

**ANALISIS DATA RESISTIVITAS UNTUK IDENTIFIKASI
FLUIDA DI DAERAH PROSPEK PANASBUMI
WAY RATAI KABUPATEN PESAWARAN**
(Skripsi)

Oleh

RIYAN MARULY



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

RESISTIVITY DATA ANALYSIS FOR IDENTIFICATION FLUIDA IN GEOTHERMAL PROSPECT AREA WAY RATAI PESAWARAN

By

RIYAN MARULY

The research of resistivity data analysis for identification fluid in geothermal prospect area Way Ratai Pesawaran. The research has done in order to identification geothermal fluid based on resistivity 2D data analysis and to determine lithology the bottom layer of the surface in geothermal prospect area based on the results of a cross section resistivity 2D. The research of using geoelectricity method Wenner-Schlumberger configuration as many sixth line. From the results of data processing suspected is the flow of hot water geothermal indicated by low value resistivity (only contained in line 1, 2 and line 6) and also obtained lithology beneath the surface. In the line 1 expected there are three lithology consisting of the sand layer suspected be a medium for fluid geothermal, situated at a distance 120-160 m with the depth of 25-35 m, inserted alluvial and sand as well as basalt. In the line 2 expected there are three lithology consisting of the sand layer suspected be a medium for fluid geothermal, situated at a distance 110-240 m with the depth of 5-35 m, clay and gravel. While in the line 3, 4, and line 5 expected only have one lithology is clay. And in the line 6 expected there are two lithology consisting of the sand layer suspected be a medium for fluid geothermal, situated at a distance 110-240 m and 200-210 m with the depth of 5-40 m and 10-20 m, as well as clay.

Keywords: Geothermal, Resistivity, Wenner-Schlumberger

ABSTRAK

ANALISIS DATA RESISTIVITAS UNTUK IDENTIFIKASI FLUIDA DI DAERAH PROSPEK PANASBUMI WAY RATAI KABUPATEN PESAWARAN

Oleh

RIYAN MARULY

Telah dilakukan penelitian mengenai analisis data resistivitas untuk identifikasi fluida di daerah prospek panasbumi Way Ratai Kabupaten Pesawaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi fluida panasbumi berdasarkan analisis data resistivitas 2D dan menentukan litologi lapisan bawah permukaan di wilayah prospek panasbumi Way Ratai berdasarkan hasil penampang resistivitas 2D. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger sebanyak 6 lintasan. Dari hasil pengolahan data yang diduga merupakan aliran fluida *geothermal* (panasbumi) ditunjukkan oleh nilai resistivitas rendah (hanya terdapat pada lintasan 1, 2, dan lintasan 6) dan juga diperoleh litologi bawah permukaannya. Pada lintasan 1 diduga terdapat tiga litologi yaitu lapisan pasir yang diduga merupakan media bagi fluida *geothermal* (panasbumi), terletak pada jarak 120-160 m dengan kedalaman 25-35 m, sisipan aluvial dan pasir serta basalt. Pada lintasan 2 diduga terdapat tiga litologi yaitu lapisan pasir yang diduga merupakan media bagi fluida *geothermal* (panasbumi), terletak pada jarak 110-240 m dengan kedalaman 5-35 m, lapisan lempung, dan kerikil. Sedangkan pada lintasan 3, lintasan 4, lintasan 5 diduga hanya mempunyai satu litologi yaitu lapisan lempung. Dan lintasan 6 diduga terdapat dua litologi yaitu lapisan pasir yang diduga merupakan media bagi fluida *geothermal* (panasbumi), terletak pada jarak 120-140 m dan 200-210 m dengan kedalaman 5-40 m dan 10-20 m, serta lapisan lempung.

Katakunci:panasbumi (*geothermal*), resistivitas, Wenner-Schlumberger

**ANALISIS DATA RESISTIVITAS UNTUK IDENTIFIKASI
FLUIDA DI DAERAH PROSPEK GEOTHERMAL
WAY RATAI KABUPATEN PESAWARAN**

Oleh
RIYAN MARULY

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada
Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **ANALISIS DATA RESISTIVITAS UNTUK IDENTIFIKASI FLUIDA DI DAERAH PROSPEK GEOTHERMAL WAY RATAI KABUPATEN PESAWARAN**

Nama Mahasiswa : **RIYAN MARULY**

No. Pokok Mahasiswa : **0915051028**

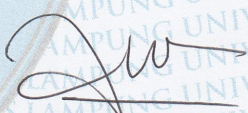
Jurusan : **Teknik Geofisika**

Fakultas : **Teknik**

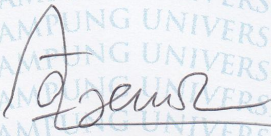
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing,


Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.
NIP 19730715 200012 1 002


Rustadi, S.Si., M.T.
NIP 19720511 199703 1 000

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika


Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720912 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**

Sekretaris : **Rustadi, S.Si., M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.**

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 November 2016

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Desember 2016



Riyan Maruly

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 7 Nopember 1989. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Sofian dan Ibu Riana Siahaan. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Sejahtera IV pada tahun 2002. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 10 Bandar Lampung pada tahun 2005. Dan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 16 Bandar Lampung pada tahun 2008.

Pada tahun 2009 penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung. Didalam organisasi jurusan penulis terdaftar sebagai sekretaris bidang kaderisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana Universitas Lampung pada periode 2011/2012. Pada periode 2012/2013 penulis menjabat sebagai ketua Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Regional Sumatera. Didalam pengaplikasian ilmu di bidang Geofisika penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di PT. Aneka Tambang (Antam) *Persero* pada bulan Januari tahun 2013.

Pada tahun 2016 penulis melaksanakan Penelitian Tugas Akhir untuk penulisan Skripsi di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung selama dua bulan. Hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada tanggal 24 Nopember 2016 dengan skripsi yang berjudul **“Analisis Data Resistivitas Untuk Identifikasi Fluida di Daerah Prospek Panasbumi Way Ratai Kabupaten Pesawaran”**.

Skripsi ini Saya Persembahkan Untuk:

Ayahanda tercinta Bapak Sofian

Dan Ibunda tercinta Ibu Riana Siahaan

Adikku tersayang Rika Warda Julianti, S.Pd

Kakakku tercinta Rita Elisabet, A.Md.Kep.

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2009

Keluarga Besar Teknik Geofisika UNILA

Almamater Tercinta Universitas Lampung

Serta

Semua Guru yang telah berjasa memberikan ilmu yang bermanfaat

dan menginspirasi saya dalam segala hal.

MOTTO

“Orang-orang yang beriman dan berhijrah serta berjihad di jalan ALLAH dengan harta, benda, dan diri mereka adalah lebih tinggi derajatnya di sisi ALLAH dan itulah orang-orang yang mendapat kemenangan..”

(QS. AT-TAWBAH:20)

Carilah ILMU dan HARTA supaya kamu bisa memimpin, ilmu akan memudahkanmu memimpin orang-orang yang di atas, sedangkan harta akan memudahkanmu memimpin orang-orang yang di bawah
(Ali Bin Abi Thalib)

"Gantungkan cita-citamu setinggi langit !! bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh diantara bintang-bintang
"

(Ir. Soekarno)

“Tinggalkanlah rumahmu !! Carilah ilmu yang ALLAH SWT hamparkan dimuka bumi ini, hanya ada 2 cara mengubah nasib, SEKOLAH & BERNIAGA”

(Rian Maruli)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan nikmat dan karunia yang telah diberikan sampai dengan saat ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Data Resistivitas Untuk Identifikasi Fluida di Daerah Prospek Panasbumi Way Ratai Kabupaten Pesawaran”** ini dapat terselesaikan dengan baik dan sebagai syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik di jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, diperlukan saran dan kritik yang dapat membangun untuk perbaikan kedepannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun pembaca.

Bandar Lampung, 20 Desember 2016

Riyan Maruly

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan nikmat yang telah diberikan sampai dengan saat ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul “**Analisis Data Resistivitas Untuk Identifikasi Fluida di Daerah Prospek Panasbumi Way Ratai Kabupaten Pesawaran**”. Penulis berharap, karya yang merupakan wujud kerja dan pemikiran maksimal serta didukung dengan bantuan dan keterlibatan berbagai pihak ini akan dapat bermanfaat di kemudian hari.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis sadari bahwa banyak pihak yang telah terlibat sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tuaku tersayang, Bapak dan Ibu yang senantiasa mendukung dan tiada henti-hentinya mendoakan serta memberi semangat kepada putranya agar selalu kuat dan bijaksana dalam menjalani kehidupan.
2. Bapak **Prof. Dr. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D .**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak **Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si** selaku Pembimbing utama yang atas kesediaannya membantu untuk memberikan bimbingan, ilmu, saran, nasihat dan doanya dalam proses penyelesaian skripsi ini.

