

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
KONFIGURASI *WENNER-SCHLUMBERGER* UNTUK
MENGIDENTIFIKASI LITOLOGI BATUAN BAWAH
PERMUKAAN DAN FLUIDA PANAS BUMI WAY RATAI DI
AREA MANIFESTASI PADOK DI KECAMATAN PADANG
CERMIN KABUPATEN PESAWARAN PROPINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

WILYAN PRATAMA



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2018**

ABSTRACT

APPLICATION OF WENNER-SCHLUMBERGER CONFIGURATION ON GEOELECTRIC RESISTIVITY METHOD FOR SUBSURFACE LITHOLOGY AND WAY RATAI GEOTHERMAL FLUID IDENTIFICATION IN PADOK MANIFESTATION AREA, PADANG CERMIN, PESAWARAN REGENCY, LAMPUNG PROVINCE

Oleh
WILYAN PRATAMA

Research area is located in Padang Cermin Sun-District, Pesawaran Regency, Lampung Province. Manifestation in research area is hot water pool with surface temperatures reach 90°C. Data acquisition has been done by Wenner-Schlumberger configuration with 5 acquisition line. Line 1, line 4 and line 5 have 280 meters length. Line 2 have 240 meters length and line 3 have 320 meters length with a spacing of each electrodes in each lines is every 5 meters. The objective of this research are ⁽¹⁾ Examining the geochemical contaminant and fluid types, ⁽²⁾ Identifies the geothermal fluid based on 2D and 3D resistivity data analysis, also ⁽³⁾ Identifies the layer of rock in Padok manifestation area based on 2D and 3D subsurface resistivity section. Subsurface lithology in research area generally divides into 4 parts. ⁽¹⁾ Which is hot water fluid with mean resistivity value between 1 Ωm into 3 Ωm and based on geochemistry data the fluid type is chloride water, ⁽²⁾ Surface sediment with resistivity value between 6 Ωm into 50 Ωm and identified as swamp sediment and alluvium sediment divides into gravels, pebbles, sands, clay and peat, ⁽³⁾ Gravels, pebbles, sands, clay and peat with resistivity value between 50 Ωm into 100 Ωm, ⁽⁴⁾ Igneous rock (andesite-basalt) with resistivity value more than 100 Ωm.

Kata Kunci : Geoelectric, Hot Water Fluid, Padok manifestation, Resistivity, Rock layers, Wenner-Schlumberger.

ABSTRAK

APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI WENNER-SCHLUMBERGER UNTUK MENGIDENTIFIKASI LITOLOGI BATUAN BAWAH PERMUKAAN DAN FLUIDA PANAS BUMI WAY RATAI DI AREA MANIFESTASI PADOK DI KECAMATAN PADANG CERMIN KABUPATEN PESAWARAN PROPINSI LAMPUNG

Oleh

WILYAN PRATAMA

Daerah penelitian terletak di Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Manifestasi di area penelitian berbentuk kolam air panas dengan suhu permukaan mencapai 90°C . Akuisisi data pengukuran dilakukan dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* berjumlah 5 lintasan. Lintasan 1, lintasan 4 serta lintasan 5 memiliki panjang lintasan 280 meter. Lintasan 2 memiliki panjang lintasan 240 meter dan lintasan 3 memiliki panjang lintasan 320 meter dengan spasi elektroda setiap lintasan pengukuran yaitu 5 meter. Penelitian ini bertujuan ⁽¹⁾ Meneliti kandungan geokimia dan jenis fluida, ⁽²⁾ Mengidentifikasi fluida panas bumi berdasarkan analisis data resistivitas 2D dan 3D dan ⁽³⁾ Mengidentifikasi lapisan batuan manifestasi Padok berdasarkan penampang bawah permukaan resistivitas 2D dan 3D. Litologi batuan bawah permukaan daerah penelitian secara umum dibagi menjadi 4 bagian yaitu ⁽¹⁾ Fluida air panas memiliki nilai resistivitas rata-rata $1\ \Omega\text{m}$ sampai dengan $3\ \Omega\text{m}$. Berdasarkan data geokimia jenis fluida daerah penelitian adalah air klorida. ⁽²⁾ Nilai resistivitas $6\ \Omega\text{m}$ sampai dengan $50\ \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai endapan permukaan diantaranya endapan rawa, dan endapan alluvium terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lempung, dan gambut. ⁽³⁾ Nilai resistivitas $50\ \Omega\text{m}$ sampai dengan $100\ \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai kerakal, kerikil, pasir dan lempung. ⁽⁴⁾ Batuan lava (andesit-basalt) memiliki nilai resistivitas diatas $100\ \Omega\text{m}$.

Kata Kunci : Fluida Air Panas, Geolistrik, Lapisan Batuan, Manifestasi Padok, Resistivitas, *Wenner-Schlumberger*,

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
KONFIGURASI *WENNER-SCHLUMBERGER* UNTUK
MENGIDENTIFIKASI LITOLOGI BATUAN BAWAH
PERMUKAAN DAN FLUIDA PANAS BUMI WAY RATAI DI
AREA MANIFESTASI PADOK DI KECAMATAN PADANG
CERMIN KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

WILYAN PRATAMA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2018**

Judul Skripsi

**: APLIKASI METODE GEOLISTRIK
RESISTIVITAS KONFIGURASI *WENNER-
SCHLUMBERGER* UNTUK
MENGIDENTIFIKASI LITOLOGI BATUAN
BAWAH PERMUKAAN DAN FLUIDA
PANAS BUMI WAY RATAI DI AREA
MANIFESTASI PADOK DI KECAMATAN
PADANG CERMIN KABUPATEN
PESAWARAN PROPINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa

: **Wilyan Pratama**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115051037

Jurusan

: Teknik Geofisika

Fakultas

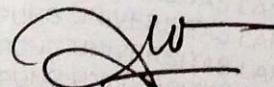
: Teknik

MENYETUJUI

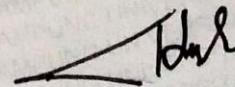
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

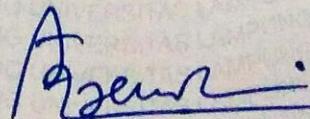


Rustadi, S.Si., M.T.
NIP 19720511 199710 1 002



Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP 19750911 200012 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

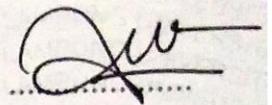


Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720928 199903 1 001

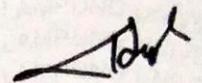
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

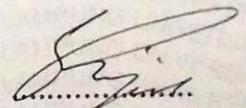
Ketua : **Rustadi, S.Si., M.T.**



Sekretaris : **Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Teknik



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **3 Januari 2018**

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, Februari 2018



Wilyan Pratama
NPM. 1115051037

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukau pada tanggal 20 Januari 1993, dan merupakan anak pertama dari empat bersaudara pasangan bapak Zahlul Farid, S.IP. dan ibu Warida, S.Pd.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK. Darma Wanita Pesisir Tengah pada tahun 1999, pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Lintik Pesisir Tengah pada tahun 2005, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Pesisir Tengah pada tahun 2008, pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Pesisir Tengah yang diselesaikan pada tahun 2011.

Pada tahun 2011, penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi kampus. Penulis terdaftar sebagai anggota Kesekretariatan Hima TG Bhuwana pada periode 2011/2012 dan 2012/2013.

Pada bulan Agustus 2014 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Way Gelam, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan. Pada bulan Juli tahun 2016 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Laboratorium Eksplorasi Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dengan judul **“Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger untuk**

Mengidentifikasi Litologi Batuan Bawah Permukaan di Wilayah Kampus Itera Kabupaten Lampung Selatan". Pada bulan Desember tahun 2016 penulis melaksanakan Tugas Akhir (TA) di Laboratorium Eksplorasi Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dengan judul "**Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* untuk Mengidentifikasi Litologi Batuan Bawah Permukaan dan Fluida Panas Bumi Way Ratai di Area Manifestasi Padok di Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung**".

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur dan atas ridho dari Allah SWT

kan ku persembahkan skripsi ini kepada :

*Kedua Orangtuaku (ayah dan mak) terkasih dan tercinta,
(Zahlul Farid, S.IP. dan Warida, S.Pd.)*

*Adikku tersayang,
(Rizal paruqi, Rega Dinata, Andika Arizandi)*

*Seluruh keluarga Besarku,
(Keluarga Asparaini serta keluarga Alm Musaffa)*

*Almamater kebanggaanku,
(Teknik Geofisika Universitas Lampung)*

MOTTO

“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan itu untuk dirinya sendiri” (QS AL-Ankabut [29]: 6)

“Orang yang menuntut ilmu berarti menuntut rahmat; orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun islam dan pahala yang diberikan sama dengan para nabi” (HR Dailani dari Anas r.a)

“Bukanlah orang yang paling baik dari pada kamu, siapa yang meninggalkan dunianya karena akhirat dan tidak pula meninggalkan akhiratnya karena dunianya, sehingga ia dapat kedua-duanya semua, karena dunia itu penyampaian akhirat. Dan janganlah kamu memberatkan sesama manusia”
(HR Muslim)

“Dang mulang mit puntut lipit, maknanya janganlah mengerjakan suatu perbuatan sia-sia tanpa hasil” (Zahlul Farid, S.IP)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tak lupa shalawat serta salam saya ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi yang berjudul “Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* untuk Mengidentifikasi Litologi Batuan Bawah Permukaan dan Fluida Panas Bumi Way Ratai di Area Manifestasi Padok di Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung” merupakan hasil dari Tugas Akhir yang dilaksanakan penulis di Laboratorium Ekplorasi Jurusan Teknik Gofisika Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa penulis memiliki keterbatasan dalam beberapa hal dan segala sesuatu tidak ada yang sempurna, demikian pula dengan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna.

Untuk itu jika ditemukan kesalahan dalam penulisan skripsi ini, kiranya dapat memberikan kritik dan saran. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Demikianlah kata pengantar yang dapat penulis sampaikan, apabila ada salah kata saya mohon maaf dan kepada Allah SWT saya mohon ampun.

Penulis

Wilyan Pratama

SAN WACANA

Selama menjalani Tugas Akhir dan pembuatan skripsi ini tentu saja tidak terlepas dari banyak pihak yang sangat membantu, bukan saja dari segi keilmuan tetapi juga dari segi pengalaman yang tidak mungkin penulis dapatkan hanya di bangku kuliah saja. Maka dari pada itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga memberikan kelancaran dalam menulis skripsi ini.
2. Kedua orangtuaku tercinta, Bapak Zahlul Farid, S.IP. dan Warida, S.Pd., serata tamong kajong, Bapak Asparaini dan ibu Salma yang telah memberikan doa, dukungan dan kasih sayang yang tiada henti, pengorbanan yang kalian lakukan dengan tulus dan ikhlas tanpa pamrih, keringat yang kalian keluarkan demi menyelesaikan pendidikanku dan demi keberhasilanku. Serta adikku tersayang, Rizal Paruqi, Rega Dinata dan Andika Arizandi yang telah memberikan dukungan dan menghibur dikala kejenuhan selama menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. ahmad Zaenudin, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan teknik Geofisika Universitas Lampung.
4. Bapak Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan masukan, bapak seperti seperti orang tua

saya sendiri di kampus. Tanpa ilmu yang bapak ajarkan ke saya baik di kampus maupun di lapangan, saya bukan siapa-siapa, banyak sekali pengalaman yang saya dapatkan dari bapak.

5. Bapak Rustadi, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing I skripsi, yang telah memberikan saran, kritik, bantuan, dan arahan selama saya menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih atas waktu dan pikiran yang telah diberikan untuk membimbing saya.
6. Bapak Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing II skripsi, yang telah memberikan saran, kritik, bantuan, dan arahan selama saya menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih atas waktu dan pikiran yang telah diberikan untuk membimbing saya.
7. Bapak Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan masukan yang sangat berguna untuk memperbaiki penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah mendidik, membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan.
9. Ririn Yulianti, S.T., teman dekat, motivator pribadi, serta sang calon pendamping wisuda dan seterusnya yang tanpa henti selalu memberikan dukungan dan semangat. Nasihat saran serta waktu yang ia berikan adalah hal yang menolong dan membuat saya tersadar untuk berusaha lebih baik dan bekerja lebih keras.
10. Teman, kakak maupun adek (Clan Rotan) kalian seperti saudara bagiku; kak Edo Bagol, Sinku Sanjaya, Nando Liven Konstanta, Bebeu, Wahyuda Alvin,

Rian Hidayat, Eki Zuhelmi (Black Mamba), Subari, Hilman Sabik dan Esha Firnanza terimakasih atas dukungan kalian.

