



**SURVEI POTENSI AIR PANAS DENGAN METODE GEOLISTRIK
DI KECAMATAN BERGAS KABUPATEN UNGARAN**

skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

oleh

Hilmi Rifka Budi

4211409028



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dan karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 1 September 2016



Hilmi Rifka Budi

NIM. 4211409028

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang berjudul

Survei Potensi Air Panas Dengan Metode Geolistrik Di Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang

Disusun oleh

Hilmi Rifka Budi

4211409028

Telah disetujui untuk diajukan ke sidang Penelitian Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.



Semarang, 24 Agustus 2016

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Supriyadi', written over a horizontal line.

Prof. Dr. Supriyadi, M.Si.

NIP. 196505181991021001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Survei Potensi Air Panas Dengan Metode Geolistrik Di Kecamatan Bergas Kabupaten Ungaran

disusun oleh

Hilmi Rifka Budi

4211409028

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 1

September 2016



Prof. Dr. Zaentri, S.E, M.Si,Akt
NIP. 196442231988031001

Sekretaris

Dr. Suharto Lintuwih, M.Si
NIP. 196807141996031005

Ketua Penguji

Dr. Suharto Lintuwih, M.Si
NIP. 196807141996031005

Anggota Penguji/
Penguji Kedua

Dr. Masturi, M.si
NIP. 198103072006041002

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Supriyadi, M.Si
NIP. 196505181991021001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

- Terkadang kesenangan menjerumuskan kita pada kehancuran(noname).
- Pukulan dari sahabatmu lebih baik dari pada ciuman dari musuhmu (Phytagoras).

PERSEMBAHAN :

- Terima kasih kepada Allah SWT atas semua kenikmatan yang telah Engkau berikan kepada hamba dan keluarga.
- Untuk Ayah, Ibu dan Adik-Adikku yang senantiasa memberi doa dan kasih sayang.
- Seluruh keluarga besar Fisika dan teman-teman yang selalu memberi doa, semangat dan dukungan.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, inayah dan karunia serta ridhoNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Peninggalan Purbakala Situs Candi Bata”.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studinya.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam atas izin yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian.
3. Ketua Jurusan Fisika atas kemudahan administrasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Prof. Dr. Supriyadi, M.Si sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
5. Dr. Suharto Linuwih, M.Si sebagai dosen penguji 1 yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat berguna untuk penyempurnaan skripsi ini.
6. Dr. Masturi, M.si sebagai dosen penguji 2 yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat berguna untuk penyempurnaan skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bekal ilmu yang tak ternilai harganya selama belajar di FMIPA UNNES.

8. Bapak, Ibu dan Adik-Adikku yang selalu memberi doa, bantuan, dan dukungan serta semangat untuk saya selama ini.
9. Keluarga besarku yang selalu memberi semangat dan doa.
10. Seluruh teman-teman Fisika yang saya sayangi.
11. Teman-teman Fisika Bumi (Iqbal, Alfin, Edu, Henri) yang telah membantu dalam berjalannya proses penelitian dan menyelesaikan skripsi.
12. Nurhadi, Zainuri, Bekti, Bayu, Hendry serta teman-teman media kos yang tak pernah berhenti memberi saya motivasi.

Penulis sadar dengan apa yang telah disusun dan disampaikan masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, 1 September 2016

Penulis

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Budi, Hilmi Rifka. 2016. *Survei Potensi Air Panas Dengan Metode Geolistrik Di Kecamatan Bergas Kabupaten Ungaran*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Prof. Dr. Supriyadi, M.Si.

Kata kunci : *Resistivitas, Metode Geolistrik, Panas Bumi, Konfigurasi wenner.*

Telah diketahui struktur bawah permukaan daerah sumber air panas Desa Diwak dan Desa Ngempon, Kecamatan Bergas, Kabupaten Ungaran berdasarkan informasi geologi bawah permukaannya. Akuisisi data menggunakan peralatan geolistrik *Resistivity Automatic Multichannel S-Field* dengan konfigurasi *Wenner*. Data diolah menggunakan software *Res2DINV* dan *Rockwook*. Berdasarkan interpretasi bawah permukaan, menunjukkan bahwa untuk material pembawa air panas daerah penelitian dengan nilai resistivitas 100-120 Ωm , serta informasi bawah permukaan, yaitu tanah lempung 1-8 Ωm , batu pasir 10 Ωm , lempung lanauan 23-67.8 Ωm , batuan tufaan 606-1718 Ωm . Material pembawa air panas berupa batuan aglomerat.



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN | ii |
| Persetujuan pembimbing | iii |
| PENGESAHAN | iv |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | v |
| PRAKATA | vi |
| ABSTRAK | viii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah | 4 |
| 1.6 Sistematika Skripsi | 5 |
| BAB 2 LANDASAN TEORI | |
| 2.1 Kondisi Umum Daerah Penelitian..... | 6 |
| 2.2 Panas Bumi..... | 7 |

| | |
|---|----|
| 2.3 Proses Pembentukan Panas Bumi..... | 8 |
| 2.4 Energi Panas Bumi di Indonesia | 9 |
| 2.5 Manifestasi Panas Bumi | 11 |
| 2.5.1 Mata Air Panas | 11 |
| 2.5.2 Sinter Silika | 11 |
| 2.5.3 Travertin | 12 |
| 2.5.4 Kawah Dan Endapan Hidrotermal | 12 |
| 2.5.5 Warm Ground | 13 |
| 2.5.6 Steam Ground | 13 |
| 2.5.7 Furamol | 13 |
| 2.5.8 Acid Hot Spring | 13 |
| 2.5.9 Neutral Hot Spring | 13 |
| 2.5.10 Hot Pool | 14 |
| 2.5.11 Hot Lake | 14 |
| 2.5.12 Mudpool | 14 |
| 2.5.13 Gayser | 14 |
| 2.5.14 Hydrot Eruption | 15 |
| 2.5.15 Concealed Outflow, Seepage | 15 |
| 2.6 Metode Geolistrik | 15 |
| 2.7 Metode Geolistrik Resistivitas | 18 |
| 2.8 Sifat Listrik Batuan | 19 |
| 2.9 Konfigurasi Wenner | 21 |

BAB 3 METODE PENELITIAN

| | |
|---------------------------------------|----|
| 3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian | 24 |
|---------------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 3.1.1 Lokasi | 24 |
| 3.1.2 Waktu Penelitian | 24 |
| 3.2 Besaran Yang Diukur | 25 |
| 3.3 Alat dan Bahan | 26 |
| 3.4 Prosedur Penelitian | 26 |
| 3.4.1 Persiapan | 26 |
| 3.4.2 Akuisisi Data | 27 |
| 3.4.3 Pengolahan Data | 28 |
| 3.4.4 Interpretasi Data | 29 |
| 3.5 Bagan Alir Pelaksanaan..... | 30 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Hasil Penelitian Dan Pembahasan..... | 31 |
| 4.1.1 Hasil Penelitian | 31 |
| 4.1.1.1 Hasil Pengukuran Wilayah Pertama | 31 |
| 4.1.1.2 Hasil Pengukuran Wilayah Kedua..... | 34 |
| 4.1.2 Pembahasan..... | 37 |
| 4.1.2.1 Lapisan Tanah Disekitar | 37 |
| 4.1.2.2 Potensi Air Panas | 38 |
| BAB 5 PENUTUP | |
| 5.1 Simpulan..... | 42 |
| 5.2 Saran | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Tabel Nilai Resistivitas Batuan (Suryono, 1978)..... | 22 |
| 2.2 tabel pelapisan tanah disekitar titik pengukuran | 38 |



DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Silinder Konduktor | 16 |
| Gambar 2.2 Konfigurasi <i>Wenner</i> | 22 |
| Gambar 3.1 Peta Kawasan Penelitian | 24 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian | 30 |
| Gambar 4.1 Penampang Hasil Inverseperangkat Lunak Res2DINV Berdasarkan Hasil Pengukuran Geolistrik Wilayah Pertama Lintasan Pertama | 32 |
| Gambar 4.2 Penampang Hasil Inverseperangkat Lunak Res2DINV Berdasarkan Hasil Pengukuran Geolistrik Wilayah Pertama lintasan kedua | 33 |
| Gambar 4.3 Penampang 3D Wilayah Pertama | 34 |
| Gambar 4.4 Penampang hasil inverseperangkat lunak Res2DINV Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik wilayah Kedua lintasan pertama | 35 |
| Gambar 4.5 Penampang Hasil Inverseperangkat Lunak Res2DINV Berdasarkan Hasil Pengukuran Geolistrik Wilayah Kedua lintasan Kedua | 36 |
| Gambar 4.6 Penampang 3D Wilayah Kedua | 37 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Data Geolistrik
2. Tabel
3. Dokumentasi Penelitian
4. Surat Keputusan Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berdasarkan posisis garis lintang dan garis bujur berada diantara 6° LU - 11° LS dan 95° BT - 141° BT. Pulau yang paling utara adalah Pulau Weh yang dilalui 6° LU, pulau yang paling selatan adalah Pulau Rote yang dilalui garis lintang 11° LS selain dilalui oleh garis lintang 6° LU Pulau Weh juga dilalui oleh 95° BT dan adapun garis bujur 141° BT melalui batas Irian Jaya dengan Papua. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang cukup besar untuk memasok kebutuhan energi khususnya listrik. Energi terbarukan merupakan energi bersih dari sisi emisi gas buang dan gas rumah kaca sehingga sangat berpotensi dikembangkan di Indonesia. Dalam rencana pengembangan energi baruan tahun 2025, energi terbarukan dapat berkontribusi hingga 15% dari total energi batuan. Dalam cetak biru pengembangan energi nasional (pepres No 5 tahun 2006). Salah satu energi yang dikembangkan di Indonesia adalah panas bumi. Sumber daya panas bumi (*geothermal*) dewasa ini menjadi salah satu sumber tenaga alternatif yang banyak dikembangkan oleh negara maju didunia. Hal ini mengingatkan akan berkurangnya cadangan minyak yang tersedia. Dimana minyak selama ini menjadi sumber energi primadona. Tidak terkecuali Indonesia berusaha mengembangkan sumber energi panas bumi sebagai sumber energi alternatif dan fakta menunjukkan bahwa Indonesia merupakan daerah yang berpotensi akan sumber daya alam, termasuk sumber daya panas bumi (*geothermal*). Diperkirakan Indonesia memiliki

potensi sumber daya sekitar 20.000 MW sumber panas bumi. Sampai saat ini baru sekitar 3,04% dari sumber daya yang ada atau kurang dari 1000 MW yang sudah dieksploitasi (Wayudi, 2004). Energi panas bumi ini sebenarnya memiliki banyak kelebihan antara lain sifat ramah lingkungan bila dibanding dengan energi lain terutama yang berasal dari hasil pembakaran bahan bakar fosil (fosil fuel) emisi gas CO₂ yang dihasilkan oleh panas bumi jauh lebih kecil, sehingga bila dikembangkan akan mengurangi efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global sumber energi panas bumi ini juga cenderung tidak akan habis, karena pembentukan yang terus menerus selama kondisi lingkungan (geologi dan hidrologi) dapat terjaga keseimbangannya (Kasbani, 2015). Salah satu metode yang digunakan dalam eksplorasi geofisika adalah metode geolistrik hambatan jenis. Geolistrik hambatan jenis memanfaatkan sifat resistifitas listrik batuan untuk mendeteksi dan memetakan formasi bawah permukaan. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik kedalam bumi. Sifat-sifat suatu formasi dapat digambarkan oleh tiga parameter dasar yaitu konduktifitas listrik, permeabilitas magnet, dan permifitas dielektrik (Ngadimin, 2000). Sehingga perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut untuk pemanfaatan sumber daya panas bumi yang cukup potensial tersebut.

Menurut beberapa warga, di daerah Diwak dan Ngempon memiliki potensi sumber panas bumi. Hal ini terbukti dengan adanya mata air panas dipermukaan yang dapat diindikasikan adanya aktifitas panas bumi di bawah permukaan. Sumber panas bumi berasal dari aktivitas gunung api yang berupa magma. Adanya aktifitas gunung api banyak memberikan manfaat diantaranya adalah adanya potensi geothermal yang menimbulkan adanya mata air panas yang

digunakan sehari-hari seperti mandi, pariwisata dan juga bermanfaat sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) dan juga sebagai energi alternatif pengganti minyak bumi, gas dan batu bara yang jumlahnya semakin berkurang. Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB) pada prinsipnya sama seperti pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) hanya jika pada PLTU uap dibuat pada permukaan menggunakan boiler, sedangkan pada PLTPB uap berasal dari reservoir panas bumi (Yulia Ika, 2011). Untuk mengetahui besarnya potensi air panas maka perlu diadakannya penelitian di sumber air panas di Bergas dan Ngempon dimana di daerah tersebut terdapat sumber air panas yang dijadikan pemandian umum. Adapun penelitian ini diharapkan bisa mengetahui berapa besar potensi sumber air panas yang dimiliki. Berdasar latar belakang tersebut maka perlu diadakannya penelitian tentang SURVEI POTENSI AIR PANAS DENGAN METODE GEOLISTRIK DI KECAMATAN BERGAS KABUPATEN UNGARAN (Desa Diwak dan Ngempon, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang).

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini merupakan penelitian skala lapangan dengan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapakah nilai *resistivitas* material pembawa panas bumi?
2. Bagaimana kondisi bawah permukaan daerah penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditulis diatas maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *resistivitas* material pembawa panas bumi dan

kondisi bawah permukaan di Desa Diwak dan Desa Ngempon, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitiannya sebagai berikut :

1. Bagi pemerintah dapat diupayakan sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi.
2. Bagi masyarakat sekitar dapat diupayakan sebagai tempat rekreasi sehingga menarik wisatawan untuk menambah kesejahteraan masyarakat.
3. Bagi akademisi sebagai bahan pembelajaran tentang geothermal dengan metode geolistrik.

