

INTERPRETASI LAPISAN BAWAH PERMUKAAN DI AREA PANAS BUMI GUNUNG TELOMOYO, KABUPATEN SEMARANG MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK *RESISTIVITY* KONFIGURASI *SCHLUMBERGER*

***Elida Septiana Putriutami*⁽¹⁾, *Udi Harmoko*⁽¹⁾ dan *Sugeng Widada*⁽²⁾**

¹⁾*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro Semarang*

²⁾*Jurusan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Semarang*

Email: elida.septian@yahoo.co.id

ABSTRACT

Geoelectric measurements and interpretation have been conducted to obtain subsurface structure information in Geothermal area of Telomoyo Mountain at Semarang regency using Schlumberger configuration

We obtain a potential difference and current from field data acquisition that can be used to calculate the apparent resistivity value. Then, the apparent resistivity value is processed using IPI2win program to determine the value of resistivity in each layer using geological information as validation.

The geoelectric results showed the presence of fault structures such as normal faults down and the layers which has resistivity values at 116 Ω m with a depth at 106 - 120 m from the surface of geoelectric line are interpreted as the upper boundaries of the Caprock layer.

Keywords: *Resistivity, Schlumberger, Geothermal, Telomoyo Mountain*

INTISARI

Telah dilakukan pengukuran dan interpretasi geolistrik resistivitas untuk memperoleh informasi struktur bawah permukaan di area panas bumi Gunung Telomoyo Kabupaten Semarang dengan konfigurasi Schlumberger.

Akuisisi data lapangan yang diperoleh berupa beda potensial dan arus. Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai resistivitas semu. Setelah diperoleh nilai resistivitas semu kemudian diolah dengan menggunakan program IPI2win untuk mengetahui nilai resistivitas pada tiap lapisan batuan dengan menggunakan informasi geologi sebagai validasi.

Hasil penelitian geolistrik menunjukkan adanya struktur patahan berupa sesar turun dan lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas 116 Ω m dengan kedalaman 106 - 120 m dari permukaan lintasan geolistrik diinterpretasikan sebagai batas atas lapisan penudung.

Kata Kunci : *Resistivitas, Schlumberger, panas bumi, Gunung Telomoyo*

PENDAHULUAN

Gunung Telomoyo merupakan gunung api Kuartar yang ketinggiannya sekitar 1.894 m dpl dan diapit oleh Gunung Merbabu, Gunung Andong, Gunung Sumbing, dan Gunung Ungaran. Panas bumi Gunung Telomoyo ditandai dengan adanya mata air panas, fumarol, tanah panas, dan batuan ubahan. Manifestasi panas bumi di daerah Candi Umbul-Telomoyo terdiri dari mata air panas yang tersebar di tiga lokasi yaitu mata air panas Candi Dukuh dengan temperatur berkisar antara 35-36 C, serta mata air panas Candi

Umbul dan Pakis Dadu dengan temperatur berkisar antara 35-36 C.

Keberadaan sistem panas bumi pada umumnya berkaitan dengan magmatisme yang terbentuk di suatu daerah. Posisi geografis Indonesia yang terletak pada jalur gunung api (*ring of fire*) merupakan wilayah yang memiliki suatu potensi panas bumi.

Menurut [1] Suatu lapangan panas bumi mempunyai karakteristik sistem panas bumi dengan ciri khas tersendiri. Daerah panas bumi Candi Umbul-Telomoyo merupakan salah satu lapangan panas bumi di Indonesia yang

terbentuk pada suatu kompleks gunungapi Kuartar yaitu kompleks Telomoyo. Penelitian panas bumi lebih detail di daerah ini sangat diperlukan untuk mengetahui pembentukan sistem panas bumi, daerah prospek dan potensi energi panas bumi.

Metode geofisika diterapkan untuk mengetahui sifat-sifat fisik batuan yang ada di bawah permukaan. Adanya anomali dari sifat fisik batuan dapat digunakan untuk memperkirakan keberadaan sistem panas bumi di bawah permukaan. Dalam membantu penginterpretasian potensi panas bumi daerah penelitian maka data geofisika sangat membantu dalam hal-hal berikut [2] :

1. Keberadaan sumber panas
2. Keberadaan zona reservoir
3. Zona permeable dan *upflow*.

Untuk mengetahui lapisan struktur bawah permukaan digunakan metode geolistrik yang didasarkan pada perubahan harga parameter tahanan jenis dengan susunan elektroda *schlumberger*. Konfigurasi ini menggunakan empat buah elektroda yang ditancapkan ke dalam tanah homogen pada satu garis sepanjang pengukuran dengan posisi elektroda potensial terletak diantara elektroda arus yang dipasang secara simetri terhadap titik pusat ukur [3].