11. Teman dan keluarga angkatan 2011 yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu terimakasih untuk perjuangannya selama ini dalam perjuangan kita menggapai impian sebagai seorang geofisikawan. Apa yang terjadi selama perkuliahan akan selalu dikenang.
12. Egi, Eka'15 dan adek tingkat Teknik Geofisika Universitas Lampung yang tidak bisa di sebutkan namanya satu persatu terimakasih atas dukungan dukungan dan bantuan kalian dalam menyelesaikan Tugas Akhir hingga penyelesaian skripsi ini.
13. Serta para civitas Jurusan Teknik Geofisika dan semua pihak yang terlibat, yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir hingga penyelesaian skripsi ini

Penulis

Wilyan Pratama

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
MOTO	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Penelitian.....	4
2.2, Sistem Panas Bumi	8
2.3. Data Geokimia	10
2.4. Hubungan Resistivitas Dengan Akuifer	13
2.5. Penelitian Panas Bumi Terdahulu Menggunakan Metode Geolistrik.	14

III. TEORI DASAR

3.1. Prinsip Dasar Kelistrikan Bumi	17
3.2. Potensial Listrik Pada Bumi	18
3.2.1. Dasar perumusan potensial geolistrik metode resistivitas.....	19
3.2.2. Satu titik arus dipermukaan	21
3.2.3. Dua titik arus dipermukaan	22
3.3. Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i>	24
3.4. Pemodelan 2D <i>Res2dinv</i>	26

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat.....	29
4.2. Alat dan Bahan	30
4.3. Data Pendukung.....	31
4.4. Desain Pengukuran	31
4.5. Pengolahan Data	33
4.5.1. Pengolahan data 2D.....	33
4.5.2. Pengolahan data 3D resistivitas.....	36
4.6. Interpretasi Data.....	38
4.7. Diagram Alir penelitian	40

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian.....	41
5.1.1. Penelitian geokimia	41
5.1.2. Penampang resistivitas	41
5.2. Pembahasan	42
5.2.1. Lintasan 1	42
5.2.2. Lintasan 2	45
5.2.3. Lintasan 3	48
5.2.4. Lintasan 4	51
5.2.5. Lintasan 5	54
5.2.6. Model 3D daerah penelitian	57

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan.....	62
----------------------	----

6.2. Saran63

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi penelitian Google map	4
2. Manifestasi daerah penelitian	5
3. Peta Geologi daerah penelitian	6
4. Model sistem panas bumi lapangan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus, Lampung	8
5. Medium homogen isotropis dialiri listrik	19
6. Satu titik arus di permukaan	22
7. Dua titik arus dipermukaan	23
8. Pengaturan elektoda konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i>	25
9. (a) <i>ARES resistivity IP meter</i> , (b) Elektroda, (c) Kabel, (d) Aki, (e) GPS, (f) Palu, (g) HT, (h) Meteran, (i) Laptop	31
10. Lintasan pengukuran dan posisi manifestasi <i>Google Earthh</i>	32
11. Data pengukuran dari alat	32
12. Penampang 2D inversi <i>Res2dinv</i>	35
13. Penampang 2D dengan topografi <i>Res2dinv</i>	35
14. Data input 3D	36
15. a) Sumbu XYZ, b) Kotak batas, c) <i>Scatter plot</i> , d) <i>Grider</i>	37
16. Diagram alir penelitian	40
17. Penampang 2D lintasan 1	44
18. Penampang 2D lintasan 2	47
19. Penampang 2D lintasan 3	50
20. Penampang 2D lintasan 4	53
21. Penampang 2D lintasan 5	56
22. Posisi lintasan pengukuran di dalam model 3D	58
23. Sebaran fluida air panas	58
24. a) Pemotongan model resistivitas 3D di UTM 9383200, b) Pemotongan Model resistivitas 3D di UTM 9383300, c) Pemotongan modelreistivitas 3D di UTM 9383400	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jadwal penelitian	29
2. Nilai resistivitas batuan dan mineral.....	39
3. Data geokimia.....	41

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya panas bumi terbesar di dunia. Potensi panas bumi yang terkandung di Indonesia mencapai 40 persen dari total cadangan panas bumi dunia. Sampai dengan tahun 2006 sebanyak 256 lokasi lapangan panas bumi telah ditemukan. Jumlah sebanyak itu sebagian besar berada di Sumatera, Jawa dan Sulawesi (Saptadji, 2009).

Pulau Sumatra khususnya bagian barat-selatan terdapat banyak lapangan-lapangan panas bumi. Daerah sepanjang pantai barat-selatan merupakan daerah yang dipengaruhi oleh pertemuan dua lempeng tektonik yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia.

Panas bumi Way Ratai memiliki banyak daerah manifestasi diantaranya manifestasi Padok terletak di Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Keberadaan manifestasi Padok cukup potensial dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat khususnya untuk pengeringan hasil perkebunan. Masyarakat yang tinggal di dekat Padok mayoritas berpenghasilan dari hasil perkebunan seperti coklat dan kopra. Keberadaan manifestasi Padok dapat juga dimanfaatkan sebagai kawasan wisata karena berdekatan dengan kawasan wisata pesisir pantai. Survei pendahuluan yang telah dilakukan ditemukan beberapa manifestasi kolam air panas yang memiliki temperatur tinggi mencapai 90⁰ C.

Manifestasi padok perlu dieksplorasi lebih lanjut melalui studi geologi, geokimia dan geofisika lebih rinci. Eksplorasi geofisika digunakan untuk meneliti keberadaan fluida panas, dapat dilakukan melalui survei resistivitas (Arnason dan Gislason, 2009).

Metoda resistivitas digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi (Santoso, 2002). Berbagai faktor berkontribusi dalam meningkatkan kontras resistivitas antara sistem panas bumi dengan batuan disekitarnya (Meidav, 1972).

Metoda resistivitas dalam eksplorasi panas bumi telah digunakan dalam beberapa penelitian, diantaranya dilakukan oleh Widodo dkk (2005), Rakhmanto dkk, (2011), Widodo dan Mustang (2009) dan Haerudin dkk (2009).

Penelitian geolistrik dalam eksplorasi panas bumi menghasilkan nilai resistivitas berbeda untuk batuan penutup dan batuan reservoir. Pemahaman terhadap geologi lokal daerah penelitian dapat membantu interpretasi data geolistrik.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah

1. Meneliti kandungan geokimia dan jenis fluida manifestasi padok.
2. Mengidentifikasi fluida panas bumi berdasarkan analisis data resistivitas 2D dan 3D di area manifestasi Padok.

3. Mengidentifikasi lapisan batuan di wilayah panas bumi Way Ratai area manifestasi Padok berdasarkan penampang bawah permukaan resistivitas 2D dan 3D.

1.3. Manfaat Penelitian

Tersedianya data penelitian ini dapat membantu masyarakat dan pemerintah daerah dalam pengembangan pemanfaatan panas bumi Way Ratai khususnya area manifestasi Padok untuk perkebunan maupun wisata pemandian air panas.

1.4. Batasan Masalah

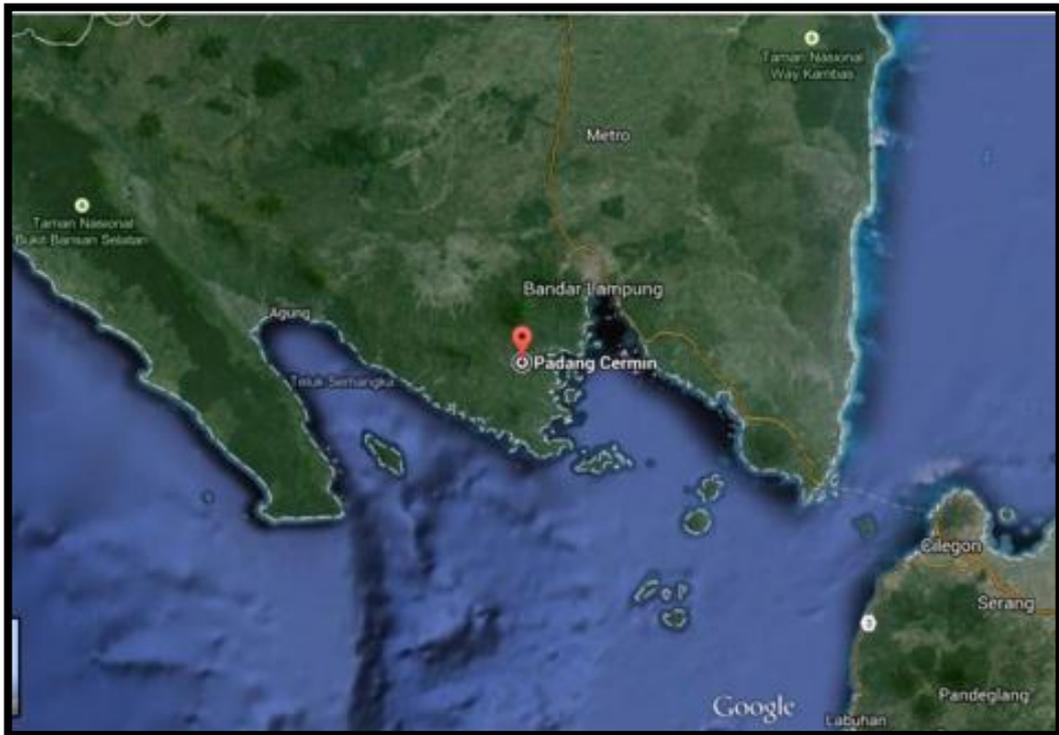
Batasan masalah dalam penelitian ini dilakukan melalui:

1. Uji geokimia fluida.
2. Pengukuran geolistrik 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger* 5 lintasan.
3. Pemodelan bawah permukaan dilakukan melalui model 2D menggunakan *Res2dinv* dan model 3D menggunakan *software Res3Dinv* dan *Voxler*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di Desa Padang Cermin Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Propinsi Lampung, di paparkan pada (**Gambar 1**)



Gambar 1. Lokasi penelitian Google map 2017

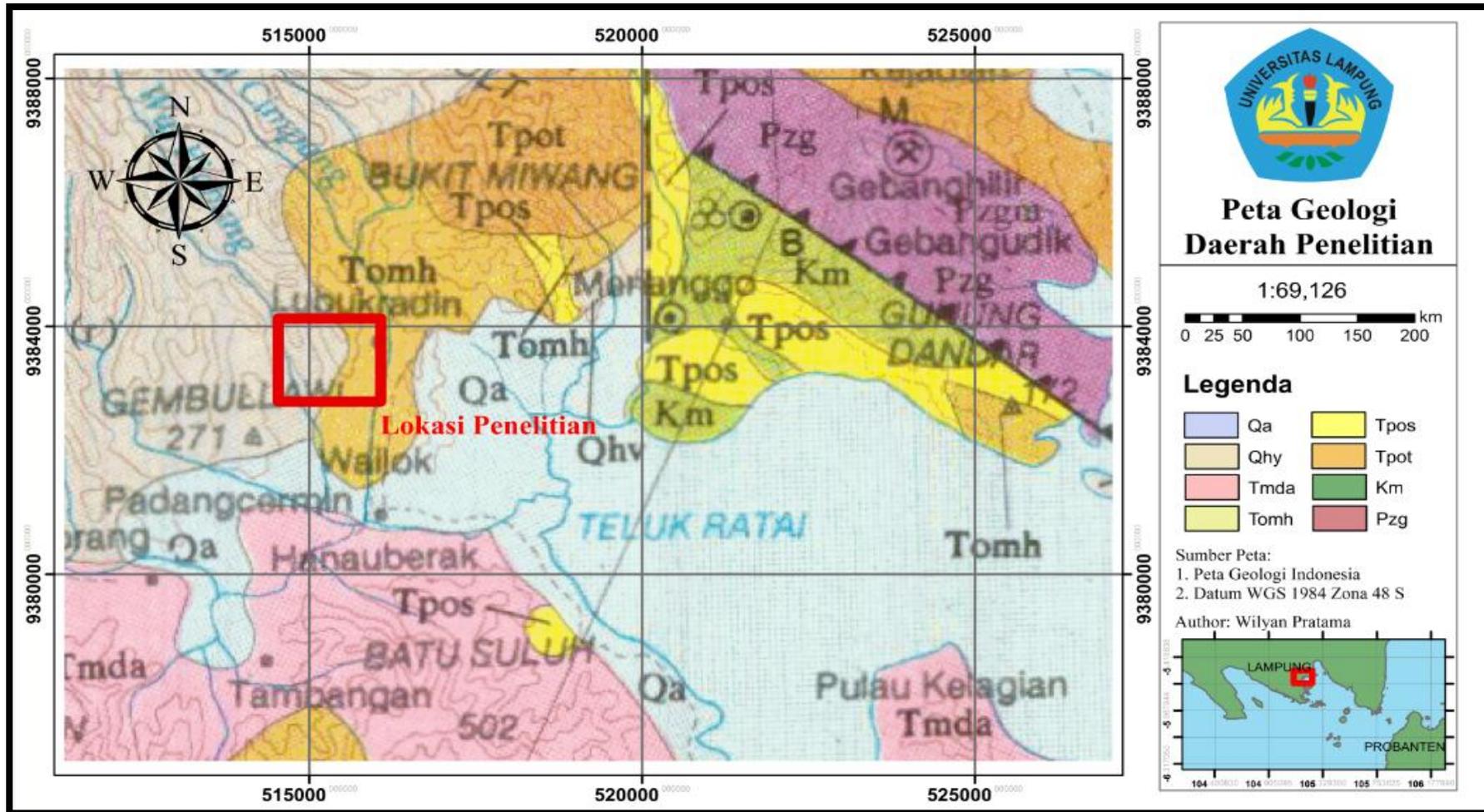
Gambar adanya manifestasi di daerah penelitian diperlihatkan pada (**Gambar 2**) terletak pada kordinat UTM X 515280, UTM Y 9383175 dengan temperatur 90⁰C dan UTM 515195, UTM Y 9383291 dengan Temperatur 85⁰C.