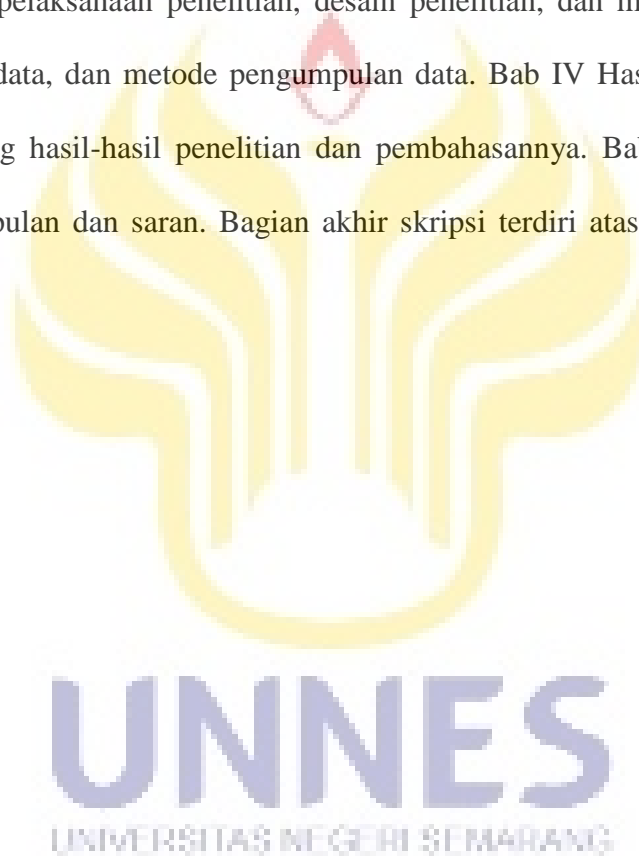
1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ada beberapa batasan masalah, diantaranya :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dari akuisisi data menggunakan instrumen geolistrik *Resistivity Automatic Multichannel S-Field*.
2. Program yang digunakan dalam proses data adalah *Res2Dinv* dan *RockWorks*.
3. Penelitian ini dilakukan hanya untuk mengetahui besar potensi air panas yang ada di sekitar sumber air panas Desa Diwak dan Desa Ngempon, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang. Penelitian ini masih bersifat dugaan.

1.6 Sistematika Skripsi

Secara garis besar 2 sistematika penyusunan skripsi ini sebagai berikut : Bab I Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah, penegasan istilah, dan sistematika skripsi. Bab II Landasan Teori terdiri atas kajian mengenai landasan teori yang mendasari penelitian. Bab III Metode Penelitian berisi tentang waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, desain penelitian, dan metode analisis serta interpretasi data, dan metode pengumpulan data. Bab IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil-hasil penelitian dan pembahasannya. Bab V Penutup berisi tentang simpulan dan saran. Bagian akhir skripsi terdiri atas daftar pustaka dan lampiran.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kodisi Umum

Kondisi geografis batas administrasi Kabupaten Semarang secara geografis terletak pada 110⁰ 14 menit 54,74 detik sampai dengan 110⁰ 39 menit 3 Detik BT dan 7⁰ 3 Menit 57 Detik sampai dengan 7⁰ 30 Menit 0 Detik LS. Secara administratif letak geografis Kabupaten Semarang dibatasi oleh 6 Kabupaten pada sisi-sisinya. Wilayah barat, wilayah Kabupaten Semarang berbatasan dengan wilayah administrasi Kabupaten Kendal dan Kabupaten Temanggung, wilayah selatan berbatasan dengan Kabupaten Boyolali, sementara wilayah timur wilayah Kabupaten Semarang berbatasan dengan Wilayah Kabupaten Grobogan dan Kabupaten Demak dan sebelah utara berbatasan dengan Kota Semarang (<http://www.semarangkab.go.id/utama/selayang-pandang/kondisi-umum/geografi-topografi.html>).

Berdasar Data Strategis Kecamatan 2014 yang dibuat atas kerjasama antara Bappeda Kabupaten Semarang dengan Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang, mencakup 19 kecamatan yang terdiri dari : Kecamatan Ambarawa, Kecamatan Bancak, Kecamatan Bandungan, Kecamatan Banyubiru, Kecamatan Bawen, Kecamatan Bergas, Kecamatan Bringin, Kecamatan Getasan, Kecamatan Jambu, Kecamatan Kaliwungu, Kecamatan Pabelan, Kecamatan Pringapus, Kecamatan Sumowono, Kecamatan Suruh, Kecamatan Susukan, Kecamatan Tengaran, Kecamatan Tuntang, Kecamatan Ungaran Barat, Kecamatan Ungaran Timur (<http://desawirausaha.blogspot.com/2015/03/nama-desa-di-kabupaten-semarang>)

Salah satu Kecamatan di Kabupaten Semarang yaitu Kecamatan Bergas merupakan daerah yang memiliki morfologi hamparan perbukitan, wilayah ini memungkinkan memiliki aliran panas bumi dari gunung ungaran. Menurut Wahyudi daerah prospek panas bumi ungaran terletak kira-kira 30 km sebelah barat daya Ibukota Jawa Tengah, Semarang. Beberapa manifestasi panas bumi yang ada disekitar Gunung Ungaran, antara lain : fumarol di daerah Gedongsongo, mata air panas di daerah-daerah banaran, Diwak, Kaliulo, dan Nglimut (Budijo, dkk, 1997). Terdapat manifestasi panas bumi yang muncul di daerah Diwak Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang berupa mata air panas (Ariwibowo, dkk, 2003).

2.2 Panas Bumi

Energi panas bumi (*geothermal*) berasal dari bahasa Yunani yaitu *geo* yang berarti bumi dan *thermal* yang berarti panas, sehingga energi panas bumi bisa didefinisikan dengan panas yang berasal dari bumi, energi ini bersih dan ramah lingkungan. Sumber energi panas bumi berasal dari air panas yang berada di lapisan tanah dangkal dan batuan panas yang berada pada beberapa mil di bawah permukaan bumi dan yang lebih dalam lagi yang mempunyai temperatur yang sangat tinggi yang berada di kerak bumi yang disebut dengan magma.

Panas bumi secara umum dapat diartikan sebagai jumlah kandungan panas yang tersimpan dalam bumi dan membentuk sistem panas bumi yang telah ada sejak terbentuknya bumi. Sistem panas bumi tersebut mencakup sistem hidrothermal yang merupakan sistem tata air, proses pemanasan, dan kondisi sistem dimana air yang terpanasi terkumpul sehingga sistem panas bumi

mempunyai persyaratan seperti harus tersedianya air, batuan pemanas, batuan sarang, dan batuan penutup (Yulia Ika, 2011).