Permasalahan yang muncul adalah bagaimana menginterpretasi penampang geologi atau struktur bawah permukaan area panas bumi di Gunung Telomoyo berdasarkan nilai resistivitas batuan penyusunnya. Berdasarkan hasil interpretasi diharapkan akan diketahui jenis litologi daerah penelitian dan dapat digunakan untuk menganalisa struktur yang mengontrol adanya manifestasi *fumarole* dan air panas yang terletak di Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang serta menentukan zona top lapisan penutup panas bumi.

DASAR TEORI

Panas Bumi

Energi panas bumi adalah energi sumber daya alam berupa air panas atau uap

yang terbentuk dalam reservoir di dalam bumi melalui pemanasan air bawah permukaan oleh batuan beku panas. Air permukaan yang berasal dari sungai, hujan, danau, laut dan lain-lain meresap menjadi air tanah, mengalir dan bersentuhan dengan tubuh magma atau batuan beku panas tersebut, mendidih serta kemudian membentuk air dan uap panas. Karena berat jenis, temperature dan tekanannya, uap dan air panas ini mengalir kembali ke permukaan melalui bidang-bidang rekahan di lapisan kulit bumi [4].

Sistem Panas Bumi

Pada dasarnya sistem panas bumi terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air dengan suatu sumber panas. Perpindahan panas secara konveksi pada dasarnya terjadi karena gaya apung. Air karena gaya gravitasi selalu mempunyai kecenderungan untuk bergerak kebawah, akan tetapi apabila air tersebut kontak dengan suatu sumber panas maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih tinggi dan air menjadi lebih ringan. Keadaan ini menyebabkan air yang lebih panas bergerak ke atas dan air yang lebih dingin bergerak turun ke bawah, sehingga terjadi sirkulasi air atau arus konveksi [5].

Metode Geolistrik

Salah satu metode yang digunakan dalam eksplorasi geofisika adalah metode geolistrik hambatan jenis. Geolistrik hambatan jenis memanfaatkan sifat resistivitas listrik batuan untuk mendeteksi dan memetakan formasi bawah permukaan. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi. Perbedaan potensial yang terukur merefleksikan keadaan di bawah permukaan bumi. Sifat-sifat suatu formasi dapat

digambarkan oleh tiga parameter dasar yaitu konduktivitas listrik, permeabilitas magnet, dan permitifitas dielektrik [6].

Pada dasarnya metode ini didekati dengan menggunakan konsep perambatan arus listrik di dalam medium homogen isotropis, dimana arus listrik bergerak kesegala arah dengan nilai yang sama besar. Berdasarkan asumsi tersebut, maka bila terdapat anomali yang membedakan jumlah rapat arus yang mengalir diasumsikan diakibatkan oleh adanya perbedaan akibat anomali tahanan jenis. Anomali ini nantinya digunakan untuk merekonstruksi keadaan geologi di bawah permukaan.

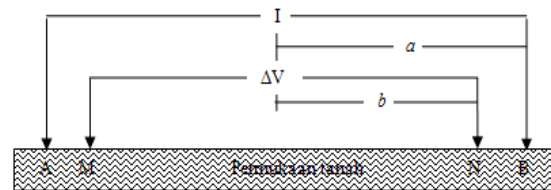
Dari hasil pengukuran ini akan diperoleh informasi tentang distribusi tahanan jenis bawah permukaan. Harga tahanan jenis batuan ditentukan oleh masing-masing tahanan jenis unsur batuan. Hantaran listrik pada batuan sebagian besar ditentukan oleh distribusi elektrolit yang ada di dalam pori-pori batuan tersebut. Untuk mengetahui struktur bawah permukaan yang lebih dalam, maka jarak masing-masing elektroda arus dan elektroda potensial ditambah secara bertahap. Semakin besar spasi elektroda maka efek penembusan arus ke bawah semakin dalam, sehingga batuan yang lebih dalam akan dapat diketahui sifat-sifat fisisnya.

Interpretasi pengukuran didasari atas asumsi bahwa permukaan terdiri dari sejumlah lapisan yang berbeda tahanan jenisnya. Tiap-tiap lapisan oleh suatu bidang batas horisontal dan tiap lapisan merupakan medium homogen isotropik. Untuk menentukan tahanan jenis lapisan dan kedalam bidang batas berdasarkan hasil pengukuran yang berupa beda potensial dan jarak spasi elektroda, maka harus diketahui hubungan matematis antara parameter yang diukur dengan parameter yang mendefinisikan distribusi lapisan bawah permukaan [7].