Gambar 2. Manifestasi daerah penelitian

Keberadaan panas bumi di daerah penelitian berdasarkan peta geologi Lembar Tanjung Karang terletak di sebelah tenggara Gunung Ratai dan sebelah selatan sesar Menanga. Batuan yang tersingkap di daerah penelitian yang ditunjukkan oleh kotak berwarna merah (**Gambar 3**) didominasi oleh batuan gunung api muda diantaranya adalah batu lava (andesit-basal), breksi dan tuf, dan batuan endapan permukaan diantaranya adalah endapan rawa, dan endapan aluvium.

Berdasarkan peta geologi Lembar Tanjungkarang, menjelaskan mengenai urutan stratigrafi daerah penelitian yaitu: yaitu batuan tertua berada pada zaman paleozoikum (*paleozoic*) dan jenisnya yaitu batuan malihan (*metamorphic rocks*) diantaranya adalah batuan sekis pelitan dan sedikit gnes, juga mencakup kuarsit dengan sisipan sekis-kuarsa serisit dan batu pualam, sekis amfibol hijau, amfibol orthogenes dioritan, campuran granitoid dan sekis atau gnes dan diterobos oleh urat granit pegmatit dari Gunung Kasih (Pzg). Batuan termuda yaitu berada pada zaman holosen (*holocene*) dengan memiliki 2 variasi jenis batumannya yaitu batuan gunung api muda; diantaranya adalah batu lava (andesit-basal), breksi dan tuf, dan batuan endapan permukaan, diantaranya adalah endapan rawa, dan endapan alluvium.



Gambar 3. Peta Geologi daerah penelitian (Mangga dkk, 1993)

Statigrafi daerah penelitian oleh Mangga dkk (1993) ditafsirkan pada

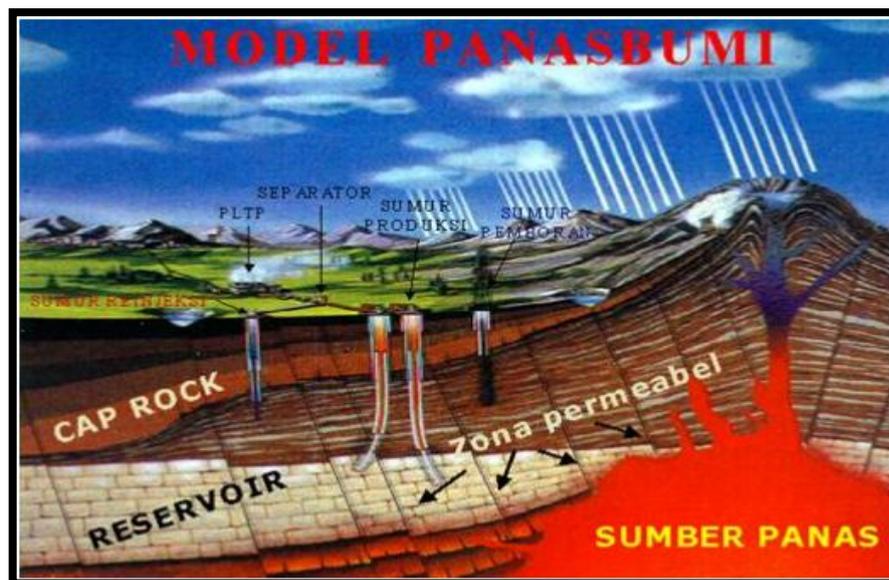
Gambar 3.

Qa	: Aluvium berumur holosen terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lempung, dan gambut.
Qhy	: Endapan gunung api muda berumur plistosen dan holosen dengan komposisi lava andesit-basal, breksi dan tuf yang mencapai ketebalan beberapa ratus meter yang tersebar di dekat gunung dan juga menyisip di formasi-formasi lain
Tmda	: Dasit Piabung berumur miosen awal.
Tomh	: Formasi Hulusamping berumur Oligosen dengan komposisi lava andesit basal, tuf dan gunung api terubah dengan lensa batu gamping.
Tpot	: Formasi Tarahan berumur paleosen–oligosen awal yang terdiri dari tuf dan breksi dikuasai oleh sisipan rijang dengan ketebalan mencapai 500 meter-1000 meter. Tersebar di sekitar Telukbetung, Gunung Balu sampai Tarahan, penampang tipe di Sungai Tarahan 10 kilometer tenggara Tanjung Karang. Diendapkan dilingkungan benua, mungkin busur gunung api.
Tpos	: Formasi Sabu berumur eosen dan paleosen terdiri dari perselingan konglomerat dan batu pasir.
Km	: Formasi Menanga berumur Kapur awal perselingan serpih, dan batu lempung dengan basal, sisipan rijang dan lensa batu gamping.
Pzg	: Kompleks Gunung Kasih terdiri atas runtuhuan sedimen-malih dan batuan beku-malih terdiri dari sekis, kuarsit, gnes. Sekis terdiri dari dua jenis sekis kuarsa mika grafit dan sekis amfibol.

Ditafsirkan sebagai batuan gunung api malihan. Kuarsit, putih kecoklatan sampai kemerahan berbutir sedang-kasar tekstur granoblastik jelas, sedimen.

2.2. Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi tersusun oleh batuan penudung, reservoir, sumber panas dan daerah resapan (**Gambar 4**). Air hujan (*rain water*) akan merembes ke dalam tanah melalui saluran pori-pori atau rongga-rongga diantara butir-butir batuan, sehingga air dengan leluasa menerobos turun ke batuan panas (*hot rock*). Air tersebut terakumulasi dan terpanaskan oleh batuan panas (*hot rock*), akibatnya suhu air meningkat. Tekanan yang terus meningkat menyebabkan air panas naik ke atas melalui celah, retakan dan pori-pori (Suharno, 2010).



Gambar 4. Model sistem panas bumi lapangan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus, Lampung (PGE, 2008)

Keberadaan suatu sistem panas bumi biasanya dicirikan oleh adanya manifestasi di permukaan, yaitu berupa:

1. Mata air panas (*hot spring*) 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 solfatara*

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 solfatara merupakan fumarola yang mengeluarkan gas belerang (*sulfur*), seperti SO_2 , H_2S , dan S. Sering juga dijumpai belerang yang mengendap sebagai kristal dan melapisi rekahan-rekahan pada batuan yang dilaluinya.

3. *Geyser*

Adalah 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 (*Steaming Ground*)

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

5. Lumpur panas

merupakan manifestasi panasbumi di permukaan, umumnya mengandung uap panas yang tidak terlalu banyak dan gas CO₂ yang tidak mudah menjadi cair (mengembun). Lumpur panas ditemukan dalam keadaan cair karena kondensasi uap panas. Sedangkan gelembung-gelembung yang terjadi disebabkan oleh keluarnya gas CO₂.

6. Kawah (*crater*)

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

7. Batuan alterasi

Batuan alterasi merupakan tanda-tanda penting suatu lapangan panas bumi. Batuan alterasi terjadi karena proses interaksi antara batuan asal dengan fluida panas bumi. Batuan alterasi terjadi karena beberapa faktor, antara lain suhu, tekanan, jenis batuan, komposisi fuida, pH dan lamanya interaksi (Suharno, 2010).

2.3. Data Geokimia

Fluida panas bumi memiliki komposisi yang beragam dan kondisi tersebut mencerminkan kondisi geologi dan sistem panas bumi pada daerah penelitian analisis geokimia perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan jenis dari daerah panas bumi sehingga dapat mendukung tahapan eksplorasi yang akan dilakukan. Geokimia panas bumi biasanya berisikan komposisi unsur, pH dan suhu. Jenis jenis fluida berdasarkan kandungan kimia

1. Air Sulfat (SO₄).

Air sulfat banyak di jumpai di daerah sekitar kawah gunung berapi, memiliki sifat sebagai berikut:

1. Terbentuk di bagian dangkal akibat kondensasi unsur volatil magmatik menjadi fasa cair.
2. Kadar SO₄ tinggi (mencapai 1000 ppm) akibat oksidasi H₂S di zona oksidasi dan menghasilkan H₂SO₄ :
3. Bersifat sangat asam (pH mendekati 1 – 2)
4. Biasanya ditunjukkan dengan adanya kenampakan kolam lumpur dan pelarutan batuan sekitar.
5. Juga Mengandung Cl .
6. Disarankan untuk tidak menggunakan fluida jenis ini sebagai parameter dalam menghitung *geothermometer*.

2. Air Klorida (Cl)

Merupakan jenis air utama di dalam reservoir panas bumi (dalam bentuk NaCl), keberadaan fluida ini mengindikasikan bahwa sumber air panas di daerah tersebut merupakan zona *upflow* yang dekat dengan reservoir panas bumi. Sifat – sifatnya secara umum adalah :

1. Mengandung kation utama : Na, K, Ca dan Mg
2. Kaya SiO₂ dan sering terdapat HCO₃⁻
3. Perbandingan Cl/SO₄ umumnya tinggi.
4. Berasosiasi dengan gas CO₂ dan H₂S
5. pH sekitar netral, dapat sedikit asam dan basa tergantung CO₂ terlarut. CO₂ menyebabkan meningkatnya kadar keasaman fluida.

6. Mata air panasnya umumnya jernih kebiruan pada mata air natural.
7. Terbentuk endapan di permukaan sekitar mata air panas *sinter silika* (SiO_2).
8. Merupakan fluida yang sangat ideal untuk digunakan sebagai *geothermometer* baik *geothermometer* alkali maupun silika (*note* harus melihat hasil analisa diagram *trilinier* yang lain untuk hasil yang lebih akurat).

3. Air Bikarbonat (HCO_3)

Terbentuk di zona *outflow* yang jauh dari reservoir panasbumi, fluida ini dipengaruhi oleh *meteoric water*. Terbentuk pada daerah pinggir dan dangkal dari sebuah sistem panas bumi.

1. Terbentuk Akibat adsorpsi gas CO_2 dan kondensasi uap air ke dalam air tanah (*steam heated water*).
2. Anion utama HCO_3 dan kation utama adalah Na.
3. Kandungan Cl rendah dan kandungan SO_4 bervariasi.
4. Di bawah muka air tanah bersifat asam lemah, tetapi dapat bersifat basa oleh hilangnya CO_2 terlarut di permukaan.
5. Kehadiran batugamping di bawah permukaan dapat membentuk endapan *sinter travertin* (CaCO_3) di permukaan.
6. Tidak disarankan menggunakan fluida jenis ini untuk perhitungan dengan *Geothermometer* alkali karena akan memberikan hasil yang terlalu tinggi. *geothermometer* yang disarankan adalah *geothermometer* Gas atau dapat juga menggunakan *geothermometer* SiO (T yang dihasilkan lebih konservatif).

