

## PEMODELAN 2D SEBARAN TAHANAN JENIS TERHADAP KEDALAMAN DAERAH PANASBUMI GARUT BAGIAN SELATAN MENGGUNAKAN METODE MAGNETOTELLURIK

Dita Destyanti<sup>1)</sup>, Tony Yulianto<sup>1)</sup> dan Eddy Z. Gaffar<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2)</sup> Pusat Penelitian Geoteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung

E-mail: ditadestyanti@st.fisika.undip.ac.id

### ABSTRACT

*Southern Garut geothermal area West Java, is one of the area with geothermal prospects, characterized by the surface manifestations of craters in Papandayan mountain region and hot springs in Ciarinem area. The area was composed by old volcanic rocks, generally consists of a tuff rocks, tuff breccias and lava. This study aims to interpret 2D modeling of resistivity distribution to the depth of Garut Southern area geothermal and to determine geothermal system of that area under magnetotelluric method (MT). This method is used because its capability to detect subsurface structure to a thousand meters depth. The data was taken as much as 32 acquisition points. The Data was obtained from field acquisition process, further processed using SSMT 2000 MT Editor 90, and WinGLink software. The results showed the presence of two geothermal systems in Ciarinem and Papandayan mountain region, consist of clay cap rocks, reservoir rocks, and hot rock. Clay cap rocks wich tend conductive located at shallow depths with resistivity value ranging from 10 – 30 ohm.m, reservoir rocks with resistivity value of between 40 – 600 ohm.m and hot rocks that are more resistive have resistivity value  $\geq 700$  ohm.m.*

**Keywords:** Magnetotelluric, Garut southtern area, geothermal system, resistivity.

### INTISARI

Daerah panasbumi Garut bagian Selatan, Jawa Barat merupakan salah satu daerah dengan prospek panasbumi, yang ditandai dengan adanya manifestasi permukaan berupa kawah di wilayah Gunung Papandayan dan mata air panas di wilayah Ciarinem. Daerah tersebut disusun oleh batuan Gunungapi Tua, yang secara umum terdiri dari batuan tufa, breksi tufa dan lava. Penelitian ini bertujuan untuk menginterpretasikan pemodelan 2D sebaran tahanan jenis terhadap kedalaman daerah panasbumi Garut bagian Selatan dan untuk mengetahui sistem panasbumi daerah tersebut dengan metode magnetotellurik (MT). Metode ini digunakan karena mampu mendeteksi struktur bawah permukaan hingga kedalaman ribuan meter. Pada penelitian ini data diambil sebanyak 32 titik akuisisi. Data yang diperoleh dari proses akuisisi lapangan selanjutnya diolah dengan menggunakan *software* SSMT 2000, MT Editor 90, dan WinGLink. Hasil penelitian menunjukkan adanya dua sistem panasbumi di wilayah Ciarinem dan wilayah Gunung Papandayan yang terdiri dari batuan penutup (clay cap), batuan *reservoir*, dan batuan pemanas (*hot rock*). Batuan penutup (*clay cap*) yang bersifat konduktif berada pada kedalaman dangkal dengan nilai tahanan jenis berkisar 10 – 30 ohm.m, batuan *reservoir* dengan nilai tahanan jenis antara 40 – 600 ohm.m dan batuan pemanas (*hot rock*) yang bersifat lebih resistif memiliki nilai tahanan jenis  $\geq 700$  ohm.m.

**Kata kunci:** Magnetotellurik, daerah Garut bagian Selatan, sistem panasbumi, tahanan jenis.

### PENDAHULUAN

Pada dekade ini, konsumsi energi dunia meningkat dengan pesat, seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Meningkatnya konsumsi energi juga disebabkan meningkatnya perkembangan global yang diikuti tuntutan standar hidup yang

tinggi, serta semakin berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan. Sebagian besar energi yang dikonsumsi pada umumnya dihasilkan dari bahan bakar fosil, yang akan menghasilkan emisi gas yang berbahaya yang dapat mencemari lingkungan. Terlebih lagi bahan bakar fosil ketersediaannya terbatas. Pada permasalahan ini diperlukan adanya energi

terbarukan seperti energi panasbumi, energi angin maupun energi matahari yang dapat menggantikan bahan bakar fosil dan mengurangi emisi tersebut [1].