Letak Indonesia yang sangat strategis, membuat Indonesia berpotensi untuk menyimpan energi panas bumi yang cukup besar. Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng aktif yaitu lempeng Indoaustralia, lempeng Eurasia, dan lempeng Samudra Pasifik. Hal ini menyebabkan Indonesia kaya akan gunung berapi yang tersebar dibagian barat Pulau Sumatra dan bagian selatan Pulau Jawa. Sistem panas bumi yang ada di Indonesia sebagian besar bersifat hidrotermal dimana akan terjadi perpindahan panas baik secara konduksi maupun secara konveksi (Ulumiyah, 2012). Magma sebagai sumber panas akan mengkonduksikan kalor ke batuan-batuan yang berada di atasnya, sedangkan proses konveksi terjadi ketika batuan akuifer yang terpanaskan merambatkan panasnya pada air atau fluida di sekitarnya (Ardiyanto, 2012).

2.3 Proses Pembentukan Panas Bumi

Pembentukan panas bumi umumnya terjadi pada jalur gunung api, seperti halnya di Indonesia. Pembentukan panas bumi tersebut dipengaruhi oleh proses-proses geologi yang telah berlangsung di sepanjang jalur gunung api tersebut. Proses geologi yang dimaksud adalah kegiatan magmatis dan proses pengangkatan. Kegiatan magmatis berwujud dalam bentuk-bentuk terobosan dan letusan gunung api, sedangkan proses pengangkatan akan mengakibatkan terbentuknya sesar di sepanjang jalur gunung api (Alzwar, 1988).

Kedua aspek ini akan mendangkalkan sumber-sumber panas bumi. Proses pengangkatan tersebut akan menyebabkan daerah yang bersangkutan terangkat

lebih tinggi dari daerah sekitar yang selanjutnya akan membentuk sistem pegunungan yang berfungsi sebagai daerah penangkap air hujan. Hal ini terjadi karena air yang meresap di dalam tanah relatif lebih banyak dibandingkan daerah sekitarnya, sehingga daerah tersebut merupakan wadah air tanah meteorik selama waktu geologi yang lintasannya merupakan sumber air bagi daratan rendah di sekitarnya, sedangkan jalur rekahan yang terbentuk akibat pengangkatan menyebabkan air panas atau uap merembes ke permukaan dan ini merupakan petunjuk adanya sistem panas bumi di kedalaman serta indikasi gejala akhir kegiatan vulkanisme gunung api.

Air yang telah terpanasi dan terkumpul di dalam batuan sarang karena terpit oleh lapisan-lapisan kedap air (uap) menyebabkan air dan uap dalam batuan sarang berada dalam kondisi tekanan hidrostatik tinggi. Tekanan yang sangat tinggi ini menyebabkan uap jenuh di dalam batuan cadangan akan berubah ke fasa cair, sehingga di dalam sistem batuan cadangan terdapat dua fasa uap, yaitu fasa cair-uap yang terkondensasi dan fasa uap yang sebenarnya. Pengurangan dan pelepasan tekanan hidrostatik tersebut, seperti akibat dari pengeboran, menyebabkan air yang bersuhu sangat tinggi berubah menjadi bentuk uap, yang merupakan proses pembentukan panas bumi.

2.4 Energi Panas Bumi di Indonesia

Indonesia merupakan salah satu negara dengan cadangan panas bumi terbesar. Meliputi tidak kurang dari 40% total energi panas bumi yang dimiliki dunia. Akan tetapi penggunaan energi panas bumi di Indonesia masih sangat sedikit. Cadangan panas bumi di Indonesia saat ini mencapai 20.000 Mwe atau

setara dengan 349,63 juta barel ekuivalen minyak bumi setiap tahun, sedangkan hanya sepertiga dari jumlah tersebut yang sudah dimanfaatkan, yakni sebesar 700 MWe atau 12,23 juta barel ekuivalen minyak per tahun, ini berarti baru sekitar 3,5% dari potensi yang ada (Wahyudi, 2004).

Beberapa daerah panas bumi di Indonesia yang dieksploitasi untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik diantaranya adalah: Sibayak (Sumatra Utara), Salak, Karaha-Bodas, Kamojang, Wayang Windu, Darajat (Jawa Barat), Dieng (Jawa Tengah), dan Lahendong (Sumatera Utara) dengan total kapasitas sebesar 822 MW. Sementara daerah potensial yang sedang dieksplorasi antara lain: Ulubelu (Lampung), Bedugul (Bali), Mataloko (Nusa Tenggara Barat), Kotamubago (Sulawesi Utara), dan lainnya. Potensi energi panas bumi Indonesia merupakan $\pm 40\%$ cadangan dunia. Total panas bumi Indonesia mencapai 20.000 MW bertemperatur tinggi, dengan rincian sebagai berikut: ± 5.500 MW di Jawa-Bali, ± 9.500 MW di Sumatera, dan 5.000 MW tersebar di Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur, sedangkan potensi panas bumi dunia diperkirakan 50.000 MW dan baru dimanfaatkan sebesar 10.000 MW atau setara dengan 20% dari potensi cadangan energi panas bumi di Indonesia diperkirakan mencapai 27 GWe atau setara dengan 40 persen sumber daya panas bumi dunia yang belum dimanfaatkan secara optimal. Sekitar 80% lokasi panas bumi di Indonesia berasosiasi dengan sistem vulkanik aktif seperti Sumatra (81 lokasi), Jawa (71 lokasi), Bali dan Nusa Tenggara (27 lokasi), Maluku (15 lokasi), dan Sulawesi Utara (7 lokasi), sedangkan yang berada di lingkungan nonvulkanik aktif yaitu di Sulawesi (43 lokasi), Bangka Belitung (3 lokasi), Kalimantan (3

lokasi), dan Papua (2 lokasi). Dari 252 lokasi panas bumi yang ada, hanya 31% yang telah disurvei secara rinci dan didapatkan potensi cadangan.

2.5 Manifestasi Panas Bumi

Bukti kegiatan panas bumi dinyatakan oleh beberapa manifestasi di permukaan yang menandakan adanya *fluida hidrotermal* yang berasal dari *reservoir* yang keluar melalui bukaan-bukaan struktur atau satuan batuan berpermeabilitas (Vaidila, dkk, 2015). Manifestasi panas bumi di permukaan diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panas bumi (uap dan air panas) mengalir ke permukaan. Dalam Santoso (1995), beberapa manifestasi menjadi penting untuk diketahui karena dapat digunakan sebagai indikator dalam penentuan suhu reservoir panas bumi, manifestasi tersebut antara lain :

2.5.1 Mata air panas

Mata air ini terbentuk dalam beberapa tingkatan, yaitu mulai dari rembesan hingga menghasilkan air dan uap panas yang dapat dimanfaatkan secara langsung (pemanas ruangan atau rumah, pertanian atau air mandi) atau penggerak turbin listrik, dengan menghitung dengan mengukur suhu air panas dapat diperkirakan besaran keluaran energi panas (*thermal energy output*) dari reservoir di bawah permukaan.

