

**IDENTIFIKASI JENIS BATUAN MENGGUNAKAN  
INVERSI *MARQUARDT* DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS  
KONFIGURASI *DIPOLE-DIPOLE* BUKIT LANTIAK  
KECAMATAN PADANG SELATAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



**JEMMY ROHMANA  
18438/2010**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2015**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

Judul : **Identifikasi Jenis Batuan Menggunakan Inversi  
Marquardt Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi  
Dipole-Dipole Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan**

Nama : Jemmy Rohmana

NIM : 18438

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 3 Februari 2015

Disetujui oleh :

Pembimbing I



Drs. Akmam, M.Si.  
NIP. 19630526 198703 1 003

Pembimbing II



Drs. Mahrizal, M.Si.  
NIP. 19510512 197603 1 005

**PENGESAHAN LULUSAN UJIAN SKRIPSI**

Nama : Jemmy Rohmana  
NIM : 18438  
Program Studi : Fisika  
Jurusan Fisika : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

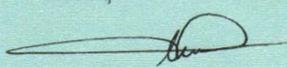
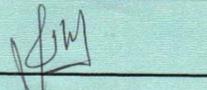
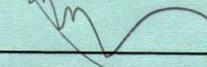
dengan judul

**IDENTIFIKASI JENIS BATUAN MENGGUNAKAN INVERSI  
MARQUARDT DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS  
KONFIGURASI *DIPOLE-DIPOLE* BUKIT LANTIAK  
KECAMATAN PADANG SELATAN**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi  
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 5 Februari 2015

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Drs. Akmam, M.Si.	
Sekretaris	: Drs. Mahrizal, M.Si.	
Anggota	: Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D.	
Anggota	: Drs. Harman Amir, M.Si.	
Anggota	: Dra. Hidayati, M.Si.	

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan tata cara penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 6 Juli 2015  
Yang menyatakan,



**Jemmy Rohmana**  
NIM. 18438

## ABSTRAK

**Jemmy Rohmana : Identifikasi Jenis Batuan Menggunakan Inversi *Marquardt* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Dipole-Dipole* Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan**

**NIM : 18438**

Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan merupakan salah satu daerah rawan longsor di Kota Padang yang menyebabkan banyak kerugian, baik harta maupun jiwa. Kerugian yang ditimbulkan longsor seharusnya dapat diminimalkan dengan cara mengetahui faktor-faktor penyebab longsor. Salah satu faktor penyebab terjadinya longsor adalah adanya gangguan pada kestabilan lereng. Kestabilan suatu lereng dipengaruhi oleh kondisi fisik batuan penyusun lereng. Salah satu cara mengetahui kondisi fisik batuan di bawah permukaan adalah dengan cara mengetahui jenis lapisan batuan penyusunnya. Oleh karena itu telah dilaksanakan penelitian yang bertujuan mengetahui jenis batuan penyusun lereng Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang.

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang bersifat deskriptif. Pengukuran dilakukan menggunakan metoda Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Dipole-dipole*. Data hasil pengukuran diolah dan dianalisa menggunakan metode Inversi *Marquardt* dengan bantuan *software Res2dinv* untuk memperoleh penampang model 2D bawah permukaan daerah penelitian. Identifikasi jenis batuan di bawah permukaan dilakukan dengan cara membandingkan nilai tahanan jenis pada model penampang 2D hasil pengolahan data dengan nilai tahanan jenis dalam tabel referensi dan kondisi Geologi daerah penelitian.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis lapisan batuan penyusun lereng Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan yaitu *Andesite* berselingan *Tufa*, *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Hasil ini menunjukkan bahwa lereng Bukit Lantiak tersusun oleh campuran lapisan batuan keras yaitu *Andesite* dengan lapisan batuan lunak yaitu *Clay* dan *Sandstone*. Hal ini menunjukkan bahwa daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan memiliki lapisan batuan yang rentan terhadap longsor.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Identifikasi Jenis Batuan Menggunakan Inversi *Marquardt* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Dipole-Dipole* Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.**

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai Pembimbing I dan sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si sebagai Pembimbing II.
3. Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, PhD, Bapak Harman Amir, S.Si, M.Si, dan Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Tim Penguji.
4. Ibu Dra. Yurnetti, M.Pd sebagai Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Pakhrur Razi, S.Si, M.Si sebagai Penasehat Akademis.
7. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DP2M– DIKTI) yang telah

memberikan donasi untuk penelitian melalui dana PKM 2014.

8. Tim PKM-P 2014 dengan anggota Irepia Refa Dona, Rahmi Kurnia Putri, Silvia Dona Sari, dan Risaldi Putra.
9. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan semangat dan doa untuk penulis dengan tidak henti-hentinya.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP khususnya Program Studi Fisika angkatan 2010.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan yang disebabkan pengetahuan penulis yang terbatas. Oleh karena itu kritik dan saran sangat penulis harapkan agar skripsi ini dapat disempurnakan, akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca, Amiin.

Padang, 6 Juli 2015

Jemmy Rohmana

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Pertanyaan Penelitian.....	7
F. Tujuan Penelitian .....	7
G. Manfaat Penelitian .....	8
BAB II KERANGKA TEORITIS	
A. Batuan .....	9
B. Sifat Kelistrikan Batuan .....	13
C. Tahanan Jenis Batuan.....	15
D. Metode Geolistrik Tahanan Jenis .....	18
E. Tahanan Jenis Semu .....	23
F. Konfigurasi <i>Dipole-dipole</i> .....	23

G. Inversi <i>Marquardt</i> .....	25
H. <i>Damping Factor</i> .....	32
I. Kondisi Geologi daerah Penelitian .....	34
F. Kerangka Berfikir .....	35
G. Penelitian yang Relevan .....	36
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian .....	38
B. Tempat dan Waktu Penelitian .....	38
C. Variabel Penelitian .....	38
D. Alat dan Bahan .....	39
E. Desain Lintasan Pengukuran .....	39
F. Prinsip Kerja ARES ( <i>Automatic Resistivity</i> ).....	41
G. Prosedur Penelitian.....	44
H. Teknik Analisa Data.....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Deskripsi Data .....	48
B. Interpretasi Data .....	49
C. Pembahasan .....	63
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan .....	67
B. Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	69
LAMPIRAN .....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tahanan Jenis Batuan Beku dan Batuan Metamorf .....	17
2. Tahanan Jenis Batuan Sedimen .....	18
3. Nilai Tahanan Jenis, Arus, dan Beda Potensial Maksimum dan Minimum Tiap Lintasan Pengukuran di Bukit Lantiak .....	48
4. Hasil Interpretasi Data Lintasan 1 .....	51
5. Hasil Interpretasi Data Lintasan 2 .....	55
6. Hasil Interpretasi Data Lintasan 3.....	58
7. Hasil Interpretasi Data Lintasan 4.....	62
8. Perbandingan Nilai <i>Error</i> Hasil Pengolahan Data antara Metode Inversi <i>Marquardt</i> Data Geolistrik Konfigurasi <i>Dipole-dipole</i> dengan Metode Inversi <i>Smoothness-Constrained Least-Squared</i> Data Geolistrik Konfigurasi <i>Schlumberger</i> untuk setiap Lintasan .....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Siklus Batuan .....	10
2. Titik Sumber Arus pada Permukaan dari Medium Homogen .....	19
3. Dua Eklektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Tahanan Jenis $\rho$ .....	21
4. Susunan Elektroda pada Konfigurasi <i>Dipole-dipole</i> .....	24
5. Kedalaman yang dapat Dicapai Konfigurasi <i>Dipole-dipole</i> .....	25
6. Skema Kerangka Berfikir.....	35
7. Desain Pengukuran di Daerah Bukit Lantiak.....	40
8. ARES <i>Main Unit</i> .....	42
9. Penampang Model 2D Lintasan 1 dengan Topografi .....	50
10. Penampang Model 2D Lintasan 2 dengan Topografi .....	53
11. Penampang Model 2D Lintasan 3 dengan Topografi .....	57
12. Penampang Model 2D Lintasan 4 dengan Topografi .....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Geologi Kota Padang .....	72
2. Data Lintasan 1 .....	73
3. Data Lintasan 2 .....	74
4. Data Lintasan 3 .....	75
5. Data Lintasan 4 .....	76
6. Cara Mencari Kedalaman dan Kelebalan Lapisan Batuan.....	77
7. Cara Menentukan <i>Damping Factor</i> Lintasan 1.....	79
8. Cara Menentukan <i>Damping Factor</i> Lintasan 2.....	82
9. Cara Menentukan <i>Damping Factor</i> Lintasan 3.....	85
10. Cara Menentukan <i>Damping Factor</i> Lintasan 4.....	88
11. Dokumentasi Penelitian .....	91

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sumatera Barat merupakan provinsi yang menjadi bagian dari lempeng Eurasia dan letaknya dekat dengan pertemuan lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Daerah di sekitar batas lempeng merupakan daerah yang mempunyai jumlah aktivitas tektonik tinggi, seperti tumbukan lempeng, letusan gunung api, dan retakan. Aktivitas tektonik ini dapat menimbulkan gempa bumi yang mengakibatkan terganggunya struktur batuan di bawah permukaan bumi dan pelapukan batuan. Hasil pelapukan batuan ini disebut tanah yang biasanya kaya dengan zat hara dan dapat menyuburkan tumbuh-tumbuhan. Tanah hasil pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan atau pegunungan dengan kemiringan sedang hingga curam berpotensi mengakibatkan longsor.