Konfigurasi Elektroda *Schlumberger*

Nilai resistivitas semu tergantung pada geometri dari susunan elektroda yang digunakan, yang didefinisikan dengan faktor geometri K . Ada tiga tipe utama konfigurasi elektroda, dua diantaranya dinamai dengan nama penggagasnya yaitu Frank Wenner dan *Schlumberger*. Sedangkan metode yang ketiga adalah dipole-dipole.

Pada penelitian ini digunakan konfigurasi *Schlumberger*, elektroda arus mempunyai jarak yang lebih besar dibandingkan dengan elektroda potensial. Konfigurasi *Schlumberger* memiliki keunggulan untuk mendeteksi adanya non homogenitas lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda $P1P2/2$. Dipandang dari sudut pelaksanaan, konfigurasi *schlumberger* lebih mudah dilakukan.



Gambar 1 Konfigurasi elektroda *Schlumberger* (Telford, 1990)

Pada konfigurasi ini, hanya elektroda arus saja yang dipindahkan, sedangkan elektroda pengukur tetap. Konfigurasi *Schlumberger* banyak digunakan dalam survey geolistrik untuk prosedur *sounding*. Konfigurasi ini bertujuan mencatat gradient potensial atau intensitas medan listrik dengan menggunakan pasangan elektroda detektor (potensial) yang berjarak relative dekat dibanding dengan jarak elektroda arus. Elektroda potensial ditempatkan pada pertengahan elektroda arus. Hal ini seperti pada gambar 1. Elektroda arus dipindah-pindah sesuai jarak tertentu sampai hasil beda potensial

sudah dianggap kecil. Faktor geometri dapat ditentukan melalui persamaan (2.1) :

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

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

Dengan K_s adalah faktor geometri untuk konfigurasi *Schlumberger*, a adalah jarak elektroda arus ke pusat susunan elektroda, dan b adalah jarak elektroda potensial ke pusat susunan elektroda. Dari persamaan (2), dengan mengetahui harga V , I , dan K maka harga tahanan jenisnya dapat diketahui.

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

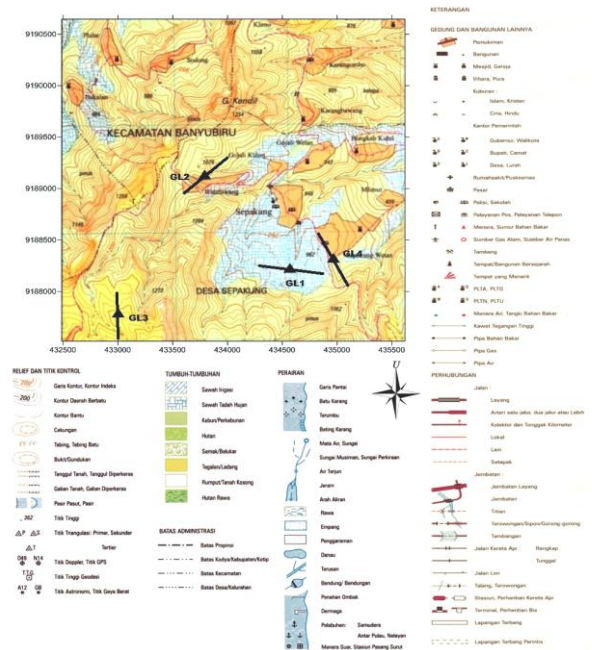
Letak Geografis Penelitian

Pengukuran resistivitas 1-D berada di area Panas Bumi Gunung Telomoyo Kabupaten Semarang. Daerah penelitian titik GL1 terletak pada 49 M 434570 9188229 dengan ketinggian 1001 m, titik GL2 terletak pada 49 M 433789 9189138 dengan ketinggian 1124 m, titik GL3 terletak pada 49 M 433001 9187791 dengan ketinggian 1303 m dan GL4 terletak pada 49 M 434968 9188323 dengan ketinggian 968 m. Desain survey penelitian digambarkan pada gambar 2.

. Secara administratif sebagian besar termasuk dalam wilayah Kabupaten Semarang dan Kabupaten Magelang, serta sebagian kecil termasuk Kab.Temanggung, Kab. Boyolali

Gambar 2 Peta Lokasi titik pengukuran area panas bumi Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang (ditunjukkan dengan tanda segitiga warna hitam) skala 1:25.000 (Sumber : Bakosurtanal, 2001 dimodifikasi oleh Elida, 2014).

dan Kota Salatiga, Propinsi Jawa Tengah, dan berjarak sekitar 34 km dari Kota Semarang. Tataguna lahan daerah penyelidikan menurut data Departemen Kehutanan, yaitu Tataguna Hutan Kesepakatan, 1999, terbagi menjadi Cagar Alam Gebungan, Hutan Lindung, Hutan Produksi Terbatas, dan Areal Penggunaan Lain.