2.5.2 Sinter silika

Sinter silika berasal dari fluida hidrotermal yang tersusun atas alkalin dengan kandungan cukup silika yang diendapkan ketika fluida silika amorf jenuh mengalami pendinginan dari 100°C ke 50°C. Endapan ini dapat

digunakan sebagai indikator yang identik bagi keberadaan reservoir bersuhu $> 175^{\circ}\text{C}$.

2.5.3 Travertin

Travertin adalah jenis karbonat yang diendapkan di dekat permukaan, ketika air meteorik yang sedang bersirkulasi sepanjang bukaan-bukaan struktur mengalami pemanasan oleh magma dan bereaksi dengan batuan karbonat. *Travertin* ini umumnya terbentuk sebagai timbunan/gundukan di sekitar mata air panas bersuhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ - 100°C . *Travertin* dapat digunakan sebagai indikator suhu reservoir panas bumi berkapasitas energi kecil sehingga terlalu lemah untuk menggerakkan turbin listrik namun dapat dimanfaatkan secara langsung.

2.5.4 Kawah dan endapan hidrotermal

Kawah dan endapan hidrotermal merupakan jenis manifestasi. Kedua jenis manifestasi ini erat hubungannya dengan kegiatan erupsi hidrotermal dan menjadi indikator kuat dari keberadaan reservoir hidrotermal aktif. Kawah yang dihasilkan oleh erupsi berkekuatan supersonik ini disebabkan karena tekanan uap panas yang berasal dari reservoir hidrotermal dalam kedalaman ± 400 m, dan suhu 230°C yang melampaui tekanan litostatik, ketika aliran uap terhambat oleh lapisan batuan tidak permeabel (*caprock*), sedangkan endapan hidrotermal (jatuhan) dihasilkan oleh erupsi berkekuatan basaltik dari reservoir hidrotermal dangkal dengan kedalaman ± 200 m dan bersuhu 195°C . Hal ini terjadi ketika transmisi tekanan uap panas melebihi tekanan litostatik karena tertutupnya bukaan-bukaan batuan yang dilaluinya.

2.5.5 Warm Ground

Warm Ground adalah gas-gas dan uap air yang naik ke permukaan dan akan menaikkan suhu di sekitar daerah termal area sehingga suhu di daerah tersebut akan lebih tinggi daripada daerah di sekitarnya dan juga lebih tinggi dari suhu udara di dekat permukaan bumi yang kadang-kadang mencapai 30°C- 40°C.

2.5.6 Steaming Ground

Steaming Ground adalah uap air yang keluar dalam jumlah sedikit melalui pori dalam tanah atau batuan yang kenampakannya hanya berupa uap putih dan hangat serta tidak menimbulkan bunyi dari tekanan uap yang tinggi seperti pada *fumarol*.

2.5.7 Fumarol

Fumarol adalah Uap panas (*vapour*) yang keluar melalui celah-celah dalam batuan dan kemudian berubah menjadi uap air (*steam*), yang umumnya mengandung gas SO₂ relatif tinggi serta gas CO₂.

2.5.8 Acid Hot Spring

Acid Hot Spring adalah mata air panas dengan pH asam (< 6) yang terbentuk dari hasil kondensasi gas-gas magmatik dan uap panas (*vapour*) di dekat permukaan bumi yang melarut dan bercampur dengan air meteorik serta keluar menjadi mata air dengan pH asam.

2.5.9 Neutral Hot Spring

Neutral Hot Spring adalah mata air panas dengan pH netral atau mendekati netral (6 -7). Mata air ini di asosiasikan sebagai *direct discharge*

fluida dari reservoir ke permukaan bumi dan umumnya mengandung ion klorida dalam konsentrasi tinggi sehingga sering kali disebut air klorida. Di sekitar mata air panas ini sering dijumpai endapan silika sinter dan mineral sulfida seperti galena, pyrit dll.

2.5.10 *Hot pool*

Hot pool merupakan daerah ubahan erupsi hidrothermal yang pada umumnya mengandung air panas dan uap panas atau bisa juga campuran dari keduanya.

2.5.11 *Hot Lake*

Hot Lake merupakan danau vulkanik yang terletak pada daerah aktivitas geotermal yang masih memperlihatkan adanya gejala-gejala postvulkanik dan dibuktikan dengan suhu air yang relatif panas dan memperlihatkan adanya kenampakan gelembung-gelembung udara pada permukaan air.

2.5.12 *Mudpool*

Mudpool adalah Kolam lumpur yang kenampakannya sedikit mengandung uap dan gas CO₂, tidak terkondensasi, umumnya fluida berasal dari kondensasi uap. Penambahan cairan lumpur uap menyebabkan gas CO₂ keluar.

2.5.13 *Geyser*

Geyser adalah sejenis mata air panas yang menyembur secara periodik, mengeluarkan air panas dan uap air ke udara.

2.5.14 *Hydrot Eruption*

Hydrot Eruption adalah suatu proses erupsi vulkanisme yang mana material-material yang dikeluarkan berupa mineral-mineral atau batuan ubahan hidrotermal.

2.5.15 *Concealed outflow, seepage*

Concealed outflow, seepage merupakan air rembesan dari suatu proses panas bumi yang umumnya mengalir di sungai-sungai.

2.6 Metode Geolistrik

Geolistrik adalah suatu metode eksplorasi geofisika untuk menyelidiki keadaan bawah permukaan dengan menggunakan sifat-sifat kelistrikan batuan. Sifat-sifat kelistrikan tersebut antara lain tahanan jenis (*resistivity, conductivity, dielectrical constant*), kemampuan menimbulkan self potential dan medan induksi serta sifat menyimpan potensial (Tama, dkk 2015)

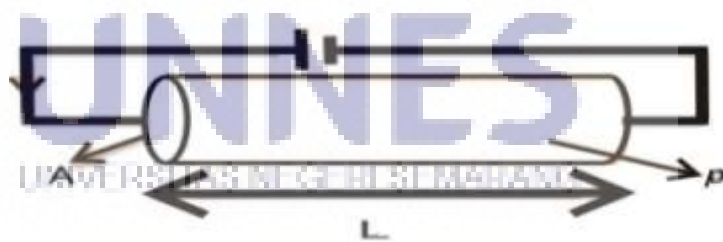
Metode geolistrik menempati tempat yang unik pada klasifikasi geolistrik. Metode-metode eksplorasi geolistrik sangat beragam, ada metode yang dapat dimasukkan dalam kategori dinamis, akan tetapi ada juga yang dapat dimasukkan kedalam kategori statis. Salah satu keunikan lain dari metode geolistrik adalah terpecah-pecah menjadi bermacam-macam (aliran atau *school*) yang berbeda satu dengan yang lain.