4. Bapak **Rustadi, S.Si., M.T** selaku Pembimbing Kedua yang atas kesediaannya membantu untuk memberikan bimbingan, ilmu saran, nasihat dan doanya dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak **Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si** selaku Pembahas pada ujian skripsi, terima kasih atas bimbingan dan semua masukan dan saran-saran pada seminar yang terdahulu.
6. Bapak **Dr. Ahmad Zaenuddin, M.T** selaku dosen pembimbing akademik yang telah mendidik dan memberikan nasehat.
7. Dosen-dosen Teknik Geofisika, Bapak **Dr. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si.** Bapak **Alimudin, M.Si.**, Bapak **Karyanto, M.T.**, Bapak **Dr. Nandi Haerudin, M.Si.**, Bapak **Bagus Sapto Mulyatno, M.T.**, Bapak **Dr. Ahmad Zaenuddin, M.T.**, terima kasih telah mendidik dan memberikan ilmunya yang hebat kepada mahasiswa-mahasiswanya.
8. Teman-teman **TG 2009**. *Satria, Imam, Deka, Marikson, Frengki, Dian, Intan, Meilisa, Tri, Aji, Tanjung, Hendra, Noval, Hamid, Hanif, Adi, David*. Kalian luar biasa!!!
9. Keluarga besar Teknik Geofisika Universitas Lampung. Terimakasih untuk semua dukungannya, kasih sayang, dan kebersamaan selama ini.
10. Bapak dan Ibu Staf administrasi Teknik Geofisika, **Mbak Dewi dan Bapak Marsono, Pujiono, Legino** serta **Bapak dan Ibu** staf administrasi Fakultas Teknik Unila
11. Dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam pembuatan skripsi ini.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK.....	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
 I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Batasan Masalah	3
 II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Sistem Panasbumi	4
B. Jenis Fluida Reservoir	9
C. Sasaran Eksplorasi Panasbumi.....	10
D. Geologi Daerah Penelitian	12

E. Kondisi Topografi dan Fisiografi.....	14
III. TEORI DASAR	
A. Metode Geolistrik.....	16
B. Sifat Listrik Batuan.....	22
C. Konfigurasi Pengukuran Geolistrik.....	24
D. Konsep Resistivitas Semu	26
IV. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	28
B. Lokasi Penelitian	29
C. Alat dan Bahan	29
D. Pengolahan Data.....	30
E. Interpretasi Data Resistivitas 2 Dimensi (Res2Dinv).....	30
F. Diagram Alir Penelitian.....	31
V. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	32
1. Data Geolistrik Iterasi 1	32
2. Data Geolistrik Iterasi 5	35
3. Data Desain Lintasan	39
B. Pembahasan	40
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	44
B. Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Tahanan jenis batuan sedimen.....	25
Tabel 2. Tahanan jenis batuan beku dan batuan metamorf	26
Tabel 3. Jadwal penelitian	28

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Skema sebuah sistem panasbumi yang ideal	5
Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian	13
Gambar 3. Titik sumber arus pada permukaan dari medium homogen.....	19
Gambar 4. Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial di atas permukaan tanah yang homogen isotropis dengan resistivitas ρ	20
Gambar 5. Pengaturan elektroda konfigurasi Wenner-Schlumberger.....	24
Gambar 6. Susunan elektroda dan urutan pengukuran data geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner-Schlumberger.....	25
Gambar 7. Medium berlapis dengan variasi resistivitas.....	27
Gambar 8. Peta topografi keenam lintasan pada daerah penelitian	29
Gambar 9. Diagram alir	31
Gambar 10. Penampang lintasan 1 iterasi 1 konfigurasi Wenner-Schlumberger	33
Gambar 11. Penampang lintasan 2 iterasi 1 konfigurasi Wenner-Schlumberger	33
Gambar 12. Penampang lintasan 3 iterasi 1 konfigurasi Wenner-Schlumberger	34
Gambar 13. Penampang lintasan 4 iterasi 1 konfigurasi Wenner-Schlumberger	34
Gambar 14. Penampang lintasan 5 iterasi 1 konfigurasi Wenner-Schlumberger	35
Gambar 15. Penampang lintasan 6 iterasi 1 konfigurasi Wenner-Schlumberger	35
Gambar 16. Penampang lintasan 1 iterasi 5 konfigurasi	

Wenner-Schlumberger	36
Gambar 17. Penampang lintasan 2 iterasi 5 konfigurasi	
Wenner-Schlumberger	36
Gambar 18. Penampang lintasan 3 iterasi 5 konfigurasi	
Wenner-Schlumberger	37
Gambar 19. Penampang lintasan 4 iterasi 5 konfigurasi	
Wenner-Schlumberger	37
Gambar 20. Penampang lintasan 5 iterasi 5 konfigurasi	
Wenner-Schlumberger	38
Gambar 21. Penampang lintasan 6 iterasi 5 konfigurasi	
Wenner-Schlumberger	38
Gambar 22. Peta topografi keenam lintasan pada daerah penelitian	39

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan akan energi yang sangat tinggi pada abad 21 saat ini dan ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin berkurang memaksa kita untuk mencari energi terbarukan yang ramah lingkungan. Panasbumi sebagai energi terbarukan dan ramah lingkungan mulai digunakan pada abad 20 saat listrik diproduksi pertama kali dari uap panasbumi di Larderello, Italia pada tahun 1904. Seiring perjalanan waktu, populasi global telah bertambah 2,59 milyar pada tahun 1951 hingga 6,3 milyar pada tahun 2003 dan konsumsi energi global dari 2.710 juta ton metrik batubara hingga 15.178 juta ton metrik pada tahun yang sama (Harsh dan Sukanta, 2007).

Indonesia kaya akan potensi energi panasbumi sebagai dampak dari produk tektonik berupa subduksi indo-australia yang menunjam dari ujung utara sampai ujung timur. Subduksi antar lempeng benua dan samudra menghasilkan suatu proses peleburan magma dalam bentuk *partial melting*. Proses tersebut berperan penting dalam pembentukan jalur gunung api yang terkenal sebagai lingkaran api (*ring of fire*) dan munculnya deretan gunung api Pasifik di sebagian wilayah Indonesia beserta aktivitas tektoniknya dijadikan sebagai model konseptual pembentukan sistem panasbumi di Indonesia. Adanya suatu *system hydrothermal*

di bawah permukaan sering kali ditunjukkan oleh adanya manifestasi panasbumi di permukaan seperti mata air panas, kubangan lumpur panas, dan manifestasi lainnya. Dimana manifestasi juga muncul di daerah panasbumi Way Ratai Pesawaran. Manifestasi panasbumi Way Ratai termasuk didalam wilayah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran yang merupakan obyek yang cukup menarik untuk dikaji karena manifestasi panasbuminya yang terdapat di permukaan mempunyai suhu yang relatif tinggi, sehingga kemungkinan besar suhu di reservoarnya sangat tinggi. Hal ini menjadi menarik karena suhu yang tinggi merupakan salah satu syarat sistem panasbumi dapat digunakan sebagai sumber energi pembangkit listrik. Berdasarkan uraian tersebut, maka studi potensi panasbumi sangatlah diperlukan terutama di lapangan panasbumi Way Ratai.

Sistem panasbumi dapat ditentukan dengan dasar estimasi parameter terbatas, untuk dibuktikan menjadi potensi cadangan. Parameter tersebut yaitu antara lain struktur geologi, vulkanis, umur batuan, jenis batuan, sifat fluida, parameter fisis batuan dan struktur bawah permukaan dari sistem panasbumi. Estimasi potensi panasbumi ini didasarkan pada kajian ilmu geologi, geokimia, geofisika dan teknik reservoir. Dari keempat kajian tersebut, diperoleh potensi energi dan model sistem panasbumi (Santoso, 2002 dalam Arif, 2015).

Salah satu metode geofisika yang bisa mendeteksi adanya sifat fluida dan litologi batuan bawah permukaan pada daerah prospek panasbumi Way Ratai yaitu metode geolistrik resistivitas 2D. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Penggunaan metode ini disebabkan dengan metode ini diperoleh *output* (keluaran) berupa nilai resistivitas

bawah permukaan yang bisa berguna untuk mengetahui sebaran fluida dan litologi batuan daerah penelitian.

B. Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi fluida *geothermal* (panasbumi) berdasarkan analisis data resistivitas 2D di wilayah Way Ratai.
2. Menentukan litologi lapisan batuan di wilayah prospek *geothermal* (panasbumi) Way Ratai berdasarkan penampang bawah permukaan resistivitas 2D.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada analisis data metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner-Schlumberger sebanyak 6 lintasan pada daerah penelitian menggunakan *software Res2Dinv*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Panasbumi

Energi panasbumi merupakan energi yang tersimpan dalam bentuk air dan uap pada kondisi geologi tertentu pada kedalaman beberapa kilometer di dalam kerak bumi. Daerah panasbumi merupakan daerah di permukaan bumi dalam batas tertentu dimana terdapat energi panasbumi dalam suatu kondisi hidrologi batuan tertentu. Sistem panasbumi adalah terminologi yang digunakan untuk berbagai hal tentang sistem air dan batuan dalam temperatur tinggi di laboratorium atau lapangan (Santoso, 2004).

Adapun komponen utama pembentuk suatu sistem panasbumi (Dwikorianto, 2006), yaitu sebagai berikut:

1. Sumber panas

Gunung api merupakan sumber panas potensial dari suatu sistem panasbumi, sehingga daerah yang berada di jalur gunungapi akan berpotensi besar memiliki sistem panasbumi temperatur tinggi. Itulah sebabnya Indonesia yang terletak di jalur cincin api diklaim memiliki potensi panasbumi terbesar di dunia.

2. Batuan reservoir

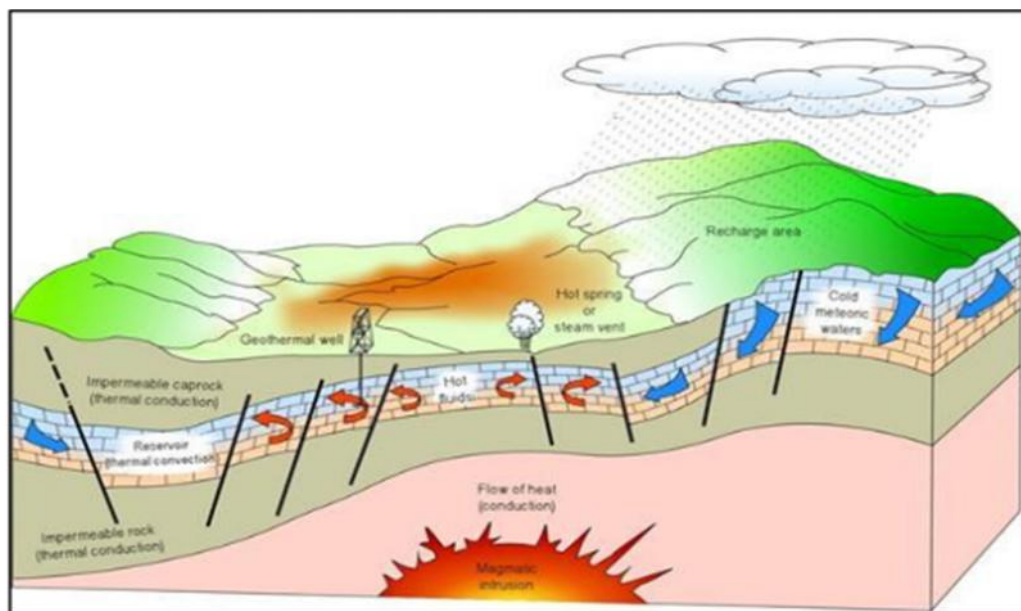
Reservoir panasbumi adalah formasi batuan di bawah permukaan yang mampu menyimpan dan mengalirkan fluida panasbumi. Reservoir lazimnya merupakan batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas yang baik. Porositas berfungsi untuk menyimpan fluida panas, sedangkan permeabilitas berfungsi untuk mengalirkan fluida panas.

3. Batuan penudung

Lapisan batuan di bagian atas dari reservoir dinamakan batuan penudung yang bersifat *impermeabel* atau sulit untuk ditembus oleh fluida. Lapisan ini biasanya berupa batuan lempung karena batuan lempung ini mampu mengikat air, tetapi sulit untuk meloloskannya.

4. Aliran fluida

Daerah resapan merupakan daerah dimana arah aliran airtanah di tempat tersebut bergerak menjauhi muka tanah sehingga dengan kata lain airtanah di daerah resapan bergerak menuju ke bawah permukaan bumi.



Gambar 1. Skema sebuah sistem panasbumi yang ideal (Dickson dkk, 2004).

Sedangkan sistem panasbumi hidrotermal dikontrol oleh adanya beberapa komponen (Suharno, 2010 dalam Maulida, 2016), yaitu:

1. Sumber panas berupa plutonik,
2. Batuan berporos atau reservoir tempat uap panas terjebak didalamnya,
3. Lapisan penutup berupa batu lempung,
4. Keberadaan struktur geologi,
5. Daerah resapan air atau aliran air bawah permukaan (*recharge area*).

Air hujan akan merembes ke dalam tanah melalui saluran pori-pori atau rongga diantara butir-butir batuan, sehingga air dengan leluasa menerobos turun ke batuan panas. Air tersebut terakumulasi dan terpanaskan oleh batuan panas yang mengakibatkan suhu air meningkat, volume bertambah dan tekanan menjadi naik. Tekanan yang terus meningkat menyebabkan air panas ke atas melalui celah, retakan dan pori-pori yang berhubungan di dalam permukaan.

Ada beberapa jenis sistem panasbumi yang bisa didasarkan dari kriteria geologi, geofisika, hidrologi dan *engineering*. Goff dan Janik (2000) membagi sistem panasbumi menjadi 5 tipe dasar, yaitu:

1. *Young igneous system*, berhubungan dengan *quaternary volcanism* dan intrusi magma. Sekitar 95% dari aktivitas vulkanik terjadi sepanjang batas lempeng dan di *hot spot*. Sistem ini umumnya yang paling panas ($\leq 370^{\circ}\text{C}$) dengan kedalaman reservoir $\leq 1,5$ km, walaupun ada beberapa yang lebih dalam.
2. *Tectonic system*, berhubungan dengan adanya pergerakan lempeng. Sistem ini terdapat di lingkungan *back arc*, daerah rekahan, zona subduksi, dan sepanjang zona patahan. Suhu reservoirnya $\leq 250^{\circ}\text{C}$ dan berada pada kedalaman $\geq 1,5$ km.

3. *Geopressure system*, ditemukan di *sedimentary basin* dimana terbentuk *subsidence* dan reservoarnya disebut sebagai *overpressured reservoirs*. Sistem ini seringkali membutuhkan pengeboran yang lebih dalam daripada *young igneous system* dan *tectonic system*. Kedalamannya 1,5 hingga 3 km dengan temperatur sekitar 50-190°C.
4. *Hot dry rock system*, mengandung panas yang tersimpan di porositas rendah atau batuan impermeable pada kedalaman dan temperatur yang bervariasi. Temperatur pada reservoir 120-225°C dengan kedalaman 2-4 km.
5. *Magma tap system*, melibatkan pengeboran di *shallow magma bodies*, menerapkan pertukaran panas dan sirkulasi fluida yang mana temperatur magma $\leq 1200^{\circ}\text{C}$.

Keberadaan suatu sistem panasbumi biasanya dicirikan oleh adanya manifestasi di permukaan. Manifestasi permukaan bisa keluar secara langsung seperti mata air panas dan fumarola. Manifestasi permukaan juga bisa keluar secara terdifusi seperti pada kasus tanah beruap dan tanah hangat juga bisa keluar secara *intermittent* seperti pada manifestasi geyser, dan juga bisa keluar secara tersembunyi seperti dalam bentuk rembesan di sungai. Secara umum, manifestasi permukaan yang sering muncul pada sistem-sistem panasbumi hidrotermal adalah: mata air panas, fumarola, tanah beruap, tanah hangat, kolam lumpur panas, sulfatara dan batuan alterasi. Manifestasi panasbumi di permukaan diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panasbumi mengalir ke permukaan. Menurut Suharno (2013) beberapa manifestasi tersebut adalah:

1. Mata air panas

Batuan dalam dapur magma dapat menyimpan panas sampai ribuan tahun. Air tanah yang turun dan bersentuhan dengan magma akan terpanaskan dan cenderung naik ke permukaan melalui rekahan-rekahan pada batuan dan membentuk sumber mata air panas.