Kecamatan Padang Selatan merupakan salah satu daerah rawan longsor di Kota Padang Provinsi Sumatera Barat. Menurut RPJM Kota Padang (2009-2014), “Tingkat risiko longsor lahan tinggi yang memiliki luasan terbesar terdapat pada Kecamatan Padang Selatan dengan luas 16 Ha”. Daerah rawan longsor di Kecamatan Padang Selatan adalah Bukit Lantiak. Longsor yang terjadi menelan banyak korban, seperti tahun 2005 longsor mengakibatkan 67 orang meninggal dunia dan puluhan rumah hancur (Nuzuwir, 2012). Oleh karena itu, perlu dilakukan sebuah upaya mitigasi untuk meminimalisir kerugian yang ditimbulkan oleh bencana ini.

Longsor terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam, tingkat kelembaban tinggi, tumbuhan jarang (lahan terbuka), dan material kurang kompak. Menurut Nandi (2007), longsor disebabkan oleh beberapa faktor yaitu hujan, lereng terjal, tanah yang kurang padat, batuan yang kurang kuat, jenis tata lahan, getaran, beban tambahan, erosi, dan adanya material timbunan pada tebing. Kondisi lingkungan setempat merupakan suatu komponen yang saling terkait. Menurut Verhoef (Zulfiandi, 2011), bentuk dan kemiringan lereng, kekuatan material, kedudukan muka air tanah dan kondisi drainase setempat mempengaruhi kestabilan lereng. Berdasarkan uraian di atas diketahui salah satu faktor penyebab longsor adalah adanya gangguan kestabilan lereng. Salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng adalah kondisi batuan penyusunnya.

Menurut Perrone (2012), longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan, dimana gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, kandungan air, beban, dan masa jenis tanah atau batuan, sedangkan gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi dan meminimalisir kerugian yang ditimbulkan oleh bencana longsor adalah mengetahui kondisi batuan penyusun lereng. Informasi ini memberikan gambaran mengenai kondisi dan kestabilan lereng serta dibutuhkan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan langkah selanjutnya dalam mitigasi bencana longsor di daerah tersebut. Informasi

mengenai kondisi batuan penyusun lereng didapatkan dengan mengetahui jenis batuan penyusun serta kedalamannya.

Batuan merupakan material yang mengandung satu atau beberapa mineral dan berbentuk padatan. Seluruh batuan yang ada di permukaan bumi berasal dari magma yang meleleh ke arah permukaan. Suhu permukaan bumi yang jauh lebih rendah dari suhu di bawah permukaan bumi mengakibatkan terjadinya pembekuan magma yang membentuk batuan. Secara umum batuan dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu, batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Batuan yang terbentuk akibat pendinginan magma di bawah maupun di atas permukaan bumi adalah batuan beku. Batuan sedimen terbentuk dari proses pengendapan (sedimentasi) material batuan lain yang meliputi proses pelapukan, erosi, dan transportasi. Sedangkan batuan metamorf terbentuk dari hasil transformasi atau perubahan yang terjadi akibat pengaruh tekanan dan temperatur yang cukup tinggi pada batuan beku dan sedimen.

Salah satu metode Geofisika yang digunakan untuk memperkirakan jenis batuan di bawah permukaan bumi adalah metode Geolistrik tahanan jenis. Metode ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik ke bawah permukaan bumi melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial listrik yang ditimbulkan di permukaan bumi melalui elektroda potensial. Nilai tahanan jenis batuan dapat diketahui dari pengukuran arus listrik dan beda potensial, kemudian dari nilai tahanan jenis batuan untuk setiap lapisan kita dapat menduga jenis batuan di daerah penelitian.

Metoda Geolistrik memiliki beberapa konfigurasi yaitu *Wenner*, *Schlumberger*, *Dipole-dipole* dan sebagainya. Penelitian ini menggunakan konfigurasi *Dipole-dipole* untuk mengidentifikasi jenis batuan. Konfigurasi *Dipole-dipole* memiliki kemampuan penetrasi  $1/5$  dari panjang lintasan pengukuran dan memiliki resolusi tertinggi (GF Instruments, 2007). Sehingga dapat disimpulkan konfigurasi *Dipole-dipole* merupakan konfigurasi yang paling teliti, terutama untuk mendeteksi struktur vertikal dan memiliki resolusi tertinggi yang memungkinkan untuk membedakan lapisan yang terletak lebih dalam.

Daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan pernah diteliti oleh Rahmi pada tahun 2014. Penelitian ini lebih diarahkan pada penyelidikan struktur batuan menggunakan metode inversi *Smoothness-constrained least-squared* data Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger*. Hasil penelitian Rahmi menyimpulkan bahwa daerah Bukit Lantiak terdiri dari beberapa jenis batuan yaitu *Andesite* yang diselingi tufa, *Clay*, *Sandstone*, dan *Limestone*. Penelitian ini dilakukan dengan 4 lintasan pengukuran. Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, didapatkan *error* pada Lintasan 1 sebesar 4.8 %, Lintasan 2 sebesar 4.9 %, Lintasan 3 sebesar 1.7 %, dan Lintasan 5 sebesar 5.0 % (Rahmi, 2014). Hasil ini menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan Rahmi (2014) telah mendapatkan hasil yang bagus dengan nilai *error* yang kecil. Namun, nilai *error* tersebut dapat diperkecil dengan *damping factor* yang tepat dalam pengolahan data, sehingga hasilnya lebih mendekati keadaan yang sebenarnya.

Metode inversi yang dapat digunakan untuk mengurangi nilai *error* pada pengolahan data adalah metode inversi *Marquardt*. Metode inversi *Marquardt* mengaplikasikan metode iterasi seperti halnya pada metode Gauss-Newton, bedanya terletak pada penambahan perkalian skalar *damping factor*  $\mu$  dengan matriks identitas **I**. Metode inversi *Marquardt* meminimalisasi perbedaan antara nilai data terukur dan respon model serta vektor perubahan. Hal ini dapat mengurangi nilai *error* pada pengolahan data.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “identifikasi jenis batuan menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Dipole-dipole* Bukit Lantiak Padang Selatan”. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jenis batuan di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan pemerintah setempat untuk mengantisipasi segala resiko dan meminimalisir kerugian yang dapat ditimbulkan oleh bencana longsor.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa identifikasi masalah yaitu:

1. Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan merupakan daerah rawan longsor di Provinsi Sumatera Barat.
2. Kondisi batuan di bawah permukaan sangat mempengaruhi kekuatan dan kestabilan lereng.

3. Kondisi batuan di bawah permukaan diketahui dengan mengidentifikasi jenis batuan penyusun struktur Geologi.
4. Hasil analisa data mengenai jenis batuan menggunakan metode inversi *Smoothness-Constrained least-Squared* data Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger* daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan yang telah diteliti oleh Rahmi (2014) memiliki nilai *error* untuk masing-masing lintasan 4.8 %, 4.9 %, 1,7 %, dan 5.0 %.
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kedalaman dan jenis batuan menggunakan metode Inversi *Marquardt* data Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Dipole-dipole*.

### C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan di atas dan keterbatasan penulis maka perlu adanya batasan masalah, sebagai berikut :

1. Jumlah lintasan pengukuran pada penelitian ini adalah 4 lintasan.
2. Lokasi lintasan pengukuran yang dipilih adalah lokasi yang dapat membentangkan kabel elektroda tanpa adanya gangguan.

### D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apa saja jenis batuan penyusun struktur Geologi di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang bila di analisa menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Dipole-dipole*?

### **E. Pertanyaan Penelitian**

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan maka beberapa hal yang menjadi pertanyaan penelitian ini adalah:

1. Apa jenis batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang bila di analisa menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole*?
2. Berapa nilai *error* yang didapatkan pada saat pengolahan data untuk setiap lintasan pengukuran menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole*?

### **F. Tujuan Penelitian**

Agar penelitian ini lebih terarah dan dapat menjawab pertanyaan penelitian yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis batuan lapisan bawah permukaan daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang bila di analisa menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole*.
2. Mengetahui nilai *error* yang didapatkan pada saat pengolahan data untuk setiap lintasan pengukuran menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole*.

