

**ESTIMASI KEDALAMAN BATUAN DASAR MENGGUNAKAN
METODE INVERSI *ROBUST* 2-D DATA GEOLISTRIK TAHANAN
JENIS KONFIGURASI *DIPOLE-DIPOLE* DI BUKIT APIT PUHUN
KECAMATAN GUGUK PANJANG KOTA BUKITTINGGI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



**BAVITRA
NIM. 1101453**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Estimasi Kedalaman Batuan Dasar
Menggunakan Metode Inversi *Robust 2-D*
Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi
Dipole-Dipole di Bukit Apit Puhun
Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi

Nama : Bavitra

NIM/BP : 1101453/2011

Program Studi : Fisika

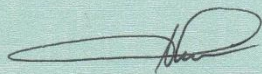
Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 23 April 2015

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Drs. Akmam, M.Si
Nip: 19630526 198703 1 003

Pembimbing II,



Harman Amir, S.Si, M.Si
Nip: 19701005 199903 1 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Bavitra
NIM/BP : 1101453/2011
Prodi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

**ESTIMASI KEDALAMAN BATUAN DASAR MENGGUNAKAN
METODE INVERSI *ROBUST 2-D* DATA GEOLISTRIK TAHANAN
JENIS KONFIGURASI *DIPOLE-DIPOLE* DI BUKIT APIT PUHUN
KECAMATAN GUGUK PANJANG KOTA BUKITTINGGI**

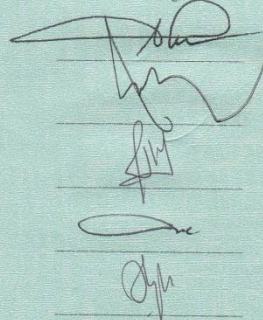
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Padang, 27 April 2015

Tim Penguji

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

Tanda tangan



SURAT PERNYATAAN

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

Padang, 10 Juli 2015
Yang menyatakan



Bavitra
1101453/2011

ABSTRAK

Bavitra : Estimasi Kedalaman Batuan Dasar Menggunakan Metode Inversi *Robust 2-D* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Dipole-dipole* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi

Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi merupakan salah satu daerah yang perlu diketahui informasi mengenai jenis dan kedalaman batuan dasarnya. Daerah ini terletak di jalur patahan Ngarai Sianok yang berpotensi terjadi aktivitas tektonik seperti gempa bumi. Aktivitas tektonik dapat mengganggu stabilitas batuan dasar. Berdasarkan uraian diatas telah dilakukan penelitian yang bertujuan menentukan tahanan jenis dan kedalaman batuan dasar menggunakan metode inversi *Robust 2D* data Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Dipole-dipole* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.

Penelitian yang bersifat deskriptif ini menggunakan metoda Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Dipole-dipole*. Data Penelitian diambil dari 5 lintasan menggunakan ARES (*Automatic Resistivitymeter*). Data yang diperoleh diolah dan diinterpretasi dengan inversi *Robust 2D*. Hasil interpretasi data berupa nilai tahanan jenis sebenarnya dan kedalaman batuan daerah penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa batuan dasar di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi merupakan sekelompok batuan beku, yaitu *Andesite*. Nilai tahanan jenis batuan *Andesite* tersebut bervariasi pada setiap lintasan dengan nilai tahanan jenis berkisar antara 352 Ωm – 7598 Ωm . Letak kedalaman Batuan *Andesite* juga bervariasi pada setiap lintasan, namun umumnya terletak pada kedalaman lebih dari 13 m.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Estimasi Kedalaman Batuan Dasar Menggunakan Metode Inversi Robust 2-D Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Dipole-dipole* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.**

Adapun penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis mendapatkan bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak selama penyelesaian skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai pembimbing I dan sebagai Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Harman Amir, S.Si, M.Si sebagai pembimbing II dan sebagai Penasehat Akademik.
3. Bapak Dr. Hamdi, M.Si, Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D, dan Bapak Drs. Mahrizal, M.Si selaku tim penguji.
4. Ibu Dra. Yurnetti, M.Pd sebagai Sekretaris Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Ketua Prodi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

6. Bapak dan Ibu staf Pengajar Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
7. DP2M DIKTI yang telah memberikan bantuan dana penelitian ini melalui PKM 2014.
8. Edi Kurnia, S.Si, Basra Kurniawan, S.Si, Herawati, S.Si, Imran Razat, Mia Azhari dan teman-teman tim Geolistrik 2011, terima kasih atas bantuan teknis selama pengambilan data.
9. Kedua orang tua yang selalu memberi semangat dan mendukung penulis.
10. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Padang, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Pembatasan Masalah	5
E. Pertanyaan Penelitian	5
F. Tujuan Penelitian	6
G. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORI	
A. Batuan Dasar	7
B. Tahanan Jenis Batuan	13
C. Metoda Geolistrik Tahanan Jenis	17
D. Konfigurasi <i>Dipole-dipole</i>	22
E. Metode Inversi <i>Robust</i>	24
F. Penelitian-penelitian yang Relevan	26
G. Kondisi Geologi Daerah Penelitian	27
H. Kerangka Berfikir	28

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian	30
B. Tempat dan Waktu Penelitian	30
C. Desain Penelitian	30
D. Parameter yang Diamati	32
E. Instrument / Alat dan Bahan	32
F. Prinsip Kerja ARES	33
G. Prosedur Penelitian	35
H. Teknik Analisis dan Interpretasi Data	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data	38
B. Analisis dan Interpretasi Data	40
C. Pembahasan	57

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	62
B. Saran	63

DAFTAR PUSTAKA	64
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	67
-----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Batuan Sedimen Klastik Beserta Nama Partikel dan Endapannya	11
2. Tahanan Jenis Batuan Beku dan Batuan Metamorf	16
3. Tahanan Jenis Batuan Sedimen	17
4. Koordinat dan Ketinggian	31
5. Nilai Tahanan Jenis Semu Minimum dan Maksimum.....	38
6. Hasil Interpretasi Data Lintasan 1.....	42
7. Hasil Interpretasi Data Lintasan 2.....	45
8. Hasil Interpretasi Data Lintasan 3.....	48
9. Hasil Interpretasi Data Lintasan 4.....	51
10. Hasil Interpretasi Data Lintasan 5.....	54
11. Nilai Tahanan Jenis dan Kedalaman Batuan Dasar <i>Andesite</i>	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Karakteristik Reservoir Batuan Dasar.....	7
2. Titik Sumber Arus pada Permukaan dari Medium Homogen Isotropis.....	19
3. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Tahanan jenis ρ	20
4. Susunan Elektroda pada Konfigurasi <i>Dipole-dipole</i>	23
5. Kerangka Berfikir Penelitian	28
6. Desain lintasan pengukuran	31
7. <i>ARES multielectrode</i>	33
8. Penampang Model 2D Lintasan 1 dengan Inversi <i>Robust Constraint</i>	40
9. Penampang Model 2D Lintasan 2 dengan Inversi <i>Robust Constraint</i>	43
10. Penampang Model 2D Lintasan 3 dengan Inversi <i>Robust Constraint</i>	47
11. Penampang Model 2D Lintasan 4 dengan Inversi <i>Robust Constraint</i>	50
12. Penampang Model 2D Lintasan 5 dengan Inversi <i>Robust Constraint</i>	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Hindia-Australia, dan Lempeng Pasifik. Aktivitas tektonik yang disebabkan oleh ketiga lempeng tersebut dapat mempengaruhi kondisi Geologi Indonesia. Salah satu aktivitas tektonik adalah peristiwa tumbukan antar lempeng. Peristiwa tumbukan antar lempeng tersebut berpotensi terjadinya gempa bumi tektonik dan vulkanik.

Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi merupakan daerah yang terletak di jalur patahan Ngarai Sianok yang mempunyai tingkat resiko tinggi terjadi bencana gempa bumi. Sumber gempa bumi di Ngarai Sianok adalah patahan disepanjang daerah Ngarai Sianok. Menurut Natawidjaja (2008) "Bentang alam jalur patahan di wilayah Sumatra Barat ini berupa gawir-gawir patahan di dataran dan kelurusan lembah-lembah sungai yang dalam di wilayah Sungai Ngarai Sianok". Patahan merupakan zona rekahan kerak bumi dimana bagian bumi di kedua sisi rekahan tersebut bergerak satu dengan yang lainnya. Patahan inilah nantinya akan menimbulkan sumber gempa bumi (Natawidjaja, 2008). Menurut Munir (1995: 143), "Gempa bumi yang dasyat akan mengakibatkan berubahnya susunan lapisan bumi". Berdasarkan hal tersebut diperkirakan gempa bumi dapat menyebabkan berubahnya struktur batuan termasuk batuan dasar.

Batuan dasar memiliki peranan penting dalam perencanaan pembangunan infrastruktur pada suatu daerah. Jenis dan kedalaman batuan

dasar di bawah permukaan bumi dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam membangun suatu infrastruktur. Keberadaan batuan dasar dapat dijadikan pedoman dalam konstruksi jalan raya dan bangunan (Rafferty. 2012 : 66). Sifat batuan dasar yang memiliki tekstur keras, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan dalam pemberian beban terhadap permukaan bumi akibat pembangunan infrastruktur di atas permukaannya.

Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi merupakan salah satu daerah yang perlu diketahui informasi mengenai jenis dan kedalaman batuan dasarnya. Daerah ini merupakan daerah pemukiman penduduk dengan jumlah penduduk 38.510 jiwa dan luas wilayah sekitar 6.931 km² (Pemerintah Kota Bukittinggi. 2015). Mengingat Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi masih dalam tahap pembangunan, maka informasi tentang keberadaan dan jenis batuan dasar sangat dibutuhkan. Informasi tersebut dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi. Informasi rinci tentang batuan dasar sangat penting dalam memperkirakan keberadaan dan jenis batuan dasar.

Keberadaan dan jenis batuan dasar penyusun lapisan bawah permukaan bumi dapat diperkirakan menggunakan metode Geolistrik Tahanan Jenis. Eksplorasi batuan dasar menggunakan metode Geolistrik dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik kedalam permukaan bumi dan mengukur beda potensial yang ditimbulkan di permukaan bumi. Tahanan jenis lapisan batuan bawah permukaan bumi dihitung dengan menggunakan hukum Ohm, maka

nilai tahanan jenis dapat diidentifikasi batuan penyusun lapisan bawah permukaan bumi.

Metode Geolistrik memiliki beberapa konfigurasi yaitu *Wenner*, *Schlumberger*, *Dipole-dipole* dan lainnya. Konfigurasi *Dipole-dipole* memiliki penetrasi yang lebih dalam dibandingkan dengan konfigurasi *Wenner*, *Schlumberger*, dan *square*, selain itu konfigurasi *Dipole-dipole* sangat baik untuk pengukuran CST (*Constant Separation Traversing*) (Reynolds. 1997: 433). Pengukuran CST lebih dikenal sebagai metode *Profiling Horizontal* yang digunakan untuk menentukan variasi nilai tahanan jenis secara horizontal. Konfigurasi *Dipole-dipole* memiliki resolusi tinggi dibandingkan dengan konfigurasi lain (Zhou et al, 2000: 761). Resolusi tinggi memungkinkan membedakan struktur yang terletak lebih dalam. Oleh karena itu, kedalaman batuan dasar sangat cocok diidentifikasi menggunakan konfigurasi *Dipole-dipole*.

Metode analisis data yang digunakan adalah metode inversi *Robust 2 Dimensi (Robust 2D)*. Metode inversi *Robust 2D* memberikan hasil yang baik dalam menggambarkan model resistivitas pada daerah yang memiliki batas lapisan yang tajam dibandingkan dengan metode inversi *Least Square* (Loke.2013: 53). Lapisan Geologi bawah permukaan bumi yang terdiri dari sejumlah daerah dengan batas antar lapisan yang berbeda sangat cocok diinterpretasi menggunakan metode *Robust 2D*. Metode *Robust 2D* untuk menghasilkan pencitraan yang lebih baik dan lebih tajam. Pencitraan yang

lebih baik dan tajam dapat dimanfaatkan untuk interpretasi data dalam mengestimasi jenis dan kedalaman batuan dasar di daerah penelitian.

Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul “estimasi kedalaman batuan dasar menggunakan metode inversi *Robust 2-D* data Geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Dipole-dipole* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi”. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang jenis dan kedalaman batuan dasar daerah penelitian. Informasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan infrastruktur di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat dibuat identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Belum diketahui jenis dan kedalaman batuan dasar yang terdapat di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.
2. Belum diketahui nilai batuan dasar yang terdapat di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan, maka dirumuskan masalah penelitian ini yaitu “Berapakah kedalaman batuan dasar jika ditinjau dengan metode inversi *Robust 2D* data Geolistrik Tahanan Jenis konfigurasi *Dipole-dipole* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi ?”

D. Pembatasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan dan daerah penelitian, maka perlu adanya batasan masalah, sebagai berikut:

1. Lokasi pengukuran dibatasi pada 5 lintasan. Lintasan 1 memiliki panjang lintasan 280 m, lintasan 2 memiliki panjang lintasan 315 m, lintasan 3 memiliki panjang lintasan 315 m, lintasan 3 memiliki panjang lintasan 315 m dan lintasan 5 memiliki panjang lintasan 315 m. Panjang lintasan pengukuran dipilih sesuai dengan panjang maksimum kabel elektroda. Jumlah kabel yang digunakan pada saat pengukuran berjumlah 8 gulung. Satu gulung kabel elektroda terdiri dari 8 buah elektroda, sehingga elektroda yang digunakan adalah 64 secara bersamaan. Jarak spasi maksimum antar elektroda adalah 5 m, sehingga panjang lintasan maksimum secara otomatis adalah 315 m. Lintasan 1 memiliki panjang 280 m disebabkan oleh lebar lokasi yang dapat untuk membentangkan kabel terbatas.
2. Material bawah permukaan diestimasi berdasarkan nilai tahanan jenis.

E. Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan pada penelitian ini adalah berapakah kedalaman batuan dasar ditinjau dengan menggunakan metode Inversi *Robust 2-D* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Dipole-dipole* di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.

F. Tujuan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan dapat menjawab pertanyaan penelitian yang telah diuraikan, ditetapkan beberapa tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui :

1. Mengetahui tahanan jenis batuan dasar penyusun lapisan bawah permukaan bumi di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.
2. Mengetahui jenis batuan dasar penyusun lapisan bawah permukaan bumi di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.
3. Mengetahui kedalaman batuan dasar lapisan bawah permukaan bumi di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.