2. Fumarola dan sulfatara

Merupakan “lubang asap” tempat dikeluarkannya gas-gas yang dihasilkan oleh gunung api. Umumnya fumarola terletak di sekitar gunung api atau pada terobosan melalui rekahan-rekahan. Sedangkan sulfatara merupakan fumarola yang mengeluarkan gas belerang seperti SO_2 , H_2S dan S.

3. Geyser

Merupakan air tanah yang tersembur keluar sebagai kolam uap dan air panas, terbentuk oleh adanya celah yang terisi air dari kawah. Semakin besar akumulasi air dalam celah, maka makin tinggi tekanan uap air yang menekan air di atasnya, sehingga air akan tersembur keluar.

4. Uap tanah

Di beberapa daerah lapangan panasbumi sering ditemukan tempat-tempat yang mengeluarkan uap panas nampak keluar dari permukaan tanah. Manifestasi seperti ini biasanya disebut *steaming ground* (uap tanah). Diperkirakan uap panas tersebut berasal dari suatu lapisan tipis dekat permukaan yang mengandung air panas yang mempunyai suhu mendekati titik didihnya.

5. Lumpur panas

Merupakan manifestasi panasbumi di permukaan yang umumnya mengandung uap panas yang tidak terlalu banyak dan gas CO_2 yang tidak mudah mencair. Lumpur panas ditemukan dalam keadaan cair karena kondensasi uap panas.

6. Kawah

Pada puncak atau daerah sekitar puncak gunung api terdapat kawah, yaitu suatu bentuk depresi berbentuk corong terbuka ke atas yang merupakan tempat disemburkannya tepa gas-gas, lava dan gas-gas.

7. Batuan alterasi

Merupakan tanda-tanda penting suatu lapangan panasbumi. Batuan alterasi terjadi karena proses interaksi antara batuan asal dengan fluida panasbumi. Batuan alterasi juga terjadi karena beberapa faktor, antara lain: suhu, tekanan, jenis batuan, komposisi fluida, pH dan lamanya interaksi.

B. Jenis Fluida Reservoir

Berdasarkan fluida yang terkandung di dalam reservoir, sistem panasbumi dikelompokkan ke dalam 3 kelompok (Utami, 1998), yaitu sebagai berikut:

1. Sistem dominan uap

Dalam sistem ini air yang terpanasi oleh batuan panas menguap, sehingga mencapai permukaan dalam keadaan relatif kering pada suhu sekitar 200°C dan tekanan sekitar 8 bar. Uap semacam ini cocok untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik. Sistem panasbumi dominan uap sangat jarang dijumpai di dunia dan hingga saat ini ada 5 lapangan besar yang telah dikembangkan untuk pembangkit listrik, yaitu lapangan Lardello (Italia), The Geysers (California), Matsukawa (Jepang), Kamojang dan Darajat (Indonesia).

2. Sistem air panas

Pada sistem ini air panas bersirkulasi dalam reservoir. Bila terperangkap pada sumur pemboran, air akan mengalir secara alamiah atau harus dipompa. Penurunan tekanan yang besarnya sekitar 8 bar atau kurang menyebabkan air panas tersebut sebagian berubah menjadi campuran dua fasa yang dominan air. Campuran tersebut mengandung padatan terlarut seperti silika, karbonat, dan sulfat. Padatan terlarut ini dalam beberapa hal dapat mempengaruhi produksi energi sebab padatan tersebut akan mengendap dan membentuk kerak atau sisik (*scale*) di dalam pipa-pipa dan pada permukaan-permukaan tempat terjadinya proses pertukaran panas, sehingga mengurangi aliran fluida dan perpindahan panas. Sistem dominan air lebih banyak dijumpai dibanding sistem dominan uap. Sebagai contoh antara lain: lapangan Gunung Salak (Indonesia), Wairakei Tauhara dan Waiotapu (New Zealand), Palinpinon (Filipina), Onikobe (Jepang), Coso, Long Valley (Amerika Serikat).

3. Sistem dua fasa

Pada sistem ini, fluida di dalam reservoir terdiri atas dua fasa, yaitu uap dan air dengan proporsi yang bervariasi. Contoh lapangan bersistem dua fasa yaitu Tongonan (Filipina), Dieng dan Lahendong (Indonesia), Broadlands-Ohaaki dan Kawerau (New Zealand), Hatchobaru dan Otake (Jepang), Aluto (Ethiopia), Olkaria (Kenya) dan Krafla (Iceland).

C. Sasaran Eksplorasi Panasbumi

Menurut DiPippo, 2007 dalam Suparno, 2009 ada 5 sasaran yang mesti dicapai dalam program eksplorasi panasbumi, yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan posisi batuan panas (*hot rock*).
2. Mengestimasi atau memperkirakan volume reservoir, temperatur fluida yang berada didalamnya dan permeabilitas formasi.
3. Memprediksika apakah fluida yang bakal keluar di sumur produksi berupa uap kering (*dry steam*) atau *liquid* atau campuran dua fasa.
4. Menentukan sifat kimia dari fluida panasbumi.
5. Memperkirakan potensi energi listrik yang bisa dihasilkan hingga minimal 20 tahun kedepan.

Hampir semua daerah panasbumi selalu ditandai oleh keberadaan manifestasi panasbumi. Adanya manifestasi pastinya disebabkan oleh adanya sumber panasbumi di bawah manifestasi tersebut. Namun letak pastinya dimana kita belum tahu. Walaupun tidak ditemukan sumber mata air panas, tapi permukaan tanah yang dirasakan lebih panas daripada sekelilingnya sudah cukup mengindikasikan keberadaan sumber panasbumi dibawahnya. Tanpa adanya sumber panasbumi, permukaan tanah tidak mungkin menjadi panas. Volume reservoir berikut permeabilitas batuan reservoir perlu diketahui agar kemampuan sumur untuk memproduksi atau mengalirkan fluida bisa diperhitungkan. Jika volumenya kecil dan permeabilitasnya rendah, maka kemampuan produksi akan rendah dan besar kemungkinan umur sumur tersebut pun akan singkat sekali.

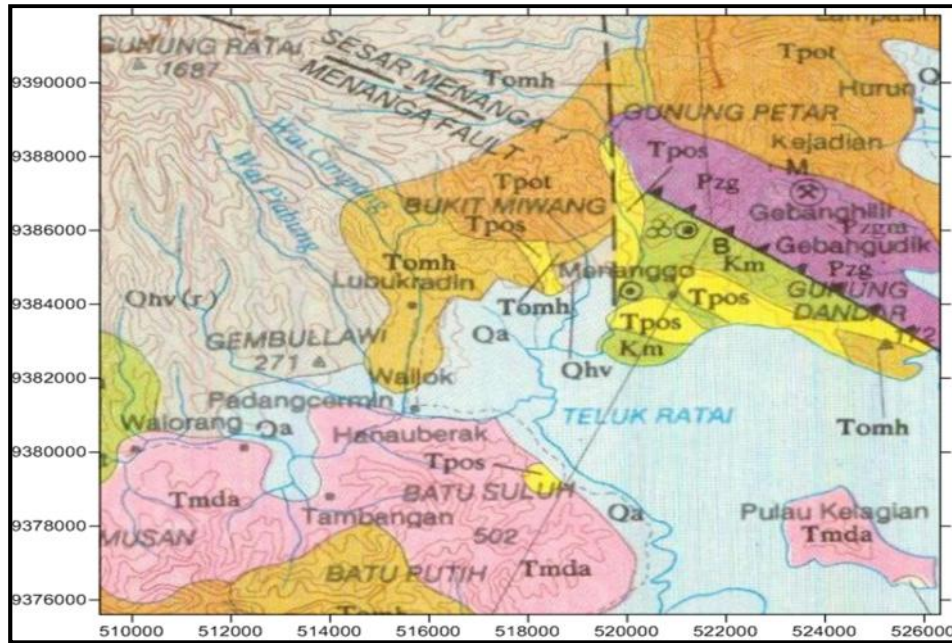
Demikian juga dengan temperatur fluida reservoir panasbumi. Temperatur fluida reservoir yang terlalu rendah tidak akan mengundang investasi proyek panasbumi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Menurut Eliasson (2001), berdasarkan besar kecil temperatur fluidanya, reservoir panasbumi dapat dikategorikan menjadi 4, yaitu:

1. Temperatur tinggi, bila temperatur fluida $> 250^{\circ}\text{C}$
2. Temperatur medium, bila temperatur fluida berkisar antara 150°C - 250°C
3. Temperatur didih rendah, bila temperatur fluida berkisar antara 100°C - 150°C
4. Temperatur rendah, bila temperatur fluida berkisar antara 50°C - 100°C

Dari 4 kategori tersebut, hanya reservoir temperatur medium dan reservoir temperatur tinggi yang bisa mengalirkan investasi proyek pembangkit listrik energi panasbumi. Sifat fisis dan kimiawi fluida reservoir dari sumur pemboran akan sangat menentukan kelayakan proyek panasbumi. Program eksplorasi yang baik bisa saja memprediksi sifat-sifat fluida reservoir. Tapi agak sulit mempelajari sifat fisis dan kimiawi fluida reservoir tanpa melakukan pengeboran eksplorasi. Point kelima dari sasaran eksplorasi adalah menentukan lokasi reservoir panasbumi berikut potensi kapasitasnya dan perkiraan umur produksinya. Hasil ini akan dipertimbangkan oleh para investor apakah dinilai menguntungkan atau tidak.

