dari kota Jogja menggunakan kendaraan mobil. Lokasi penelitian berada pada daerah perbatasan antara Jawa Tengah dan Jawa Timur. Pada desain akuisisi gambar 4.1 terlihat bahwa pada lintasan yang terletak diselata dilewati oleh aliran sungai membentang barat ke timur. Akuisisi dilakukan sebanyak 10 Lintasan dengan panjang lintasan masing masing 500 meter dengan spasi antar elektroda 50 meter dan spasi antar lintasan 100 meter.



Gambar 4.2. Desain Akuisisi data Daerah Penelitian

4.1.2 Peralatan Penelitian

Pada penelitian kali ini menggunakan beberapa peralatan dalam pengambilan data, peralatan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Peralatan penelitian

1. Main Unit/Resistivitymeter digunakan untuk mengetahui nilai resistivitas batuan bawah permukaan dan juga beda potensial.
2. Sumber arus, *Accu* bertegangan 12V.
3. Payung digunakan untuk melindungi alat dari terik matahari secara langsung.
4. Terdapat 4 buah elektroda dimana elektroda berdiameter besar merupakan elektroda arus (C) dan elektroda berdiameter kecil merupakan elektroda potensial (P).
5. Meteran digunakan untuk mengukur jarak C dan P serta panjang lintasan.
6. Terdapat 4 gulung kabel masing masing 2 buah kabel untuk elektroda arus dan elektroda potensial.
7. Palu untuk memasang elektroda kedalam tanah.
8. *Multimeter* digunakan untuk mengecek kabel yang mungkin terlepas atau putus.
9. GPS dan Kompas digunakan untuk mengukur arah azimuth lintasan dan koordinat pengukuran.

4.1.2 Data Lapangan

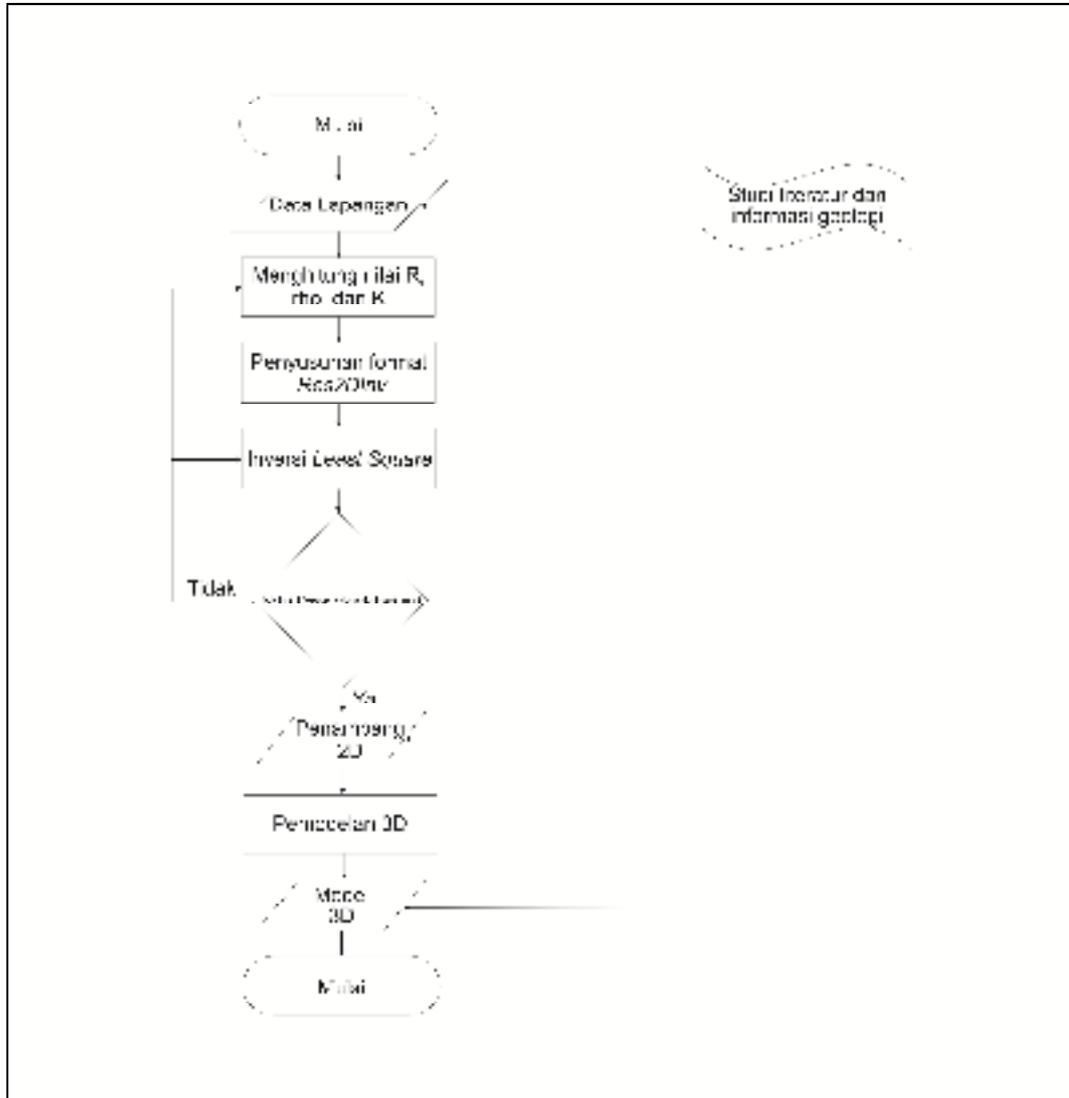
Data yang didapatkan dilapangan adalah nilai I atau kuat arus, nilai V yakni beda potensial dan nilai R adalah nilai resistivitas semu. Kemudian data diinput dalam excel dihitung untuk nilai ρ dan juga nilai k.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
	NO	NO	TR	TR	(m)	(mA)	(mV)				RESISTOR	RESISTOR	RESISTOR	RESISTOR	RESISTOR	RESISTOR	V	R	ρ	k	DALAM PERM	
1											1	150	100	50	0	500	52.3	0.1946	98.9392	842	75.675.9986	
2											2	200	150	50	0	500	17.6	0.0582	112.8336	1798	100.792.6414	
3											3	250	200	50	0	500	7.98	0.01596	150.3452	5422	125.727.3133	
4											4	300	250	50	0	400	2.94	0.00625	115.396	18842	150.681.8988	
5											5	350	300	50	0	400	0.914	0.00187	83.3098	32872	175.663.0553	
6											6	400	350	50	0	500	1.01	0.00022	108.559	32722	200.693.5278	
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						

Gambar 4.4. Data lapangan

4.2. Pengolahan Data

Alur pengolahan data pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.5.