Hukum fisika yang mendasari *resistivitas* adalah hukum Ohm dengan rumus

$$V = I.R \quad (2.1)$$

Arus yang mengalir (I) pada suatu medium sebanding dengan tegangan (V) yang terukur pada suatu nilai resistansi (R) medium. Batuan dan mineral yang dapat di aliri arus listrik memiliki syarat, yaitu terjadinya gerak electron bebas pada batuan dan mineral, semakin banyak jumlah elektron bebas maka batuan dan mineral lebih mudah di aliri arus listrik. Selain dipengaruhi oleh elektron-elektron bebas, aliran listrik juga dipengaruhi oleh sifat dan karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. *Resistivitas* merupakan salah satu sifat atau karakteristik batuan yang dapat menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai *resistivitas* suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya (Rahmah, 2009).

Resistivitas berbeda dengan resistansi (hambatan). Selain bergantung pada bahan, resistansi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan *resistivitas* bergantung pada faktor geometri dari konfigurasinya (Reynold, 1997). Penjelasan hubungan antara *resistivitas* dengan resistansi dapat dilihat dari Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Silinder konduktor (Haryanto, 2011)

Apabila ditinjau pada sebuah silinder yang mempunyai panjang L , luas penampang A , tahanan jenis ρ serta resistansi, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

Menurut Rahmah (2009), secara fisis rumus tersebut dapat diartikan jika panjang silinder konduktor (L) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat, dan apabila diameter silinder konduktor dikecilkan yang berarti luas penampang (A) berkurang maka resistansi juga meningkat. Dimana ρ adalah *resistivitas* (tahanan jenis) dalam Ωm . Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi (R) dirumuskan pada Persamaan 2.3.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.3)$$

Jika Persamaan 2.2, disubstitusikan dengan Persamaan 2.3, maka didapatkan nilai *resistivitas* (ρ) sebesar :

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.4)$$

Sedangkan sifat konduktifitas (σ) batuan adalah kebalikan dari resistivitas (ρ).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{VA} = \frac{I L}{A V} = J \frac{1}{E} = \frac{J}{E} \quad (2.5)$$

Dengan

J : rapat arus listrik (arus listrik persatuan luas)

E : medan listrik dalam volt/meter

Dengan memanfaatkan nilai tahanan jenis ini maka aplikasi metode geolistrik telah digunakan pada berbagai bidang ilmu yaitu :

(1) Regional Geology untuk mengetahui struktur, stratigrafi dan sedimentasi, (2) Hidrogeologi/geohidrologi untuk mengetahui muka air tanah, akuifer, stratigrafi, intrusi air laut, (3) Teknik geologi untuk mengetahui struktur, stratigrafi, permeabilitas dan porositas di batuan, batuan dasar, pondasi, konstruksi bangunan teknis, (4) Pertambangan untuk mengetahui endapan plaser, stratigrafi, struktur, penyebaran endapan mineral, (5) *Archeology* untuk mengetahui dasar candi, candi terpendam, tanah galian lama, (6) Panas bumi (*geothermal*) mengetahui kedalaman, penyebaran, *low resistivity* daerah panas bumi, (7) Minyak untuk mengetahui struktur, minyak, air dan kontak air dan minyak serta porositas *water content*.

2.7 Metode Geolistrik Resistivitas

Penggunaan geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912. Dalam Hendrajaya (1990) metode geolistrik resistivitas merupakan metode geolistrik yang mempelajari sifat resistivitas (tahanan jenis) listrik dari lapisan batuan di dalam bumi. Dalam metode ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik akan dapat dihitung variasi harga resistivitas pada lapisan permukaan bumi di bawah titik ukur (*Sounding point*). Pada metode geolistrik dikenal banyak konfigurasi elektroda, diantaranya yang sering digunakan adalah konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Schlumberger*, konfigurasi dipol-dipol dan lainnya. Beberapa metode yang termasuk dalam metode geolistrik ini diantaranya adalah metode tahanan jenis, metode tahanan

jenis *head on*, metode *self potential*, polarisasi terimbas, EM VLF, *Magnetotelluric*, arus *telluric*, dan elektromagnetik (Santoso, 2002). Metode ini lebih efektif dan cocok digunakan untuk eksplorasi yang bersifat dangkal karena jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 kaki, sehingga metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak akan tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang *engineering geology* seperti penentuan kedalaman *basement* (batuan dasar), pencarian *reservoir* (tandon) air, dan eksplorasi panas bumi (Wahyudi, 2001).

Bumi tersusun atas lapisan-lapisan tanah yang nilai *resistivitas* suatu lapisan tanah atau batuan tertentu berbeda dengan nilai *resistivitas* lapisan tanah atau batuan lainnya. *Resistivitas* listrik dalam lapisan akuifer merupakan lapisan batuan yang memiliki rentang nilai tahanan jenis 1-108 Ωm (Yuristina, dkk, 2015). Faktor-faktor yang berpengaruh antara lain : komposisi litologi, kondisi batuan, komposisi mineral yang dikandung dalam kandungan benda cair. Air alam mengandung zat padat terlarut yang berasal dari mineral dan garam-garam yang terlarut apabila air ini mengalir di bawah atau di permukaan tanah. Kandungan zat padat dalam air alam ini akan meningkat jika dicemari oleh limbah yang berasal dari industri pertambangan dan pertanian (Telford *et al*, 1988). Menurut Ilfa (2010), konduktivitas panas batuan adalah salah satu sifat fisis batuan yang berkaitan dengan aliran panas yang terjadi di dalamnya. Suatu besaran yang menunjukkan banyaknya ion-ion terlarut dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik sebesar 1 μvolt pada bidang lapisan metal seluas 1 cm^2 . Sifat ini dipengaruhi oleh jumlah kandungan yang disebut sebagai ion bebas. Metode geolistrik *resistivitas* didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat

homogen isotropis. Pada kenyataannya bumi terdiri atas lapisan-lapisan batuan dengan nilai *resistivitas* yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan-lapisan tersebut dan menyebabkan nilai tahanan jenis yang terukur bergantung pada jarak elektroda. Nilai tahanan jenis yang terukur bukanlah tahanan jenis yang sebenarnya melainkan tahanan jenis semu (ρ_a) (Telford *et al.* 1988).

2.8 Sifat Listrik Batuan

Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, *resistivitas* memperlihatkan adanya variasi harga yang sangat bervariasi. Begitu pula pada batuan-batuan yang lainnya, dengan komposisi yang bervariasi akan menghasilkan rentang *resistivitas* yang bervariasi pula. Konduktor didefinisikan sebagai bahan yang memiliki *resistivitas* kurang dari $10^{-8} \Omega\text{m}$, sedangkan isolator memiliki *resistivitas* lebih dari $10^7 \Omega\text{m}$. Diantara bahan tersebut adalah bahan semikonduktor. Di dalam konduktor berisi banyak elektron bebas dengan mobilitas yang sangat tinggi. Bahan semikonduktor memiliki jumlah elektron bebas yang lebih sedikit, sedangkan isolator dicirikan dengan ikatan ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak (Telford, 1988).