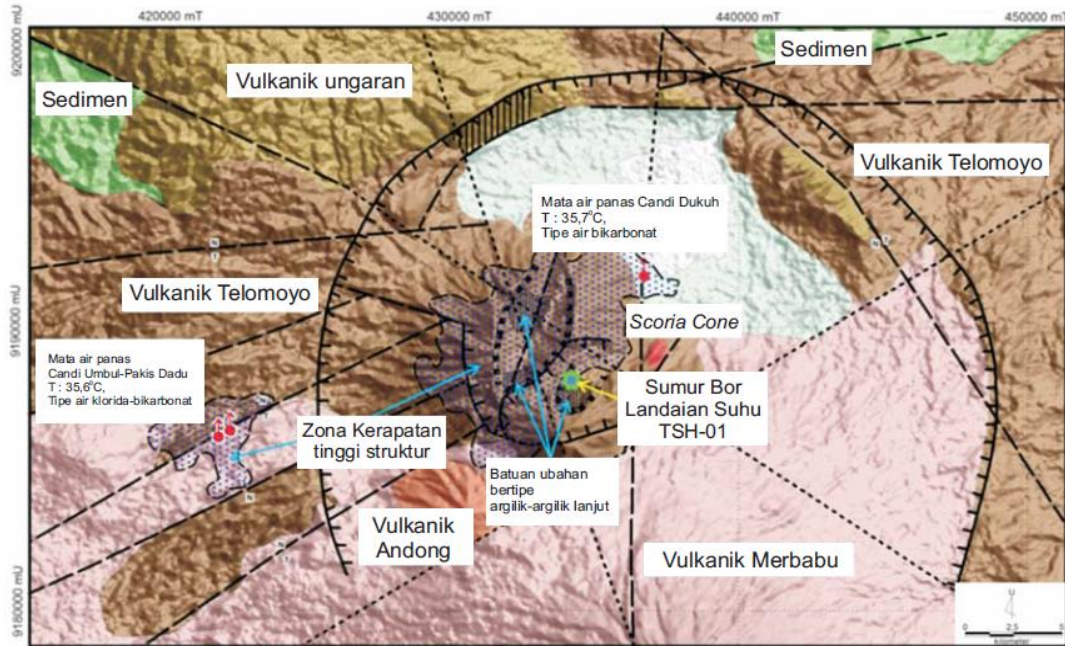


Geologi Regional

Daerah panas bumi Candi Umbul - Telomoyo terletak pada zona Pegunungan Serayu Utara, dengan batuan tertua adalah batuan sedimen berumur Miosen Tengah dengan mekanisme pengendapan turbidit dalam lingkungan neritik. Pada Kala Pliosen Atas terjadi proses pengangkatan yang diikuti oleh erupsi efusif Ungaran Tua pada Kala Plistosen Awal yang menghasilkan satuan lava Ungaran-1. Selain itu di sebelah tenggara Ungaran terjadi aktivitas vulkanik Telomoyo-1 yang menghasilkan endapan lava dan piroklastik. Letusan besar Telomoyo-1 menyebabkan terjadinya runtuhnya (*collapse*) dan menghasilkan struktur kaldera yang diikuti oleh munculnya kembali aktivitas vulkanik post-kaldera Telomoyo-2 yang menghasilkan endapan lava dan piroklastik. Aktivitas vulkanik terus berlanjut hingga membentuk kerucut Telomoyo sekarang yang berkomposisi andesit - basaltik dan kerucut Andong. Fase akhir aktivitas vulkanik Telomoyo dicerminkan oleh pembentukan kerucut skoria (*scoria cone*). Saat itu di sebelah utara (Gunung Ungaran) dan sebelah selatan (Gunung Merbabu) juga terjadi aktivitas vukanik yang menghasilkan endapan

lava dan piroklastik. Endapan lahar dan alluvium terbentuk di sepanjang pedataran dan sungai-sungai besar (Gambar 3). Struktur geologi yang berkembang terdiri dari struktur kaldera dan sesar-sesar normal berarah

baratdaya-timurlaut yang terbentuk akibat aktivitas Gunung Telomoyo, serta sesar-sesar mendatar berarah relatif utara-selatan dan barat laut-tenggara yang merupakan struktur



Gambar 3 Peta geologi daerah panas bumi Candi Umbul-Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah (Modifikasi dari Peta Geologi Tim Survei Terpadu Panas bumi, PSDG, 2010) skala 1:500000

regional dan sebagian sudah ditutupi oleh produk batuan yang lebih muda [8].