G. Manfaat Penelitian

Penelitian tentang kedalaman batuan dasar ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kontribusi yaitu :

1. Memberikan informasi tentang kedalaman dan jenis batuan dasar penyusun lapisan bawah permukaan bumi di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.
3. Peneliti selanjutnya dalam melakukan penelitian baik dibidang Geologi maupun Geofisika lainnya yang berkaitan dengan batuan dasar di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

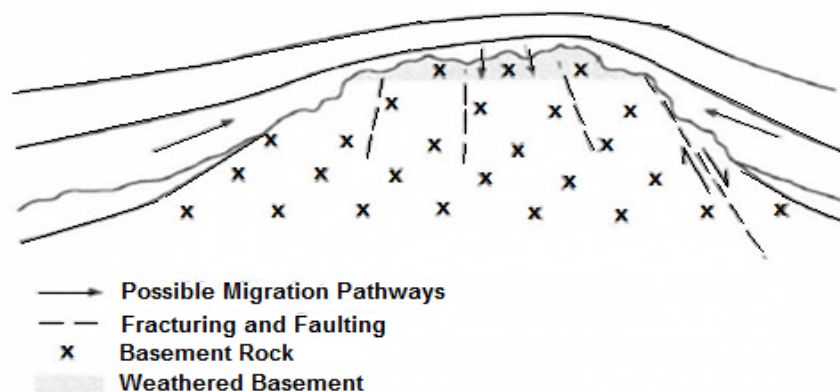
A. Batuan Dasar

Batuan merupakan padatan yang mengandung satu atau beberapa jenis mineral. Batuan terbentuk dari pembekuan magma yang meleleh ke permukaan bumi. Permukaan bumi yang memiliki suhu yang lebih rendah dari dalam bumi maka magma yang meleleh tersebut akan membeku membentuk padatan atau batuan.

Menurut Samodra (2008: 279), “Batuan dasar adalah batuan yang tersingkap di sekitar gunung api dan sebagai alas dari jenis batuan yang dihasilkan oleh gunung api tersebut”. Batuan dasar umumnya menjadi dasar tipe batuan yang ada di atasnya.

Batuan dasar memiliki karakteristik yang menjadi pembeda dengan batuan lainnya. Karakteristik reservoir batuan dasar adalah sebagai berikut:

- a. Reservoir batuan dasar dapat terbentuk dari posisi *uplift* (terangkat) hingga lapisan dasar seperti pada Gambar 1.
- b. Reservoir batuan dasar terbentuk di bawah lapisan yang tidak selaras.
- c. Ruang pori-pori batuan dasar terdiri dari celah tektonik dan patahan.
- d. Semakin ke atas tingkat pelapukan batuan dasar semakin meningkat.



Gambar 1. Karakteristik Reservoir Batuan Dasar (Luthi. 2005: 96)

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa reservoir batuan dasar terdapat pada *uplift* (terangkat). Posisi *uplift* ini terus naik secara kontinu selama periode waktu yang panjang tergantung pada waktu pelapukan dan erosi. Struktur pada batuan dasar tersebut dibentuk oleh patahan tektonik yang kemudian ditutupi oleh sedimen. Sedimen muda yang terdapat pada bagian lereng ataupun bagian yang kontak langsung dengan batuan dasar memberikan peluang untuk terbentuknya jebakan minyak bumi pada batuan dasar sehingga memberikan peluang adanya kandungan minyak bumi pada batuan dasar. Batuan dasar selalu berada di bawah lapisan yang tidak selaras. Ketidakselarasan tersebut berperan penting pada reservoir batuan dasar karena dapat menjadi jalur untuk migrasi minyak bumi.

Batuan dasar memungkinkan terjadinya porositas sekunder karena rendahnya nilai porositas pada batuan ini. Menurut Sircar (2004: 148),

“Porositas sekunder yang terjadi pada batuan dasar dibagi atas 2, yaitu:

1. Porositas Tektonik, yaitu berupa patahan, sesar dan sebagainya.
2. *Dissolution Porosity* yaitu efek dari adanya pelarutan pada wilayah pelapukan ataupun dapat juga terjadi pada wilayah sesar sampai wilayah yang dipengaruhi sirkulasi hidrotermal.”

Porositas sekunder terbentuk sesudah batuan sedimen terendapkan.

Batuan dasar memiliki porositas dan permeabilitas yang sangat rendah. Hal ini disebabkan batuan dasar memiliki nilai tahanan jenis yang cukup tinggi. Menurut Gutmanis (2010: 4), “Nilai porositas batuan dasar adalah antara 0,1 – 1% dan nilai permeabilitas batuan dasar kecil dari 0,5% kecuali pada zona lapuk yaitu 5 – 10%”. Nilai porositas dan permeabilitas yang rendah

menyebabkan kurang memiliki pori dan kurang menyerap air sehingga arus listrik sedikit mengalir melalui batuan dasar.

Batuan dasar dapat ditemukan di permukaan bumi sampai kedalaman tertentu. Batuan dasar merupakan batuan yang paling tua diantara batuan yang ada disekitar wilayahnya. Batuan dasar yang dimiliki setiap daerah berbeda satu sama lainnya tergantung pada sejarah Geologi daerah tersebut, sehingga batuan dasar dapat berupa batuan beku, batuan sedimen maupun metamorf.

1. Batuan Beku

Batuan beku merupakan batuan yang terbentuk oleh magma yang keluar menuju permukaan bumi membentuk lava. Akibat bersentuhan dengan udara, lava mengalami pendinginan. Lava yang sudah dingin tersebut membentuk batuan beku. Batuan beku adalah batuan yang terbentuk dari pembekuan magma cair dari dalam bumi (Hanifah, 2010 :22). Batuan beku merupakan fase awal terbentuknya batuan lain sehingga batuan beku disebut juga batuan induk.

Batuan beku tersusun dari kristal-kristal halus bercampur kasar sehingga memiliki bentuk seperti kristalin (Munir, 1996 :54). Kristal yang halus terbentuk oleh pembekuan magma yang cepat, sedangkan kristal yang kasar merupakan kristal-kristal batuan *plutonis* (batuan dalam) yang terbawa ketika magma menyusup ke atas.

Berdasarkan proses terbentuknya batuan beku terbagi atas 2 yaitu: batuan beku *intrusive* dan batuan beku *ekstrusive*. Batuan beku *intrusive* terbentuk ketika massa magma mendingin dan mengeras jauh di bawah

tanah (Skinner dan Porter, 1987 :70). Contoh batuan beku *intrusive* antara lain : granit, pegmatid, diabas (dolorit), basalt, gabro dan monsonit. Batuan beku *ekstrusive* terbentuk oleh pembekuan aliran magma di atas permukaan bumi (Skinner dan Porter, 1987 :71). Contoh batuan beku *ekstrusive* ini adalah : batuan *andesite*, batu apung dan *obsidian* (batu kaca).

2. Batuan Sedimen

Batuan sedimen adalah batuan yang terjadi karena pengendapan materi yang dialirkan oleh air, udara dan es sehingga terjadi perubahan fisik dan kimiawi. Batuan sedimen sebagian besar ditemukan dipermukaan bumi, dimana membentuk lapisan tipis yang tidak dijumpai pada batuan beku dan batuan metamorf (Skinner dan Porter, 1987: 100). Batuan sedimen merupakan hasil pengendapan dari batuan beku, batuan metamorf dan batuan sedimen lainnya yang mengalami pelapukan terbawa pergi dan mengalami pengendapan.

Batuan sedimen memiliki sifat-sifat utama, yaitu :

- a. Adanya bidang perlapisan yaitu struktur sedimen yang menandakan proses sedimentasi.
- b. Sifat klastik atau fragmen yang menandakan bahwa butir-butir pernah lepas.
- c. Adanya bekas-bekas tanda kehidupan (fosil).
- d. Bersifat halus.