2.4. Hubungan Resistivitas Dengan Akuifer

Hubungan antara nilai resistivitas dengan jenis batuan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Batuan sedimen yang lepas akan mempunyai nilai resistivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan batuan sedimen kompak. Jika batuan mengandung air akan lebih rendah lagi, apalagi jika air mengandung kadar garam yang tinggi.
2. Kesarangan/porositas batuan. Batuan yang porous mempunyai nilai resistivitas lebih rendah dari pada batuan yang tidak porous.
3. pH dari air dalam rongga batuan. pH rendah menunjukkan batuan yang asam dengan nilai resistivitas rendah.
4. Resistivitas batuan akan bervariasi dari satu tempat ke tempat lain dan tergantung pada lingkungan pengendapan setempat.
5. Resistivitas dapat berbeda secara mencolok, tidak saja dari satu lapisan kelapisan yang lain tetapi dalam satu lapisan batuan.
6. Temperatur air tinggi (air panas) mempunyai nilai resistivitas rendah dibandingkan dengan temperatur air lebih rendah (segar).
7. *Permeabilitas* atau keasanggupan suatu batuan yang mempunyai pori-pori untuk mengalirkan cairan. Nilai resistivitas batuan dengan *permeabilitas* tinggi akan lebih tinggi dibandingkan dengan batuan dengan *permeabilitas/impermeable*.
8. Kesarangan (porositas) batuan adalah perbandingan antara volume rongga dengan volume batuan seluruhnya $V_r/V \times 100 \%$., kesarangan besar berarti volume air yang tersimpan besar (Daulay, 2017).

2.5. Penelitian Panas Bumi Terdahulu Menggunakan Metode Geolistrik

Metoda resistivitas adalah salah satu metoda geofisika yang digunakan dalam eksplorasi panas bumi. Berbagai faktor berkontribusi dalam meningkatkan kontras resistivitas antara sistem panas bumi dengan batuan disekitarnya. Faktor-faktor ini menjadikan nilai resistivitas di lapangan panas bumi relatif terhadap batuan sekitarnya.

Resistivitas menurun dengan kenaikan temperatur. Peningkatan temperature menyebabkan peningkatan kelarutandan akibatnya terjadi peningkatan salinitas dan penurunan resistivitas. Ruang pori di bagian tengah dari lapangan panas bumi meningkat dengan kenaikan temperatur sehingga resistivitas berkurang. Dalam sistem panas bumi klasik, biasanya resistivitasnya sekitar 5 Ωm sedangkan batuan disekitarnya bisa lebih dari 100 Ωm (Meidav, 1972).

Pada sistem panas bumi yang didominasi cairan, resistivitas menurun dengan kenaikan temperatur. Cekungan sedimen besar yang kaya akan *clay sand*, umumnya ditandai dengan resistivitas rendah. Penurunan resistivitas disebabkan oleh *clay*. Oleh karena itu, dalam cekungan sedimen, penurunan resistivitas tidak dapat ditafsirkan sebagai reservoir panas bumi, kecuali ada beberapa bukti langsung.

Metoda resistivitas dalam eksplorasi panas bumi telah digunakan dalam beberapa penelitian. Metode resistivitas dalam eksplorasi panas bumi diantaranya dilakukan oleh Minarto (2011), Apostolopoulos (2005), Suhendra (2008), Widodo dkk, (2005), Rakhmanto dkk, (2011), Widodo dan Mustang (2009) dan Haerudin dkk, (2009).

Metode geolistrik (tahanan jenis) menurut Minarto (2011) sangat bagus digunakan untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi tahanan jenis batuanannya. Survei geolistrik terutama sangat bagus dilakukan pada daerah dengan kontras tahanan jenis yang cukup jelas terhadap sekitarnya seperti untuk keperluan eksplorasi panas bumi. Penelitian Minarto (2011) di daerah panas bumi Mataloko menggunakan metoda geolistrik konfigurasi *Schlumberger* menunjukkan bahwa terdapat lapisan yang bersifat konduktif dengan resistivitas $< 5 \Omega\text{m}$ diperkirakan sebagai lapisan penutup dan lapisan yang bersifat agak resistif ($10 \Omega\text{m} - 100 \Omega\text{m}$) diperkirakan sebagai reservoir dari sumber panas bumi daerah Mataloko.

Penyelidikan resistivitas *sounding* oleh Apostolopoulos (2005) dapat memberikan informasi bawah permukaan pada daerah *Sperchios River Valley, Central Greece*. Suhendra (2008) melakukan penelitian di daerah prospek panas bumi Air Koprass, Bengkulu berdasarkan nilai tahanan jenis. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan struktur bawah permukaan daerah panas bumi Air Koprass. Nilai tahanan jenis bawah permukaan yang dapat diinterpretasikan sebagai sumber panas bumi berkisar antara $0,00308 \Omega\text{m Wm} - 3,55 \Omega\text{m}$.

Daerah panas bumi Suwawa, berdasarkan penelitian Widodo dkk, (2005) memiliki lapisan yang diduga sebagai lapisan penutup dengan kedalaman puncak lapisan antara 200 – 800 m dan tebal 150 – 350 m. Lapisan ini disusun oleh kelompok resistivitas rendah $< 15 \Omega\text{m}$ dan 15 sampai $< 40 \Omega\text{m}$. Lapisan reservoir bagian atas diduga terisi oleh kelompok resistivitas sedang 40 sampai $< 200 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman puncak lapisan antara 350 – 700 m. Prospek panas bumi

daerah panas bumi Suwawa berada di sekitar mata air panas Libungo seluas ≥ 7 km².

Widodo dkk, (2005) memberikan nilai resistivitas rendah ($< 15 \Omega\text{m}$ dan 15 sampai $< 40 \Omega\text{m}$) untuk batuan penutup dan resistivitas sedang (40 sampai $< 200 \Omega\text{m}$) untuk reservoir. Haeruddin dkk, (2009) memberikan nilai resistivitas $\leq 35 \Omega\text{m}$ untuk reservoir dan $< 10 \Omega\text{m}$ untuk batuan penutup.

Widodo dan Mustang (2009) memberikan nilai resistivitas rendah sampai sedang ($25 - 40 \Omega\text{m}$) untuk batuan penutup dan resistivitas tinggi ($> 90 \Omega\text{m}$) untuk reservoir. Penelitian geolistrik dalam eksplorasi panas bumi seperti yang dipaparkan di atas menghasilkan nilai resistivitas berbeda untuk batuan penutup dan batuan reservoir. Hal ini dipengaruhi oleh keadaan geologi daerah penelitian.

III. TEORI DASAR

3.1. Prinsip Dasar Kelistrikan Bumi

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk eksplorasi dangkal. Metode ini memanfaatkan kontras sifat resistivitas (tahanan jenis) dari lapisan batuan di dalam bumi sebagai media/alat untuk mempelajari keadaan geologi bawah permukaan.

Batuan penyusun berbagai mineral, atom-atom terikat secara ionik atau kovalen. Karena adanya ikatan tersebut, maka batuan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Aliran arus listrik di dalam batuan/mineral dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

1. Konduksi elektronik

Konduksi ini adalah tipe normal dari aliran arus listrik dalam batuan/mineral.

Hal ini terjadi, jika batuan/mineral tersebut mempunyai banyak elektron bebas.

Akibatnya arus listrik mudah mengalir pada batuan tersebut. Sebagai contoh, batuan yang banyak mengandung logam.

2. Konduksi elektrolitik

Konduksi jenis ini banyak terjadi pada batuan/mineral yang bersifat porus dan pada pori-pori tersebut terisi oleh larutan elektrolit. Dalam hal ini arus listrik

mengalir akibat dibawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduksi seperti ini lebih lambat daripada konduksi elektronik.

3. Konduksi dielektrik

Konduksi ini terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar, maka elektron- elektron dalam atom batuan dipaksa berpindah dan berkumpul terpisah dengan intinya, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini sangat bergantung pada konstanta dielektrik batuan yang bersangkutan (Hendrajaya dan Arif, 1990).

3.2. Potensial Listrik Pada Bumi

Potensial listrik alam atau potensial diri disebabkan karena terjadinya kegiatan elektrokimia mekanik. Faktor pengontrol dari semua kejadian ini adalah air tanah. Potensial ini berasosiasi dengan pelapukan mineral pada bodi sulfida, perbedaan sifat batuan (kandungan mineral) pada kontak geologi, kegiatan bioelektrik dari materi organik korosi, *gradien termal* dan *gradien tekanan*. Potensial alam ini dapat dikelompokkan menjadi 4 yaitu :

1. Potensial elektrokinetik

Potensial ini disebabkan bila suatu larutan bergerak melalui suatu pipa kapiler atau medium yang berpori.

2. Potensial difusi

Potensial ini disebabkan bila terjadi perbedaan mobilitas dari ion dalam larutan yang mempunyai konsentrasi berbeda.

3. Potensial Nerust

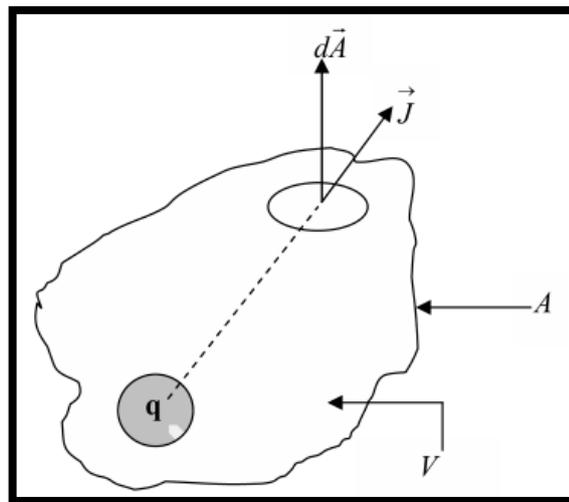
Potensial ini timbul bila suatu elektroda dimasukkan ke dalam larutan homogen.

4. Potensial mineralisasi

Potensial ini timbul bila dua elektroda logam dimasukkan kedalam larutan homogen.

3.2.1. Dasar perumusan potensial geolistrik metode resistivitas

Bumi diasumsikan sebagai medium yang *homogen isotropis* diperlihatkan perjalanan arus yang kontinu pada medium bumi diperlihatkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Medium homogen isotropis dialiri listrik (Hendrajaya dan Arif, 1990)

jika $d\vec{A}$ adalah elemen luas dan \vec{J} adalah kerapatan arus listrik maka besarnya arus listrik (I) dirumuskan:

$$dI = \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (3.1a)$$

sedangkan menurut hukum Ohm menghubungkan rapat arus \vec{J} (dalam ampere/meter²) dengan medan listrik \vec{E} (dalam volt/meter) yang ditimbulkannya

dirumuskan sebagai berikut:(Hendrajaya dan Arif, 1990).

$$\vec{E} = \sigma \vec{J} \quad (3.1b)$$

dimana σ adalah konduktivitas (dalam siemens/meter). Dalam bentuk yang identik dengan hukum Ohm untuk rangkaian listrik sederhana ($V = IR$) persamaan (3.1b) dapat dituliskan sebagai:

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \quad (3.1c)$$

jika medan listrik merupakan gradien potensial (\vec{V}) maka

$$\vec{E} = -\nabla \vec{V} \quad (3.2)$$

$$\vec{J} = -\sigma \nabla \vec{V} \quad (3.3)$$

jika di dalam medium yang dilingkupi oleh permukaan A tidak terdapat sumber arus maka: (Hendrajaya dan Arif, 1990).

$$\int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (3.4)$$

Menurut teorema Gauss, integral volume dari divergensi arus yang keluar dari volume (V) yang dilingkupi permukaan A adalah sama dengan jumlah total muatan yang ada di dalamnya (ruang V yang dilingkupi oleh permukaan tertutup A tersebut), sehingga: (Hendrajaya dan Arif, 1990).

$$\int_0 \nabla \cdot \vec{J} dV = 0 \quad (3.5)$$

akibatnya:

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0 \quad (3.6)$$

$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad (3.7)$$

jika konduktivitas listrik medium (σ) konstan maka suku pertama pada bagian kiri Persamaan (3.7) bernilai nol sehingga didapat persamaan Laplace atau potensial bersifat Harmonik (Hendrajaya dan Arif, 1990).

$$\nabla^2 V = 0 \quad (3.8)$$

dalam koordinat bola persamaan Laplace dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0$$