D. Geologi Daerah Penelitian

Way Ratai adalah sebuah desa di Kecamatan Piabung, Kabupaten Pesawaran, Lampung. Way Ratai merupakan salah satu daerah potensi panasbumi di daerah Lampung yang WKP nya belum diproduksi secara konvensional. WKP daerah Way Ratai baru dikembangkan pada tahap eksplorasi. Jenis panasbumi Way Ratai memiliki ciri manifestasi berupa fumarol yang muncul di perkebunan kelapa dan pisang milik LANAL Piabung. Secara geografis Kabupaten Pesawaran terletak pada koordinat $104,92^{\circ}$ - $105,34^{\circ}$ Bujur Timur, dan $5,12^{\circ}$ - $5,84^{\circ}$ Lintang Selatan. Secara administratif luas wilayah Kabupaten Pesawaran adalah $1.173,77 \text{ km}^2$.



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (Mangga dkk, 1993).

Berdasarkan peta geologi diatas (Gambar 2), letak daerah penelitian berada di dekat Sesar Menanga dan beberapa formasi batuan yaitu:

1. Formasi Qhv (r, p, b, rb)

Merupakan endapan gunung api muda (Gunung api Ratai, Pesawaran, Betung, dan Rajabasa) yang terdiri atas lava (andesit-basal), breksi dan tuf yang berumur Plistosen dan Holosen.

2. Formasi Qa

Merupakan aluvium yang terdiri atas kerakal, kerikil, pasir, lempung dan gambut yang berumur Holosen.

3. Formasi Tmda

Merupakan Formasi dasit Piabung, terdiri atas dasit yang berumur Miosen awal.

4. Formasi Tpos

Merupakan Formasi Sabu yang terdiri atas perselingan antara breksi konglomerat dengan batupasir yang berumur Paleosen-Oligosen.

5. Formasi Tpot

Merupakan Formasi Tarahan yang terdiri atas tuf padu, breksi dengan sisipan rijang yang berumur Paleosen-Oligosen.

6. Formasi Tomh

Merupakan Formasi Hulusimpang yang terdiri atas lava andesit basal, tuf dan breksi gunungapi terubah dengan lensa batugamping yang berumur Oligosen-Miosen awal.

7. Formasi Km

Merupakan Formasi Menanga yang terdiri atas perselingan serpih, dan batulempung dengan basal, sisipan rijang dan lensa batugamping yang berumur Cretaceous awal.

E. Kondisi Topografi dan Fisiografi

Kondisi topografi atau kondisi permukaan bumi Kabupaten Pesawaran merupakan daerah dataran rendah dan dataran tinggi yang sebagian merupakan daerah perbukitan sampai dengan pergunungan dengan ketinggian dari permukaan laut yang bervariasi antara 0,0 m sampai dengan 1.682 m. Berdasarkan hasil interpretasi SRTM, ketinggian lahan di wilayah Kabupaten Pesawaran dapat dibagi menjadi 7 kelas antara lain: 0-100 mdpl, 100-200 mdpl, 200-300 mdpl, 300-400 mdpl, 400-500 mdpl, 500-600 mdpl, dan > 600 mdpl. Sebagian besar wilayah Kabupaten Pesawaran berada pada ketinggian 100-200 mdpl dengan

luasan terbesar yaitu 24.261,14 Ha yang tersebar di wilayah Kecamatan Kedondong, sedangkan kelas ketinggian lahan terendah diantara 500-500 mdpl dengan luasan tersebar yaitu 2.897,05 Ha yang tersebar di wilayah Kecamatan Padang Cermin.

Adapun kondisi fisiografi Kabupaten Pesawaran dapat dibagi dalam 7 grup fisiografi utama, yaitu: grup pegunungan, perbukitan, volkan, dataran, dataran tuff masam, marin dan aluvial. Wilayah Kecamatan Padang Cermin termasuk di bagian tengah dan selatan yang didominasi oleh grup volkan (V) dan Pegunungan (M). Grup pegunungan sebagian besar terdiri dari batuan volkan tua (basal, andesit, dasit) dengan tingkat torehan sangat tertoreh yang terutama terdapat di Kecamatan Punduh Pidada dan Padang Cermin, dimana pada Kecamatan Padang Cermin hanya terdapat di bagian tengah dan juga pada bagian pesisir Padang Cermin termasuk kedalam grup marin (BPS, 2013).

BAB III TEORI DASAR

A. Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Tujuan dari metode geolistrik yaitu untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan di bawah permukaan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (Hendrajaya, 1990).

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari yang mempelajari sifat tahanan jenis dari lapisan batuan di dalam bumi. Pada metode ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial yang kemudian hasilnya berupa beda potensial yang terukur pada elektroda di permukaan. Dari beda potensial yang diukur dapat ditentukan variasi tahanan jenis masing-masing lapisan di bawah titik pengukuran (Reynold, 1997).

Berdasarkan pada tujuan penyelidikannya, metode geolistrik tahanan jenis dapat dibagi menjadi dua yaitu *mapping* dan *sounding*. Aplikasi teknik *mapping* memberikan informasi lapisan bawah permukaan secara horizontal, sedangkan

teknik *sounding* memberikan informasi detail pada kedalaman dan karakteristik air bawah permukaan pada daerah penelitian (Ezeh dan Ugwu, 2010). Kombinasi antara data teknik *mapping* dan *sounding* sangat efisien dalam menggambarkan zona air pada suatu area tanpa mengeksplorasi sumber permukaan pada area tersebut (Ibe dan Akaolisa, 2010 dalam Ningtyas, 2013).

Hasil pengukuran arus listrik dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga tahanan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (Ardi dkk, 2009). Variasi tahanan jenis tahanan jenis lapisan batuan dapat diamati dengan mengubah spasi elektroda sesuai dengan konfigurasi yang digunakan saat pengukuran. Jadi besaran yang diukur pada metode geolistrik adalah arus listrik dan beda potensial listrik, sedangkan besaran yang dihitung adalah tahanan jenis (Febrina, 2012).

Hubungan antara rapat arus J dengan kuat medan listrik E menurut Hukum Ohm adalah:

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

dimana σ adalah daya hantar listrik. Jika besar kuat medan listrik $E = \frac{V}{L}$, maka diperoleh $J = \sigma \frac{V}{L}$ sehingga kuat arus I dapat ditulis menjadi Persamaan (2).

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

Persamaan (2) memperlihatkan bahwa saat σ konstan, arus total I sebanding dengan beda potensial V . Perbandingan antara V dengan I pada konduktor disebut hambatan.

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

Hubungan hambatan R dengan daya hantar listrik σ pada suatu logam konduktor dinyatakan dengan menggunakan Persamaan (2) dan (3), yaitu:

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

Hubungan antara tahanan jenis ρ dengan daya hantar listrik bahan σ dinyatakan pada Persamaan (5).