### **G. Manfaat Penelitian**

Penelitian tentang jenis batuan ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu :

1. Memberikan informasi lebih detail tentang jenis batuan di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang.
2. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan jenis batuan di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang.
3. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

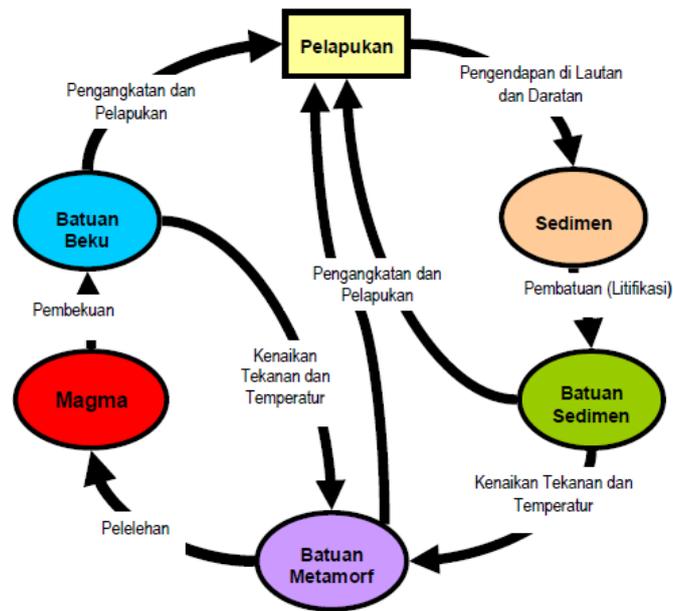
## **BAB II**

### **KERANGKA TEORITIS**

#### **A. Batuan**

Batuan merupakan material yang mengandung satu atau beberapa mineral dan berbentuk padatan. Price (2005) mendefinisikan batuan sebagai gabungan dari beberapa zat yang terjadi secara alami, dapat terdiri dari mineral, potongan batu lainnya serta bahan-bahan fosil, seperti kerang atau tanaman. Seluruh batuan yang ada di permukaan bumi berasal dari magma yang meleleh ke arah permukaan. Suhu permukaan bumi yang jauh lebih rendah dari suhu di bawah permukaan bumi mengakibatkan terjadinya pembekuan magma yang membentuk batuan.

Batuan yang terbentuk akibat pendinginan magma di bawah maupun di atas permukaan bumi adalah batuan beku. Menurut Djauhari (2012), “Pada awalnya seluruh bagian luar dari bumi ini terdiri dari batuan beku. Seiring dengan perjalanan waktu serta pengaruh lingkungan, terjadilah perubahan-perubahan pada batuan beku yang membentuk kelompok-kelompok batuan yang lainnya”. Batuan sedimen terbentuk dari proses pengendapan (sedimentasi) material batuan lain yang meliputi proses pelapukan, erosi, dan transportasi. Sedangkan batuan metamorf terbentuk dari hasil transformasi atau perubahan yang terjadi akibat pengaruh tekanan dan temperatur yang cukup tinggi pada batuan beku dan sedimen. Proses perubahan dari satu kelompok batuan ke kelompok batuan lainnya disebut siklus batuan.



Gambar 1. Siklus Batuan (Djauhari, 2012)

Gambar 1 merupakan skema siklus batuan yang memperlihatkan proses pembentukan batuan. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat pada awalnya terbentuk batuan beku akibat pendinginan magma. Batuan beku terbentuk saat magma hasil letusan gunung api membeku di atas permukaan atau di bawah permukaan bumi (Carlson, 2009). Kelompok batuan beku yang terdapat di permukaan bumi akan bersentuhan dengan atmosfer dan hidrosfer yang menyebabkan berlangsungnya proses pelapukan. Pelapukan yang terjadi pada batuan beku akan membentuk jenis batuan baru yang disebut batuan sedimen. Perubahan temperatur dan tekanan pada batuan sedimen sebagai akibat dari penimbunan atau terlibat dalam proses pembentukan pegunungan, maka batuan sedimen tersebut akan mengalami perubahan agar sesuai dengan lingkungan yang baru dan terbentuk batuan metamorf. Apabila batuan metamorf masih mengalami peningkatan tekanan dan suhu, maka batuan

metamorf akan kembali meleleh dan berubah menjadi magma. Berdasarkan kejadian atau cara terbentuknya, batuan dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu:

### **1. Batuan Beku**

Batuan beku merupakan batuan yang terbentuk akibat adanya pendinginan dan pembekuan magma yang terjadi di bawah permukaan bumi maupun di permukaan bumi. Bachrul dan Asmita (2012) mengungkapkan bahwa “Batuan beku terbentuk dari hasil pembekuan magma atau hasil kristalisasi dari mineral-mineral dalam bentuk agregasi yang saling *interlocking*”. Batuan beku terbentuk dari magma cair yang terdiri dari cairan, gas, dan kristal (Hamblin, 2003). Menurut Djauhari (2012)

Batuan beku adalah jenis batuan yang terbentuk dari magma yang mendingin dan mengeras, dengan atau tanpa proses kristalisasi, baik di bawah permukaan sebagai batuan intrusif (plutonik) maupun di atas permukaan sebagai batuan ekstrusif (vulkanik). Magma ini dapat berasal dari batuan setengah cair ataupun batuan yang sudah ada, baik di mantel ataupun kerak bumi.

Berdasarkan pernyataan di atas dapat diketahui bahwa batuan beku berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Berdasarkan tempat mendingannya magma, secara umum batuan beku dibedakan menjadi dua yaitu batuan beku intrusif dan batuan beku ekstrusif. Batuan beku intrusif merupakan batuan beku yang terbentuk akibat magma yang membeku di bawah permukaan bumi. Magma yang membeku sebelum mencapai permukaan akan membentuk batuan beku instrusif (Hamblin, 2003). Contoh batuan beku intrusif adalah *granit*, *diorit*, dan *sianit*. Batuan beku

ekstrusif merupakan batuan beku yang terbentuk akibat pembekuan magma di permukaan bumi. Magma yang dibawa ke permukaan oleh letusan gunung api, akan menjadi batuan beku ekstrusif (Carlson, 2009). Contoh batuan beku ekstrusif adalah *basalt*, *andesite*, dan *riolit*.

## 2. Batuan Sedimen

Batuan sedimen merupakan batuan yang terbentuk dari proses pengendapan (sedimentasi) material batuan lain yang meliputi proses pelapukan, erosi, dan transportasi. Proses pelapukan yang terjadi dapat berupa pelapukan fisik maupun kimia. Proses erosi dan transportasi dilakukan oleh media air dan angin. Batuan sedimen terbentuk dari fragmen yang berasal dari batuan lainnya, berbentuk seperti lapisan dimana antara satu lapisan dengan lapisan yang lain terpisah dan berbeda komposisi (Hamblin, 2003). Pettijohn (Bachrul dan Asmita, 2012) menyatakan

Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari hasil akumulasi material hasil perombakan batuan yang sudah ada sebelumnya atau dari hasil aktivitas kimia maupun organisme. Material ini kemudian diendapkan pada suatu cekungan (sungai, rawa dan laut) pada permukaan bumi yang kemudian mengalami proses diagenesis.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas diketahui bahwa batuan sedimen merupakan batuan yang terbentuk dari hasil rombakan batuan beku, batuan metamorf dan batuan sedimen lainnya yang diendapkan pada suatu tempat di permukaan bumi sehingga mengalami proses diagenesis. Menurut Djauhari (2009) istilah diagenesis mengandung arti perubahan pada batuan, hanya saja proses diagenesis terjadi pada temperatur dibawah 200°

C dan tekanan dibawah 300 Mpa atau setara 3000 atm. Contoh dari batuan sedimen adalah lempung, *tufa*, *limestone*, *sandstone*, *clay*, dan lain-lain.

### 3. Batuan Metamorf

Batuan metamorf merupakan batuan yang terbentuk dari hasil transformasi atau perubahan yang terjadi akibat pengaruh tekanan dan temperatur yang cukup tinggi pada batuan beku dan sedimen, sehingga terjadi perubahan fisik dan komposisi mineralnya. Batuan metamorf terbentuk akibat perubahan suhu dan tekanan. Djauhari (2009) menyatakan bahwa batuan metamorf terbentuk karena adanya perubahan dari kelompok mineral dan tekstur batuan yang terjadi dalam suatu batuan yang mengalami tekanan dan temperatur yang berbeda dengan tekanan dan temperatur saat batuan tersebut pertama kalinya terbentuk. Menurut Bachrul dan Asmita (2012), “batuan metamorf dihasilkan dari proses metamorfisme. Metamorfisme memiliki arti yang sama dengan alterasi (perubahan) batuan, sepanjang batuan tersebut tidak hancur dan tidak berubah menjadi cair”. Batuan metamorf terbentuk dari batuan-batuan sebelumnya yang berubah agar sesuai dengan keadaan lingkungan yang baru. Contoh dari batuan metamorf adalah *slate*, *filit*, *marmar*, dan *sekis*.

#### B. Sifat Kelistrikan Batuan

Sifat kelistrikan batuan merupakan karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik terhadapnya. Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik

(Telford *et al*, 1990). Kondisi elektronik terjadi jika batuan memiliki banyak elektron bebas, sehingga arus listrik mudah melalui batuan. Konduksi eletrolitik terjadi pada batuan yang bersifat porus dan pori-pori yang berisi larutan elektrolit, dimana arus listrik mengalir akibat dibawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduksi dielektrik terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik, artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit dan bahkan tidak ada.

Berdasarkan daya hantar dan daya hambat yang dimilikinya material dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu konduktor, isolator dan semikonduktor. Konduktor merupakan material yang dapat menghantarkan arus listrik karena banyak memiliki elektron bebas. Isolator merupakan material yang tidak dapat menghantarkan arus listrik karena tidak memiliki elektron bebas. Semikonduktor merupakan material yang dapat menghantarkan arus listrik namun tidak sebaik konduktor. Menurut Telford *et al* (1990) Berdasarkan harga tahanan jenisnya, secara umum batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Konduktor :  $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
2. Semikonduktor :  $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
3. Isolator :  $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

Tahanan jenis suatu material berbanding terbalik dengan daya hantar listriknya. Material yang memiliki nilai tahanan jenis besar akan sulit mengalirkan arus listrik, sedangkan material yang memiliki nilai tahanan jenis rendah akan lebih mudah mengalirkan arus listrik.