Anggapan bumi sebagai medium homogen isotropis dimana bumi memiliki simetri bola, sehingga potensial V merupakan fungsi jarak (r) saja. Maka persamaan potensial dalam bumi berbentuk:

$$V = V_{(r)} \quad (3.9)$$

$$\frac{d^2 V_{(r)}}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV_{(r)}}{dr} = 0 \quad (3.10)$$

$$V_{(r)} = \frac{C_1}{r} + C_2 \quad (3.11)$$

dengan C_1 dan C_2 adalah konstanta sembarang. Untuk menentukan kedua konstanta tersebut diterapkan syarat batas yang harus dipenuhi potensial $V_{(r)}$ yaitu: untuk jarak (r) tak terhingga ($r = \infty$) atau jarak yang sangat jauh, $V_{(r \rightarrow \infty)} = 0$ sehingga $C_2 = 0$ dan persamaan (3.11) akan menjadi:

$$V_{(r)} = \frac{C_1}{r} \quad (3.12)$$

3.2.2. Satu titik arus di permukaan

Sumber arus listrik titik yang berada di permukaan bumi akan merambat ke segala arah secara radial berbentuk setengah permukaan bola diperlihatkan **Gambar 6** sehingga jumlah arus yang keluar melalui permukaan bola A yang berjari-jari r adalah:

$$I = 2\pi r^2 \vec{j}$$

$$I = 2\pi r^2 \left(-\sigma \frac{\partial V}{\partial r} \right) \quad (3.13a)$$

$$I = 2\pi\sigma \cdot C_1$$

Sehingga $C_1 = \frac{1}{2\pi\sigma}$

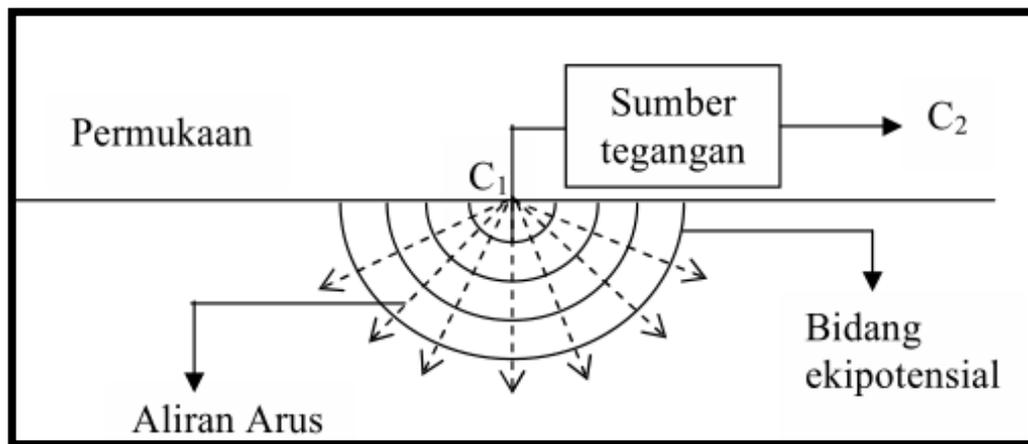
$$C_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \quad (3.13b)$$

Maka persamaan potensial listrik dapat dirumuskan:

$$V_{(r)} = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (3.14a)$$

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (3.14b)$$

dengan ρ adalah nilai resistivitas bahan/ benda dalam satuan ohm.m (Telford et al, 1976).

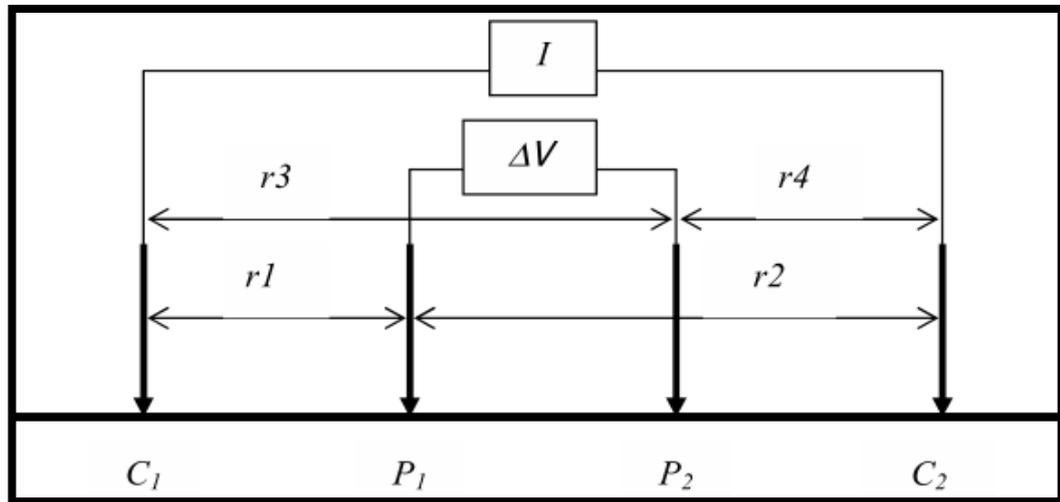


Gambar 6. Satu titik arus di permukaan (Telford et al, 1990)

3.2.3. Dua titik arus dipermukaan

Dua elektroda untuk mengalirkan arus C_1 dan C_2 beda potensialnya diukur antara 2 titik dengan dua elektroda potensial P_1 dan P_2 . Apabila terdapat elektroda arus C_1 yang terletak pada permukaan suatu medium homogen, terangkai dengan elektroda arus C_2 dan diantaranya ada dua elektroda potensial P_1 dan P_2 yang dibuat dengan jarak tertentu diperlihatkan **Gambar 7**, maka potensial yang berada di dekat titik elektroda tersebut bisa dipengaruhi oleh kedua

elektroda arus. Oleh karena itu potensial P_1 yang disebabkan arus di C_1 dengan memasukkan nilai r fungsi jarak diatas pada Persamaan (3.14), maka potensial di titik P_1 adalah



Gambar 7. Dua titik arus dipermukaan (Telford et al, 1990)

$$V_{P_1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3.15)$$

Dimana r_1 dan r_2 adalah jarak elektroda potensial P_1 terhadap elektroda elektroda arus, sedangkan potensial di titik P_2 adalah :

$$V_{P_2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (3.16)$$

Dimana r_3 dan r_4 adalah jarak potensial P_2 terhadap elektroda-elektroda arus.

Selisih potensial antara 2 titik itu :

$$\Delta V = V_{P_1} - V_{P_2} \quad (3.17)$$

sehingga :

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (3.18)$$

Berdasarkan Persamaan (3.14a, 3.14b dan 3.18) maka besarnya tahanan jenis semu adalah

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \quad (3.19)$$

Dimana : ΔV = beda potensial antara P_1 dan P_2 (volt)

I = besarnya arus yang diinjeksikan melalui elektroda C_1 dan C_2 (ampere)

r_1 = jarak antara C_1 dan P_1 (meter)

r_2 = jarak antara C_2 dan P_2 (meter)

r_3 = jarak antara C_1 dan P_2 (meter)

r_4 = jarak antara C_2 dan P_1 (meter)

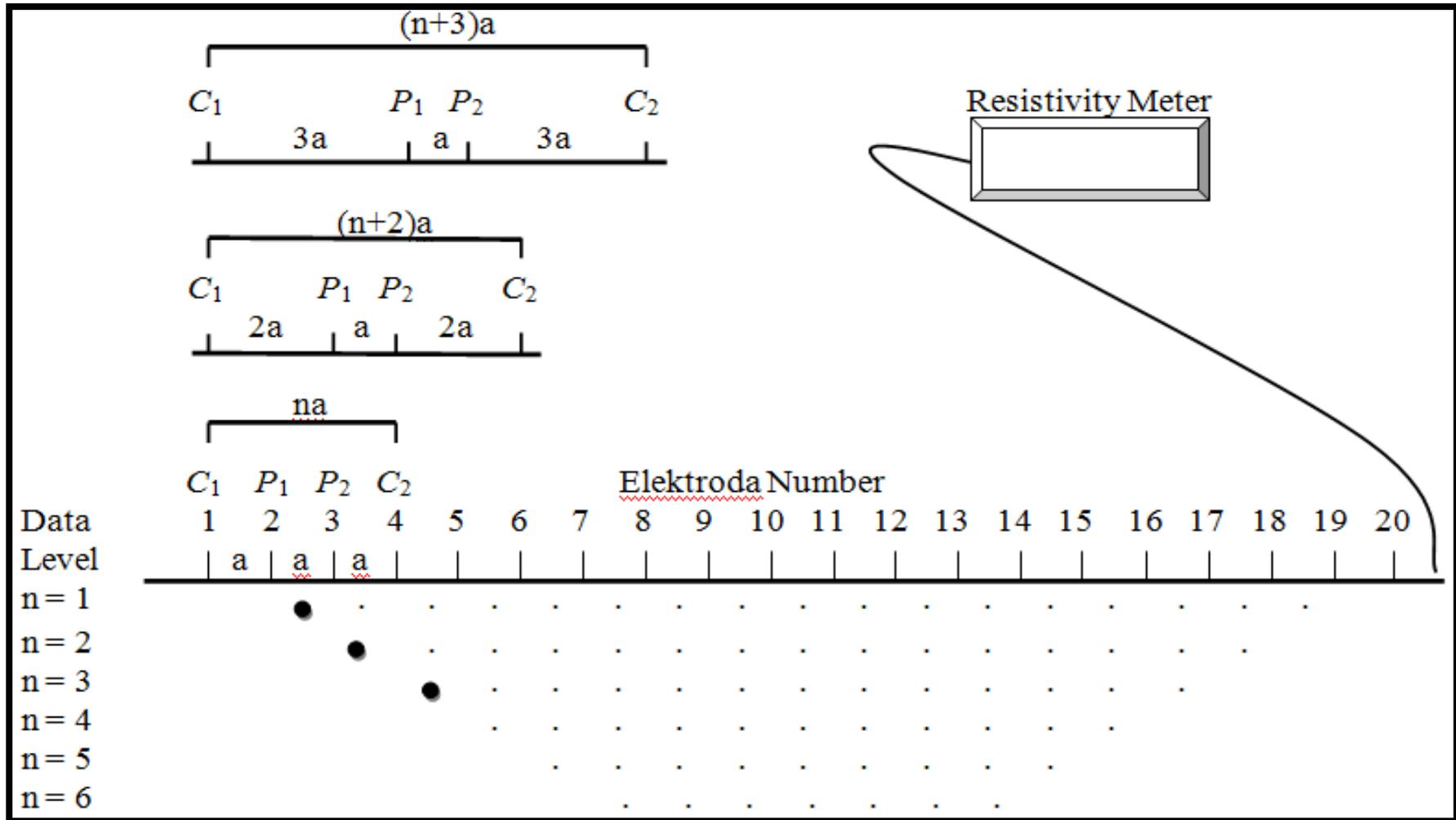
$$K = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \quad (3.20)$$

Dimana K adalah faktor geometri yang berdimensi panjang (meter), yaitu letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus mempengaruhi besar beda potensial terhadap letak kedua elektroda arus (Hendrajaya dan Arif, 1990).

3.3. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

Faktor geometri konfigurasi *Wenner-Schlumberger* diperoleh dari menyubstitusikan nilai jarak spasi elektroda pada **Gambar 8** kepersamaan 3.19, sehingga diperoleh faktor geometrik K sebagai berikut :

$$K = \pi n(n + 1)a \quad (3.21)$$



Gambar 8. Pengaturan elektoda konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (Telford et al, 1990).

Metode geolistrik konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan gabungan antara konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger*. Konfigurasi ini digunakan dalam eksplorasi yang sifatnya relatif dangkal. *Wenner-Schlumberger* adalah salah satu konfigurasi paling umum digunakan untuk survei resistivitas 2D. Kedalaman rata-rata pada konfigurasi ini 10% lebih besar dari konfigurasi *Wenner*. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* juga memiliki cakupan horizontal sedikit lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi *Wenner*. Cakupan Data horisontal sedikit lebih lebar dari konfigurasi *Wenner*, tapi lebih sempit dari data yang diperoleh konfigurasi *dipole-dipole*. Dengan demikian konfigurasi *Wenner-Schlumberger* saling menutupi kelemahan masing-masing konfigurasi (Telford et al, 1990).