Batuan sedimen digolongkan atas tiga bagian utama berdasarkan tenaga hasil pelapukan dan erosi yaitu : sedimen akuatis, sedimen

aeolis/aeris, sedimen glasial. Batuan sedimen juga digolongkan menjadi 3 kelas berdasarkan cara pengendapannya, yaitu sedimen klastik (*Clastic sediment*), sedimen kimia (*Chemically Precipitated Sediment*) dan sedimen organik (*Organic Sediment*) (Munir, 1996 :86).

a. Sedimen Klastik

Menurut Munir (1996 :87), “Sedimen klastik adalah akumulasi partikel-partikel yang berasal dari pecahan batuan dan sisa-sisa kerangka organisme yang telah mati”. Sedimen klastik terdiri dari mineral-mineral batuan yang sangat besar pecah menjadi bagian yang sangat kecil. Contoh batuan sedimen klastik beserta asal endapannya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Batuan sedimen klastik beserta Nama Partikel dan Endapannya.

Nama partikel	Kisaran ukuran diameter (mm)	Nama Endapan yang lepas	Nama Batuan Gabungan
Batu besar	> 256	Kerikil	Konglomerat
Kerikil kasar	64-256	Kerikil	Sedimen
Kerikil halus	2-64	Kerikil	Breksi
Pasir	1/16-2	Pasir	Batu pasir
Lumpur	1/256-1/16	Lumpur	Lumpur
Liat	<1/256	Liat	Batu liat, lumpur dan serpih

(Sumber : Skinner dan Porter, 1987:102)

Konglomerat merupakan batuan yang mengalami sedimentasi dan menjadi padat dimana butir-butir kerikilnya berbentuk bulat-bulat atau halus. Batu Konglomerat merupakan hasil alami dari pengikatan bersama reruntuhan atau kerikil (Shrock, 1948). Batu konglomerat ini ditemukan jauh dari sumbernya karena mengalami proses transportasi.

Breksi adalah batuan yang memiliki butir-butirnya berbentuk runcing tidak beraturan. Breksi ditemukan tidak jauh dari sumbernya karena proses transportasinya cukup dekat. Batu pasir (*sandstone*) terbentuk dari butiran-butiran pasir (*quartz*) yang ukurannya mencapai 2 mm. Batu pasir dapat terbentuk hampir di semua tempat, namun lebih sering terbentuk di dasar laut dan gurun (Taylor.2005: 69).

Lumpur berasal dari endapan partikel tanah liat yang kecil (lumpur). Lumpur umumnya terjadi di daerah yang memiliki aliran air yang tenang seperti danau ataupun laut dan sungai-sungai yang memiliki aliran air cukup tenang. Batu serpih merupakan lapisan dari tanah liat, terdiri dari pecahan lumpur, dan material organik (Shrock, 1948).

b. Sedimen Kimia

Batuan sedimen kimia terbentuk melalui presipitasi kimia yang terdiri dari campuran anorganik yang mengendap setelah dialirkan laut. Menurut Munir (1996:90) "batuan sedimen kimia yaitu yang tersangkut dalam bentuk larutan kemudian diendapkan secara kimia di tempat lain". Batuan ini agak sulit digolongkan seperti sedimen klastik karena butir-butirnya sangat kompleks. Contoh batuan sedimen kimia yaitu: Batu tetes (Stalagtit dan Stalagnit), lapisan garam, *Limestone*, *Gypsum*, Hematit dan lain-lain.

c. Sedimen Organik

Batuan sedimen organik terbentuk dari gabungan sisa-sisa makhluk hidup baik tumbuhan maupun hewan yang telah mati. Menurut Munir

(1996: 91) "batuan sedimen organik/organogen, yaitu batuan sedimen yang dibentuk atau diendapkan oleh organisme". Ciri-ciri batuan sedimen organik, yaitu: berlapis-lapis, lebih lunak, berwarna terang dan tempat utama fosil. Contoh batuan sedimen organik ini adalah : Batu bara, Endapan diatomae/kerangka silika/kersik, karang.

3. Batuan Metamorf

Batuan metamorf adalah batuan yang berasal dari batuan sebelumnya yang mengalami perubahan bentuk tekstur. Batuan Metamorf merupakan batuan sedimen yang telah mengalami transformasi (perubahan bentuk) akibat adanya pengaruh perubahan suhu, tekanan, cairan atau gas aktif (Hanifah, 2010 :23). Misalnya *shale* yang merupakan batuan sedimen berubah menjadi *slate* akibat tekanan tinggi, batu kapur menjadi *marble* akibat kondisi tertentu, begitu juga dengan *granite* yang dapat menjadi *gneiss*. Komposisi mineral pada batuan metamorf yaitu:

1. Mineral-mineral pada batuan metamorf dan batuan beku, seperti: kuarsa, *feldspar*, muskovit, bijih besi, piroksin dan olivin.
2. Mineral-mineral pada batuan metamorf dan batuan sedimen, seperti: kuarsa, muskovit, kalsit dan dolomit.
3. Mineral-mineral petunjuk pada batuan metamorf, seperti: garnet, andalusit, kianit, klorit, epidot, staurolit dan silimanit.

B. Tahanan Jenis Batuan

Berdasarkan kemampuan dalam menghantarkan arus listrik, material dikelompokkan menjadi tiga yaitu: konduktor, semikonduktor dan isolator.

Konduktor merupakan material yang dapat menghantarkan arus listrik karena banyak memiliki elektron bebas, sebaliknya 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.

Aliran arus listrik di dalam material dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik. dan konduksi secara dielektrik. Konduksi elektronik terjadi jika batuan/mineral mempunyai banyak elektron bebas, sehingga arus listrik yang mengalir dalam batuan/mineral dilalui oleh elektron bebas. Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan/mineral bersifat porus dan pori-pori tersebut terisi cairan-cairan elektrolitik. Konduktivitas dan tahanan jenis batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya tahanan jenis akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang. Konduksi dielektrik terjadi jika batuan/mineral bersifat dielektrik artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak sama sekali. Namun karena adanya pengaruh dari medan listrik luar, elektron dalam bahan akan terpolarisasi (Telford et al, 1990: 284).

Hubungan antara rapat arus J dengan kuat medan listrik E menurut Hukum Ohm dapat dinyatakan pada Persamaan (1) :

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

dimana σ adalah konduktivitas listrik. Jika besar kuat medan listrik diberikan oleh Persamaan (2) :

$$E = \frac{V}{L} \quad (2)$$

maka diperoleh :

$$J = \sigma \frac{V}{L} \quad (3)$$

sehingga kuat arus dapat ditulis :

$$I = JA = \sigma \frac{A}{L} V \quad (4)$$

Persamaan (4) memperlihatkan σ adalah konstanta, arus total I sebanding dengan beda potensial V . Perbandingan antara V dengan I pada konduktor disebut resistansi.

$$R = \frac{V}{I} \quad (5)$$

Hubungan resistansi dengan tahanan jenis pada suatu logam konduktor dinyatakan dengan menggunakan Persamaan (4) dan (5), yaitu :

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{A} \quad (6)$$

Persamaan (6) memperlihatkan hubungan antara tahanan jenis dan kuat arus. Semakin besar nilai tahanan jenis suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan kuat arus listrik. Sebaliknya, semakin kecil nilai tahanan jenis suatu bahan maka semakin mudah bahan tersebut menghantarkan arus listrik. Tahanan jenis memiliki hubungan berbanding terbalik dengan konduktivitas, seperti pada Persamaan (7) berikut:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (7)$$

dimana σ adalah konduktivitas bahan $(\Omega\text{m})^{-1}$. Jenis batuan dapat diketahui berdasarkan nilai dari tahanan jenis batuan.