### C. Tahanan Jenis Batuan

Tahanan jenis merupakan sifat fisika yang menunjukkan kemampuan suatu material dalam menghambat arus listrik. Harga tahanan jenis setiap batuan berbeda-beda tergantung jenis materialnya, densitas, porositas, ukuran dan bentuk pori-pori batuan, cairan elektrolit serta kandungan air yang terdapat dalam pori batuan dan suhu. Aliran arus pada setiap lapisan batuan sangat bergantung kepada cairan elektrolitik yang terdapat dalam pori-pori batuan tersebut. Tahanan jenis dari batuan sangat dipengaruhi oleh kehadiran air tanah yang bertindak sebagai elektrolit, terutama pada sedimen berpori dan batuan sedimen (Lowrie, 2007). Batuan-batuan yang jenuh air mempunyai tahanan jenis lebih rendah dibandingkan dengan batuan kering.

Aliran arus pada sebuah medium dapat dijelaskan menggunakan Hukum Ohm, dimana hubungan antara rapat arus  $J$  dengan kuat medan listrik  $E$  adalah

$$J = \sigma E \quad (1)$$

dimana  $\sigma$  adalah daya hantar listrik. Jika besar kuat medan listrik,  $E = \frac{V}{L}$ ,

maka diperoleh  $J = \sigma \frac{V}{L}$ , sehingga kuat arus dapat ditulis

$$I = JA = \sigma \frac{A}{L} V \quad (2)$$

Persamaan (2) memperlihatkan bahwa saat daya hantar listrik  $\sigma$  konstan, arus total  $I$  sebanding dengan beda potensial  $V$ . Perbandingan antara  $V$  dengan  $I$  pada konduktor disebut resistansi  $R$  yang secara matematis dapat ditulis

$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

Hubungan resistansi  $R$  dengan daya hantar listrik  $\sigma$  pada suatu logam konduktor dinyatakan dengan menggunakan Persamaan (4) berikut.

$$R = \frac{1 L}{\sigma A} \quad (4)$$

Hubungan antara tahanan jenis  $\rho$  dengan daya hantar listrik  $\sigma$  dinyatakan sebagai berikut

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (5)$$

maka Persamaan (4) dan Persamaan (5) menjadi

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (6)$$

Hubungan tahanan jenis dengan kuat arus didapatkan dengan mensubstitusikan Persamaan (6) ke Persamaan (3) yang dinyatakan sebagai berikut

$$\frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \quad (7)$$

Persamaan (7) memperlihatkan hubungan tahanan jenis dengan kuat arus. Berdasarkan persamaan tersebut terlihat bahwa aliran arus listrik pada suatu bahan tergantung pada tahanan jenis suatu material tersebut. Semakin besar tahanan jenis suatu bahan, maka arus listrik akan semakin sulit mengalir. Sebaliknya, semakin kecil nilai tahanan jenis suatu bahan, maka arus listrik semakin mudah untuk mengalir. Hal ini juga sesuai dengan prinsip konduktivitas (daya hantar listrik) suatu bahan. Bahan yang memiliki tahanan jenis besar akan memiliki nilai daya hantar listrik yang kecil dan sebaliknya.

Tahanan jenis setiap batuan berbeda-beda. Tabel 1 menunjukkan nilai tahanan jenis batuan beku dan batuan metamorf, sedangkan Tabel 2 menunjukkan nilai tahanan jenis batuan sedimen.

Tabel 1. Tahanan Jenis Batuan Beku dan Batuan Metamorf (Telford *et al*, 1990)

<b>Batuan</b>	<b>Tahanan Jenis (<math>\Omega m</math>)</b>
<i>Granite</i>	$3 \times 10^2 - 10^6$
<i>Granite porphyry</i>	$4,5 \times 10^3$ (basah) – $1,3 \times 10^6$ (kering)
<i>Feldspar porphyry</i>	$4 \times 10^3$ (basah)
<i>Albite</i>	$3 \times 10^2$ (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
<i>Syenite</i>	$10^2 - 10^6$
<i>Diorite</i>	$10^4 - 10^5$
<i>Diorite porphyry</i>	$1,9 \times 10^3$ (basah) – $2,8 \times 10^4$ (kering)
<i>Porphyrite</i>	$10 - 5 \times 10^4$ (basah) – $3,3 \times 10^3$ (kering)
<i>Carbonatized porphyry</i>	$2,5 \times 10^3$ (basah) – $6 \times 10^4$ (kering)
<i>Quartz porphyry</i>	$3 \times 10^2 - 3 \times 10^5$
<i>Quartz diorite</i>	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (basah) – $1,8 \times 10^5$ (kering)
<i>Porphyry (various)</i>	$60 \times 10^4$
<i>Dacite</i>	$2 \times 10^4$ (basah)
<i>Andesite</i>	$4,5 \times 10^4$ (basah) – $1,7 \times 10^2$ (kering)
<i>Diabase porphyry</i>	$10^3$ (basah) – $1,7 \times 10^5$ (kering)
<i>Diabase (various)</i>	$20 - 5 \times 10^7$
<i>Lavas</i>	$10^2 - 5 \times 10^4$
<i>Gabbro</i>	$10^3 - 10^6$
<i>Basalt</i>	$10 - 1,3 \times 10^7$ (kering)
<i>Olivine norite</i>	$10^3 - 6 \times 10^4$ (basah)
<i>Peridotite</i>	$3 \times 10^3$ (basah) – $6,5 \times 10^3$ (kering)
<i>Hornfels</i>	$8 \times 10^3$ (basah) – $6 \times 10^7$ (kering)
<i>Schists</i>	$20 - 10^4$
<i>Tuffs</i>	$2 \times 10^3$ (basah) – $10^5$ (kering)
<i>Graphite schists</i>	$10 - 10^2$
<i>Slates (various)</i>	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
<i>Gneiss (various)</i>	$6,8 \times 10^4$ (basah) – $3 \times 10^6$ (kering)
<i>Marmmer</i>	$10^2 - 2,5 \times 10^8$ (kering)
<i>Skarn</i>	$2,5 \times 10^2$ (basah) – $2,5 \times 10^8$ (kering)
<i>Quartzites (various)</i>	$10 - 2 \times 10^8$

Tabel 2. Tahanan Jenis Batuan Sedimen (Telford *et al*, 1990)

Batuan	Tahanan Jenis( $\Omega m$ )
<i>Consolidated shales</i>	20 - $2 \times 10^3$
<i>Argillites</i>	10 - $8 \times 10^2$
<i>Conglomerates</i>	$2 \times 10^3 - 10^4$
<i>Sandstones</i>	1 - $6,4 \times 10^8$
<i>Limestones</i>	50 - $10^7$
<i>Dolomite</i>	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
<i>Unconsolidated wet clay</i>	20
<i>Marls</i>	3 - 70
<i>Clays</i>	1 - 100
<i>Alluvium and sands</i>	10 - 800
<i>Oil sands</i>	4 - 800

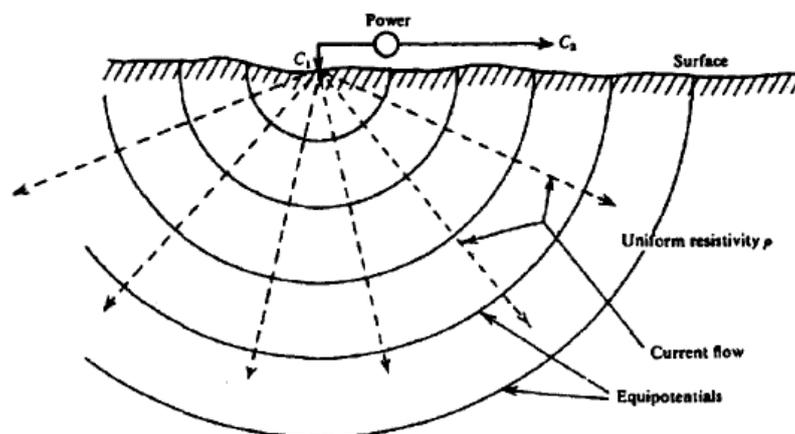
Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 diketahui bahwa kelompok batuan sedimen memiliki tahanan jenis paling rendah bila dibandingkan dengan kelompok batuan beku dan batuan metamorf. Artinya, arus listrik akan lebih mudah mengalir pada batuan sedimen dibandingkan dengan batuan lainnya.

#### D. Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Metode Geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode Geofisika yang digunakan dalam survei bawah permukaan. Prinsip kerja metode Geolistrik tahanan jenis adalah mempelajari aliran listrik di bawah bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi yang didasari oleh Hukum Ohm. Pada metode Geolistrik tahanan jenis, arus listrik diinjeksikan ke tanah dan beda potensial yang dihasilkan diukur di permukaan (Kearey, 2002). Tahanan jenis dari batuan di bawah permukaan bumi dipelajari dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus, kemudian beda potensial yang dihasilkan diukur melalui dua buah elektroda

lainnya (Akmam dan Nofi, 2013). Tujuan pengukuran dengan metode Geolistrik adalah untuk mengetahui jenis batuan perlapisan berdasarkan distribusi nilai tahanan jenis pada tiap lapisan. Nilai tahanan jenis tiap lapisan dapat diketahui dengan cara mempelajari besarnya kuat arus yang diinjeksikan melalui dua elektroda arus dan besarnya beda potensial yang dapat terukur pada elektroda potensial.