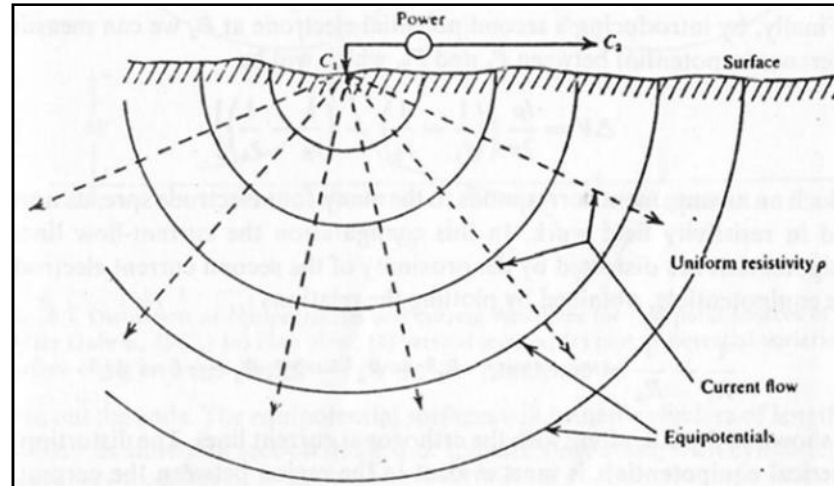
$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (5)$$

sehingga Persamaan (4) dan (5) menjadi

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

Berdasarkan Persamaan (6) dijelaskan bahwa tahanan jenis dengan kuat arus memiliki hubungan berbanding terbalik. Semakin besar nilai tahanan jenis suatu bahan maka arus listrik semakin sulit mengalir. Sebaliknya, semakin kecil nilai tahanan jenis suatu bahan maka semakin arus listrik semakin mudah mengalir melalui bahan tersebut. Jadi, tahanan jenis juga memiliki hubungan berbanding terbalik dengan daya hantar listrik, seperti dinyatakan pada Persamaan (5) di atas.

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 berbentuk setengah bola, seperti pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Titik sumber arus pada permukaan dari medium homogen (Telford dkk, 1976).

Jika medium homogen isotropis dengan luas A dilalui arus listrik I maka kerapatan arus J dapat dihitung menggunakan Persamaan (2). Jika Persamaan (5) disubstitusikan pada Persamaan (1), maka diperoleh hubungan kerapatan arus J dengan tahanan jenis ρ yaitu:

$$J = \frac{E}{\rho} \quad (7)$$

Medan listrik E merupakan potensial gradien yaitu perbedaan potensial atau jatuh tegangan antara kedua titik yang diinjeksikan arus listrik sehingga dapat dinyatakan dengan Persamaan (8).

$$E = - \nabla V = - \frac{dV}{dr} \quad (8)$$

Medan listrik E pada Persamaan (7) disubstitusikan ke Persamaan (8) akan menunjukkan hubungan antara potensial gradien dengan tahanan jenis ρ dan kerapatan arus J pada Persamaan (9).

$$\frac{dV}{dr} = - \rho J \quad (9)$$

Jika kerapatan arus J pada Persamaan (2) disubstitusikan ke Persamaan (9) akan menghasilkan hubungan antara potensial gradien dengan luas permukaan A dan arus listrik I .

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

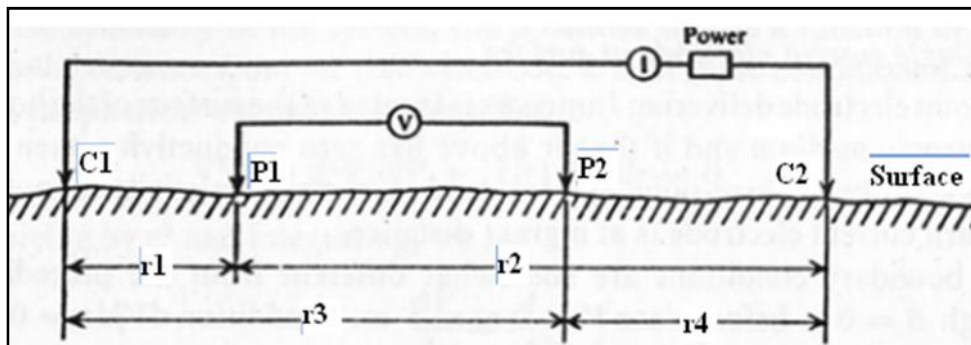
dimana luas permukaan A adalah luas permukaan distribusi arus yaitu setengah bola $2\pi r^2$ sehingga perbedaan potensial dV terhadap distribusi arus dr yaitu:

$$dV = -\rho \frac{I}{2\pi r^2} dr \quad (11)$$

Persamaan (11) dapat diselesaikan dengan cara melakukan pengintegralan sehingga diperoleh beda potensial V pada titik r yaitu:

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (12)$$

Menurut Telford dkk, 1976 “Ketika jarak diantara dua elektroda arus terbatas (lihat Gambar 4), potensial yang dekat pada titik permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut”.



Gambar 4. Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial di atas permukaan tanah yang homogen isotropis dengan resistivitas ρ (Telford dkk, 1976).

Berdasarkan Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui 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

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} = -\frac{I\rho}{2\pi r_1} \quad (13)$$

dimana
$$A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (14)$$

Sama halnya potensial yang disebabkan oleh C_2 pada P_1 adalah

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} = -\frac{I\rho}{2\pi r_2} \quad (15)$$

dimana
$$A_2 = \frac{I\rho}{2\pi} = -A_1 \quad (16)$$

Kemudian, diperoleh

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (17)$$

Terakhir, dengan mengetahui potensial yang disebabkan oleh kedua elektroda C_1 dan C_2 pada P_2 , dapat diukur perbedaan potensial antara P_1 dan P_2 , yaitu:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (18)$$

dapat juga ditulis

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (19)$$

dimana

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (20)$$

dimana K adalah faktor geometri dari susunan elektroda, yang nilainya berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda-elektroda. Persamaan (20) menunjukkan bahwa K bergantung pada susunan atau konfigurasi yang digunakan. Menurut Akmam, 2004 dalam Febrina, 2012 “Secara umum tahanan jenis bumi tidak homogen, berarti bahwa yang terhitung dengan Persamaan (19) 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 (19) dapat ditulis menjadi:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (21)$$

Berdasarkan Persamaan (21) dapat disimpulkan bahwa jarak spasi elektroda mempengaruhi tahanan jenis semu.

B. Sifat Listrik Batuan

Aliran arus listrik didalam batuan/mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik (Telford dkk, 1990).

1. Kondisi secara elektronik terjadi jika batuan/mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan/mineral tersebut oleh elektron-elektron bebas itu. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat

atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis), dimana resistivitas (tahanan jenis) merupakan karakteristik bahan yang mampu menunjukkan kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Resistivitas mempunyai pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya tergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut. Sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri.

2. Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan/mineral bersifat pori-pori tersebut terisi oleh cairan-cairan elektrolitik. Pada kondisi ini arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolit. Konduktivitas dan resistivitas batuan porous bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.
3. Konduksi dielektrik terjadi jika batuan/mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti sehingga terjadi polarisasi.

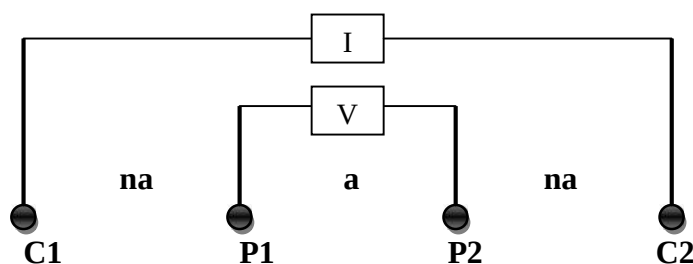
Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan/mineral digolongkan menjadi tiga yaitu:

1. Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1$ ohm meter
2. Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^7$ ohm meter
3. Isolator : $\rho < 10^7$ ohm meter

C. Konfigurasi Pengukuran Geolistrik

Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya yang ke 4 buah elektrodanya terletak dalam satu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi yaitu konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Selain kedua konfigurasi tersebut ada juga konfigurasi yang sering digunakan yakni dipole-dipole, pole-dipole dan azimuth dipole. Setiap konfigurasi mempunyai metode perhitungan dan faktor koreksi tersendiri untuk mengetahui nilai ketebalan dan tahanan jenis batuan di bawah permukaan. Namun, yang akan dipaparkan disini hanya konfigurasi Wenner-Schlumberger.

Konfigurasi Wenner-Schlumberger adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 atau C2-P2 dengan spasi antara P1-P2 seperti pada Gambar 14. Jika jarak antar elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2na+a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan empat buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus (Sakka, 2001 dalam Priambodo dkk, 2011).



Gambar 5. Pengaturan elektroda konfigurasi Wenner-Schlumberger (Sakka, 2001 dalam Priambodo dkk, 2011).

Adapun persamaan faktor geometri yang diperoleh dari konfigurasi ini adalah:

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right\}}$$

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{na} - \frac{1}{na+a} - \frac{1}{na+a} + \frac{1}{na} \right\}}$$

$$K = \frac{\pi}{\left\{ \frac{1}{na} - \frac{1}{na+a} \right\}}$$

$$K = \pi n (n+1) a \quad (22)$$

Dan berikut merupakan susunan elektroda dan pengukuran data geolistrik dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger seperti pada Gambar 6.