Nilai tahanan jenis untuk batuan bervariasi. Menurut Telford et.al (1990: 289) "secara umum berdasarkan harga tahanan jenis dalam menghantarkan arus listrik, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu : konduktor baik ($10^{-8} \Omega\text{m} < \rho < 1 \Omega\text{m}$), semi konduktor ($1 \Omega\text{m} < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$), dan isolator ($\rho > 10^7 \Omega\text{m}$)". Nilai tahanan jenis batuan beku, sedimen dan metamorf ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Tahanan jenis Batuan Beku dan Batuan Metamorf

Batuan	Tahanan Jenis (Ωm)
<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>	4×10^3 (basah)
<i>Albite</i>	3×10^2 (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) – 6×10^4 (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>	60×10^4
<i>Dacite</i>	2×10^4 (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>	3×10^3 (basah) – $6,5 \times 10^3$ (kering)
<i>Hornfels</i>	8×10^3 (basah) – 6×10^4 (kering)
<i>Schists</i>	$20 - 10^4$
<i>Tulsts</i>	2×10^3 (basah) – 10^5 (kering)
<i>Graphite schists</i>	$10 - 10^2$
<i>Slate (various)</i>	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
<i>Gneiss (various)</i>	$6,8 \times 10^4$ (basah) – 3×10^5 (kering)
<i>Marmer</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>	$10 - 2 \times 10^8$

(Sumber : Telford et.al, 1990 : 290).

Tabel 3. Tahanan Jenis Batuan Sedimen

Batuan	Tahanan jenis (Ωm)
<i>Consolidated shales</i> (serpihan gabungan)	$20 - 2 \times 10^3$
<i>Argillities</i>	$10 - 8 \times 10^2$
<i>Conglomerates</i> (Konglomerat)	$2 \times 10^3 - 10^4$
<i>Sandstones</i> (Batu pasir)	$1 - 6,4 \times 10^3$
<i>Limestones</i> (batu gamping)	$50 - 10^7$
<i>Dolomite</i>	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
<i>Unconsolidated wet clay</i> (lempung basah tidak gabungan)	20
Marls	3 – 70
Clay (lempung)	1 – 100
<i>Alluvium and sands</i>	10 – 800
<i>Oil sands</i>	4 – 800

(Sumber: Telford dkk. 1990: 290).

Tabel 2 dan 3 memperlihatkan nilai tahanan jenis batuan beku dan batuan metamorf lebih besar dibandingkan dengan batuan sedimen. Hal ini berarti batuan sedimen memiliki daya hantar listrik batuan sedimen lebih besar dibandingkan batuan beku dan batuan metamorf karena batuan sedimen memiliki konduktivitas yang lebih besar dibandingkan batuan beku dan batuan metamorf.

C. Metode Geolistrik Tahanan Jenis

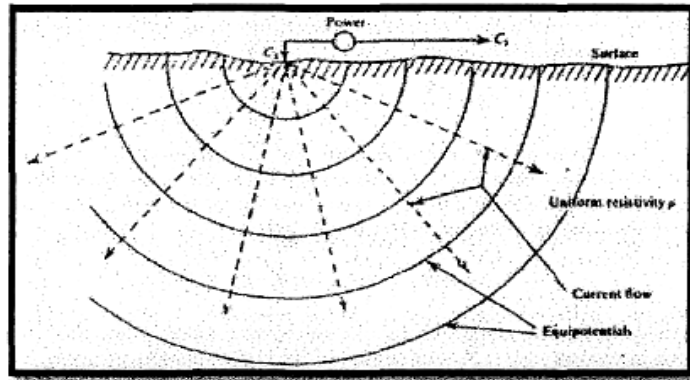
Metode Geolistrik adalah salah satu metode Geofisika yang mempelajari struktur Geologi di bawah permukaan bumi dengan memakai sifat kelistrikan. Ada beberapa metode Geolistrik yaitu: tahanan jenis, Induced Polarization (IP), Self Potensial (SP), Magnetotelluric dan lain-lain.

Menurut Nisa (2012:9), "Metode Geolistrik Tahanan Jenis merupakan salah satu metode Geofisika yang digunakan untuk penyelidikan bawah permukaan dengan memanfaatkan sifat aliran listrik di dalam permukaan bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi". Arus listrik diinjeksikan ke

dalam permukaan bumi melalui sepasang elektroda arus dan beda potensial diukur melalui sepasang elektroda potensial. Berdasarkan hasil pengukuran arus listrik dan beda potensial ini akan dapat dihitung nilai tahanan jenis pada lapisan bawah permukaan bumi.

Lapisan batuan bawah permukaan terdiri atas butiran dan pori-pori yang berisi fluida. Menurut Telford et al., (1976:445), "meskipun batuan merupakan konduktor yang lemah, namun memiliki nilai tahanan jenis yang besar disebabkan oleh poros dan poros tersebut berisi fluida". Fluida tersebut dapat berupa cairan, udara dan gas. Fluida yang mengisi pori-pori melarutkan sebagian dari mineral-mineral tersebut, sehingga fluida bersifat elektrolit atau mampu menjadi penghantar arus listrik. Kemampuan suatu bahan menghantarkan listrik disebut dengan konduktivitas. Pengukuran tahanan jenis sangat dipengaruhi oleh variasi lokal dari konduktivitas permukaan yang disebabkan oleh pelapukan dan topografi yang dapat memberikan distorsi terhadap data tahanan jenis yang terukur (Telford et al., 1976). Fluida pada material penyusun bawah permukaan bumi mempengaruhi aliran arus listrik.

Aliran arus listrik di dalam bumi diasumsikan bahwa bumi merupakan medium homogen isotropis. Ketika arus listrik dialirkan ke dalam bumi, arus listrik akan mengalir ke segala arah dan membentuk bidang equipotensial setengah bola. Penjalaran arus listrik ke dalam bumi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Titik Sumber Arus pada Permukaan dari Medium Homogen (Telford *et al*, 1990: 524).

Medium homogen isotropis dengan luas A , jika dilalui arus listrik I maka kerapatan arus ρ dapat dihitung menggunakan Persamaan (4). Persamaan (7) disubstitusikan pada Persamaan (1), maka diperoleh hubungan kerapatan arus J dengan tahanan jenis ρ yaitu:

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

Medan listrik E merupakan daerah di sekitar benda bermuatan listrik yang masih mengalami gaya listrik sehingga dapat dinyatakan dengan Persamaan (9) :

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

Medan listrik E pada Persamaan (9) disubstitusikan ke Persamaan (8) akan menunjukkan hubungan antara gradient potensial dengan tahanan jenis ρ dan kerapatan arus J pada Persamaan (10)

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

Kerapatan arus J pada Persamaan (3) disubsitusikan ke Persamaan (10) akan menghasilkan hubungan antara gradient potensial dengan luas permukaan A dan arus listrik I .

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

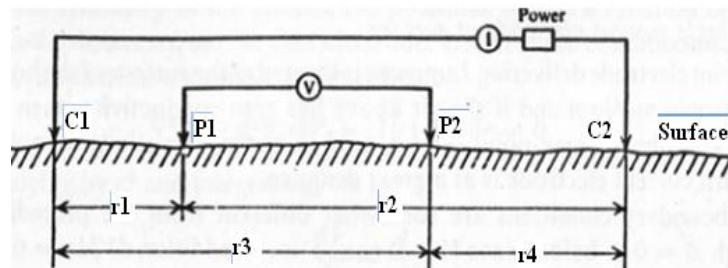
dimana luas permukaan A adalah luas permukaan ruang equipotensial setengah bola $2\pi r^2$, sehingga perbedaan potensial dV terhadap distribusi arus dr yaitu:

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

Persamaan (12) dapat diselesaikan dengan cara melakukan pengintegralan sehingga diperoleh beda potensial V pada titik r yaitu :

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

Menurut Telford et al (1990 :524). “*When the distance between the two current electrodes is finite, the potential at any nearby surface point will be affected by both current electrodes*”. (Ketika jarak diatara dua elektroda arus ditentukan, potensial pada setiap titik permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut).