Metode Geolistrik mengasumsikan bumi sebagai medium homogen isotropis. Arus yang di alirkan ke bawah permukaan bumi akan mengalir kesegala arah, karena udara memiliki tahanan jenis yang sangat besar menyebabkan arus tidak dapat mengalir ke udara. Hal ini menyebabkan sebaran aliran arus hanya ke bawah permukaan bumi dengan *equipotensial* berbentuk setengah bola seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik Sumber Arus pada Permukaan dari Medium Homogen (Telford *et al*, 1990)

Medium homogen isotropis dengan luas A dilalui oleh arus listrik I maka rapat arus J dapat dihitung dengan mensubstitusikan Persamaan (5) pada

Persamaan (1), maka didapatkan hubungan rapat arus  $J$  dengan tahanan jenis ( $\rho$ ) sebagai berikut.

$$J = \frac{E}{\rho} \quad (8)$$

Medan listrik  $E$  merupakan gradien potensial yaitu beda potensial atau jatuh tegangan antara kedua titik yang diinjeksikan arus listrik sehingga dapat dinyatakan dengan Persamaan (9) berikut.

$$E = -\nabla V = -\frac{dV}{dr} \quad (9)$$

Hubungan antara gradien potensial dengan tahanan jenis dan kerapatan arus didapat dengan mensubstitusikan Persamaan (8) ke Persamaan (9) yang dinyatakan dengan Persamaan (10) berikut.

$$\frac{dV}{dr} = -J\rho \quad (10)$$

Hubungan antara gradien potensial dengan luas permukaan dan arus listrik didapat dengan mensubstitusikan Persamaan (2) ke Persamaan (10) yang dinyatakan oleh Persamaan (11) berikut.

$$\frac{dV}{dr} = -\rho \frac{I}{A} \quad (11)$$

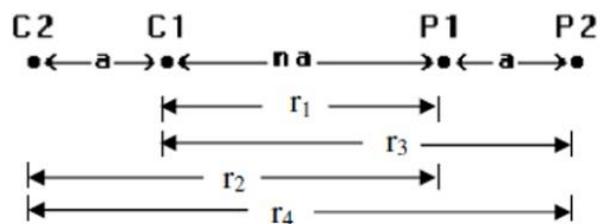
dimana  $A=2\pi r^2$ , karena luas permukaan distribusi arus membentuk setengah bola, sehingga beda potensial  $dV$  yang terjadi pada elemen jarak  $dr$  oleh sumber arus  $I$  adalah sebagai berikut

$$dV = -\rho \frac{I}{2\pi r^2} dr \quad (12)$$

Harga potensial pada titik yang berjarak  $r$  dari sumber dapat dihitung dengan mengintegrasikan Persamaan (12), sehingga didapatkan:

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (13)$$

Metode Geolistrik pada dasarnya terdiri dari dua elektroda arus dan dua elektroda potensial (Gambar 3). perbedaan potensial dipermukaan bumi akan terjadi apabila arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi.



Gambar 3. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Tahanan Jenis  $\rho$

Gambar 3 menunjukkan susunan pasangan elektroda pada metode Geolistrik. Pengukuran dengan metode Geolistrik menggunakan dua elektroda arus yang dilambangkan dengan C dan dua elektroda potensial yang dilambangkan dengan P. Berdasarkan Gambar 3 dimisalkan bahwa  $r_1$  adalah jarak antara  $P_1$  dengan  $C_1$ ,  $r_2$  adalah jarak antara  $P_1$  dengan  $C_2$ ,  $r_3$  adalah jarak antara  $P_2$  dengan  $C_1$  dan  $r_4$  adalah jarak antara  $P_2$  dengan  $C_2$ . Potensial yang disebabkan oleh  $C_1$  pada  $P_1$  adalah :

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi r_1} \quad (14)$$

Sama halnya dengan potensial oleh  $C_1$  dan  $P_1$  potensial yang disebabkan oleh  $C_2$  pada  $P_1$  adalah :

$$V_2 = -\frac{I\rho}{2\pi r_2} \quad (15)$$

Tanda negatif pada potensial  $V_2$  disebabkan karena arus pada  $C_2$  sama dengan arus pada  $C_1$ , tapi berlawanan arah. Sehingga diperoleh :

$$V_{p1} = V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (16)$$

Potensial yang disebabkan oleh  $C_1$  dengan  $P_2$  adalah

$$V_3 = \frac{I\rho}{2\pi r_3} \quad (17)$$

Sama halnya dengan potensial oleh  $C_1$  dan  $P_2$ , potensial yang disebabkan oleh  $C_2$  pada  $P_2$  adalah

$$V_4 = -\frac{I\rho}{2\pi r_4} \quad (18)$$

Tanda negatif pada potensial  $V_4$  disebabkan karena arus pada  $C_2$  sama dengan arus pada  $C_1$ , tapi berlawanan arah. Sehingga diperoleh :

$$V_{p2} = V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (19)$$

Dari Persamaan (16) dan Persamaan (19) dapat diukur perbedaan potensial  $\Delta V$  antara  $P_1$  dan  $P_2$ , yaitu:

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_{p1} - V_{p2} \\ \Delta V &= \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \end{aligned} \quad (20)$$

Nilai tahanan jenis didapatkan sebagai berikut

$$\rho = \frac{2\pi\Delta V}{I} \frac{1}{\left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)} \quad (21)$$

sehingga

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (22)$$

dimana

$$K = 2\pi \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (23)$$

K merupakan faktor geometri dari susunan elektroda, yang harganya berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda-elektroda.

#### E. Tahanan Jenis Semu

Nilai tahanan jenis yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung di lapangan dinamakan dengan tahanan jenis semu atau *apparent resistivity*  $\rho_a$ . Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis dari suatu medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium tersebut. Hal ini disebabkan karena pada kenyataannya bumi merupakan medium tidak homogen yang terdiri dari banyak lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi potensial listrik yang terukur. Jadi persamaan (22) dapat ditulis menjadi

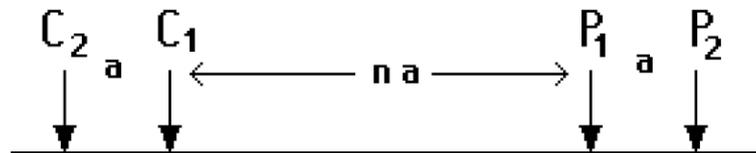
$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (24)$$

dimana  $\rho_a$  merupakan tahanan jenis semu, K adalah faktor geometri dan I adalah kuat arus listrik.

#### F. Konfigurasi *Dipole-dipole*

Konfigurasi *Dipole-dipole* merupakan salah satu konfigurasi yang digunakan pada pengukuran dengan metode Geolistrik. Jarak antara elektroda

arus dan jarak antara elektroda potensial pada konfigurasi *Dipole-dipole* adalah sama. Susunan elektroda pada konfigurasi *Dipole-dipole* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Susunan Elektroda pada Konfigurasi *Dipole-dipole* (Loke, 2000)

Gambar 4 menunjukkan konfigurasi *Dipole-dipole* menggunakan empat elektroda (C2 C1 P1 P2), dimana jarak antara Elektroda Arus C<sub>1</sub> dengan Elektroda Arus C<sub>2</sub> adalah a dan jarak antara Elektroda Potensial P<sub>1</sub> dengan Elektroda Potensial P<sub>2</sub> adalah a, sedangkan jarak antara Elektroda Arus C<sub>1</sub> dengan Elektroda Potensial P<sub>1</sub> adalah na. Pengukuran secara manual dilakukan dengan cara mengubah jarak antara Elektroda Arus C<sub>1</sub> dengan jarak Elektroda Potensial P<sub>1</sub> atau mengubah jarak na. Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa jarak r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>, r<sub>3</sub>, dan r<sub>4</sub> sebagai berikut

$$r_1 = na \quad (25)$$

$$r_2 = a + na \quad (26)$$

$$r_3 = a + na \quad (27)$$

$$r_4 = 2a + na \quad (28)$$

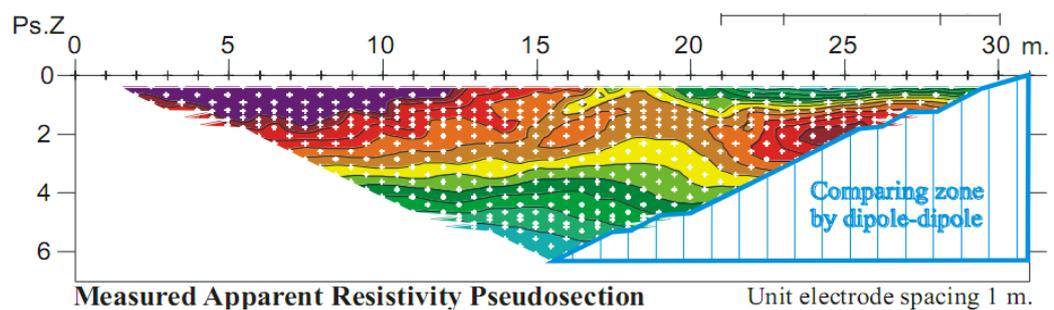
Persamaan (25), (26), (27) dan (28) disubstitusikan ke Persamaan (23) sehingga diperoleh faktor geometri untuk konfigurasi *Dipole-dipole* sebagai berikut.

$$K = \pi[n(n + 1)(n + 2)]a \quad (29)$$

Persamaan (29) disubstitusikan ke Persamaan (24) sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu untuk konfigurasi *Dipole-dipole* seperti Persamaan (30).

$$\rho_a = \pi n(n + 1)(n + 2)a \frac{\Delta V}{I} \quad (30)$$

Konfigurasi *Dipole-dipole* memiliki kemampuan penetrasi  $1/5$  dari panjang lintasan (GF Instruments, 2007). Gambar 5 menunjukkan kedalaman yang dapat dicapai oleh konfigurasi *Dipole-dipole* dengan spasi elektroda 1 m.