	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50
n=1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		18
n=2			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			16
n=3				35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48				14
n=4					49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60					12
n=5						61	62	63	64	65	66	67	68	69	70						10
n=6							71	72	73	74	75	76	77	78							8
n=7								79	80	81	82	83	84								6
n=8									85	86	87	88									4
n=9										89	90										2

Gambar 6. Susunan elektroda dan urutan pengukuran data geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner-Schlumberger (Herlin, 2012).

Tabel 1. Tahanan jenis batuan sedimen (Telford dkk, 1990)

Batuan	Tahanan Jenis (Ωm)
<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

Tabel 2. Tahanan jenis batuan beku dan batuan metamorf (Telford dkk, 1990)

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) – 6×10^7 (kering)
<i>Schists</i>	$20 - 10^4$
<i>Tuffs</i>	2×10^3 (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) – 3×10^6 (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>	$10 - 2 \times 10^8$

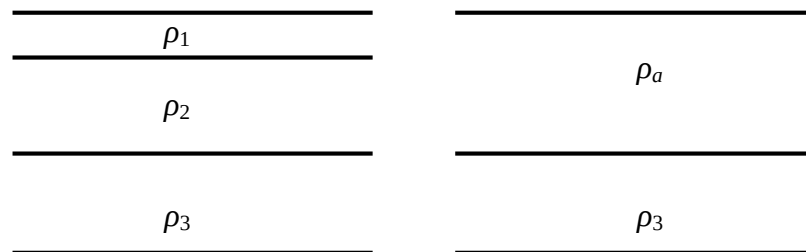
D. Konsep Resistivitas Semu

Metode ini diasumsikan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak tergantung atas spasi elektroda $\rho = \frac{K \Delta V}{I}$. Pada kenyataannya, bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan ρ yang berbeda-beda sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Maka harga resistivitas

yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja, hal ini terutama untuk spasi elektroda yang lebar.

$$\rho_a = \frac{K \Delta V}{I} \quad (23)$$

Dengan ρ_a merupakan resistivitas semu yang bergantung pada spasi elektroda. Untuk kasus tak homogen, bumi diasumsikan berlapis-lapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Sebagai contoh medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapis yang mempunyai resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2) dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang mempunyai satu harga resistivitas yaitu resistivitas semu ρ_a , dengan konduktansi lapisan fiktif sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan $\sigma_f = \sigma_1 + \sigma_2$ (Adhi, 2007 dalam Rahmawati, 2009).



Gambar 7. Medium berlapis dengan variasi resistivitas (Rahmawati, 2009).

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

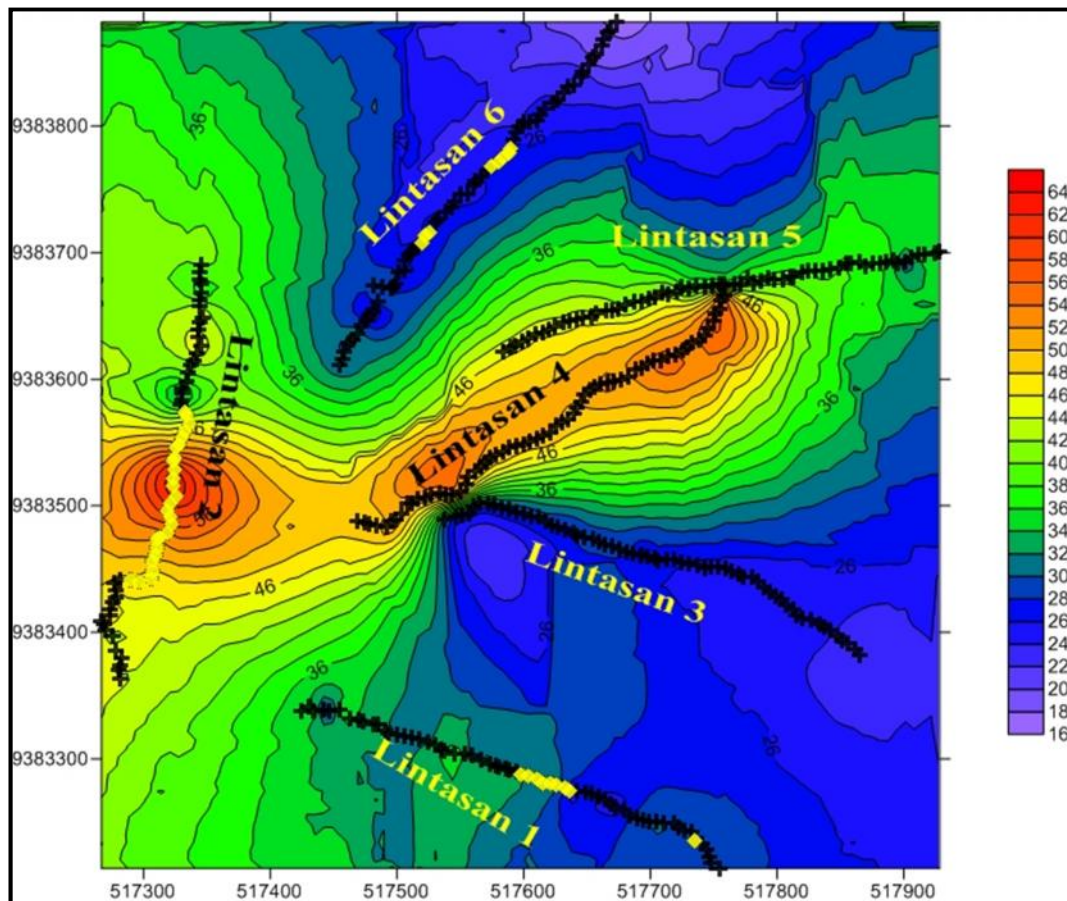
Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2015 sampai dengan bulan Februari 2016 di Laboratorium Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung. Adapun susunan kegiatan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Jadwal penelitian

[illegible]

B. Lokasi Penelitian

Adapun penelitian ini terletak di Desa Way Ratai Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran yang berada di koordinat sistem proyeksi UTM WGS84 zona 48S, terletak pada 517267-517928 UTM X dan 9383214-9383882 UTM Y.



Gambar 8. Peta topografi keenam lintasan pada daerah penelitian.

C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: data sekunder resistivitas 2D daerah penelitian, laptop, peta geologi lembar Tanjung Karang, *software* Res2Dinv, surfer 10, notepad, dan Microsoft Excel.