Gambar 3. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Tahanan jenis ρ (Telford et al. 1990: 524).

Gambar 3 memperlihatkan 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:

$$V_1 = - \frac{A_1}{r_1} = - \frac{1\rho}{2\pi r_1} \quad (14)$$

dimana

$$A_1 = - \frac{1\rho}{2\pi} \quad (15)$$

Potensial yang disebabkan oleh C_2 pada P_1 adalah

$$V_2 = - \frac{A_2}{r_2} = - \frac{1\rho}{2\pi r_2} \quad (16)$$

dimana

$$A_2 = \frac{1\rho}{2\pi} = - A_1 \quad (17)$$

Kemudian, diperoleh

$$V_1 + V_2 = \frac{1\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (18)$$

Apabila potensial yang disebabkan oleh kedua elektroda C_1 dan C_2 diketahui, perbedaan potensial antara P_1 dan P_2 dapat dihitung dengan Persamaan (19) :

$$\Delta V = \frac{1\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (19)$$

dapat juga ditulis dengan Persamaan (20) :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (20)$$

dimana

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (21)$$

dimana K adalah faktor Geometri dari susunan elektroda, yang nilainya berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda-elektroda. Persamaan (21) menunjukkan bahwa K bergantung pada susunan atau konfigurasi elektroda yang digunakan.

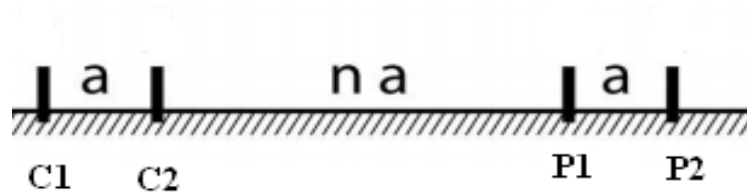
Menurut Akmam (2004: 596), "Secara umum tahanan jenis bumi tidak homogen, berarti bahwa yang terhitung dengan Persamaan (20) di atas adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity*, ρ_a)". Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium. Hal ini disebabkan karena bumi merupakan medium non homogen yang terdiri dari banyak lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi potensial listrik yang terukur. Tahanan jenis semu dilambangkan dengan ρ_a sehingga Persamaan (20) dapat ditulis menjadi:

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

Persamaan (22) disimpulkan bahwa tahanan jenis semu dipengaruhi oleh besarnya beda potensial akibat aliran arus listrik dari dalam permukaan bumi.

D. Konfigurasi *Dipole-dipole*

Konfigurasi *Dipole-dipole* merupakan salah satu konfigurasi dalam eksplorasi Geolistrik dimana jarak antara elektroda arus dengan jarak antara elektroda potensial sama. Susunan elektroda pada konfigurasi *Dipole-dipole* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Susunan Elektroda pada Konfigurasi *Dipole-dipole* (Marescot, 2009:44).

Gambar 4 menunjukkan susunan pemasangan elektroda pada pengukuran dengan metode Geolistrik. Berdasarkan Gambar 4 bahwa r_1 adalah jarak P_1 dengan C_1 , r_2 adalah jarak P_1 dengan C_2 , r_3 adalah jarak P_2 dengan C_1 dan r_4 adalah jarak antara P_2 dengan C_2 . Besar jarak r_1 , r_2 , r_3 , dan r_4 dari Gambar 4 adalah:

$$r_1 = na + a = a(n + 1) \quad (23)$$

$$r_2 = na \quad (24)$$

$$r_3 = 2a + na = a(n + 2) \quad (25)$$

$$r_4 = na + a = a(n + 1) \quad (26)$$

Persamaan (23), (24), (25) dan (26) disubstitusikan ke Persamaan faktor Geometri pada Persamaan (21) sehingga diperoleh faktor Geometri K untuk konfigurasi *Dipole-dipole* yaitu:

$$K = \pi an(n + 1)(n + 2) \quad (27)$$

Persamaan (27) disubstitusikan ke Persamaan (22) sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu untuk konfigurasi *Dipole-dipole* seperti Persamaan (28).

$$\rho_a = \pi a n(n+1)(n+2) \frac{\Delta V}{I} \quad (28)$$

dimana a merupakan jarak antara dua elektroda arus atau jarak antara dua elektroda potensial, sementara na merupakan jarak antara elektroda arus kedua (C_2) dengan elektroda potensial pertama (P_1).

E. Metode Inversi Robust

Data lapangan yang diperoleh saat pengukuran mengandung informasi mengenai sifat-sifat fisis batuan. Informasi tersebut biasanya dapat diketahui jika persamaan matematika yang menghubungkan antara data lapangan dengan sifat-sifat fisis batuan juga diketahui. Persamaan matematika tersebut mengestimasi sifat fisis batuan yang belum diketahui melalui proses inversi. Menurut Supriyanto (2007:1), “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.” Inversi juga dibutuhkan untuk mentransformasi data pengukuran kedalam bentuk interpretasi parameter fisika yang lebih mudah (Gubbins. 2004 :15). Oleh karena itu, informasi batuan yang diperoleh dari data lapangan lebih mudah diketahui menggunakan metode inversi.

Salah satu metode inversi yang digunakan dalam pengolahan data lapangan adalah inversi *Robust*. Inversi *Robust* merupakan metode inversi yang baik digunakan dalam interpretasi daerah antar batas antar lapisan bawah permukaan bumi yang berbeda. Namun inversi *Robust* juga memiliki

kelemahan yaitu metode inversi *Robust* kurang sensitif terhadap *error* pengukuran yang besar dibandingkan dengan metode *Least Squares* (Guitton *et al* 2003: 1310). Nilai *error* tersebut dapat diperkecil dengan *damping factor* yang tepat dalam pengolahan data, sehingga hasilnya lebih mendekati data yang sebenarnya.

Metode inversi *Robust* 2-D memiliki beberapa keunggulan. Metode inversi *Robust* 2-D tidak sensitif terhadap data abnormal, selain itu metode inversi ini memiliki efisiensi yang tinggi ($\geq 95\%$). Metode inversi *Robust* 2-D juga mudah diimplementasikan (Sutarno.2004: 56). Tingkat keakuratan dalam pengolahan serta interpretasi data lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode inversi *Robust*. Potensial pada model bumi berlapis dinyatakan dengan persamaan (29) (Israil.2004).

$$U(r) = \frac{I}{2\pi} \int_0^\infty T(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda \quad (29)$$

$U(r)$ adalah fungsi beda potensial terhadap lapisan per lapisan bawah permukaan bumi. Besarnya tahanan jenis semu akibat injeksi arus dapat dinyatakan dalam Persamaan 30 (Dobrin.1998: 769).

$$\rho_a(s) = s^2 \int_0^\infty T(\lambda) J_0(\lambda r) \lambda d\lambda \quad (30)$$

Dimana S adalah jarak elektroda arus. Fungsi transformasi tahanan jenis dinyatakan seperti Persamaan (31).

$$T(\lambda) = \int_0^\infty \frac{1}{s} \rho_a(s) J_0(\lambda r) ds \quad (31)$$

Dimana $T(\lambda)$ adalah fungsi transformasi dari tahanan jenis semu, juga merupakan fungsi yang bergantung pada parameter-parameter lapisan (tahanan jenis dan ketebalan). $J_0(\lambda r)$ merupakan fungsi Bessel orde nol.