Gambar 5. Kedalaman yang dapat dicapai Konfigurasi *Dipole-dipole* (GF Instruments, 2007)

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa panjang lintasan pengukuran yang digunakan adalah 30 meter dan kedalaman yang dapat dicapai adalah 6 meter. Selain itu, konfigurasi *Dipole-dipole* merupakan konfigurasi yang paling teliti, terutama untuk mendeteksi struktur vertikal dan memiliki resolusi tertinggi yang memungkinkan untuk membedakan struktur yang terletak lebih dalam (GF Instruments, 2007).

### G. Inversi *Marquardt*

Data lapangan yang diperoleh saat pengukuran Geolistrik mengandung informasi mengenai sifat-sifat fisis batuan. Informasi ini dapat diterjemahkan melalui persamaan matematika untuk mengetahui sifat yang sebenarnya dari

batuan. Persamaan matematika tersebut mengestimasi sifat fisis batuan yang belum diketahui melalui proses inversi. Menurut Supriyanto (2007), “Proses inversi merupakan proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan bumi”. Hal ini sesuai dengan pendapat Loke (2004), inversi dalam dunia geofisika merupakan teknik untuk mencari sebuah model yang memberikan respon yang sama dengan nilai sebenarnya. Hal ini menunjukkan bahwa metode inversi dapat menerjemahkan parameter Geofisika yang didapat saat pengukuran sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, seperti jenis batuan bawah permukaan bumi.

Berdasarkan nilai kuat arus, beda potensial, dan spasi elektroda yang didapatkan pada saat pengukuran, dapat diketahui nilai tahanan jenis semu menggunakan Persamaan (30). Distribusi nilai tahanan jenis semu diestimasi menjadi nilai tahanan jenis sesungguhnya menggunakan metode inversi. Metode inversi umumnya tidak menghasilkan solusi yang unik, dimana perubahan sedikit dalam data menyebabkan perubahan besar dalam model (Akman dan Nofi, 2013). Menurut Hendra (2009), “ketidak unikan solusi tercemar dalam fenomena yang disebut ekivalensi dimana kombinasi tahanan jenis ketebalan lapisan yang berbeda dapat menghasilkan data kurva *sounding* (resistivitas semu sebagai fungsi spasi elektroda) yang sama atau hampir sama”. Nilai tahanan jenis semu yang didapatkan menjadi *input* pada proses

inversi, sehingga dari nilai tahanan jenis semu ini didapatkan nilai tahanan jenis yang sebenarnya dan ketebalan.

Fungsi pemodelan pada metode Geolistrik diformulasikan sebagai persamaan integral Hankel yang menyatakan tahanan jenis semu  $\rho_a$  sebagai fungsi dari tahanan jenis dan ketebalan ( $\rho_k, h_k$ ) tiap lapisan, dimana  $k=1,2,\dots,n$  dan  $n$  adalah jumlah lapisan (Hendra, 2009).

$$\rho_a = s^2 \int_0^{\infty} T(\lambda) J_1(\lambda s) \lambda d\lambda \quad (31)$$

$s$  adalah setengah jarak elektroda arus atau  $a/2$  (Gambar 4),  $J_1$  adalah fungsi Bessel orde-1, dan  $T(\lambda)$  adalah fungsi transformasi tahanan jenis yang dinyatakan oleh formulasi Pekeris (Koefoed dalam Hendra, 2009).

$$T_k(\lambda) = \frac{T_{k+1}(\lambda) + \rho_k \tanh(\lambda h_k)}{1 + T_{k+1}(\lambda h_k / \rho_k)} ; k = n - 1, \dots, 1 \quad (32)$$

Perhitungan Persamaan (31) dapat dilakukan dengan metode filter linear yang secara umum dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$\rho_a = \sum_k T_k(\lambda) f_k \quad (33)$$

Menurut Koefoed (Hendra, 2009)  $f_k$  merupakan harga koefisien filter linear yang diturunkan oleh Ghosh. Persamaan (33) memperlihatkan hubungan antara tahanan jenis semu  $\rho_a$  dengan parameter model tahanan jenis dan ketebalan lapisan ( $\rho_k, h_k$ ) adalah sangat tidak linear, sehingga untuk mengestimasi tahanan jenis semu menjadi tahanan jenis sesungguhnya dibutuhkan solusi inversi non-linear.

Salah satu metode inversi yang digunakan dalam pengolahan data Geofisika, khususnya data Geolistrik tahanan jenis adalah metode inversi *Marquardt*. Metode inversi *Marquardt* merupakan salah satu metode optimasi untuk menyelesaikan masalah kuadrat terkecil yang didasarkan pada metode Gauss-Newton (Lusia, 2009). Metode inversi *Marquardt* efektif digunakan untuk membatasi *range* nilai komponen vektor perubahan parameter model yang bisa diambil (Loke, 2004). Metode inversi *Marquardt* meminimalisasi perbedaan antara nilai data terukur dan respon model  $d$  serta vektor perubahan  $\Delta m$ , sehingga dapat mengurangi nilai *error* dalam pengolahan data.

Metode inversi *Marquardt* merupakan metode inversi non-linear menggunakan pendekatan inversi linear (Hendra, 2009). Persamaan inversi geolistrik secara umum dinyatakan oleh

$$d = g(m) \quad (34)$$

Persamaan tersebut menyatakan hubungan antara data terukur  $d$  dengan parameter model  $m$ , dalam hal ini  $g$  merupakan suatu fungsi pemodelan yang merupakan fungsi non-linear dari parameter model atau disebut respon model (Loke, 2004). Fungsi  $g$  dinyatakan dalam notasi vektor untuk menyatakan adanya komponen yang berasosiasi dengan komponen data, misalkan solusi inversi dari Persamaan (34) adalah model  $m$  yang merupakan suatu model awal  $m_0$  yang dipertubasi dengan  $\Delta m$  agar diperoleh kecocokan yang lebih baik antara respon model tersebut dengan data

$$m = m_0 + \Delta m \quad (35)$$

sehingga

$$d = g(m_0 + \Delta m) \quad (36)$$

Jika Persamaan (36) dituliskan kembali dalam bentuk komponennya maka diperoleh

$$d_i = g_i(m_0^j + \delta m_j) \quad (37)$$

dimana  $i = 1, 2, \dots, N$  dan  $j = 1, 2, \dots, M$  dengan  $N$  dan  $M$  masing-masing adalah jumlah data dan jumlah parameter model. Menurut Hendra (2009), ekspansi Taylor orde pertama fungsi  $g(m)$  disekitar suatu model awal  $m_0$  dengan menggunakan notasi komponen seperti Persamaan (37) menghasilkan:

$$g_i(m_0^j + \delta m_j) = g_i(m_0^j) + \left. \frac{\partial g_i}{\partial m_j} \right| \delta m_j + O(m_j) \quad (38)$$

dimana  $O(m_j)$  merupakan suku sisa yang melibatkan turunan ke-2 dan orde yang lebih tinggi. Hasil substitusi Persamaan (38) ke Persamaan (37) dengan mengabaikan suku sisa tersebut adalah sebagai berikut:

$$d_i = g_i(m_0^j) + \left. \frac{\partial g_i}{\partial m_j} \right| \delta m_j \quad (39)$$

Suku kedua pada ruas kanan Persamaan (39) adalah komponen turunan parsial fungsi  $g(m)$  terhadap suatu elemen parameter model  $m$  yang membentuk matriks Jacobi atau *Jacobian matrix* berikut:

$$J_{ij} = \frac{\partial g_i}{\partial m_j} \quad (40)$$

Persamaan (43) menjelaskan perubahan respon model ke- $i$  akibat perubahan parameter model ke- $j$ . Menurut Loke (2004), pada data tahanan jenis lebih praktis digunakan aturan logaritma dari nilai tahanan jenis semu  $\rho_a$  untuk data

terukur dan respon model. Persamaan (40) disubstitusikan ke Persamaan (39) menghasilkan:

$$d_i - g_i(m_0^j) = J_{ij} \delta m_j \quad (41)$$

Bentuk khusus Persamaan (41) dalam notasi matriks adalah sebagai berikut.

$$d - g(m_0) = J_0 \Delta m_0 \text{ atau } \Delta d_0 = J_0 \Delta m_0 \quad (42)$$

dimana  $J_0$  adalah matriks Jacobi pada model awal, dimana  $m = m_0$ .