3.4. Pemodelan 2D *Res2Dinv*

Penampang 2D merupakan penampang untuk menggambarkan hasil survei secara 2D dengan metode *conturing pseudosection*. *Pseudosection* memberikan gambaran tentang distribusi nilai-nilai hasil pengukuran di lapangan yang dapat berupa resistivitas, *Percent Frequency Effect* ataupun *metal factor* di bawah permukaan bumi. Dalam hal ini posisi *plotting point* adalah titik tengah horizontal ditempatkan di tengah-tengah dalam susunan elektroda pengukuran, sedangkan titik lateral ditempatkan pada jarak yang proporsional di tengah-tengah dalam susunan elektroda pengukuran (antara elektroda C_1-P_1) pada arah vertikal ke bawah. *Pseudosection* dapat dibuat secara manual pada saat pengambilan data di lapangan dengan cara memplotkan nilai resistivitas semu yang terukur, kemudian dilakukan pengkonturan. Hal ini berfungsi sebagai gambaran awal hasil pengukuran dan pengontrol kualitas data hasil pengukuran di lapangan, yang

selanjutnya dapat digunakan sebagai panduan interpretasi kuantitatif lebih lanjut. *Pseudosection* dihasilkan dari proses pemodelan *forward* maupun inversi, sehingga diperoleh nilai resistivitas yang sudah terkoreksi (*topographic effect*). Proses ini merupakan pendekatan terhadap nilai resistivitas yang sebenarnya. Kesalahan yang biasa dilakukan adalah mencoba menggunakan *pseudosection* resistivitas semu maupun sebagai gambaran akhir untuk tahap interpretasi.

Res2Dinv adalah program komputer yang secara otomatis menentukan model resistivitas 2 dimensi (2D) untuk bawah permukaan dari data hasil survei geolistrik. Program ini dapat digunakan untuk survei menggunakan konfigurasi *Wenner*, *pole-pole*, *dipole-dipole*, *pole-dipole*, *Schlumberger*, *Wenner-Schlumberger* dan *array dipole-dipole ekuator*. Selain survei normal yang dilakukan dengan elektroda-elektroda di permukaan tanah, program ini juga mendukung survei *underwater* dan *cross-borehole*. Pengerjaan dalam *inverse modeling* pada *software Res2Dinv* ini pada umumnya hanya dua, yaitu inversi secara otomatis dan menghilangkan efek yang jauh dari datum (titik-titik hasil pengukuran yang tidak sesuai).

Hasil inversi merupakan distribusi nilai resistivitas material bawah permukaan Bumi yang disebut *Resistivity pseudosection* atau *inverse model resistivity section*. Model yang diperoleh melalui proses inverse akan selalu memiliki nilai *Residual Error* atau *Root Mean Squared Error* (RMSE). Iterasi dapat dilakukan beberapa kali untuk menurunkan nilai *error* yang ada. Iterasi merupakan proses perhitungan ulang dari data yang dimasukkan dalam fungsi matematis yang sama secara berulang-ulang untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Nilai RMSE berperan untuk memperlihatkan tingkat perbedaan dari

pengukuran nilai resistivitas material terhadap nilai resistivitas material yang sebenarnya. Semakin besar nilai RMSE maka model yang diperoleh dari proses inversi akan semakin halus. Besar kecilnya nilai RMSE dipengaruhi oleh bentuk dan struktur bumi tempat elektroda dibentang, misalnya adanya keberadaan gua di dalam tanah atau banyak akar pepohonan yang berada tepat di bawah bentangan (Loke, 1999).

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini yang telah dilakukan pada bulan Desember 2016, di daerah panas bumi Way Ratai area manifestasi Padok Desa Padang Cermin Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Adapun tahap penelitian dipaparkan pada **Tabel 1**.

Table 1. Jadwal Penelitian

JADWAL PENELITIAN																				
Kegiatan	Bulan																			
	Desember				Januari				Febuari				Maret				April			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi literatur	■	■	■																	
akusisi Data				■																
Pemodelan 2D					■	■	■													
Pemodelan 3D							■	■												
Analisis dan interpretasi									■	■	■	■								
Penyusunan laporan													■	■	■	■				
Seminar usul																	■			
Seminar hasil																				■

4.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

a. *ARES resistivity IP meter*

Digunakan untuk mengukur nilai resistansi untuk mendapatkan nilai resistivitas semu.

b. Elektroda 64 buah

Digunakan untuk menginjeksi arus ke dalam tanah dan untuk menentukan besarnya beda tegangan yang ditimbulkan.

c. Kabel *multi-channel* 8 gulungan

Digunakan untuk menyambungkan semua komponen alat pada saat pengukuran.

d. Aki 12 volt

Berfungsi sebagai sumber arus.

e. *GPS (Global Positioning System) Maps 76Csx*

Berfungsi untuk menentukan koordinat lokasi penelitian serta memploting titik-titik lintasan pengukuran untuk memperoleh elevasi data topografi.

f. Palu

Digunakan untuk membantu menanam elektroda.

g. *Handy Talky (HT)*

Sebagai alat penghubung dalam memberikan informasi saat pengambilan data.

h. Meteran

Digunakan untuk membantu penentuan panjang lintasan dan spasi.

i. Laptop

Digunakan untuk mengolah data dan menyusun laporan.



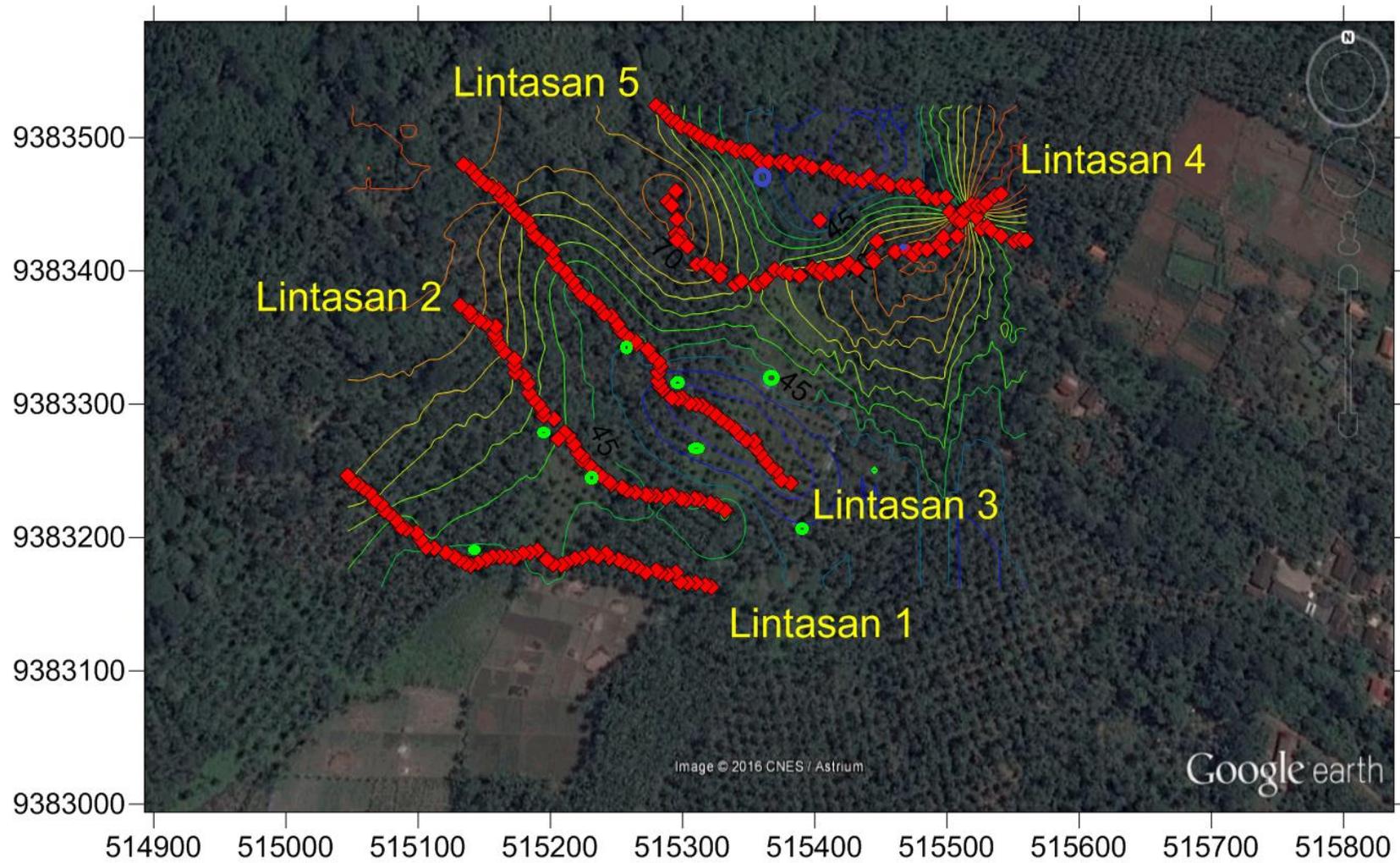
Gambar 9. (a) *ARES resistivity IP meter*, (b) Elektroda, (c) Kabel, (d) Aki, (e) GPS, (f) Palu, (g) HT, (h) Meteran, (i) Laptop

4.3. Data Pendukung

1. Peta geologi lembar Tanjung Karang.
2. Peta citra penelitian dari *Google Earth*

4.4. Desain Pengukuran

Pengukuran menggunakan aplikasi metode geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi *Wenner-schlumberger* di area penelitian terdiri dari 5 lintasan pengukuran. Lintasan 1 memiliki panjang lintasan 280 m, lintasan 2 memiliki panjang lintasan 240 meter, lintasan 3 memiliki panjang lintasan 320 meter, lintasan 4 memiliki panjang lintasan 280 meter dan lintasan 5 memiliki panjang lintasan 280 meter dengan spasi elektroda setiap lintasan pengukuran yaitu 5 meter. Titik berwarna biru merupakan keberadaan manifestasi kolam air panas.



Gambar 10. Lintasan pengukuran dan posisi manifestestasi *Google Earthh*

4.5. Pengolahan Data

4.5.1. Pengolahan Data 2D

Hasil pengukuran yang didapatkan dari lapangan berupa data resistivitas yang tersimpan otomatis pada alat *Ares Resisty IP meter* kemudian dilakukan pemindahan dari alat dalam bentuk *file* "dat" ke laptop setelah itu diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv*. Langkah-langkah penggunaan program *Res2Dinv* untuk memproses data geolistrik adalah sebagai berikut:

1. Data hasil pengukuran berupa *file* dat yang telah dipindahkan dari alat kemudian diolah dengan program *excel* untuk melihat nama lintasan, resistivitas semu, jumlah titik datum dan lain- lain setelah itu menambahkan data topografi dan kordinat pengukuran yang sudah didapatkan dengan GPS (*Global Positioning System*).

way ratay,				
5.0				
7				
664				
0				
0				
0	5	1		37.43
5	5	1		36.87
10	5	1		32.8
15	5	1		30.14
20	5	1		28.71
25	5	1		28.5
30	5	1		36.95
35	5	1		33.76
40	5	1		35.04
45	5	1		31.83
50	5	1		31.18
55	5	1		22.54
60	5	1		26.72
65	5	1		22.42
70	5	1		23.57
75	5	1		20
80	5	1		17.33

Gambar 11. Data pengukuran dari alat

2. Data *input Res2Dinv* diletakkan pada *text editor* dengan format *input* sebagai berikut:

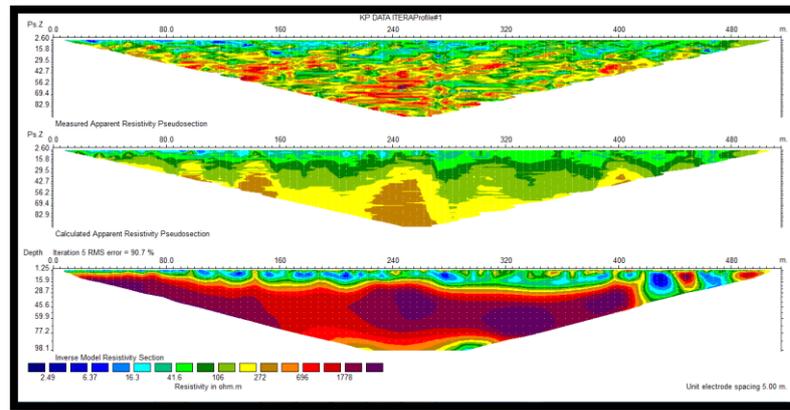
- Line 1 : Nama Daerah Survei atau lintasan
- Line 2 : Spasi elektroda terpendek
- Line 3 : Tipe konfigurasi (*Wenner* = 1, *Pole-pole* = 2, *Dipole-dipole* = 3, *Pole-dipole* = 6, *Schlumberger* = 7, *Equatorial dipole-dipole* = 8)
- Line 4 : Jumlah total *datum points*
- Line 5 : Tipe dari lokasi x untuk *datum points*.
Masukan 0 jika letak elektroda pertama diketahui
Masukan 1 jika titik tengah diketahui
- Line 6 : 1 untuk data IP (0 untuk resistivitas)
- Line 7 : Posisi x, spasi elektroda, (faktor pemisah elektroda, n, untuk *dipole-dipole*, *pole-dipole*, dan *Wenner-Schlumberger*), dan harga resistivitas semu yang terukur untuk *datum point* pertama.
- Line 8 : Lokasi x, spasi elektroda dan resistivitas semu yang terukur untuk *datum point* kedua dan seterusnya. Sebagai catatan lokasi x dari *datum point* harus terus meningkat.