Dalam Telford (1988) secara umum batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan nilai hambatan jenisnya yaitu:

- a. Konduktor baik dicirikan dengan nilai *resistivitas* antara $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$.
- b. Semikonduktor dicirikan dengan nilai *resistivitas* antara $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$.
- c. Isolator dicirikan dengan nilai *resistivitas* antara $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$.

Resistivitas tiap material di bumi mempunyai interval nilai yang berbeda yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Nilai *resistivitas* batuan

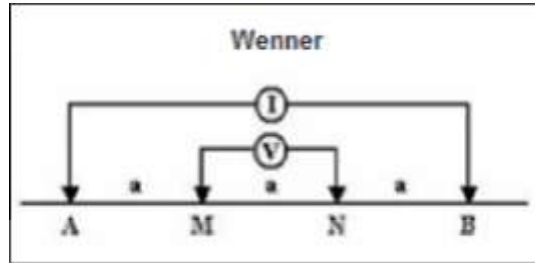
| No | Jenis | <i>Resistivitas</i> (Ωm) |
|----|---------------------------|--|
| 1 | Air Permukaan | 80 – 200 |
| 2 | Air Tanah | 30 – 100 |
| 3 | Lapisan Silt-Lempung | 10 – 200 |
| 4 | Lapisan pasir | 100 – 600 |
| 5 | Lapisan pasir dan kerikil | 100 – 1000 |
| 6 | Batu Lumpur | 20 – 200 |
| 7 | Batu Pasir | 50 – 500 |
| 8 | Konglomerat | 100 – 500 |
| 9 | Tufa | 20 – 200 |
| 10 | Kelompok Andesit | 100 – 2000 |
| 11 | Kelompok Granit | 1000 – 10000 |
| 12 | Kelompok Chart, Slate | 200 – 2000 |

(sumber : Suyono 1978)

2.9 Konfigurasi *Wenner*

Konfigurasi *Wenner* pertama kali dikembangkan oleh Wenner di Amerika yang keempat buah elektrodanya terletak dalam satu garis dan simetris terhadap titik tengah. Mekanisme pengukuran yang digunakan adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus, kemudian kuat arus maupun beda potensial yang terjadi di permukaan bumi diukur (Sule, 2007). Jarak MN pada konfigurasi *wenner* selalu sepertiga dari jarak AB. Bila jarak AB

diperlebar, maka jarak MN harus diubah sehingga jarak MN tetap sepertiga jarak AB. Konfigurasi *Wenner* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konfigurasi *Wenner*

Dalam konfigurasi ini $AM = MN = NB = a$, faktor geometri Konfigurasi *Wenner* (Telford *et al*, 1988) adalah sebagai berikut :

$$K_w = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \quad (2.6)$$

$$= \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)} \quad (2.7)$$

$$= \frac{2\pi}{\left[\frac{1}{a} + \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a}\right]} \quad (2.8)$$

$$= \frac{2\pi}{\frac{2}{a} - \frac{2}{2a}} \quad (2.9)$$

$$= \frac{2\pi}{\frac{4a-2a}{2a}} = \frac{2\pi}{\frac{2a}{2a^2}} = \frac{2\pi}{\frac{1}{a}} \quad (2.10)$$

$$K_w = 2\pi a \quad (2.11)$$

Sedangkan tahanan jenis pada konfigurasi wenner adalah :

$$\rho_w = K_w \frac{\Delta V}{I} \quad : \quad \text{dimana } K_w = 2\pi a \quad (2.12)$$

dengan :

- ρ_w = Resistivitas semu
- K_w = Faktor Geometri
- a = jarak elektroda
- V = besarnya tegangan
- I = besarnya arus

Haryanto (2011) beranggapan bahwa pengukuran geolistrik dapat dilakukan dengan tujuan berbeda yaitu pengukuran untuk *mapping* dan *sounding*. Tujuan *mapping* adalah untuk mengetahui informasi variasi *resistivitas* secara lateral sehingga teknik *mapping* dilakukan dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu dengan jarak antar elektroda tetap, seluruh susunan elektroda dipindah mengikuti lintasan. Konfigurasi elektroda yang biasa digunakan adalah Wenner dan Dipole. Sedangkan tujuan *sounding* adalah untuk memperkirakan variasi *resistivitas* sebagai fungsi dari kedalaman pada suatu titik pengukuran. Mengingat jarak antar elektroda menentukan kedalaman titik pengukuran, maka pengukuran dilakukan dengan jarak antar elektroda bervariasi. Konfigurasi elektroda yang biasa digunakan adalah *Wenner* dan *Schlumberger*. Sehingga keuntungan dari konfigurasi *wenner* yaitu selain dapat digunakan untuk pengukuran *mapping* dan *sounding*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

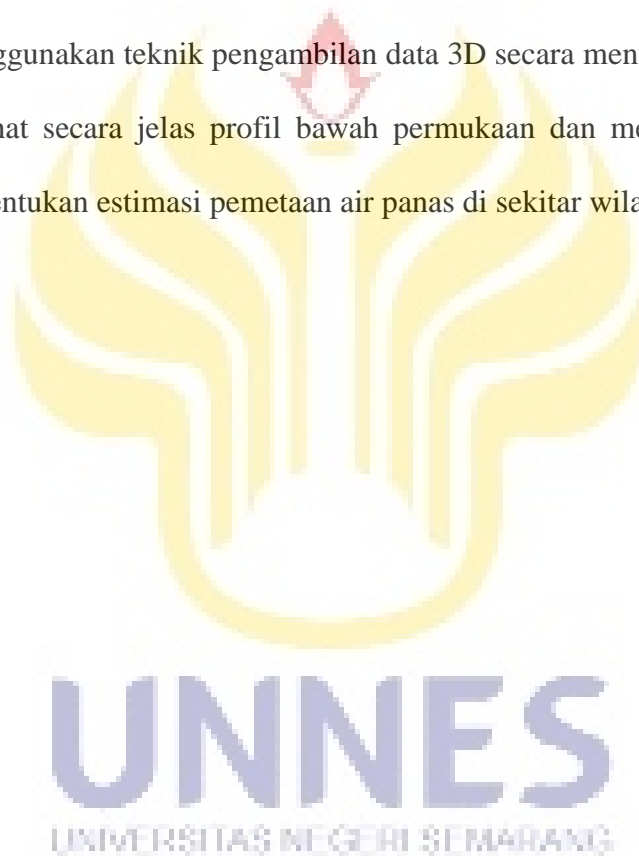
Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Nilai *resistivitas* air panas di sekitar daerah penelitian adalah 100-120 Ω m dan tersebar di setiap lintasan dan menembus permukaan tanah di beberapa tempat membentuk sumur-sumur.
2. Pada wilayah pengukuran pertama yaitu di koordinat 7^0 11 Menit 44.268 Detik LS dan 110^0 26 Menit 7.8288 Detik BT, terlihat aliran panas dari dalam tanah yang mengalir menembus batuan-batuan penyusunnya, diantaranya batu pasir, lempung dan lanau. Aliran tersebut membentuk beberapa sumur. Pada lintasan pertama sumur dapat ditemukan di bentangan 19 meter sampai 60 meter, 69 meter sampai 85 meter, dan 87 meter sampai 125 meter. Pada lintasan kedua sumur dapat ditemukan pada bentangan 30 meter sampai 135 meter.
3. Pada wilayah pengukuran kedua yaitu di koordinat 7^0 11 Menit 39 Detik LS dan 110^0 26 Menit 20 Detik BT, terlihat aliran panas dari dalam tanah yang mengalir menembus batuan-batuan penyusunnya, diantaranya batu pasir, lempung dan lanau. Aliran tersebut membentuk beberapa sumur. Pada lintasan pertama sumur dapat ditemukan di bentangan 30 meter sampai 130 meter. Pada lintasan kedua sumur dapat ditemukan pada bentangan 42 meter sampai 135.