Daerah yang diperkirakan memiliki kerapatan tinggi struktur geologi dan diperkirakan mempunyai zona permeabilitas yang tinggi terletak di bagian utara kerucut muda Telomoyo yaitu dari lereng barat laut kerucut muda Telomoyo memanjang ke utara-timurlaut sampai daerah Keningar dan Candi Dukuh [9].

Geomorfologi

Satuan geomorfologi vulkanik Telomoyo menempati bagian tengah memanjang ke barat-timur daerah survei yang meliputi sekitar 45% luas daerah survei, kemiringan lereng antara 20° - 85° . Pola sungai berbentuk radial, sub-dendritik sampai sub paralel. Satuan ini merupakan bentuk morfologi

komplek Gunung Telomoyo yang terdiri dari puncak, tubuh dan kaki Gunung Telomoyo. Batuan penyusun satuan ini adalah batuan vulkanik seperti lava dan piroklastik. Elevasi satuan morfologi ini berkisar antara 200 - 1850 m di atas permukaan laut (dpl). Penggunaan lahan pada satuan ini selain dipergunakan untuk pemukiman oleh penduduk juga merupakan lahan perkebunan sayur-sayuran, pesawahan, dan pengolahan kayu [9].

Stratigrafi

Berdasarkan hasil penyelidikan [9] jenis batuan di daerah penyelidikan dapat dikelompokkan ke dalam 18 satuan batuan, yang terdiri dari satu satuan batuan sedimen, 16 satuan batuan vulkanik, dan satu satuan endapan permukaan.

Urutan satuan batuan atau stratigrafi dari tua ke muda adalah satuan sedimen (Ts), Lava Ungaran-1 (QUv-1), Lava Telomoyo-1 (QTI-1), Aliran Piroklastik Telomoyo-1 (QTap-1), Lava Telomoyo-2 (QTI-2), Aliran Piroklastik Telomoyo-2 (QTap-2), Jatuhan Piroklastik Telomoyo (QTjp), Lava Andong (Qal), Lava Telomoyo- (QTI-3), Lava Ungaran-2 (QUv-2), Lava Merbabu-1 (QMI-1), Aliran Piroklastik Merbabu (QMap), Koluvium Telomoyo (QTK), Kerucut Piroklastik (QKp-5), Lava Merbabu-2 (QMI-2), Jatuhan Piroklastik Merbabu (QMjp), Lahar Merbabu (QMIh), dan Aluvium (Qal). Satuan Sedimen (TS), merupakan satuan paling tua yang tersingkap di sebelah timurlaut dan barat laut daerah survei dengan luas sebaran 3 % dari luas daerah survei. Satuan batuan ini terdiri dari tuf yang secara megaskopis berwarna putih keabuan-kecoklatan, terlapukkan dan terkekalkan kuat. Batuan ini diperkirakan merupakan hasil erosi batuan lain yang lebih tua yang tidak tersingkap di daerah survei. Menurut kesebandingan dengan peta geologi regional [10] batuan ini merupakan bagian dari Formasi Kerek yang berumur Miosen Tengah yang merupakan batuan sedimen turbidit dan diendapkan di lingkungan Neritik.

Struktur Geologi

Berdasarkan hasil penyelidikan [9] analisis peta DEM (*digitalelevation mode*) dan peta topografi, serta gejala-gejala struktur di permukaan seperti pemunculan mata air panas, kelurusan lembah dan punggung, kekar-kekar, bidang sesar, dan zona hancuran batuan, maka di daerah penyelidikan teramati beberapa struktur geologi, yaitu: *Rim* kaldera, terdapat tiga buah *rim* kaldera yang terbentuk, yaitu yang pertama kaldera letusan Telomoyo-1 yang terdapat di lereng selatan kompleks Telomoyo membuka ke arah utara. Kemudian kaldera kedua terdapat di tengah daerah survei dengan diameter sekitar 22 km. Struktur kaldera kedua ini diperkirakan terbentuk oleh adanya kekosongan di dalam bumi akibat letusan Telomoyo-1 yang mengakibatkan terjadinya

penurunan (*subsidence*) yang membentuk zona depresi di daerah survei. Sedangkan kaldera ketiga adalah kaldera letusan Telomoyo-2 yang terdapat di lereng tenggara kompleks Telomoyo membuka ke arah timurlaut.