Berdasarkan analogi, solusi inversi dalam bentuk  $\Delta m_0$  dari suatu permasalahan dapat dinyatakan oleh persamaan (43) berikut.

$$\Delta m_0 = [J^T J]^{-1} J_0^T \Delta d_0 \quad (43)$$

Persamaan (43) pada dasarnya menyatakan perturbasi yang diperlukan terhadap suatu model awal  $m_0$  agar diperoleh model yang lebih baik, yaitu  $m = m_0 + \Delta m_0$ , sehingga respon model  $m$  diharapkan lebih *fit* dengan data. Sifat non-linear dari fungsi yang menghubungkan data dengan parameter model maka pendekatan orde pertama tidak dapat langsung menghasilkan model optimum, sehingga proses perturbasi model dilakukan terhadap model awal  $m_0$  secara iteratif menggunakan persamaan (43) sampai diperoleh konvergensi menuju solusi optimum. Oleh karena itu pada iterasi ke-(n+1) perturbasi dilakukan terhadap model hasil iterasi sebelumnya menggunakan persamaan berikut.

$$m_{n+1} = m_n + [J_n^T J_n]^{-1} J_n^T \Delta d_n \quad (44)$$

dengan menganggap  $\Delta m = m_{n+1} - m_n$  dan  $\Delta d_n = d$ , maka Persamaan (45) menjadi.

$$\Delta m = [J^T J]^{-1} J^T d \text{ atau } J^T J \Delta m = J^T d \quad (45)$$

Persamaan (45) disebut dengan Persamaan Gauss-Newton (Loke, 2004). Persamaan (45) jarang digunakan pada proses inversi Geofisika. Pada beberapa situasi produk matriks  $J^T J$  mungkin bernilai tunggal, sehingga tidak memiliki penyelesaian untuk  $\Delta m$ . Masalah umum lainnya adalah produk matriks  $J^T J$  mendekati tunggal (*singular*). Hal ini dapat terjadi jika model awal sangat buruk dan berbeda model yang seharusnya digunakan. Vektor perubahan parameter model yang dihitung dengan Persamaan (45) terkadang mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga nilai yang dihasilkan kurang mendekati keadaan yang sebenarnya. *Marquardt* melakukan modifikasi terhadap persamaan Gauss-Newton untuk mengatasi hal tersebut sehingga dihasilkan persamaan *Marquardt* seperti pada Persamaan (46).

$$(J^T J + \mu I) \Delta m_k = J^T d \quad (46)$$

dimana  $I$  adalah matriks identitas dan  $\mu$  adalah *Marquardt factor* atau *damping factor*. Persamaan ini biasa dikenal sebagai inversi *Marquardt*. Dalam konteks pemodelan Geolistrik menggunakan inversi *Marquardt*, data terukur dinyatakan sebagai  $d = [\rho_a^i]$  yaitu tahanan jenis semu dengan  $i = 1, 2, \dots, N$  dan  $N$  adalah jumlah data. Model tahanan jenis dan ketebalan batuan bawah permukaan adalah  $\Delta m_k = [\rho_k, h_k]$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$  dan  $n$  adalah jumlah lapisan. Metode inversi *Marquardt* mengaplikasikan metode iterasi seperti halnya pada metode Gauss-Newton, bedanya terletak pada penambahan perkalian skalar *factor damping*  $\mu$  dengan matriks identitas  $I$  (Sanjoyo, 2006).

## H. Damping Factor

Permasalahan pada inversi Geofisika merupakan gabungan kondisi *under-determined* dan *over-determined* atau biasa disebut sebagai permasalahan inversi *mixed-determined* (Hendra, 2009). Sehingga diperlukan strategi penyelesaian inversi linear yang dapat menghasilkan informasi paling optimum mengenai parameter model yang dicari. Salah satu strategi untuk menyelesaikan permasalahan inversi linear *mixed-determined* adalah dengan menggabungkan kriteria untuk mencari solusi optimum atau model terbaik. Pada kasus *overdetermined*, kriteria yang digunakan untuk menghasilkan solusi adalah dengan meminimumkan kesalahan prediksi data (*misfit*). Pada kasus *underdetermined*, model atau solusi yang diharapkan adalah yang memiliki panjang vektor minimum (*norm*). Proses pencarian model dengan menggabungkan *misfit* dan *norm* model seperti Persamaan (47).

$$\Phi(m) = E + \varepsilon^2 L \quad (47)$$

dimana L adalah pengali Lagrange untuk memperkecil panjang vektor atau *norm* ( $L = m^T m$ ), E adalah kesalahan prediksi data atau *misfit* ( $E = e^T e$ ) dengan  $e = d - Gm$  (Laurent, 2010).  $\varepsilon^2$  adalah bilangan positif sebagai bobot relatif antara kedua faktor yang diminimumkan, sehingga Persamaan (47) menjadi.

$$\Phi(m) = (d - Gm)^T (d - Gm) + \varepsilon^2 (m^T m) \quad (48)$$

Hendra (2009) mengatakan bahwa nilai  $\varepsilon^2$  dipilih berdasarkan ketentuan berikut:

1. Jika  $\varepsilon^2$  dipilih sangat besar maka kesalahan solusi akan lebih dominan, sementara model belum tentu menghasilkan kesalahan prediksi data yang baik.

2. Jika  $\varepsilon^2 = 0$  maka kesalahan prediksi data akan diminimumkan namun tidak ada informasi tambahan “*a priori*” yang digunakan untuk mencari nilai parameter model.

Faktor redaman harus dipilih sedemikian rupa, sehingga menyatakan hubungan antara masing-masing faktor yang diminimumkan. Umumnya  $\varepsilon^2$  ditentukan secara *trial and error*, kemudian melalui mekanisme tertentu dipilih diantara harga  $\varepsilon^2$  dengan menerapkan salah satu dari kriteria berikut:

1. *Norm* model minimum dengan kesalahan prediksi data yang berada di bawah harga standar deviasi.
2. Kesalahan prediksi data minimum dengan norm model L sama dengan nilai *damping factor*.

Harga L menurun sebagai fungsi  $\varepsilon^2$ , sementara E meningkat sesuai peningkatan  $\varepsilon^2$ .

Harga minimum dari  $\Phi(m)$  pada Persamaan (48) diperoleh dengan mencari turunan  $\Phi(m)$  terhadap parameter model  $m$ , kemudian dibuat sama dengan nol, sehingga diperoleh solusi inversi linier teredam (*Damped linier Inversion*) sebagai berikut (Hendra, 2009).

$$m = [G^T G + \varepsilon^2 I]^{-1} G^T d \quad (49)$$

Istilah redaman atau *damping* untuk estimasi parameter model sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (49) berhubungan dengan proses meredam ketidakstabilan yang mungkin timbul akibat keterbatasan data pada inversi yang termasuk *underdetermined*. Konsep minimisasi kesalahan pada inversi linier biasa diperluas menjadi minimisasi kesalahan prediksi data dan

kesalahan solusi. Menurut Hendra (2009), jika *damping factor* yang digunakan sangat kecil atau mendekati nol maka kesalahan prediksi akan diminimumkan. Artinya, penambahan *damping factor* pada proses inversi dapat menstabilkan proses inversi pada proses inversi matriks tersebut.

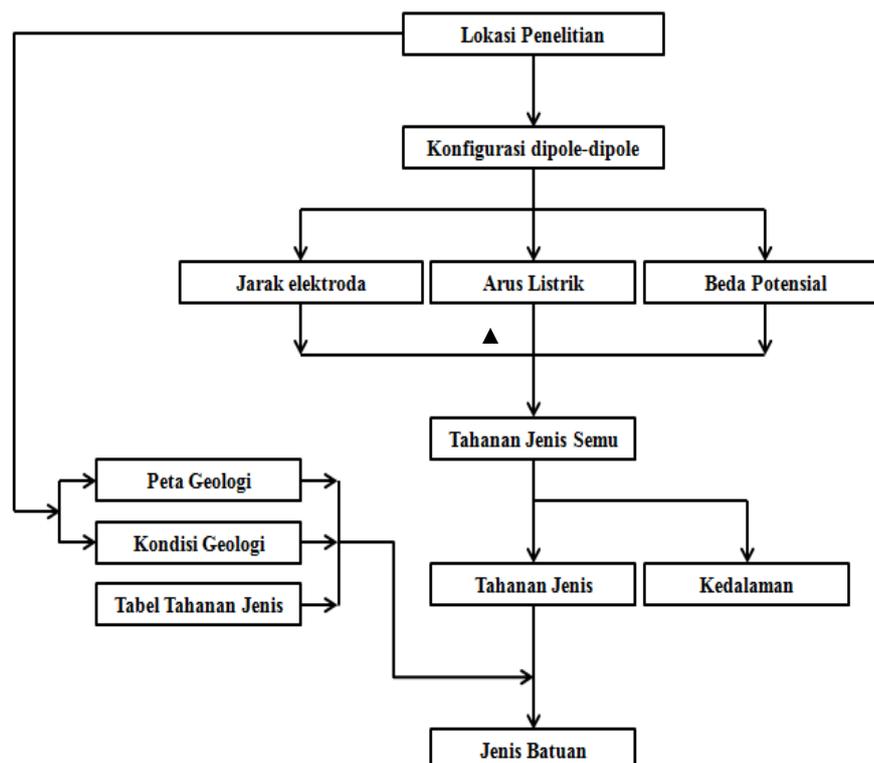
## I. Kondisi Geologi daerah Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan. Menurut RPJM Kota Padang (2009-2014), “Secara kondisi Geologi Wilayah Kota Padang terbentuk oleh endapan permukaan, batuan vulkanik dan intrusi serta batuan sedimen dan metamorf”. Bukit Lantiak kecamatan Padang Selatan terletak pada koordinat  $00^{\circ} 58' 3,7''$  LS dan  $100^{\circ} 22' 10,3''$  BT. Bukit lantiak merupakan daerah perbukitan dengan kemiringan yang relatif curam. Kondisi ini diduga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya longsor akibat kondisi tanah yang labil dan curah hujan yang cukup tinggi.