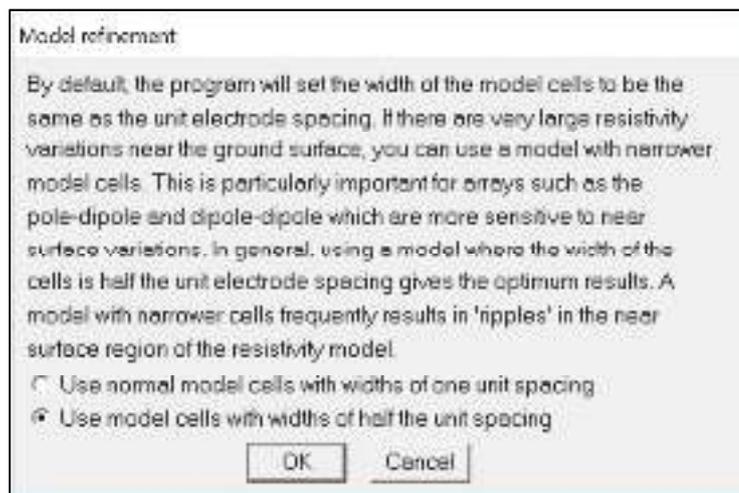
Gambar 4.5. Diagram Alir Pengolahan Data

4.2.1 Menghitung Resistivitas Semu

Rumus menghitung resistivitas semu dapat dilihat pada rumus nomor 3.17 dimana $\rho_a = \frac{V}{I} \cdot K$, nilai V yaitu beda potensial dan I merupakan kuat arus didapatkan dari tabel pengukuran dilapangan kemudian dari V dan I didapatkan nilai R yakni resistivitas semu dengan cara V dibagi dengan I. Lalu menghitung nilai K dengan rumus nomor 3.32 sehingga didapatkan resistivitas semu dapat dihitung dengan nilai R dikali dengan nilai K.

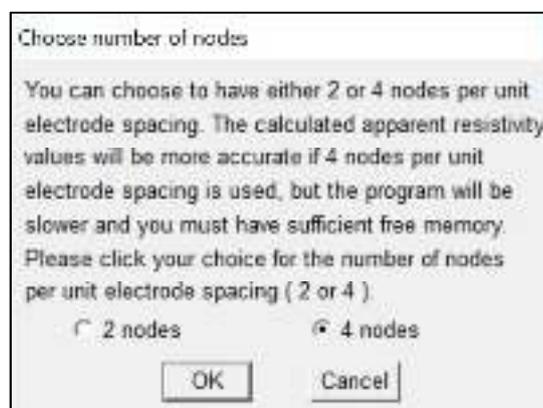
4.2.2 Inversi 2D

Software Res2DInv digunakan untuk melakukan pemodelan hingga didapatkan nilai resistivitas sebenarnya dan juga penampang resistivitas. Yang dipilih dalam *Software Res2DInv*. Lakukan *Setting* awal *software* ini dengan menyesuaikan lebar grid dengan jarak elektroda. Lalu lakukan setting dengan Pilih *Inversion = use model refinement = use model cells with width of half unit spacing*.



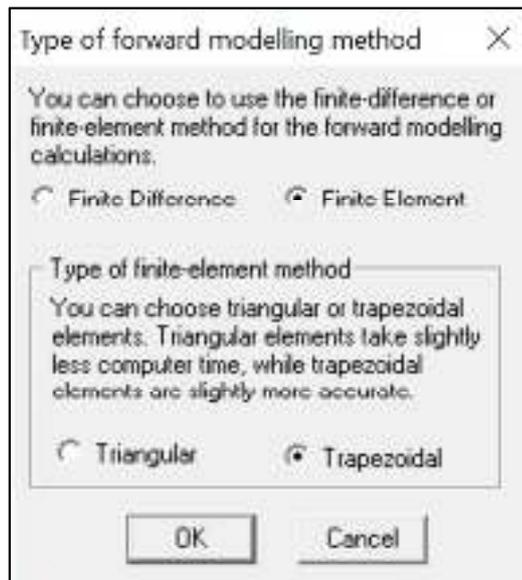
Gambar 4.6. *Setting model refinement*

Kemudian lakukan setting pilihan nodes terdapat dua pilihan yaitu 2 atau 4 nodes dimana pemilihan 4 nodes akan menghasilkan kalkulasi nilai resistivitas yang lebih akurat, setting dilakukan dengan cara klik *change setting = finest mesh gride size = 4 nodes*.



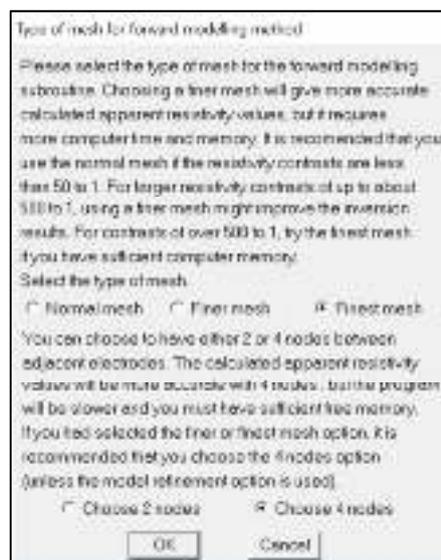
Gambar 4.7. *Setting jumlah node*

Kemudian lakukan setting pemilihan mode data topografi pada *finite-element*. Pada pilihan *finite-element*. Terdapat dua yakni *triangular* dan *trapezoidal*, pilihan *trapezoidal* akan memberikan hasil yang lebih akurat pada data yang memiliki topografi, setting dilakukan dengan cara *change setting = use finite-element method = finite element = trapezoidal*.



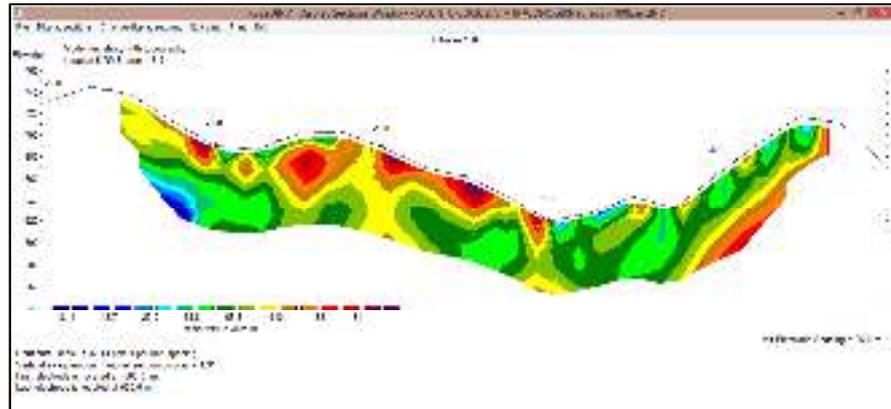
Gambar 4.8. *Setting metode forward modelling*

Kemudian lakukan setting untuk memperoleh *mesh* yang lebih halus dan resistivitas akurat dengan pilihan *change setting = mesh refinement = finest mesh = choose 4 nodes*