Struktur vulkanik berupa sesar-sesar normal berarah baratdaya-timurlaut yang terbentuk akibat aktivitas Gunung Telomoyo. Struktur ini juga memfasilitasi kemunculan manifestasi panas bumi Candi Umbul dan Pakis Dadu.

Struktur tektonik berupa sesar-sesar mendatar berarah relatif utara-selatan dan barat laut-tenggara yang merupakan struktur regional dan sebagian sudah ditutupi oleh produk batuan yang lebih muda. Sebagian dari struktur ini teraktifkan kembali sehingga bisa memfasilitasi kemunculan manifestasi panas bumi Candi Dukuh.

METODE PENELITIAN

Tahap-tahap yang dilakukan dalam proses akuisisi adalah :

1. Menancapkan 2 elektroda potensial dan 2 elektroda arus ke dalam tanah dengan konfigurasi *Schlumberger* pada bentangan awal (jarak MN 0,5 meter dan jarak AB 1 meter). Mengaktifkan *Resistivity meter*, kemudian mengalirkan arus listrik ke tanah.
2. Mencatat kuat arus listrik (I) dan beda potensial (V) yang terukur pada lembar pencatatan pengukuran geolistrik (Lampiran A). Hitung ρ_a dan plot hasilnya.
3. Memindahkan elektroda arus (elektroda potensial tetap) pada jarak ke-2 yang telah ditentukan. Catat I dan ΔV yang terukur. Hitung dan plot ρ_a seperti poin 1.
4. Memindahkan elektroda tegangan ke posisi ke-2 yang sudah ditetapkan dengan elektroda arus tetap. Hitung dan plot ρ_a yang telah dihasilkan. Bila harga ρ_a tidak meloncat terlalu jauh, maka hasil pengukuran cukup baik. Apabila meloncat cukup jauh, maka hasil

pengukuran kita tidak baik sehingga perlu melakukan langkah lain, misalnya menancapkan lebih dalam atau berpindah tempat.

5. Jika point 4 tidak ada masalah, maka lakukan langkah 3 sampai dengan 4 berkali-kali sehingga jarak bentangan maksimum yang direncanakan. Misalkan jarak AB divariasikan menjadi : 30m, 80m, 100m, 125m, 150m, 200m, dan seterusnya bergantung kebutuhan. Semakin lebar jarak AB, maka semakin dalam jangkauan geolistrik ke dalam tanah [11].

Interpretasi Data Geolistrik

Sebaran titik pengukuran geolistrik diusahakan dapat mewakili daerah survei, sehingga informasi yang diperoleh dapat memberikan deskripsi yang lengkap tentang daerah survei. Dari penelitian di area panas bumi Gunung Telomoyo telah dilakukan pengukuran sebanyak 4 titik *sounding*.

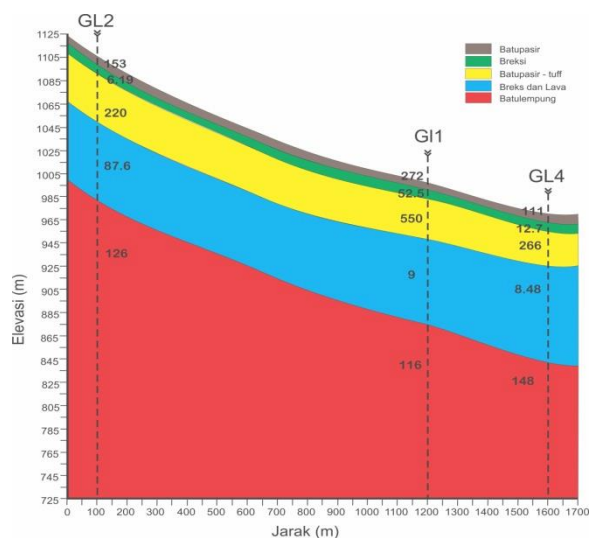
Data *sounding* geolistrik yang didapat diolah dengan menggunakan *software IPI2win*. Di mana *software* ini merupakan program yang dibuat untuk menghitung serta menggambarkan harga resistivitas dari hasil perhitungan di lapangan. Dengan memasukkan data yang ada yaitu nilai AB/2 dan resistivitas semunya, dapat langsung melihat harga resistivitas batuan, kemudian dilihat grafiknya diusahakan diperoleh model yang bagus yaitu dengan nilai eror yang sangat kecil. Hal ini dapat terlihat dengan grafik yang halus. Hasil dari pengolahan data menggunakan *software IPI2win* dan di buat penampang satu dimensi. Kemudian model pelapisannya dibuat dengan menarik menggunakan *software CorelDraw 16*. Setiap batas nilai resistivitas yang memiliki nilai sama atau mendekati antar titik tersebut. Setelah itu diinterpretasikan data tersebut dengan membaca informasi geologi, informasi pada saat survei, dengan tujuan untuk menemukan gambaran tentang

pelapisan batuan guna mengetahui kedalaman masing – masing lapisan batuan.