Kondisi Geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1. Berdasarkan peta Geologi pada Lampiran 1 daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan disusun oleh 2 batuan utama, yaitu batu *Andesite* dan *Tufa*. *Andesite* merupakan salah satu jenis dari batuan beku yang berasal dari batuan gunung berapi yang masih aktif berwarna putih keabu-abuan dan memiliki butiran yang kecil. *Andesite* terbentuk dari magma yang membeku sangat cepat di bawah kerak bumi. *Tufa* merupakan salah satu dari jenis batuan sedimen, lembut, berpori, kalsium putih karbonat (biasanya kalsit) yang mengendap di air yang kaya dengan kalsium dan dapat berwarna kuning atau merah oleh oksida besi (Price, 2005).

## J. Kerangka Berfikir

Penelitian ini diawali dengan survei ke lokasi penelitian, hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi Geologi dan bentuk lokasi di daerah ini yang nantinya akan dijadikan bahan pertimbangan untuk membuat desain lintasan pengukuran. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis. Susunan elektroda yang digunakan dalam penelitian terdiri dari elektroda arus dan elektroda potensial yang disusun berdasarkan konfigurasi yang digunakan dalam penelitian yaitu konfigurasi *Dipole-dipole*. Ketika arus di alirkan ke bawah permukaan bumi melalui elektroda arus, maka akan terjadi beda potensial yang di ukur melalui elektroda potensial. Kerangka berfikir dalam penelitian ini terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Kerangka Berfikir

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa bahwa variabel yang didapat dari hasil pengukuran di lapangan adalah kuat arus listrik, beda potensial, dan jarak elektroda. Variabel yang dihitung adalah tahanan jenis batuan. Variabel yang didapat saat pengukuran di lapangan diolah dengan *software Res2dinv* untuk mendapatkan harga tahanan jenis batuan yang sebenarnya. Nilai tahanan jenis yang didapatkan pada pengolahan data dibandingkan dengan nilai tahanan jenis batuan pada Tabel 1 dan Tabel 2 serta Geologi daerah pengukuran, sehingga didapatkan kesimpulan mengenai jenis batuan di daerah penelitian.

#### **K. Penelitian yang Relevan**

Penelitian menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Herawati (2014) telah melakukan penelitian di Desa Kampung Manggis Kecamatan Padang Panjang Barat. Daerah ini merupakan daerah yang berpenduduk padat, dimana pemukiman penduduk dan jalan raya yang menghubungkan desa ini dengan daerah lain terletak di tepi lereng dengan kemiringan yang relatif curam yang dikhawatirkan dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah. Penelitian Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger* dengan inversi *Marquardt* yang dilakukan di daerah ini bertujuan untuk menentukan kedalaman batuan dasar. Penelitian ini dilakukan dengan 4 lintasan pengukuran. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batuan dasar jenis *Andesite* terdapat pada Lintasan 1 dengan kedalaman lebih dari 35 m, kemudian pada Lintasan 3 dan Lintasan 4 batuan dasar dapat ditemukan pada kedalaman lebih dari 8 m.

Arman (2012) mengidentifikasi struktur bawah tanah di Kelurahan Pangmilang Kecamatan Singkawang Selatan menggunakan Metoda Geolistrik Resistivitas dan inversi *Marquardt*. Hasil penelitian ini menunjukkan batuan jenis kuarsa aneka bahan mendominasi daerah pengukuran. Pada titik 60 dan 100 m terdapat bongkahan *granit porphyry* dengan kandungan air sebesar  $\pm 0,31\%$ .

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Jenis batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang bila di analisa menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* adalah *Andesite* berselingan *Tufa*, *Sandstone*, *Limestone*, dan *Clay*.
2. Nilai *error* yang dihasilkan pada pengolahan data menggunakan metode inversi *Marquardt* data Geolistrik konfigurasi *Dipole-dipole* lebih kecil dibandingkan dengan pengolahan data menggunakan metode inversi *Smoothness-Constrained Least-Squared* data Geolistrik konfigurasi *Schlumberger*, yaitu pada Lintasan 1 sekitar 4,2 %, Lintasan 2 sekitar 2,7 %, Lintasan 3 sekitar 1,38 % dan Lintasan 4 sekitar 3,10 %.

#### **B. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan:

1. Dalam pengukuran Geolistrik dibutuhkan tenaga yang cukup banyak untuk memudahkan dalam membuat lintasan dan pengukuran, serta disediakan aki cadangan agar penelitian tidak terganggu.

2. Sebelum melakukan pengukuran Geolistrik disiapkan lintasan sebaik mungkin dan menandai titik-titik yang akan dipasang elektroda, sehingga tidak mengahabiskan waktu saat melakukan penelitian.
3. Dilakukan penelitian lanjutan dengan metoda yang berbeda sebagai perbandingan tentang jenis batuan di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akmam & Nofi Yendri Sudiar. 2013. *Analisis Struktur Batuan dengan Metoda Inversi Smoothness-Constrained Least-Squared Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013. Hlm 01-06.
- Bachrul Ibrahim & Asmita Ahmad. 2012. *Agrogeologi Dan Mineralogi Tanah*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Bhattarai, Pankaj. *Et al.* 2006. *Influence of Weathering on Physical and Mechanical Properties of Mudstone*. Tokyo: Universal Academy Press
- Carlson, Diane H. Charles C Plummer & Lisa Hammersley. 2009. *Physical geology: earth revealed, 9th edition*. Penerbit: McGraw-Hill.
- Colangelo, Gerardo. *Et al.* 2008. *2D elctrical Resistivity Tomograpies for Investigating Recent Activation Landslides in Baslicata Region*. Annals of Geophysics, Vol. 51.
- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Sumatera Barat. 2014. *Peta Geologi Kota Padang*. Padang.
- Djauhari Noor. 2012. *Pengantar Geologi*. Fakultas Teknik: Universitas Pakuan.
- GF Instruments. 2007. *Short Guide for Resistivity Imaging*. Jecna: Geophysical Equipment and Services.
- Hamblin, W. Kenneth. 2003. *Earth's Dynamic System*. Penerbit: Prentice Hall. ISBN/ASIN: 0131420666. ISBN-13: 9780131420663.
- Hendra Grandis. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Herawati. Akmam dan Nofi Yendri Sudiar. 2014. *Penentuan Kedalaman Batuan Dasar Menggunakan Inversi Marquardt Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Desa Kampung Manggis Kecamatan Padang Panjang Barat*. Phylar of Physics, Vol. 2. November 2014, hlm 01-08
- Karyanto, dkk. *Estimasi Porositas Batuan dan Saturasi Air Berdasarkan Formulasi Archie dengan Inversi Kuadrat Terkecil*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, Purworejo 2012.

- Kearey, Philip. Michael Brooks & Ian Hill. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration, Third Edition*. London: Blackwell Science.
- Loke, M.H. 2000. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, a Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*. Diunduh dari: [www.geometrics.com](http://www.geometrics.com)
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Diunduh dari: [www.geometrics.com](http://www.geometrics.com).
- Lowrie, William. 2007. *Fundamental of Geophysics, Second Edition*. Newyork: Cambridge University Press.
- Lusia Krismiyati Budiasih. 2009. *Metode Levenberg-Marquardt untuk Masalah Kuadrat Terkecil Nonlinear*. Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, 2009.
- Nandi, 2007. *Longsor*. Jurusan Pendidikan Geografi. FPIPS.UPI : Bandung.
- Nuzuwir. 2012. *Potensi dan Mitigasi Bencana Alam Geologi di Sumatera Barat*. Dinas Energi Dan Sumber Daya Mineral Pemerintah Provinsi Sumatera Barat.
- Perrone, Angela. Sabatino Piscitelli & Vincenzo Lapinna. 2012. *Electrical Resistivity Tomographies for Landslide Monitoring*. A Review: *Berichte Geol. BA*, 93. ISSN 1017-8880.
- Price, Monica & Kevin Walsh. 2005. *Pocket Nature Rocks and Minerals*. London: Dorling Kindersley.
- Rahmi Kurnia Putri. Akmam dan Harman Amir. 2014. *Estimasi Struktur Batuan Menggunakan Smoothness-Constrained Least-Squared Inversion Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Padang Selatan*. *Phylar of Physics*, Vol. 2. November 2014, hlm 73-80
- Sanjoyo. 2006. *Non Linear Estimation*. Depok: Universitas Indonesia.
- Supriyanto S. 2007. *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Telford, W.M. *et al.* 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. USA: Cambridge University Press.
- Yudha Arman. 2012. *Identifikasi Struktur Bawah Tanah di Kelurahan Pangmilang Kecamatan Singkawang Selatan Menggunakan Metoda*

*Geolistrik Resistivitas dan Inversi Lavenberg-Marquardt*. Jurnal. Positron, Vol. II No 1 (2012) Hlm. 06-11.

Zulfiandi Zakaria. 2011. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Fakultas Teknik Geologi: Universitas Padjadjaran.