Line 10,11,12,13 : ketik 0

Simpan data dengan ekstensi .dat

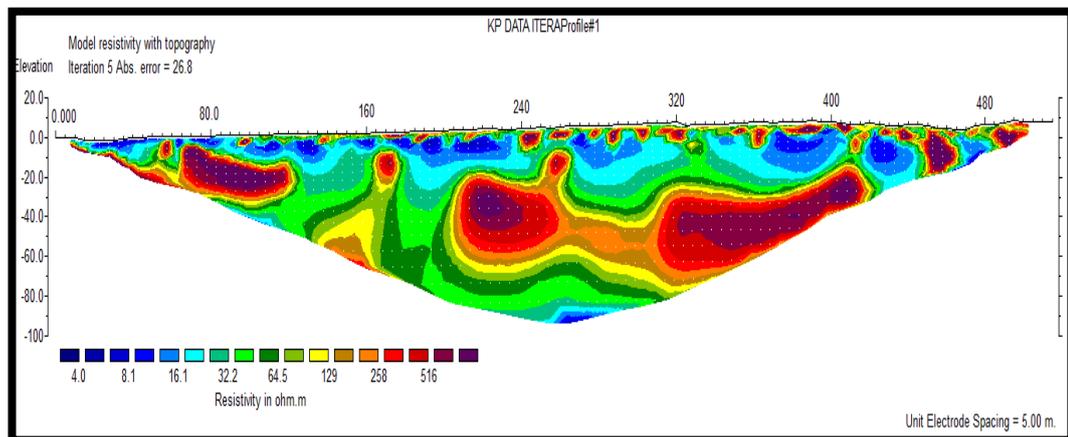
3. Buka *software Res2Dinv*
4. Maka akan terbuka tampilan awal *software Res2Dinv*, lalu klik OK
5. Pilih *file* pada *toolbar*, lalu pilih *read data file*. Pilih data yang akan diolah yaitu data dalam format DAT (yang berisikan *datum point*, spasi elektroda dan nilai resistivitas semu). Lalu klik *open*. Kemudian muncul *reading of data file completed, ok*.

4. Pilih *menu inversion*, lalu klik *least square inversion* tunggu hingga proses selesai. Maka akan muncul penampang resistivitas 2D tanpa topografi diperlihatkan **Gambar 12**.



Gambar 12. Penampang 2D inversi *Res2dinv*

5. Pilih *display*, lalu pilih *show inversion result*.
6. Klik *display sections*, lalu pilih *include topography* in model *display*, pilih *choose iteration number*. Pilih *defined logarithmic contour interval* untuk menentukan rentang nilai resistivitas pada kontur.



Gambar 13. Penampang 2D dengan topografi *Res2dinv*

7. Lalu menyimpan gambar penampang resistivitas 2D dengan topografi seperti **Gambar 13** dengan pilih *menu print*, lalu pilih *save screen as BMP file*.

4.5.2. Pengolahan Data 3D Resistivitas

Data resistivitas yang telah diinversi selanjutnya dipilih untuk dilakukan pengolahan 3D, dalam penelitian ini penulis memilih data iterasi 5 dari setiap lintasan pengukuran yang selanjutnya akan diolah menggunakan *software* 3D geofisika. Langkah-langkah pengolahan data pada *Voxler versi 4* yaitu:

1. Membuat data input dan menggabungkan data iterasi 5 setiap lintasan dalam *Microsoft Excel* yang terdiri dari kolom X (lokasi-X), Y (lokasi-Y), Z (lokasi Z/kedalaman) dalam bentuk UTM yang didapatkan dari GPS di lokasi penelitian, *resistivity* iterasi 5 dan kolom id. Mengenai kedalaman titik datumnya dikurangi dengan data elevasi elektroda di lapangan lintasan 1,2,3 dan selanjutnya, seperti pada **Gambar 14**.

x	y	z	rho	id	x	y	z	rho	id	x	y	z	rho	id
515310	9383166	42.5	1.54	lintasan 1	515321	9383226	41.5	1.494	lintasan 2	515371	9383250	25.5	1.759	lintasan 3
515304	9383166	43.5	9.369		515313	9383228	41.5	2.046		515367	9383253	25.5	2.035	
515298	9383167	40.5	10.27		515309	9383229	40.5	2.077		515363	9383257	25.5	1.507	
515295	9383174	38.5	12.87		515303	9383228	41.5	3.341		515359	9383263	26.5	8.81	
515289	9383172	37.5	14.33		515299	9383229	43.5	24.32		515356	9383267	25.5	6.307	
515283	9383174	37.5	14.68		515292	9383232	41.5	18.53		515354	9383272	23.5	9.307	
515280	9383175	40.5	5.146		515287	9383230	42.5	15.46		515348	9383273	20.5	2.165	
515272	9383174	41.5	4.668		515280	9383231	40.5	4.133		515342	9383278	21.5	2.159	
515266	9383178	41.5	20.9		515275	9383231	42.5	9.487		515339	9383282	22.5	2.125	
515261	9383179	38.5	8.977		515272	9383232	42.5	19.03		515334	9383286	23.5	2.528	
515256	9383182	38.5	12.23		515264	9383234	44.5	14.49		515329	9383289	25.5	5.062	
515252	9383183	38.5	4.343		515258	9383235	46.5	31.19		515324	9383293	24.5	5.062	
515245	9383185	38.5	8.409		515254	9383238	44.5	12.44		515319	9383297	25.5	6.048	
515242	9383188	38.5	7.611		515246	9383240	43.5	6.651		515315	9383299	25.5	10.06	
515236	9383186	38.5	4.267		515245	9383242	43.5	12.97		515310	9383300	23.5	3.48	
515231	9383188	37.5	1.469		515238	9383246	43.5	16.03		515305	9383301	25.5	3.847	
515224	9383185	39.5	1.241		515233	9383251	42.5	6.643		515300	9383305	23.5	3.551	
515219	9383184	40.5	2.313		515230	9383254	41.5	4.443		515297	9383304	25.5	4.724	
515212	9383181	41.5	3.474		515224	9383258	44.5	2.919		515292	9383305	26.5	8.557	
515208	9383179	44.5	15		515224	9383261	49.5	7.217		515285	9383311	29.5	11.57	

Gambar 14. Data input 3D

2. Memasukan data langkah-langkahnya sebagai berikut:

Buka lalu klik *open* kemudian pilih format *All file* pilih 3D.dat selanjutnya klik *open*

3. Menampilkan sumbu XYZ

Klik data 3d.dat pada jendela *viewer window* lalu klik *axes* pada jendela *module library* maka akan muncul sumbu XYZ pada jendela utama.

4. Menampilkan kotak batas

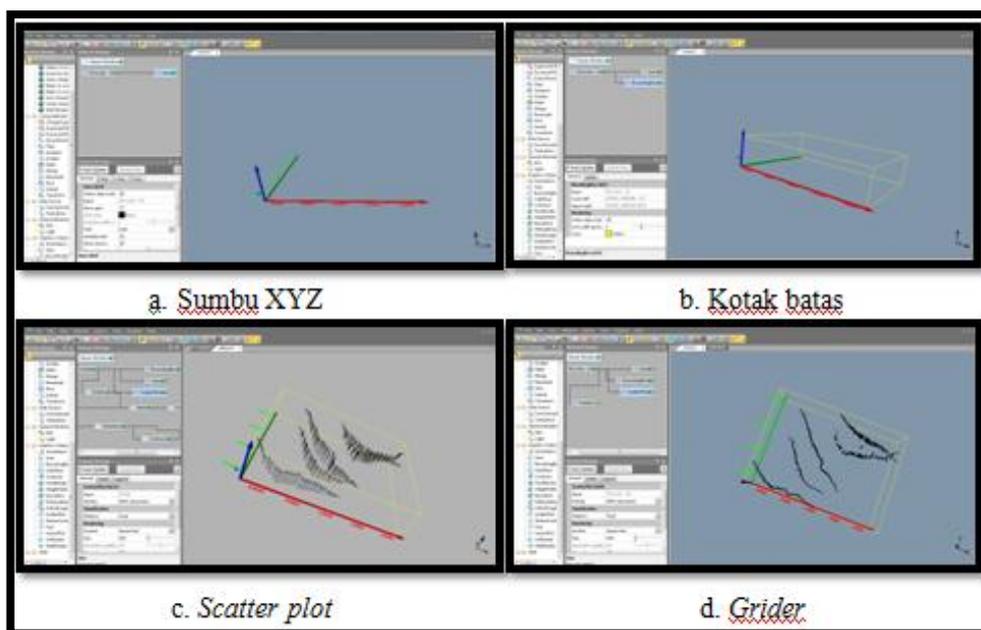
Klik contoh.dat pada jendela *viewer window* lalu klik *bonding box* pada jendela *module library* maka muncul kotak batas berwarna kuning pada jendela utama.

5. Menampilkan *scatter plot*

Klik 3d.dat pada jendela *viewer window* lalu klik *Scatter plot* pada jendela *module library* maka muncul titik-titik data pada jendela utama.

6. Proses *gridding*

Fungsi *gridding* ini hampir sama dengan fungsi *gridding* pada aplikasi lain yang dikeluarkan oleh *golden software* seperti *Surfer*. Klik 3d.dat pada jendela *viewer window* lalu klik jendela *module library* lalu pilih *computational* lalu *grider* klik *Jendela Properties* lalu klik *begin gridding* Setelah itu *file* hasil *gridding* akan muncul di jendela *viewer windows* seperti **Gambar 15**.



Gambar 15. a) Sumbu XYZ, b) Kotak batas, c) Scatter plot, d) Grider

7. Setelah itu ada beberapa *tool* yang dapat digunakan jika diklik *gridder* seperti *clip plane*, *contours*, *face render*, *height field*, *isosurface*, *vol render* dan lain-lain serta langkah-langkah menampilkannya sama seperti diatas.

4.6. Interpretasi Data

Setiap material memiliki karakteristik daya hantar listriknya masing-masing, batuan adalah material yang juga mempunyai daya hantar listrik dan harga tahanan jenis tertentu. Harga tahanan jenis yang sama bisa dimiliki oleh batuan-batuan berbeda, hal ini terjadi karena nilai resistivitas batu-batuan memiliki rentang nilai yang bisa saling tumpang tindih. Adapun aspek-aspek yang mempengaruhi tahanan jenis batuan antara lain: 1. Batuan sedimen yang bersifat lepas (urai) mempunyai nilai tahanan jenis lebih rendah bila dibandingkan dengan batuan sedimen padu dan kompak, 2. Batuan beku dan batuan ubahan (batuan metamorf) mempunyai nilai tahanan jenis yang tergolong tinggi, 3. Batuan yang basah dan mengandung air, nilai tahanan jenisnya rendah, dan semakin rendah lagi bila air yang dikandungnya bersifat payau atau asin (Soenarto, 2004).