Pada tahap ini dibuat dua buah model pelapisan : Lintasan 1 (titik 3-1-4) dengan arah bentangan barat – timur serta lintasan 2 (titik 2-1-4) dengan arah bentangan barat – timur. Diharapkan dari penampang yang telah dibuat dapat menggambarkan kondisi geologi bawah permukaan area panas bumi Gunung Telomoyo.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pengukuran geolistrik di lapangan kemudian diolah dengan program *IPI2win* yang hasilnya berupa grafik. Pengolahan menggunakan *IPI2win* juga dapat diketahui nilai resistivitas tiap lapisan batuan dan kedalamannya. Setelah mendapatkan nilai resistivitas dan kedalamannya maka dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat penampang satu dimensi secara manual pada tiap lintasan. Dalam pengukuran geolistrik kali ini dibuat dua buah pemodelan lintasan lapisan. Pada lintasan pertama terdiri dari titik 3, titik 1 dan titik 4. Sedangkan pada lintasan yang kedua terdiri dari titik 2, titik 1 dan titik 4. Pemodelan lapisan yang telah dibuat secara manual dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5.



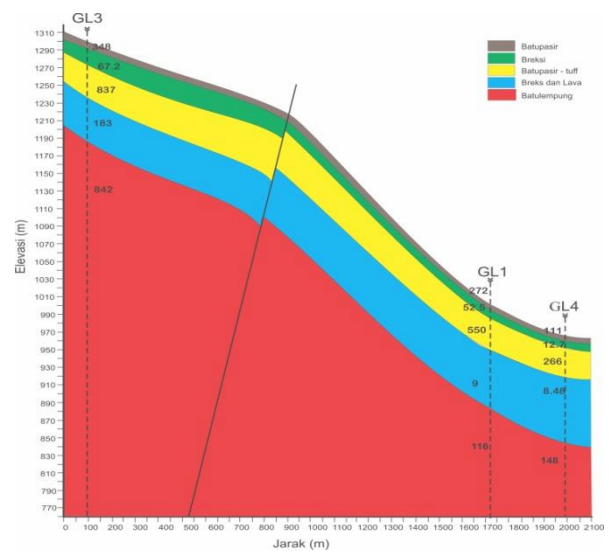
Gambar 4 Pemodelan lapisan bawah permukaan lintasan 1 (titik 2-1-4)

Berdasarkan pemodelan pada gambar 4 dapat diinterpretasikan adanya perlapisan bawah permukaan tanah berdasarkan nilai resistivitasnya dan juga ketebalan atau kedalamannya di dalam tanah. Interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan lintasan 1 (gambar 4) dapat ditabelkan menurut nilai resistivitas dan ketebalan atau kedalamannya, yaitu :

Tabel 1. Kondisi geologi bawah permukaan lintasan 1 (titik 2-1-4)

Lapisan	Ketebalan	Resistivitas (Ωm)	Nama Lapisan
1	0,37 - 4,63	6,45	- <i>Topsail</i>
		68,5	
2	7,58 - 8,26	111 - 272	<i>Batupasir</i>
3	14,9 - 17,7	6,29	- <i>Breksi</i>
		52,5	
4	45,1 - 58,8	220 - 550	<i>Batupasir - tuff</i>
5	122 - 135	8,48 - 9	<i>Breksi dan lava</i>
6	122 - tak terdeteksi	116	<i>Batulempung</i>

Pada lapisan yang terakhir diketahui merupakan lapisan batulempung dengan resistivitas 116 Ωm kedalaman 122 m hingga tak terdeteksi. Berdasarkan letaknya yang berada di kedalaman lebih mencapai 122 m, Diperkirakan lapisan ini merupakan lapisan penudung yang bersifat *impermeable* pada struktur bawah permukaan sistem panas bumi.