Gambar 4.9. *Setting mesh untuk metode forward modelling*

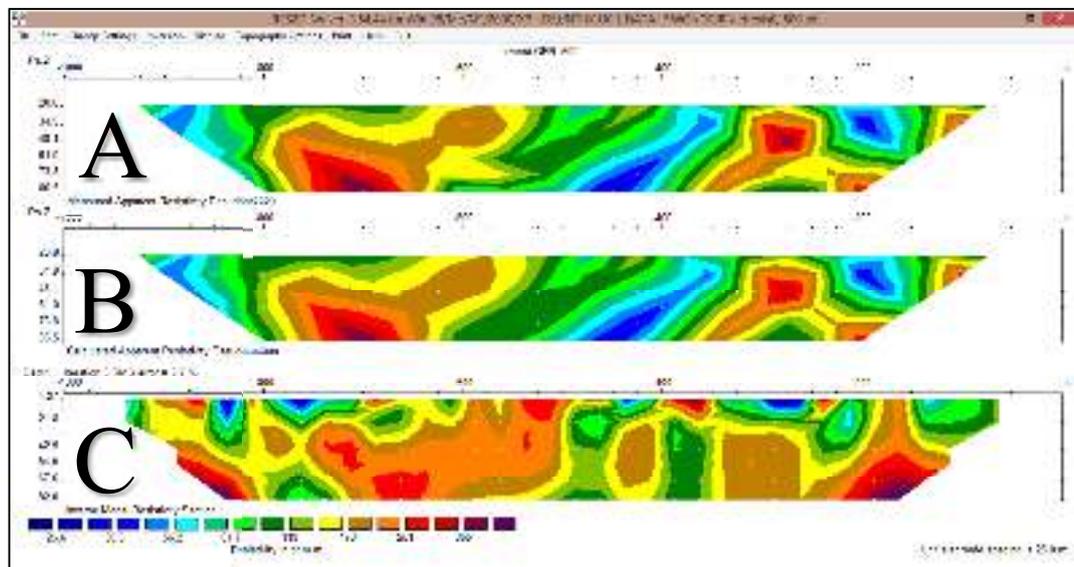
pada tiap lintasan, setelah itu dilakukan interpretasi dari penampang yang telah dibuat.



Gambar 4.12. Penampang *True Resistivity*

3. Hasil dari pengolahan data disimpan dalam bentuk bitmap pada menu file simpan.

Pada gambar 4.13 merupakan gambar penampang sebelum dilakukan proses inversi.



Gambar 4.13. Penampang *True Resistivity*

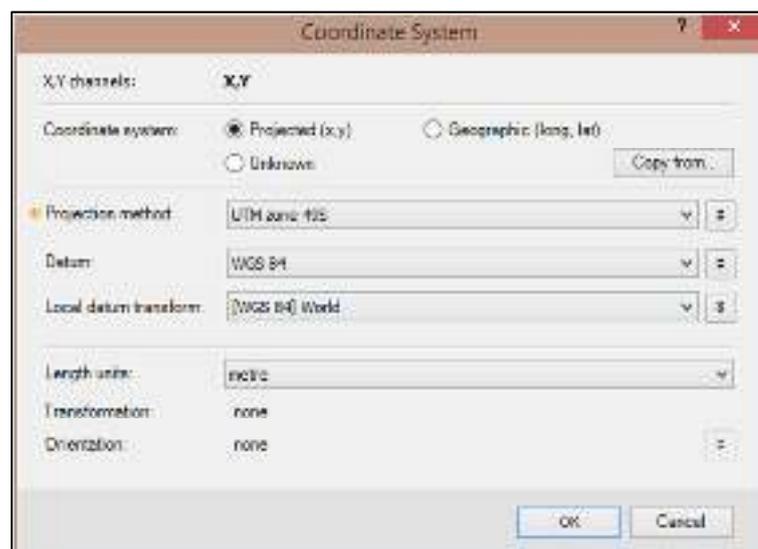
Setelah proses inversi di dalam software Res2DInv menghasilkan tiga penampang yaitu : a) Penampang resistivitas semu terukur, c) penampang resistivitas semu kalkulasi, dan b) penampang resistivitas sebenarnya hasil

inversi. Penampang resistivitas sebenarnya yang kemudian akan di masukan data topografi.

4.2.3 Pemodelan 3D

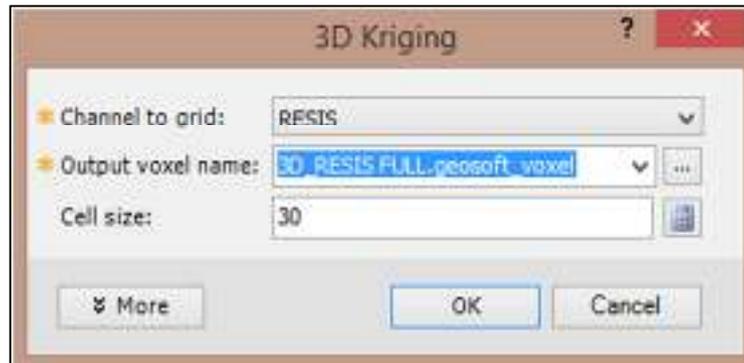
Pemodelan 3D digunakan untuk mengetahui persebaran batu andesit dibawah permukaan, untuk langkah pengolahan model 3D sebagai berikut :

1. Oasis digunakan untuk membuat model 3D, langkah pertama dengan membuat *create new project*, kemudian buat database.
2. lakukan import file excel spread sheet pada menu database > import > excel spreadsheet > single sheet.
3. setelah itu lakukan setting koordinat pada pilihan *coordinates > set xyz coordinates*. Kemudian lakukan *coordinates system* pilih *projection method > UTM zone 49s, datum > WGS 84* kemudian klik ok.



Gambar 4.14. koordinat sistem

4. kemudian lakukan pembuatan model 3D pada pilihan 3D > 3D krigging lalu masukkan nama untuk hasil 3D yang akan dibuat.



Gambar 4.15. pengolahan 3D *kriging*

4.3. Interpretasi Data

Data yang telah diolah dan dibuat penampang 2D dan 3D kemudian dilakukan interpretasi. Interpretasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Kuantitatif adalah dimensi dari suatu target, letak, kedalamannya, arah persebaran target. Dimensi target tidak dapat diinterpretasi karena tidak adanya data pendukung. Hasil yang diperoleh adalah letak, persebaran, dan kedalaman target. Rentang nilai resistivitas dibagi menjadi tiga yaitu rendah dengan nilai resistivitas $< 19,7 \text{ Ohm.m}$, nilai resistivitas sedang yakni $19,7 - 170 \text{ Ohm.m}$ nilai resistivitas tinggi $>170 \text{ Ohm.m}$. Nilai resistivitas batu andesit sendiri yakni $4,5 \times 10^4$ (basah) – $1,7 \times 10^2$ (kering).

Secara kualitatif, parameter yang dilihat yaitu resistivitas sebenarnya yang diperoleh. Penampang resistivitas diinterpretasi untuk menentukan litologi yang terdapat pada daerah penelitian. Untuk melihat kemenerusan litologi tersebut, dilakukan korelasi penampang 2D. interpretasi didukung oleh data geologi pada daerah penelitian sebagai data pendukung.