Loke (2004: 50) menyatakan persamaan inversi *Robust* seperti Persamaan (32).

$$(J^T J + \lambda F_R) \Delta q = J^T R_d g - \lambda F_R q \quad (32)$$

dimana R_d adalah matriks untuk mempertajam batasan antar lapisan, J merupakan matrik Jacobian dari turunan parsial, λ adalah faktor damping, Δq adalah vektor perubahan parameter model dan g vektor *dispersi*. Vektor *dispersi* g merupakan perbedaan antara nilai-nilai tahanan jenis yang diukur dan yang dihitung. Besarnya vektor ini sering diberikan sebagai nilai RMS (*root mean-square*). Vektor perturbasi Δq adalah perubahan nilai tahanan jenis model yang dihitung.

Inversi *Robust Constraint* dapat membatasi dan meminimalkan perubahan mutlak pada nilai tahanan jenis dan dapat meminimalkan efek *outlier* dalam data pada model inversi. Inversi ini menghasilkan model antar muka yang tajam di antara daerah yang berbeda dengan nilai tahanan jenis yang berbeda.

F. Penelitian-penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai batuan dasar menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis telah dilakukan di beberapa daerah di Indonesia. Kurniawan (2013) melakukan penelitian tentang estimasi kedalaman batuan dasar di Desa Kampung Kecamatan Padang Panjang Barat. Penelitian ini yang terdiri dari 4 lintasan pengukuran menemukan batuan dasar jenis *Andesite* pada lintasan

dan kedalaman yang berbeda dengan nilai tahanan jenis batuan *Andesite* berkisar antara 170-790 Ω m. Pada lintasan 1, batuan dasar diduga pada kedalaman lebih dari 58,20 m. Lintasan 3 terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih 14,80 m.

Rizalmi (2013) juga melakukan penelitian tentang estimasi kedalaman batuan dasar di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar. Penelitian melakukan pengukuran sebanyak 4 lintasan pengukuran menemukan batuan dasar pada lintasan 2 dan 3. Lintasan 2, terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 23,85 m dengan nilai tahanan jenis 0,314 - 314,3 Ω m. Lintasan 3, terdapat batuan dasar pada kedalaman 43,4 m dengan nilai tahanan jenis 0,965 - 895 m. Jenis batuan dasar yang diduga merupakan jenis batuan dasar *Andesite* yang menjadi dasar batuan bagi lapisan batuan di atasnya, yaitu *Clays*, *Sandstones*, *Alluvium* dan *Sands*.

Margaworo (2009) juga melakukan identifikasi batuan dasar di Desa Kroyo, Karang Malang, Kabupaten Sragen. Pada penelitian menemukan batuan dasar pada kedalaman 100.9 m, semakin ke utara daerah penelitian lapisan batuan yang ditemukan menipis dan berada pada lapisan atas. Penelitian ini merekomendasikan untuk penelitian struktur ringan dapat dibangun pada lapisan lempung yang berada pada kedalaman hingga 36.7 m, Pembangunan untuk konstruksi berat dapat dibangun pada batuan dasar.

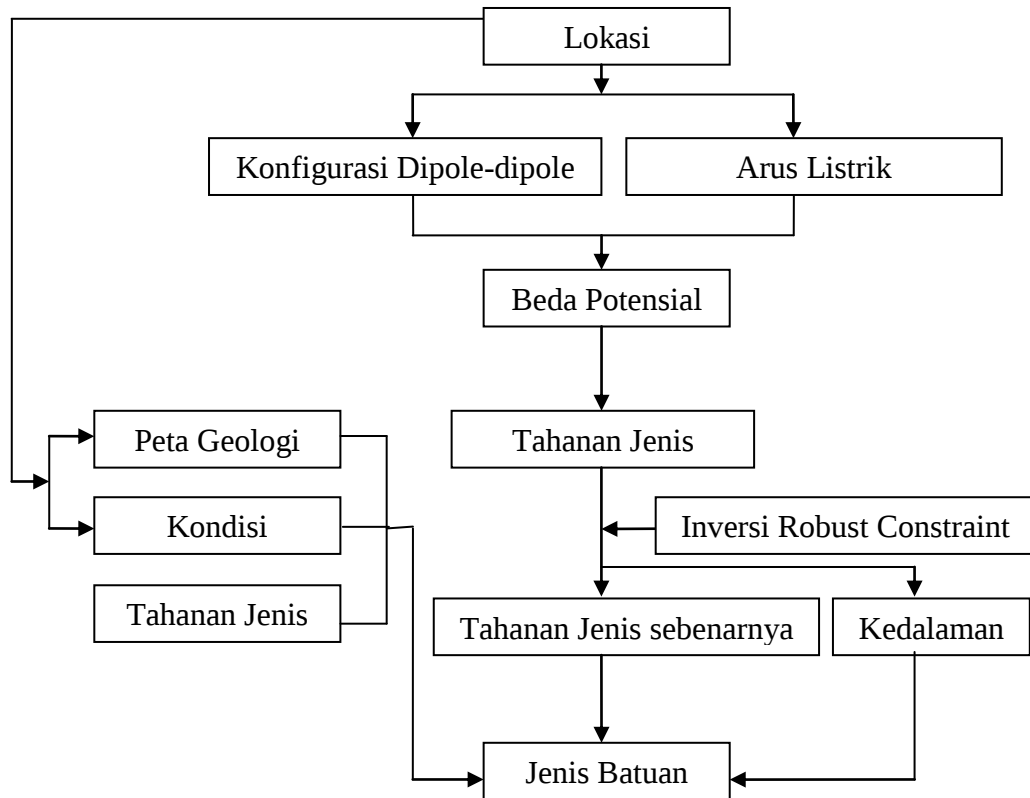
G. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi. Menurut Bappeda Kota Bukittinggi (2008) daerah Bukit Apit Puhun berbatasan langsung dengan Ngarai Sianok. Kondisi Geologi Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi ditunjukkan oleh lampiran 1. Berdasarkan lampiran 1 diketahui bahwa wilayah Bukittinggi dan sekitarnya didominasi oleh kelompok batuan beku yang berasal dari aktivitas Gunung api. Lampiran 1 menunjukkan bahwa pada bagian barat di sepanjang Ngarai Sianok terdapat batu pasir Breksian dan di bagian utara dan tengah terdapat batu pasir tufaan. Berikut merupakan peta Geologi Kota Bukittinggi.

H. Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir pada penelitian ini menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis. Metode ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik ke bawah permukaan bumi melalui elektroda arus dan elektroda potensial. Saat arus listrik dialirkan ke bawah permukaan bumi, beda potensial akan terukur di permukaan bumi. Jadi variabel yang terukur pada metode ini adalah kuat arus, beda potensial dan jarak spasi elektroda. Variabel-variabel yang terukur ini kemudian diolah menggunakan inversi *Robust Constraint* sehingga diperoleh tahanan jenis lapisan bawah permukaan bumi. Kedalaman akan diperoleh berdasarkan jarak spasi elektroda. Semakin panjang jarak spasi elektroda maka semakin dalam kedalaman yang diperoleh. Susunan elektroda tersebut harus

sesuai dengan konfigurasi yang digunakan. Untuk penelitian ini menggunakan konfigurasi *Dipole-dipole* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Kerangka Berfikir Penelitian

Gambar 5 menjelaskan bahwa data tahanan jenis diinterpretasikan dengan cara membandingkan dengan tabel tahanan jenis dan Geologi daerah penelitian sehingga diperoleh suatu kesimpulan yaitu lapisan batuan dasar bawah permukaan bumi.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Batuan dasar pada lintasan pengukuran ditemukan pada setiap lintasan pengukuran dengan tahanan jenis berbeda. Nilai tahanan jenis batuan dasar pada lintasan 1 berkisar antara 440,5 Ω m – 7598 Ω m. Nilai tahanan jenis batuan dasar pada lintasan 2 berkisar antara 352 Ω m – 6809 Ω m. Nilai tahanan jenis batuan dasar pada lintasan 3 berkisar antara 345 Ω m - 6809,3 Ω m. Nilai tahanan jenis batuan dasar pada lintasan 4 berkisar antara 439 Ω m - 4811 Ω m. Nilai tahanan jenis batuan dasar pada lintasan 5 berkisar antara 486,5 Ω m - 1585 Ω m.
2. Jenis batuan dasar penyusun lapisan bawah permukaan bumi di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi diestimasi sebagai batuan dasar jenis *Andesite*.
3. Kedalaman batuan dasar pada setiap lintasan berbeda. Lintasan 1 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 7,5 m titik pengukuran 80,5 m dan kedalaman lebih dari 23,4 m pada titik pengukuran 170 m. Lintasan 2 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 9,9 m titik pengukuran 85 m dan kedalaman lebih dari 13,6 m pada titik pengukuran 237,5 m. Lintasan 3 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 14 m titik pengukuran 64 m. Kedalaman lebih dari 14,1 m pada titik pengukuran 157,5 m dan kedalaman lebih dari 13,5 m

pada titik pengukuran 227,5 m. Lintasan 4 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 9,46 m titik pengukuran 62,5 m dan kedalaman lebih dari 7,46 m pada titik pengukuran 157,5 m. Lintasan 5 diduga terdapat batuan dasar pada kedalaman lebih dari 8,4 m titik pengukuran 85 m dan kedalaman lebih dari 8,9 m pada titik pengukuran 157,5 m.

B. Saran

1. Hasil penelitian ini dapat direkomendasikan kepada Walikota Bukittinggi sebagai acuan dalam pembangunan infrastruktur di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi untuk mengantisipasi pembebanan yang berlebihan.
2. Dilakukan penelitian lanjutan dengan metode lain di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi sebagai perbandingan keberadaan batuan dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmam. (2004). "Existence of Spring in Batulimbak Village Simawan Kecamatan Rambatan Kabupaten Tanahdatar". *Jurnal Prosiding Seminar PPD Forum HEDS 2004 Bidang MIPA*, ISBN 979-95726-7-3. Hlm 593-608.
- Dobrin, Milton B, Salvit Carl H. 1998. *Introduction to Geophysical Prospecting*. Singapore : McGraw-Hill Internasional editions.
- Getis, Arthur. Getis, Judith and Fellmann, Jerome. (1988). *Introduction to Geography*. Iowa: Wm. C. Brown Publishers.
- GF Instruments, s.r.o.2007. *Short Guide for Resistivity Imaging*. Jecna. Geophysical Equipment and Services.
- Gubbins, David. 2004. *Time Series Analysis dan Inverse Theory for Geophysicists*. New York : The Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Guitton, Antoine. Symes, William. (2003). "Robust Inversion of Seismic Data Using the Huber Norm". *Jurnal. Geophysics* Vol 68. No 4 July-August 2003. Hlm. 1310-1319.
- Gutmanis, Jon. (2010). "Hydrocarbon Production From Fractured Basement Formation". *Jurnal. Geoscience Limited* Versi 9. Hlm. 1-40.
- Hanifah, Kemas Ali. 2010. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada: Jakarta.
- Israil et al. 2004. "Determining Sharp layer Boundaries From Straightforward Inversion of Resistivity Sounding Data". *Jurnal. J.Ind.Geophys. Union*. Vol.8, No.2, pp. 125 – 133.
- Kurniawan, Basra. (2012). "Estimasi Kedalaman Batuan Dasar di Desa Kampung Manggis Kecamatan Padang Panjang Barat Menggunakan Metoda Inversi Robust 2D Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner". *Skripsi tidak diterbitkan*. FMIPA UNP.
- Loke, M. H. 2004. 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Geophysics. Malaysia
- Loke, M. H. 2013. 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Geophysics. Malaysia
- Luthi, S,M. (2005). "Fractured Reservoir Analysis Using Modern Geophysical Well Techniques: Application to Basement Reservoirs in Vietnam". *Jurnal. Geological Society*. Hlm. 95-106.

- Marescot, Laurent. (2009). *Electrical Surveying*. Swiss: University of Fribourg.
- Margawo, Ayu. (2009). “Identifikasi Batuan Dasar di Desa Kroyo, Karang Malang Kabupaten Sragen Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-dipole”. Skripsi diterbitkan. Surakarta : FMIPA Universitas Sebelas Maret
- Munir, Moch. 1995. *Geologi dan Mineralogi Tanah*. Malang: Pustaka Jaya.
- Natawidjaja, Danny Hilman. 2008. Pedoman Analisis Bahaya dan Risiko Bencana Gempabumi. Dipersiapkan untuk BNPB/SCDRR.
- Nisa, Khoirun dkk. 2012.”Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Zona Intrusi Air laut di Kecamatan Genuk Semarang”. *Berkala Fisika*. Vol. 15, No.1, Januari 2012. Hlm 7-14.
- Pemerinta Kota Bukittinggi :
<http://www.bukittinggikota.go.id/index.php?class=text&file> id=101 diunduh tanggal 20 Januari 2015
- Rafferty, John.P. 2012. *Geological Sains*. New York: Britannica Educational Publishing.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: Jhon Geophysicsin Hidrogeological and Wiley and Sons Ltd.
- Rizalmi, Nelvira. 2013. “Estimasi Kedalaman Batuan Dasar Berdasarkan Nilai Tahanan Jenis Data Menggunakan Metoda Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar”. *Pillar of Physics*, Vol 1. April 2013, 01-08
- Samodra, Hanang. 2008. “Geologi Batuan Dasar Gunung Ciremai Jawa Barat”. *Jurnal Geologi Indonesia* 4(5). Hlm. 279-287.
- Sircar, Anirbid. (2004). “Hydrocarbon Production from Fractured Basement Formations”. *Jurnal*. Current Science. Vol.87. No.2. Hlm 147-151.
- Shorck, Robert R. 1948. *A Clasification of Sedimentary Rocks*. The Journal Of Geologi, Vol. 56, No. 2. Hal. 118-129.
- Skinner, Brian J. Dan Stephen C. Porter. 1987. *Physical Geologi*. Canada. Von Hoffman Press.
- Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*. Departemen Fisika-FMIPA Universitas Indonesia.

- Sutarno, Dodi (2004). "Pengolahan Data Fisika Bumi". Departemen Fisika:ITB
- Taylor, Barbara. 1995. *Batuan, Mineral dan Fosil*. Jakarta : Erlangga.
- Telford, W.M. Geldart, L.P, Sheriff R.E and Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysics*. USA : Cambridge University Press.
- Wahid, Abdul. 2011. Aplikasi Geolistrik Resistivitas untuk Melihat Struktur Perlapisan Batuan Daerah Longsor. *Media Exacta*. Vol 11. No 1. Januari 2011
- Zhou et al. 2000. *Reliability of Dipole-dipole Electrical Resistivity Depth to Bedrock in Covered Karst Terranes*. USA: P. E. LaMoreaux and Associates Inc.