Gambar 5 Pemodelan lapisan bawah permukaan lintasan 2 (titik 3-1-4)

Berdasarkan pemodelan pada gambar 3 dapat kita interpretasikan adanya perlapisan bawah permukaan tanah berdasarkan nilai resistivitasnya dan juga ketebalan atau kedalamannya di dalam tanah. Interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan lintasan 1 (gambar 5) dapat ditabelkan menurut nilai resistivitas dan ketebalan atau kedalamannya, yaitu :

Tabel 2 Kondisi geologi bawah permukaan lintasan 2 (titik 3-1-4)

Lapisan	Ketebalan	Resistivitas (Ωm)	Nama Lapisan
1	0,37 - 6,11	23 - 860	<i>Topsail</i>
2	7,58 - 8,26	111 - 348	<i>Batupasir</i>
3	14,9 - 22,4	12,7 - 67,2	<i>Breksi</i>
4	45,1 - 56,2	266 - 837	<i>Batupasir - tuff</i>
5	106 - 132	8,48 - 183	<i>Breksi dan lava</i>

6	106 - tak	116	Batulempun	DAFTAR PUSTAKA
	terdekteksi	9		

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 5 terlihat bahwa terdapat lima hingga enam lapisan. Pada lapisan yang terakhir diketahui merupakan lapisan batulempung dengan resistivitas 116 Ω m dengan kedalaman 106 m hingga tak terdeteksi. Berdasarkan letaknya yang berada di kedalaman lebih mencapai 106 m, Diperkirakan lapisan ini merupakan lapisan penudung yang bersifat *impermeable* pada struktur bawah permukaan sistem panas bumi.

Pada lapisan ini juga diinterpretasikan adanya sesar yang membatasi lapisan titik 1 dan titik 3. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [3] bahwa kerapatan patahan dan rekahan diasumsikan sebagai *recharge area* yang memiliki permeabilitas yang baik dan sebagai media potensial bagi fluida panas bumi muncul ke permukaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan dengan metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* di area panas bumi Gunung Telomoyo Kabupaten Semarang bisa disimpulkan bahwa :

1. Lapisan batuan yang menyusun daerah penelitian berturut – turut dari yang paling bawah adalah batulempung, breksi dan lava, batupasir tuffan, breksi, batupasir, dan yang paling atas adalah *topsoil*.
2. Struktur geologi yang menyebabkan keluarnya manifestasi panas bumi di permukaan adalah patahan berupa sesar turun yang berperan sebagai zona lemah tempat keluarnya fluida ke permukaan.
3. Lapisan batulempung pada kedalaman 106-122 m dari permukaan dengan resistivitas 116 Ω - ~ diinterpretasikan sebagai batas atas lapisan penudung.

- [1] Hermawan, D., dan Rezky, Y, 2011, *Delineasi Daerah Prospek Panas Bumi Berdasarkan Analisis Kelurusan Citra Landsat Di Candi Umbul - Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah*, Buletin Sumber Daya Geologi. Volume 6 Nomor 1 – 2011.
- [2] Gupta, H., Ray, S., 2007, *An Outline of the Geology of Indonesia*, Jakarta, IAGA hal 11-36.
- [3] Tim Survei Terpadu Geologi dan Geokimia, 2010, *Laporan Survei Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Candi Umbul-Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah. (unpublished report)*, Bandung, Pusat Sumber Daya Geologi.
- [4] Anonim, 1994, *Kursus Pengukuran Dasar Geofisika Untuk Eksplorasi dan Geolistrik*, Laboratorium Fisika Bumi ITB.
- [5] Wahyudi, 2001, *Teori dan Aplikasi Eksplorasi Geofisika*, Yogyakarta , Penerbit UGM.
- [6] Robert, E.T., Sumardirdja, H., Richard, P.W., 1975, *Geologi Lembar Magelang dan Semarang*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- [7] Telford, M.W., Geldart L.P., Sheriff R.E., Keys D.A., 1990, *Applied Geophysics*, USA, Cambridge University Press.
- [8] Hermawan, D., Widodo, S., Mulyadi, E., 2012, *Sistem Panas Bumi Daerah Candi Umbul-Telomoyo Berdasarkan Kajian Geologi Dan Geokimia*. Buletin Sumber Daya Geologi Volume 7 Nomor 1 – 2012..
- [9] Tim Pertamina, 2007, *Peluang Pemanfaatan Potensi Energi Geothermal Ulubelu Lampung*, Makalah Workshop, Bandar Lampung, Geofisika Universitas Lampung.

- [10] Wahyudi, 2001, *Teori dan Aplikasi Eksplorasi Geofisika*, Yogyakarta , Penerbit UGM.
- [11] Saptadji, N.M., 2001, *Teknik Panas Bumi, Diktat Kuliah Prodi Teknik Perminyakan*, Penerbit ITB.