BAB V

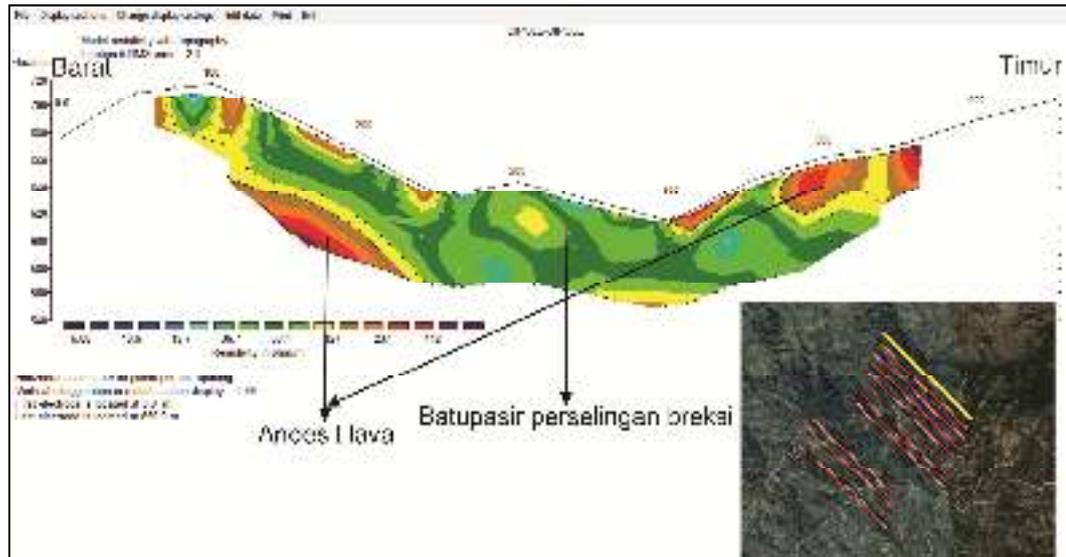
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Interpretasi Resistivitas 2D

5.1.1 Penampang Lintasan 100

Gambar 5.1 ini merupakan penampang resistivitas lintasan 100 memiliki panjang lintasan 500 m dengan elevasi 540 m hingga 720 m. Penampang ini memiliki *range* nilai resistivitas yang terbagi menjadi tiga *range* yaitu rendah, sedang dan tinggi. Untuk *range* nilai resistivitas rendah adalah $< 19,7 \text{ Ohm.m}$. *Range*, nilai resistivitas sedang berkisar antara $19,7 - 170 \text{ Ohm.m}$ dan untuk *range* nilai resistivitas yang tinggi adalah $> 170 \text{ Ohm.m}$. Dapat dilihat dari penampang tersebut bahwa dominasi memiliki nilai *range* yang sedang. Pada gambar 5.1 terdapat garis putus putus tebal disitu menggambarkan nilai resistivitas yang tinggi dimana pada penampang tersebut berada pada jarak 100 hingga 200 meter dengan kedalaman 140 hingga 80 meter diinterpretasikan sebagai batu andesit lava dengan nilai resistivitas berkisar 170 ohm.m hingga 442 ohm.m , kemudian pada jarak 500 meter dengan kedalaman 100 hingga 40 terdapat *closure* dengan nilai resistivitas tinggi yang diinterpretasikan sebagai batu andesit lava.

Pada gambar 5.1 dapat dilihat bahwa garis tipis melingkar hingga kesemua penampang membatasi nilai resistivitas sedang dengan nilai $36,7 \text{ Ohm.m}$ hingga 127 Ohm.m dimana berdasarkan data geologi diinterpretasikan sebagai batupasir dengan perselingan breksi sehingga diperoleh nilai yang tidak terlalu tinggi, kemudian terdapat nilai diatas 127 Ohm.m hingga dibawah 170 Ohm.m dengan simbol warna kuning di penampang diinterpretasikan sebagai andesit namun telah lapuk. Nilai resistivitas yang rendah dengan simbol warna biru dapat diinterpretasikan sebagai lapukan andesit yang sudah masif atau disebut soil yang berasal dari andesit.

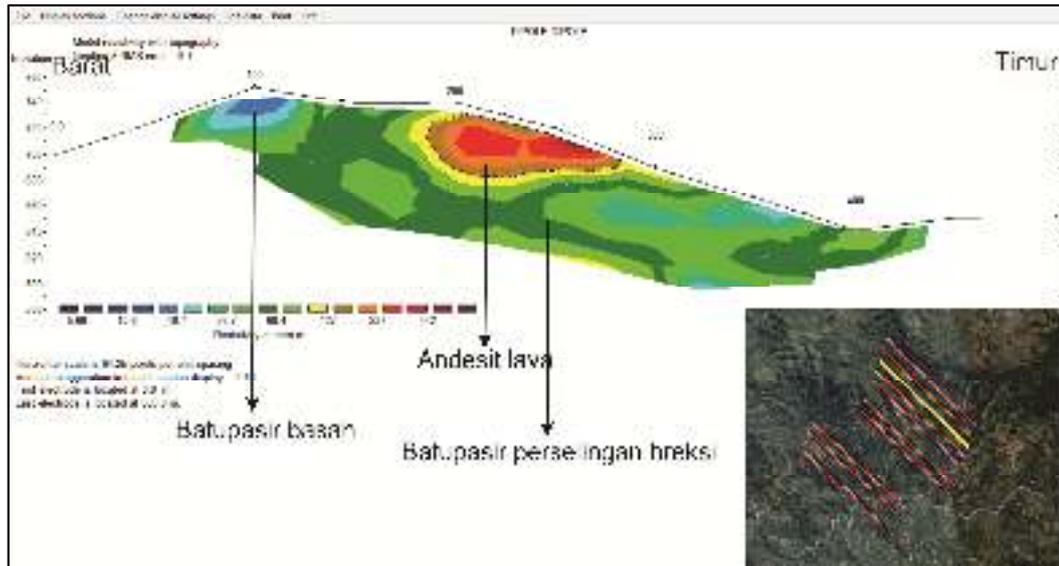


Gambar 5.1 Penampang Resistivitas Lintasan 100

5.1.2 Penampang Lintasan 300

Gambar 5.2 ini merupakan penampang resistivitas lintasan 300 memiliki panjang lintasan 500 m dengan elevasi 580 m hingga 750 m. Penampang ini memiliki *range* nilai resistivitas yang terbagi menjadi tiga *range* yaitu rendah, sedang dan tinggi. Untuk *range* nilai resistivitas rendah adalah $< 19,7 \text{ Ohm.m}$. *Range*, nilai resistivitas sedang berkisar antara $19,7 - 170 \text{ Ohm.m}$ dan untuk *range* nilai resistivitas yang tinggi adalah $> 170 \text{ Ohm.m}$. Pada gambar 5.2 terdapat garis putus putus tebal disitu menggambarkan nilai resistivitas yang tinggi dimana pada penampang tersebut berada pada jarak 200 hingga 300 meter dengan kedalaman 40 hingga 80 meter diinterpretasikan sebagai batu andesit lava dengan nilai resistivitas berkisar 170 ohm.m hingga 442 ohm.m .