D. Pengolahan Data

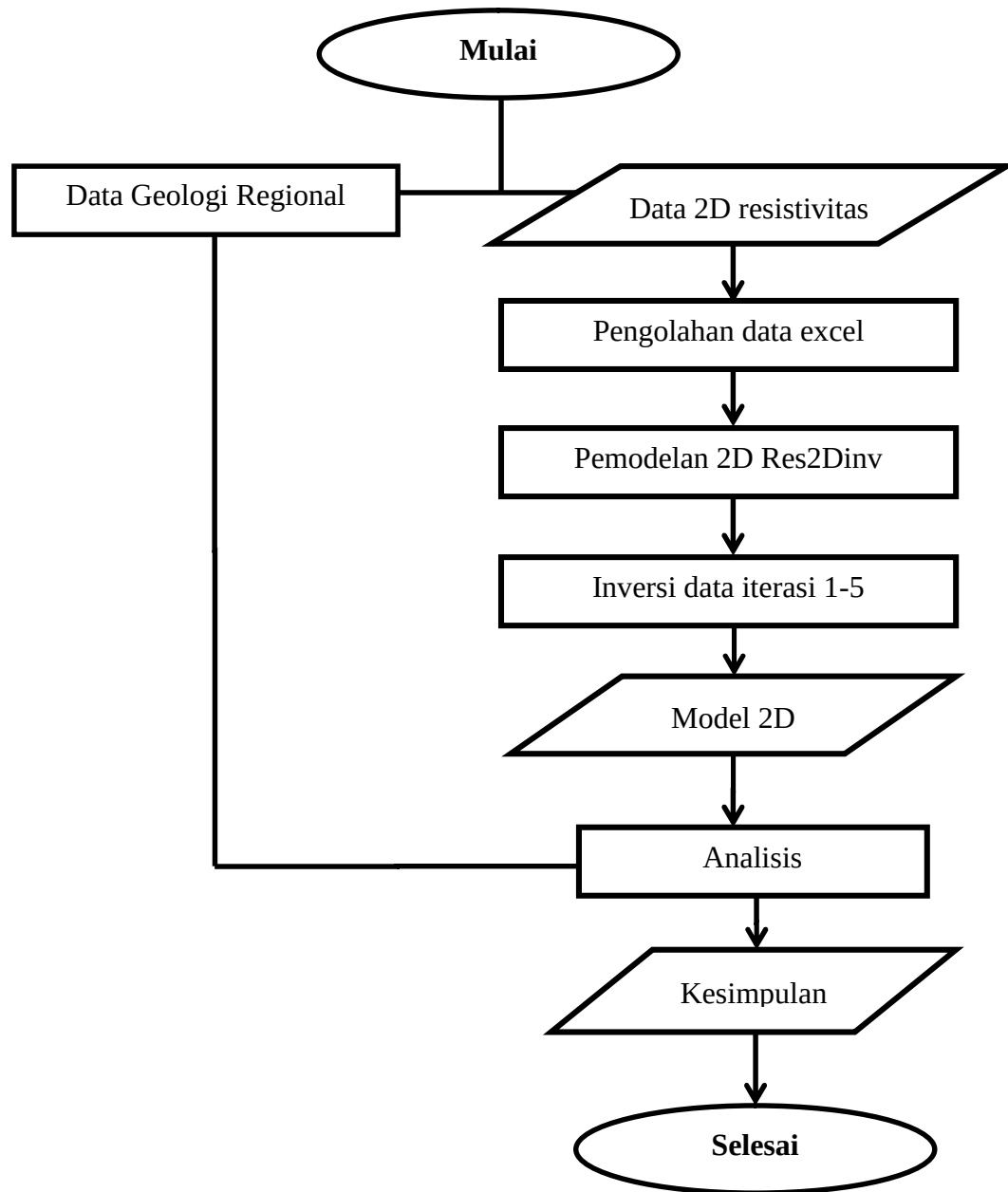
Dalam pengolahan data menggunakan *software Res2Dinv*, langkah pertama yang dilakukan adalah membuka program tersebut, setelah itu pilih menu file kemudian pilih *read data file* yang fungsinya menginput data yang telah diperoleh dalam pengukuran menggunakan *GeoRes Multi-Channel* dengan nama format **.dat* lalu pilih oke dan pilih menu *inversion*. Kemudian setelah itu pilih *least squares inversion* guna memilih file dalam bentuk *Microsoft Excel* yang akan diketahui hasil inversi pengolahannya. Pilih menu *save* agar opsi-opsi yang telah diatur dapat tersimpan, maka muncul gambar penampang hasil kalkulasi dan inversi data dengan pengolahan *software Res2Dinv*. Kemudian terdapat pengaturan iterasi yang dapat diubah sesuai keinginan, dimana iterasi berfungsi untuk mengurangi error yang terjadi.

E. Interpretasi Data Resistivitas 2 Dimensi (Res2Dinv)

Pada tahapan ini hasil *output* (keluaran) yang dihasilkan oleh *software Res2Dinv* yaitu berupa gambar dan citra warna penampang vertikal dan horisontal resistivitas 2D bawah permukaan. Dari perbedaan nilai resistivitas inilah kita dapat menafsirkan fluida *geothermal* pada lapangan penelitian ini.

F. Diagram Alir Penelitian

Adapun prosedur pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir seperti pada Gambar 9 di bawah ini:



Gambar 9. Diagram alir

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Adapun dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Identifikasi fluida *geothermal* (panasbumi) dilihat berdasarkan data penampang resistivitas 2D diduga ditunjukkan dengan lapisan pasir yang diduga mempunyai nilai resistivitas yang rendah (hanya terdapat pada lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 6).
2. Pada lintasan 1 diduga terdapat tiga litologi yang terdiri atas lapisan pasir yang diduga menjadi media bagi fluida *geothermal* (panasbumi), sisipan aluvial dan pasir, serta basalt. Pada lintasan 2 diduga terdapat tiga litologi yang terdiri atas lapisan pasir yang diduga menjadi media bagi fluida *geothermal* (panasbumi), lempung dan kerikil.
3. Pada lintasan 3, lintasan 4, dan lintasan 5 diduga hanya terdapat satu litologi lapisan yang diduga merupakan lapisan lempung. Sedangkan pada lintasan 6 diduga terdapat dua litologi batuan yang terdiri atas lapisan pasir yang diduga menjadi media bagi fluida *geothermal* (panasbumi), dan lapisan lempung.

B. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Perlu data pendukung seperti data pengeboran agar data resistivitas yang dihasilkan sesuai dengan keadaan bawah permukaan
2. Data saat akuisisi perlu diperhatikan, karena error data masih terlalu tinggi sehingga menyulitkan untuk dilakukan pengolahan data dan interpretasi agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi., Dwi, N. dan Iryanti, M. 2009. *Profil Resistivitas 2D pada Gua Bawah Tanah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Studi Kasus Gua Dago Pakar, bandung)*. Jurnal Pengajaran MIPA Vol 14 No. 2. Hlm. 79-86.
- Arif., Sandra., dan Musa, T.D. 2015 *Identifikasi Sebaran Panasbumi Menggunakan Metode Geolistrik Hambatan Jenis di Desa Wani Tiga, Kabupaten Donggala*. Online Jurnal of Natural Science Vol 4(3):338-347. Universitas Tadulako.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2013. *Bab 2 Gambaran Umum Wilayah Pesawaran*. BPS Kabupaten Pesawaran. Lampung.
- Dickson, M.H., dan Mario, F. 2004. *What is Geothermal Energy?*, www.iga.igg.cnr.it. Diunduh pada hari Rabu 30 November 2016.
- Dwikorianto, T. Dan Ciptadi. 2006. *Eksplorasi, Eksploitasi dan Pengembangan Panasbumi di Indonesia*. Seminar Nasional HM Teknik Geologi UNDIP 2006. Semarang.
- Eliasson, E.T. 2001. *Power Generation from High-Enthalpy Geothermal Resources*. GHC Bulletin, Juni 2001 pp 26-34.
- Ezeh, C.C., dan Ugwu, G.Z. 2010. *Geoelectrical Sounding For Estimating Groundwater Potential in Nsukka L.G.A. Enugu State, Nigeria*. International Journal of the Physical Sciences, 5(5): 415-420.
- Febrina, M. 2012. *Estimasi Kedalaman Batuan Dasar Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-Dipole di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar*. Skripsi. Universitas Negeri Padang.
- Goff, F., dan Janik, C.J. 2000. *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press.
- Hendrajaya, L. 1990. *Pengukuran Resistivitas Bumi pada Satu Titik di Medium Tak Hingga*. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi ITB.

- Herlin, H.S., dan Budiman, A. 2012. *Penentuan Bidang Gelincir Gerakan Tanah Dengan Aplikasi Geolistrik Tahanan Jenis Dua Dimensi Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Studi Kasus di Sekitar Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Andalas Limau Manis, Padang)*. Jurnal Fisika Unand Vol. 1, No. 1. Padang.
- Mangga, S.A., Amirudin., Suwarti, T., Gafoer, S. Dan Sidarto. 1993. *Peta Geologi Lembar Tanjung Karang, Sumatera*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Maulida, N.H. 2016. *Inversi Tomografi dan Sebaran Poisson's Ratio Gempa Mikro Pada Lapangan Panasbumi Brady's Hot Spring, Nevada*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Ningtyas, R.I. 2013. *2013. Survei Sebaran Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole di Desa Jatilor Kecamatan Godong Kabupaten Grobogan*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Unnes. Semarang.
- Priambodo, I.C., Purnomo, H., Rukmana, N., dan Juanda. 2011. *Aplikasi Metoda Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Pada Survey Gerakan Tanah di Bajawa, NTT*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, Volume 6 Nomor 2, Agustus 2011:1-10.
- Rahmawati, A. 2009. *Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus di Daerah Karangsambung dan Sekitarnya, Kabupaten Kebumen)*. Skripsi. Program Sarjana Sains FMIPA. Universitas Negeri Semarang.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. Chichester. John Wiley dan Sons.
- Santoso, D. 2004. *Eksplorasi Energi Geothermal*. Catatan Kuliah. ITB. Bandung.
- Suharno. 2013. *Eksplorasi Geothermal*. Lampung: Penerbit Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Suparno, S. 2009. *Energi Panasbumi A Present from the heart of the Earth Edisi I*. Departemen Fisika FMIPA. Universitas Indonesia.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics 2nd ed.* Cambridge University Press. London.
- Utami, P. 1998. *Energi Panasbumi*. ENERGI No. 2 November. Model Perencanaan Energi.