5.2 Saran

Mengacu dari hasil akhir dan pembahasan di atas, eksperimn ini masih harus disempurnakan. Oleh karena itu untuk, eksperimen selanjutnya disarankan :

1. Memperluas daerah penelitian agar didapatkan pemetaan sebaran air panas serta memperdalam penetrasi arus untuk mendapatkan formasi batuan penyusun yang lebih dalam.
2. Menggunakan teknik pengambilan data 3D secara menyeluruh untuk dapat melihat secara jelas profil bawah permukaan dan mempermudah dalam menentukan estimasi pemetaan air panas di sekitar wilayah pengukuran.



Daftar Pustaka

- Alzwar, Samodra. dan J.I. Tarigan. 1988. *Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi, Bandung* : Nova
- Ardiyanto dan Koesuma. 2012. Identifikasi Panas Bumi di Daerah Ngijo dan Pablengan Karanganyar Menggunakan Metode Audio Magnetotelurik. *Indonesian Journal of Applied Physics* 2(2) : 198.
- Aribowo, Y., U. Pri & Wahyudi. 2003. Karakter Kehilangan Panas Alami dan Alterasi Hidrotermal Permukaan Area Manifestasi Gedongsongo dan Sekitarnya Daerah Prospek Panas Bumi Ungaran Jawa Tengah, *Proceedings Of Join Convention*, Jakarta.
- Budiardjo, B., Nugroho & M. Budihardi. 1997. Resource Characteristics of the Ungaran Field, Central Java, Indonesia, "*Proceedings of National Seminar Of Human Resources Indonesia Geologist*, Yogyakarta.
- Haryanto, A. 2011. Aplikasi Metode *Resistivitas* Menggunakan Geolistrik untuk Monitoring Intrusi Air Laut Skala Model. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Hendrajaya, L., & I. Arif. 1990. *Monograf: Metode Eksplorasi, Geolistrik Tahanan Jenis*. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi Jurusan FMIPA ITB.
- Hochstein, M.P., S. A. Ovens dan C. Bromley. 1996. Thermal Springs at Hot Water Beach (Coromandel Peninsula, NZ), *Proceedings of the 18th NZ Geothermal Workshop*, New Zealand.
- Ilfa. 2010. Studi Korelasi antara Suhu dan Aliran Fluida terhadap Aktifitas Panasbumi di Daerah Manifestasi Gedongsongo, Gunung Ungaran Kabupaten Semarang, Jawa Tengah Semarang: FMIPA Universitas Diponegoro.
- Kasbani. 2012. Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia Dan Estimasi Potensi Energinya. Jakarta : PMG –Badan Geologi.
- Ngadimin dan G. Handayani. 2000. Aplikasi Metode Geolistrik untuk Alat Monitoring Rembesan Limbah. *Journal of Mathematical Science*, Vol. 2, No. 6.
- Pemkab Semarang. 2011. Geografi Dan Topografi. <http://www.semarangkab.go.id> [diakses pada 25 juni 2016].

- Prihadi, T., Supriyadi, dan Sulhadi. 2013. aplikasi metode geolistrik dalam survey potensi hidrothermal. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 14 No. 2.
- Rahmah, S. 2009. Pencitraan Dua Dimensi Data Resistivity dan Induced Polarization untuk Mendelineasi Deposit emas Sistem Epithermal di Daerah "X". *Skripsi*. Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England : John Wiley and Sons Ltd, Baffins, Chischester, West Sussex PO19 1UD.
- Rulia, C. 2012. Pengolahan Data Magnetotellurik 2-Dimensi Pada Lapangan Panas Bumi Marana, Sulawesi Tengah, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Santoso, D. 1995. *Diktat Kuliah TG-424 Eksplorasi Energi Panas Bumi*. Bandung: Jurusan Teknik Geologi ITB.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Departement Teknik Geofisika ITB.
- Sugiyo, E.W., Supriyadi, dan Y. Agus. 2015. Kajian Panas Bumi Daerah Medini-Gonoharjo Berdasarkan Data Geomagnetik. *Unnes Physics Journal* 4 (1)
- Sule, R., F. Syamsuddin, DA. Sitorus, Sarsito & IA. Sadisun. 2007. *The Utilization of Resistivity and GPS Methods in Landslide Monitoring: Case Study at Panawangan Area – Ciamis*. Prosiding Seminar Joint ke V. Convention Bali 2007.
- Tama, S.K., dan Supriyadi. 2015. Struktur Bawah Permukaan Tanah Di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger. *Unnes Physics Journal* 4 (1)
- Telford, Geldart, R.E Sherif & DD. Keys. 1988. *Applied Geophysics First Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Ulumiyah dan Ifitchatul. 2012. *Analisis Kelembaban Dan Temperatur Permukaan Dangkal Di Daerah Gonoharjo*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Verhoef PNW. 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil Edisi III*. Jakarta: Erlangga.
- Vaidila, N., Supriyadi dan L. Suharto. 2015. Penentuan Arah Fluida Panas Bawah Permukaan Di Obyek Wisata Guci Menggunakan Metode *Self Potential*. *Unnes Physics Journal* 4 (2)
- Wahyudi. 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika*. Yogyakarta: UGM.
- Wahyudi. 2004. *Penelitian Potensi Panas Bumi Daerah Prospek Gunungapi Ungaran, Jawa Tengah*, Jakarta: LIPI
- Widada, Darmawan & Harmoko. 2014. Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Area Panas Bumi

Desa Diwak dan Derekan Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang. Semarang : Jurusan Fisika Universitas Negeri Dipanegoro.

Yulia, I. 2011. *Aplikasi Metode Geolistrik Dalam Survey Potensi Hydrothermal (Studi Kasus : Sekitar Sumber Air Panas Kasinan Pesangrahan Batu)*. Malang : Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim.

Yuristina, A.P., Supriyadi dan Khumaedi. 2015. Pendugaan Persebaran Air Bawah Permukaan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Di Desa Tanggungarjo Kabupaten Grobogan. *Unnes Physics Journal* 4 (1)

Yus Machrus. 2015. Nama-nama Desa di Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. <http://desawirausaha.blogspot.com>. [diakses pada 25 juni 2016].