Pada gambar 5.2 dapat dilihat bahwa didominasi oleh nilai resistivitas sedang dengan simbol warna hijau dengan nilai $36,7 \text{ Ohm.m}$ hingga 127 Ohm.m dimana berdasarkan data geologi diinterpretasikan sebagai batupasir dengan perselingan breksi sehingga diperoleh nilai yang tidak terlalu tinggi, kemudian terdapat nilai diatas 127 Ohm.m hingga dibawah 170 Ohm.m dengan simbol warna kuning di penampang diinterpretasikan sebagai andesit namun telah lapuk. Pada gambar 5.1 terdapat *closure* dengan nilai resistivitas yang tergolong rendah pada jarak 100 meter dengan nilai resistivitas yang sangat rendah yakni dibawah $15,7 \text{ Ohm.m}$ diinterpretasikan sebagai batupasir basah atau mengandung air sehingga nilai resistivitasnya sangat rendah.

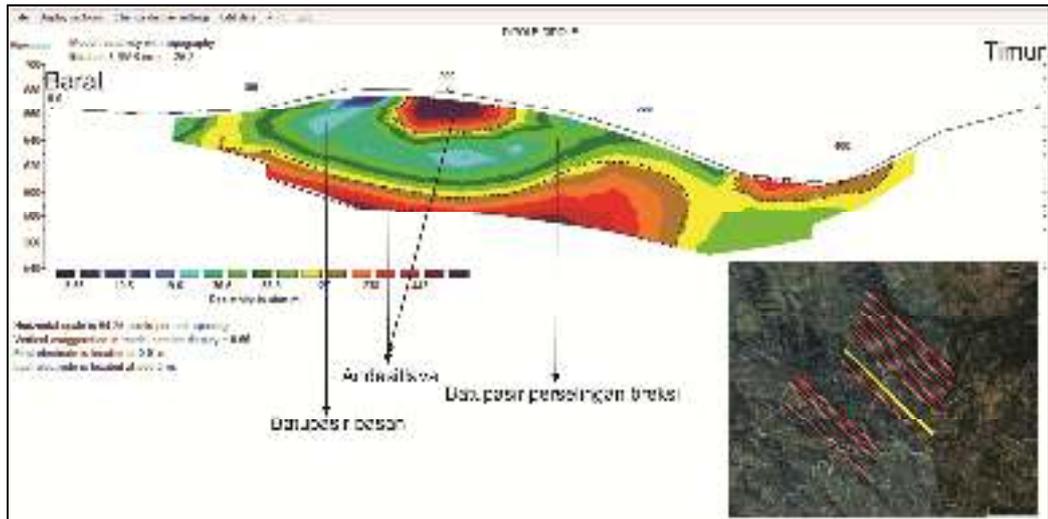


Gambar 5.2 Penampang Resistivitas Lintasan 300

5.1.3 Penampang Lintasan -100

Pada Gambar 5.3 ini merupakan penampang resistivitas lintasan -100 memiliki panjang lintasan 500 m dengan elevasi 540 m hingga 750 m. Penampang ini memiliki *range* nilai resistivitas yang terbagi menjadi tiga *range* yaitu rendah, sedang dan tinggi. Untuk *range* nilai resistivitas rendah adalah $< 19,7 \text{ Ohm.m}$. *Range*, nilai resistivitas sedang berkisar antara $19,7 - 170 \text{ Ohm.m}$ dan untuk *range* nilai resistivitas yang tinggi adalah $> 170 \text{ Ohm.m}$. Pada gambar 5.3 terdapat garis putus tebal menunjukkan nilai resistivitas tinggi terdapat pola lateral pada jarak 100 meter hingga 350 meter pada kedalaman 120 hingga 60 meter diinterpretasikan sebagai batu andesit lava kemudian pada kedalaman 60 hingga 40 meter pada jarak 200 meter terdapat satu *closure* dengan resistivitas yang tinggi dengan simbol warna ungu diinterpretasikan sebagai batu andesit lava dan pada jarak 400 meter pada kedalaman 80 hingga 60 meter terdapat pola resistivitas tinggi lateral diinterpretasikan sebagai andesit lava.

Pada jarak 100 meter hingga 300 meter terdapat nilai resistivitas sedang dengan pola berbentuk cekung dan terdapat beberapa nilai resistivitas rendah membentuk *closure* didalamnya diinterpretasikan batupasir yang cenderung basah membentuk pola akuifer.

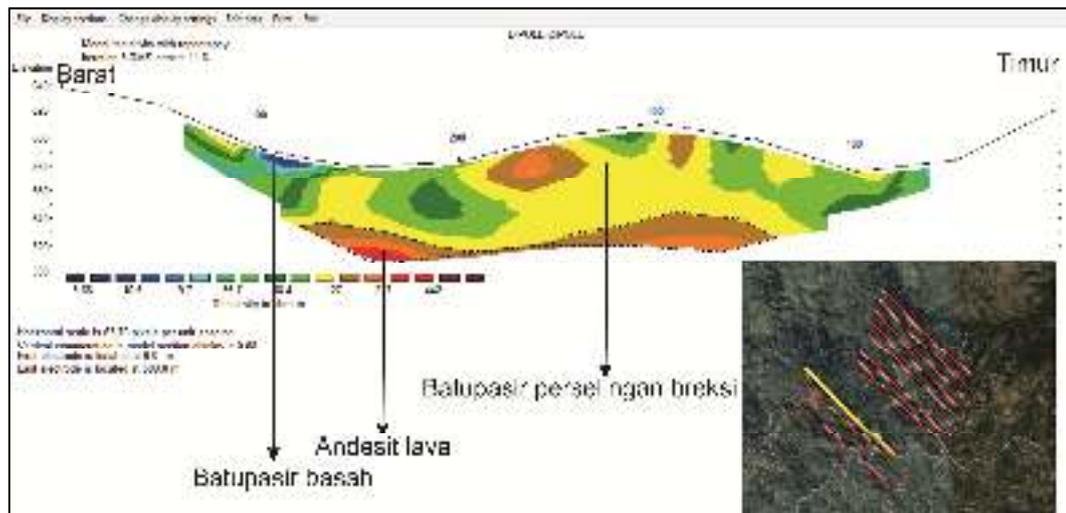


Gambar 5.3 Penampang Resistivitas Lintasan -100

5.1.4 Penampang Lintasan -300

Pada Gambar 5.5 ini merupakan penampang resistivitas lintasan -300 memiliki panjang lintasan 500 m dengan elevasi 500 m hingga 680 m. Penampang ini memiliki *range* nilai resistivitas yang terbagi menjadi tiga *range* yaitu rendah, sedang dan tinggi. Untuk *range* nilai resistivitas rendah adalah $< 19,7 \text{ Ohm.m}$. *Range*, nilai resistivitas sedang berkisar antara $19,7 - 170 \text{ Ohm.m}$ dan untuk *range* nilai resistivitas yang tinggi adalah $> 170 \text{ Ohm.m}$. Pada gambar 5.4 terdapat nilai resistivitas tinggi dengan pola lateral terdapat pada dasar penampang pada jarak 150 meter hingga 350 meter dengan kedalaman 120 hingga 100 meter diinterpretasikan sebagai batu andesit.