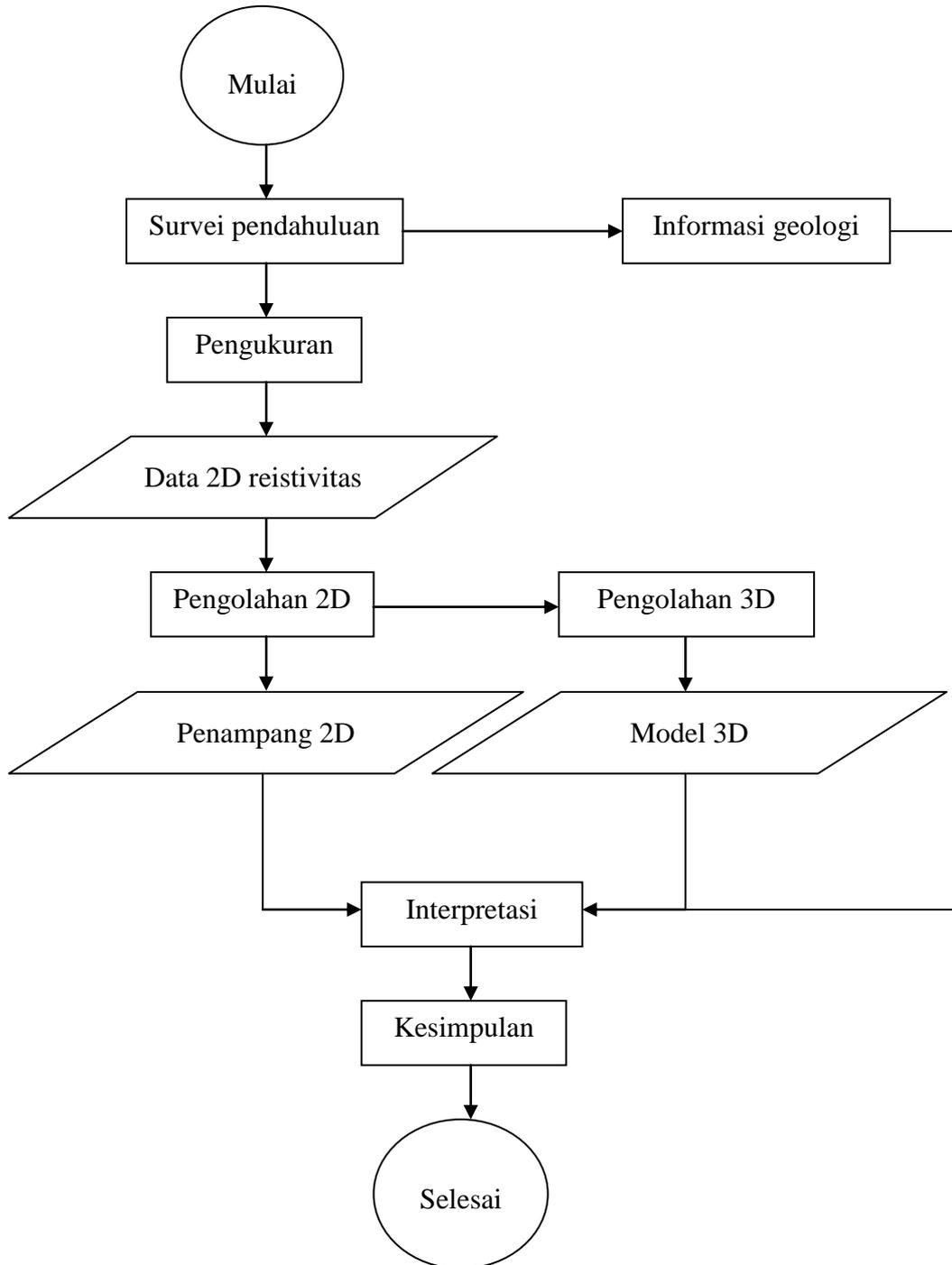
Cara menginterpretasi adalah dengan mengkorelasikan hasil pengolahan data *software* yang berupa informasi (nilai resistivitas, kedalaman, ketebalan) dengan pengetahuan dasar aspek-aspek tahanan jenis batuan seperti yang ditulis di atas, informasi geologi, informasi kondisi sumur penduduk (kedalaman dan rasa) sekitar, pengetahuan hidrogeologi, mengacu tabel resistivitas batuan (Telford et al, 1990) dan referensi terkait penelitian panas bumi menggunakan metode geolistrik yang telah dilakukan terdahulu sehingga diperoleh gambaran informasi struktur batuan yang sebenarnya.

Tabel 2. Nilai resistivitas batuan dan mineral (Telford, 1990)

<i>Rocks type</i>	<i>Resistivity range (Ωm)</i>
<i>Granite porphyry</i>	4.5×10^3 (wet)- 1.3×10^6 (dry)
<i>Feldspar porphyry</i>	4×10^3 (wet)
<i>Syenite</i>	10^2 - 10^6
<i>Diorite porphyry</i>	1.9×10^3 (wet)- 2.8×10^4 (dry)
<i>Porphyryte</i>	10 - 5×10^4 (wet)- 3.3×10^3 (dry)
<i>Carbonatized porphyry</i>	2.5×10^3 (wet)- 6×10^4 (dry)
<i>Quartz diorite</i>	2×10^4 - 2×10^6 (wet)- 1.8×10^5 (dry)
<i>Porphyry (various)</i>	60 - 10^4
<i>Dacite</i>	2×10^4 (wet)
<i>Andesite</i>	4.5×10^4 (wet)- 1.7×10^2 (dry)
<i>Diabase (various)</i>	20 - 5×10^7
<i>Lavas</i>	10^2 - 5×10^4
<i>Gabbro</i>	10^3 - 10^6
<i>Basalt</i>	10 - 1.7×10^7 (dry)
<i>Olivine norite</i>	10^3 - 6×10^4 (wet)
<i>Peridotite</i>	3×10^3 (wet)- 6.5×10^3 (dry)
<i>Hornfels</i>	8×10^3 (wet)- 6×10^7 (dry)
<i>Schists (calcareous and mica)</i>	20 - 10^4
<i>Tuffs</i>	2×10^3 (wet)- 10^5 (dry)
<i>Graphite schists</i>	10 - 10^2
<i>Slate (various)</i>	6×10^2 - 4×10^7
<i>Gneiss (various)</i>	6.8×10^4 (wet)- 3×10^6 (dry)
<i>Marble</i>	10^2 - 2.5×10^8 (dry)
<i>Skarn</i>	2.5×10^2 (wet)- 2.5×10^8 (dry)
<i>Quartzites (various)</i>	10 - 2×10^8
<i>Consolidated shales</i>	20 - 2×10^3
<i>Argillites</i>	10 - 8×10^2
<i>Conglomerates</i>	2×10^3 - 10^4
<i>Sandstones</i>	1 - 6.4×10^8
<i>Limestones</i>	50 - 10^7
<i>Dolomite</i>	3.5×10^2 - 5×10^3
<i>Unconsolidated wet clay</i>	20
<i>Marls</i>	3- 70
<i>Clays</i>	1- 100
<i>Oil sands</i>	4- 800
<i>Surface water (ign.rock)</i>	0.1- 3×10^3
<i>Surface water (sediments)</i>	10- 100
<i>Soil waters</i>	100
<i>Natural water (ign.rock)</i>	0.5- 150
<i>Natural water (sediments)</i>	1- 100
<i>Sea water</i>	0.2

4.7. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian diperlihatkan pada **Gambar 16**.



Gambar 16. Diagram alir penelitian

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Data geokimia daerah penelitian menunjukkan fluida air panas bersifat klorida yang bersumber dari reservoir gunung raitai akan tetapi dikarenakan fluida tersebut jauh dari daerah terbentuknya maka terkondensasi dengan air tanah dan batuan sekitarnya, diperkuat dengan beberapa unsur seperti nilai Cl lebih tinggi dibanding nilai B dan Li serta kadar Mg lebih tinggi dari K dan Na.
2. Penampang 2D dan model resistivitas 3D menunjukkan litologi batuan bawah permukaan secara umum dibagi menjadi 4 bagian yaitu fluida air panas memiliki nilai resistivitas rata-rata antara 1 Ωm sampai dengan 3 Ωm , memiliki nilai resistivitas 6 Ωm sampai dengan 50 Ωm dengan litologi endapan permukaan diantaranya adalah endapan rawa, dan endapan alluvium terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lempung, dan gambut, nilai resistivitas 50 Ωm sampai dengan 100 Ωm dengan litologi kerakal, kerikil, pasir dan lempung dan batuan lava (andesit-basalt) memiliki nilai resistivitas diatas 100 Ωm .
3. Nilai resistivitas yang terukur di area penelitian tergolong rendah dikarenakan pada saat melakukan pengukuran dalam keadaan basah (musim penghujan) dan litologi berasosiasi dengan batuan lempung.

6.2. Saran

Adapun saran dalam penelitian ini yaitu

1. Perlu data pendukung seperti data pengeboran agar data resistivitas yang dihasilkan sesuai dengan keadaan bawah permukaan.
2. Diperlukan survei geofisika lebih lanjut seperti metode gravity, magnetic dan magnetotelurik (MT) agar pola sesar (rekahan) yang dilewati fluida bisa terlihat.

DAFTAR PUSTAKA

- Apostolopoulos, G. 2005. *Geophysical Studies Relating to the Tectonic Structure, Geothermal Fields and Geomorphological Evolution of the Sperchios River Valley, Central Greece*. Journal of Balkan Geophysical Society. 8: 99 – 112.
- Arnason, K. and Gislason, G, 2009, *Geothermal Surface Exploration*. Makalah disajikan dalam Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources, United Nations University Geothermal Training Programme and LaGeo, El Salvador 17 - 30 Oktober 2009.
- Azwar, M., dkk, 1988, *Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi*, Bandung: Penerbit Nova
- Daulay, U.E., 2017. *Geophysical resistivity test*. Alamat situs: <http://umared.blogspot.co.id/2011/02/geophysical-resistivity-test.html>, diakses pada tanggal 14 mei, pukul 09.00.
- Gupta, H. and Roy, S., 2007. *Geothermal Energy: An Alternative Resource For the 21st Century*. Elsevier, Amsterdam.
- Haerudin, N., Pardede, V.J. dan Rasimeng, S, 2009, *Analisis Reservoir Daerah Potensi Panas Bumi Gunung Rajabasa Kalianda dengan Metode Tahanan Jenis dan Geotermometer*, Jurnal Ilmu Dasar. 10:141 – 146.
- Hendrajaya, L dan Arif, I. 1990, *Geolistrik Tahanan Jenis*, Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika FMIPA ITB, Bandung.
- Loke, M.H, 2004, *Tutorial 2D and 3D Electrical Imaging Surveys*, Birmingham University, England
- Mangga, S.A., Amirudin., Suwarti, T., Gafoer, S. dan Sidarto. 1993. *Peta Geologi Lembar Tanjung Karang, Sumatera*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Meidav, T., 1972, *Electrical resistivity in geothermal exploration*, Presented paper in Annual Meeting, Society of Exploration Geophysicists 1972, Anaheim California.

- Minarto, E. 201, *Pemodelan Inversi Data Geolistrik untuk Menentukan Struktur Perlapisan Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Mataloko*, (personal.its.ac.id/files/pub/1692-minarto-physics PENELITIAN_4, pdf diakses tanggal 20 mei2017).
- Nurfalaq. *Tutorial singkat voxler 3 dimensi berdasarkan data inversi resistivitas*. <https://www.academia.edu/21745914> diakses pada tanggal 1 februari 2017.
- Rakhmanto, F., Maryanto, S. dan Susilo A, 2011. *ERT (Electrical Resistance Tomography) Sumber Air Panas Cangar Komplek Gunung Arjuno – Welirang*, Jurnal Neutrino, (Online), Vol. 4, No. 1, (ejournal.uin-malang.ac.id diakses 12 mei 2017).
- Santoso, D, 2002, *Pengantar Teknik Geofisika*, Penerbit ITB, Bandung.
- Saptadji, N.M., 2009. *Karakteristik Reservoir Panas Bumi*. ITB: Bandung
- Soenarto, B., 2004, *Pendugaan Geolistrik Lapangan di Bolok dan Sikumana*, Kupang NTT. Buletin Pasair Vol XII., No.40
- Suharno, 2010. *Pengembangan Prospek Panas Bumi*. Unila: Bandar Lampung.
- Suhendra, 2008, *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Prospek Panas Bumi di Desa Air Koprak Kab Lebong Berdasarkan Nilai Tahanan Jenis*, Jurnal Gradien. 4: 300 – 303.
- Telford, W.M., 1976, Geldart, L.P., Sheriff, R.E., and Keys, D.A., 1976, *Applied Geophysics*, Edisi 1, Cambridge University Press, Cambridge.
- Widodo, S., dan Mustang, A. 2009, *Potensi Panas Bumi Daerah Cubadak Berdasarkan Survei Geolistrik Schlumberger*, Makalah disajikan dalam Kolokium Badan Geologi 2009, Pusat Sumber Daya Geologi Badan Geologi.
- Widodo, S., Mustang, A., dan Zarkasyi, A, 2005, *Penyelidikan Geolistrik dan Head On Daerah Panas Bumi Suwawa Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo*. Makalah disajikan dalam Kolokium Badan Geologi 2005, Pusat Sumber Daya Geologi Badan Geologi.
- Zohdy, A. A., Eaton, G. P., and Mabey, D. R., 1980, *Application Of Surface Geophysics To Ground-Water Investigation*, Chapter D1, United States Governmant Printing Office, Washington.