Pada gambar 5.5 didominasi oleh nilai resistivitas dibawah 127 Ohm.m hingga 170 Ohm.m dengan simbol warna kuning pada penampang. Membentuk pola diatas menerobos dari bawah hingga keatas penampang, nilai ini diinterpretasikan sebagai batu andesit yang sudah lapuk kemudian terdapat beberapa *closure* dengan nilai sedang dan rendah. Nilai resistivitas sednag diinterpretasikan sebagai batu pasir dan nilai resistivitas yang sangat rendah pada jarak 100 meter diinterpretasikan sebagai batupasir basah atau terisi oleh air sehingga nilai resistivitasnya ssangat rendah.

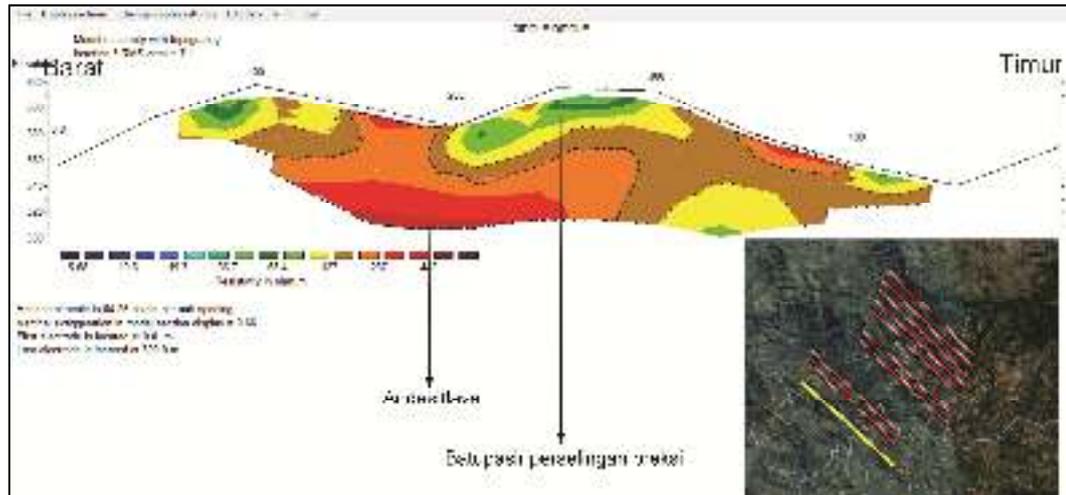


Gambar 5.4 Penampang Resistivitas Lintasan -300

5.1.5 Penampang Lintasan -500

Pada Gambar 5.6 ini merupakan penampang resistivitas lintasan -500 memiliki panjang lintasan 500 m dengan elevasi 500 m hingga 700 m. Penampang ini memiliki *range* nilai resistivitas yang terbagi menjadi tiga *range* yaitu rendah, sedang dan tinggi. Untuk *range* nilai resistivitas rendah adalah < 19,7 *Ohm.m*. *Range*, nilai resistivitas sedang berkisar antara 19,7 - 170 *Ohm.m* dan untuk *range* nilai resistivitas yang tinggi adalah > 170 *Ohm.m*. Pada gambar 5.5 terlihat nilai resistivitas tinggi dengan garis putus tebal mendominasi berbentuk menerobos dari dasar penampang hingga atas pada jarak 100 meter hingga 200 meter dan terdapat *closure* pada jarak 400 meter. Nilai ini diinterpretasikan sebagai batu andesit lava. Diatas nilai resistivitas tinggi dikelilingi oleh resistivitas yang tergolong tinggi namun masih dibawah 170 *Ohm.m* ini dengan simbol warna coklat dan kuning ini diinterpretasikan sebagai lapukan dari batu andesit sehingga nilainya tidak terlalu tinggi.

Kemudian terdapat beberapa *closure* dengan nilai resistivitas yang sedang berada diatas bagian penampang pada jarak 200 meter hingga 300 meter dan pada jarak 0 hingga 100 meter diinterpretasikan sebagai batupasir.



Gambar 5.5 Penampang Resistivitas Lintasan -500

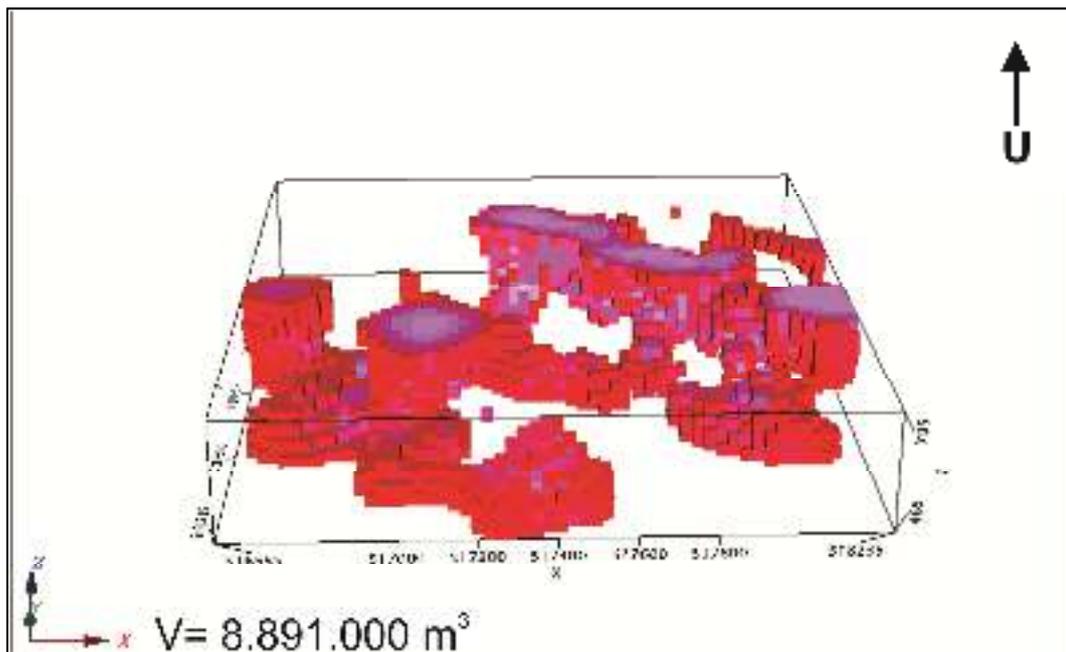
5.1.3 Model 3D

Gambar 5.6 merupakan sebaran dari model 3D yang dibuat menggunakan software oasis montaj dengan nilai cutoff 150 ohm.m dimana setelah cutoff dilakukan maka terlihat nilai resistivitas yang tinggi pada daerah selatan lintasan terdapat nilai resistivitas yang menggantung dan juga resistivitas tinggi pada dasar permukaan. Pada lintasan daerah selatan yakni lintasan -100 hingga lintasan -500 terbentuk dari formasi semilir dimana tersusun oleh batuan breksi sehingga setelah dikorelasi terlihat jelas nilai resistivitas tingginya. Sedangkan lintasan pada daerah utara yakni lintasan 100 hingga lintasan 500 terbentuk dari formasi mandalika dimana tersusun oleh batuan andesit dan dasit. Pada lintasan 500 nilai resistivitas tinggi cenderung terletak dekat permukaan pada elevasi yang tinggi. Pada daerah selatan penelitian kemenerusan andesit mnerus dari lintasan -300 hingga -500 berada di dekat permukaan pada arah barat laut. Terdapat kemenerusan andesit pada lintasan 500 hingga -200 dengan arah timur laut – barat daya dan terdapat blok andesit pada dasar permukaan diantara lintasan -100 hingga lintasan -200 pada elevasi 474meter hingga 650 meter. Pada elevasi dasar terdapat kemenerusan andesit dari lintasan 500 hingga 300.

Terdapat 10 lintasan dengan arah barat laut – tenggara dimana lintasan paling utara adalah lintasan 500 dan paling selatan adalah lintasan -500. Tujuan pembuatan model 3D ini untuk mengetahui geometri sebaran andesit pada daerah penelitian. Pada model 3D diatas dapat dilihat bahwa sebaran nilai resistivitas tinggi dominan pada lintasan yang berada di utara yakni lintasan 300 hingga

lintasan 500 sedangkan pada lintasan -500, -400, dan -300 nilai resistivitas tinggi hanya berbentuk blok kecil. Pada lintasan 100 nilai resistivitas tinggi berbentuk blok mendatar pada dekat permukaan. Sedangkan pada lintasan -200 nilai resistivitas tinggi berada di tengah lintasan dengan blok yang besar dari permukaan hingga mendasar. Sedangkan nilai resistivitas yang rendah terdapat pada lintasan 100 dan 200 pada ujung ujung lintasan menggantung dipermukaan.

Untuk mendapatkan perkiraan jumlah cadangan batuan andesit pada daerah penelitian, maka dilakukan perhitungan cadangannya berdasarkan rumus perhitungan tonase yang telah dibahas sebelumnya pada (bab 3.11.). Jumlah cadangan (ton) dapat diketahui dengan cara mengalikan *volume* batuan andesit yaitu sebesar 8.891.000 m³ yang didapatkan dari *Software Oasis* dengan densitas batuan andesit yaitu sebesar 2,6 Ton/m³ Berdasarkan perhitungan tonase tersebut didapatkan cadangan andesit pada daerah penelitian sebesar 23.116.600 Ton.



Gambar 5.6 Model 3D Semua Lintasan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

5.2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang dapat ditarik yaitu:

1. Terdapat variasi nilai resistivitas batuan dari *range* rendah yaitu dibawah 19,7 *Ohm.m* diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas yaitu litologi batupasir basah dengan dominansi air, kemudian *range* sedang yaitu 19,7 – 170 *Ohm.m* diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas yaitu litologi batupasir perselingan breksi dan *range* tinggi yaitu >170 *Ohm.m* diinterpretasikan sebagai batu andesit lava.
2. Karakteristik andesit pada daerah penelitian berbentuk bongkah dan membentuk pola lateral diinterpretasikan sebagai batu andesit lava.
3. Terdapat kemenerusan andesit pada lintasan 500 hingga -200 dengan arah timur laut – barat daya dan terdapat blok andesit pada dasar permukaan diantara lintasan -100 hingga lintasan -200 pada elevasi 474meter hingga 650 meter. Pada elevasi dasar terdapat kemenerusan andesit dari lintasan 500 hingga 300.

5.3. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan bagi pengembangan penelitian dan optimalisasi hasil penelitian sebagai berikut :

1. Dilakukan penambahan lintasan diantara lintasan 500 dan -100 agar mendapat data yang rapat dan akurat.
2. Untuk membuktikan sebaran batu andesit dari penelitian dapat dibuktikan dengan dilakukan ujibor.
3. Untuk mengetahui volume dari sebaran batu andesit bawah permukaan dapat dilakukan perhitungan.

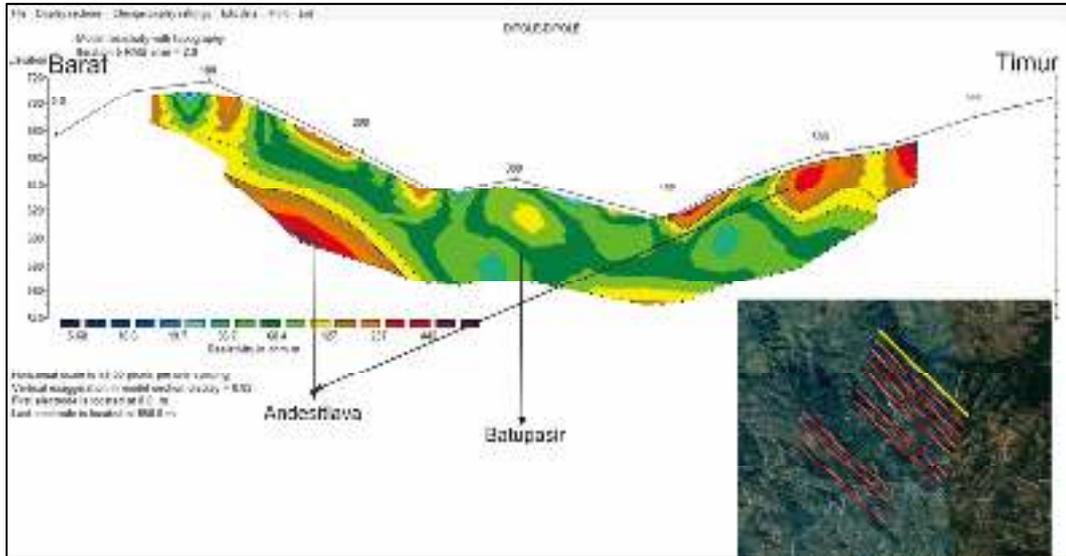
DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R.W., Van., 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol IA, Netherland: Government Printing Office.
- Bothe, A.CH.G., 1929, *Jiwo Hills and Soutern Range, Excurcion Guide*. IVth Pacific Sci. Cong. Bandung.
- Fajariyah, E.N. dan Supriyadi., 2014. Aplikasi Metode TDIP untuk Pendugaan Zona Mineralisasi Emas di Desa Jendi Kabupaten Wonogiri. Semarang. *Unnes Physics Journal*.
- Giamboro, W.S. dan Hidayat, Wahyu., 2016. Pemodelan 3D Resistivitas Batuan Andesit Daerah Sangon, Kab. Kulonprogo, Provinsi DIY. *JIK TekMin*.
- Hartantyo, E. dan Waluyo., 2002. Simulasi Pendugaan Kedalaman Jalur Konduktif Bawah Permukaan dengan Probabilitas Tomografi Geolistrik. *Teknosains*.
- Hendrajaya L, Idam A. 1990. *Monograf, Geolistrik Tahanan Jenis*. Laboratorium Fisika Bumi ITB. Bandung.
- Indiyani Dita Dewi, 2014. pemetaan distribusi aliran sungai bawah tanah menggunakan metode geofisika VLF (*Very Low Frequency*) daerah Karst, Pracimantoro kabupaten Wonogiri. *Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam- Universitas Pakuan*.
- Kurniadi Ari Sandra, Mustafa Luthfi, dan Denny Sukamto Kadarisman, 2017. geologi dan petrogenesa batuan beku diorit daerah Bero, Kecamatan Manyaran, Kabupaten Wonogiri. *Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik- Universitas Negeri Semarang*.
- Lehman, H. (1939), *Morphologische Studien auf Java Geographische Abhandlungen*, 3 Reihe, Heft 9.
- Loke, M. H., 1999. A Practical Guide to 2D and 3D Surveys. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*.
- Loke, M.H., 2004. *Tutorial 2D and 3D Electrical Imaging Surveys*. England: Birmingham University.
- Nahrowi T.Y., Suratman, Namida, dan Hidayat, S. 1978. *Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur*. PIT IAGI Bandung.

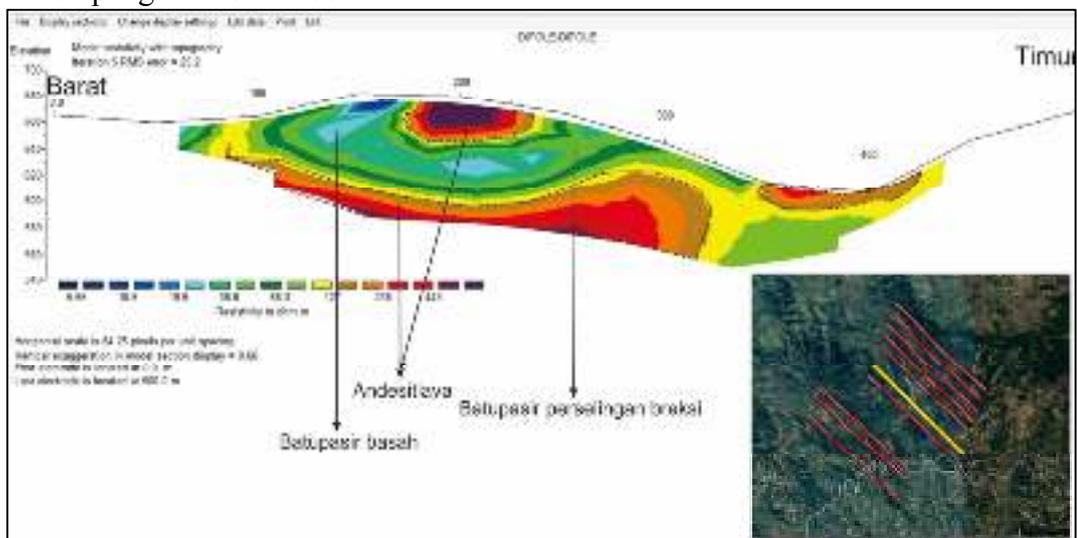
- Pringgoprawiro, H. dan Riyanto, B., 1987. Formasi Andesit Tua Suatu Revisi. *Bandung Inst. Technology, Dept. Geol. Ceontr.*
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H. M. D., 1995. *Peta Geologi lembar Yogyakarta, Jawa, Skala 1:100.000.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Samporna dan Samodra. 1997. Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa. Skala 1:100.000. Puslitbang
- Sartono, S. 1964. *Stratigraphy and Sedimentation of the Eastern most part of Gunung Sewu (East Java)* . Publikasi Teknik-Seri Geologi Umum No.1 , Direktorat Geologi Bandung.
- Samodra, H, Gafoer, S, dan Tjokrosoepetro, S. 1992. Peta Geologi lembar Pacitan, Jawa. Sekala 1:100.000. Puslitbang Geologi. Bandung.
- Sudarto, T. dan Prapto, A.S. 1995. Laporan Penyelidikan Logam Dasar dan Logam Mulia di daerah Nawangan, Pacitan dan Ngrayun, Ponorogo, JawaTimur. Direktorat Sumber Daya Mineral. Bandung.
- Supriyanto. (2007). Pengantar Teknologi Informasi. Jakarta: Salemba Infotek
- Surono, Budi Toha dan Sudarno. 1992. *Peta Geologi Lembar Surakarta - Giritontro, Jawa, Skala 1:100.000.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Telford, W. M., Geldart, L.P., and Sherrif, R.E., 1990. *Applied Geophysics* Second Edition. London: Cambridge University Press, 522 – 575 pp.
- Thornbury, W. D., 1954. *Principles of Geomorphology.* University of California. Wiley.

LAMPIRAN

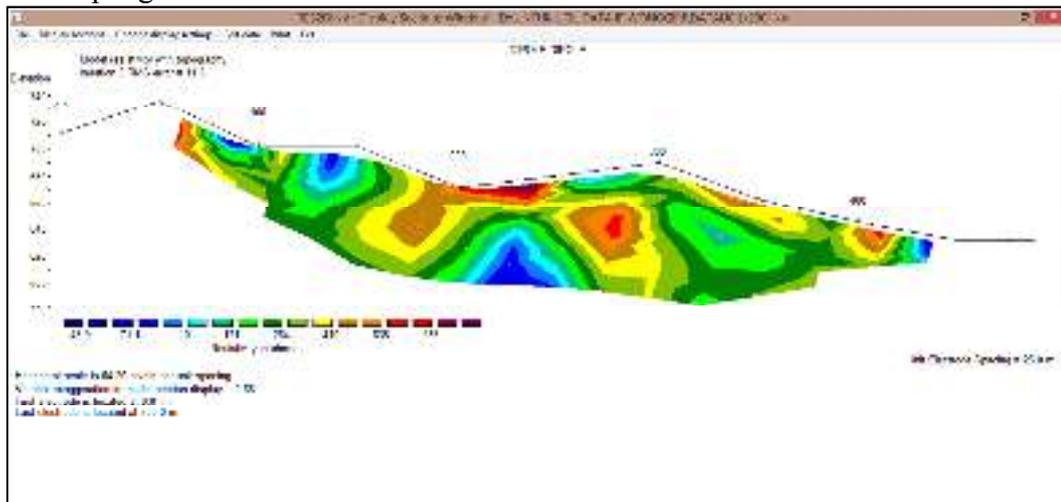
Penampang Lintasan 100



Penampang Lintasan -100



Penampang Lintasan 200



Penampang Lintasan -200