Energi panasbumi merupakan salah satu energi ramah lingkungan yang dapat menjadi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil. Lebih dari 20 negara menghasilkan energi listrik dari sumber energi panasbumi dan sekitar 60 negara menggunakan energi panasbumi secara langsung. Studi panasbumi telah dilakukan oleh banyak peneliti di dunia untuk mengukur karakteristik panas dari geologi daerah yang berbeda dan mempelajari potensi eksplorasi panasbumi.

Beberapa tipe sumber panasbumi dapat diidentifikasi, dimana salah satu tipe sistem panasbumi konvensional yang idealnya membutuhkan parameter panas bumi, permeabilitas batuan dan air tanah. Panas yang dihasilkan oleh inti bumi mengalir ke permukaan secara kontinyu menjadi manifestasi tersendiri sebagai *hot spring* atau *geyser* tetapi sebagian besar masih berada di kedalaman bawah permukaan bumi, terperangkap dalam celah dan pori-pori batuan. Terkadang panas tersebut, atau dalam hal ini magma, mencapai ke permukaan menjadi lava, tetapi biasanya sebagian kecil berada di bawah kerak bumi, memanaskan batuan dan air di sekitarnya sehingga batuan dan air tersebut memiliki derajat panas yang tinggi atau berada pada suhu ratusan derajat Celsius. Ketika air tersebut terpanaskan oleh magma, *hot water* juga uap panas terjebak di batuan yang memiliki porositas yang tinggi (*permeable*) dan ditutupi oleh lapisan batuan yang *impermeable*. Kandungan uap dan air panas ini dinamakan *reservoir* [2].

Penelitian untuk menginterpretasikan sebaran tahanan jenis terhadap kedalaman ini dilakukan dengan menggunakan metode magnetotellurik dengan perbandingan nilai tahanan jenis yang dihasilkan.

Penelitian mengenai sistem panasbumi menggunakan metode magnetotellurik telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya:

penentuan manifestasi panasbumi berdasarkan nilai tahanan jenis batuan di Gunung Papandayan Garut [4], studi karakteristik panasbumi sepanjang lintasan Garut-Pangalengan dengan metode magnetotellurik [5], dll.

Penelitian ini menggunakan data magnetotellurik sekunder yang telah diambil oleh Tim Pusat Penelitian Geoteknologi (LIPI) Bandung. Pengambilan data magnetotellurik dilakukan di daerah Garut bagian Selatan pada tahun 2010 dan 2015 yang merupakan daerah prospek panasbumi dengan manifestasi dipermukaan berupa mata air panas dan juga kawah papandayan. Pengambilan data di daerah ini dilakukan untuk mengetahui variasi medan elektromagnetik terhadap waktu, yaitu dengan mengukur komponen horizontal medan listrik dan medan magnet. Alat ukur MT terdiri dari tiga sensor sinyal magnetik (magnetometer) dan dua pasang sinyal listrik (elektroda) beserta unit penerima yang berfungsi sebagai pengolah sinyal dan perekam data.

Data MT di daerah ini kemudian diproses menggunakan tiga *software*, yaitu *software* SSMT 2000, MT Editor 90 dan WinGLink.

*Software* SSMT 2000 berfungsi untuk mengubah data yang berdomain waktu menjadi data berdomain frekuensi, yang kemudian akan menjadi data masukan pada *software* MT Editor 90. *Software* MT Editor 90 digunakan untuk menyeleksi nilai *crosspower* serta menampilkan kurva tahanan jenis semu dan fase dari hasil pengolahan data sebelumnya (data SSMT 2000). Kemudian *software* WinGLink digunakan untuk melakukan proses inversi 2D yang bertujuan untuk melakukan pemodelan sebaran tahanan jenis dari data MT. Dengan memproses data magnetotellurik dengan ketiga *software* tersebut, maka didapatkan pemodelan 2D sebaran tahanan jenis terhadap kedalaman daerah panasbumi Garut bagian Selatan.

Penelitian ini bertujuan untuk menginterpretasikan pemodelan 2D sebaran

tahanan jenis terhadap kedalaman daerah panasbumi Garut bagian Selatan dan mengetahui sistem panasbumi di daerah Garut bagian Selatan.

## DASAR TEORI

### Metode Magnetorellurik

Metode magnetotellurik merupakan metode elektromagnetik (EM) pasif yang mengukur fluktuasi medan listrik  $\vec{E}$  dan medan magnet  $\vec{H}$  alami pada arah yang ortogonal dengan arah permukaan bumi dengan tujuan untuk menentukan konduktivitas bawah permukaan bumi dari kedalaman puluhan hingga ratusan meter [3].

## METODE PENELITIAN

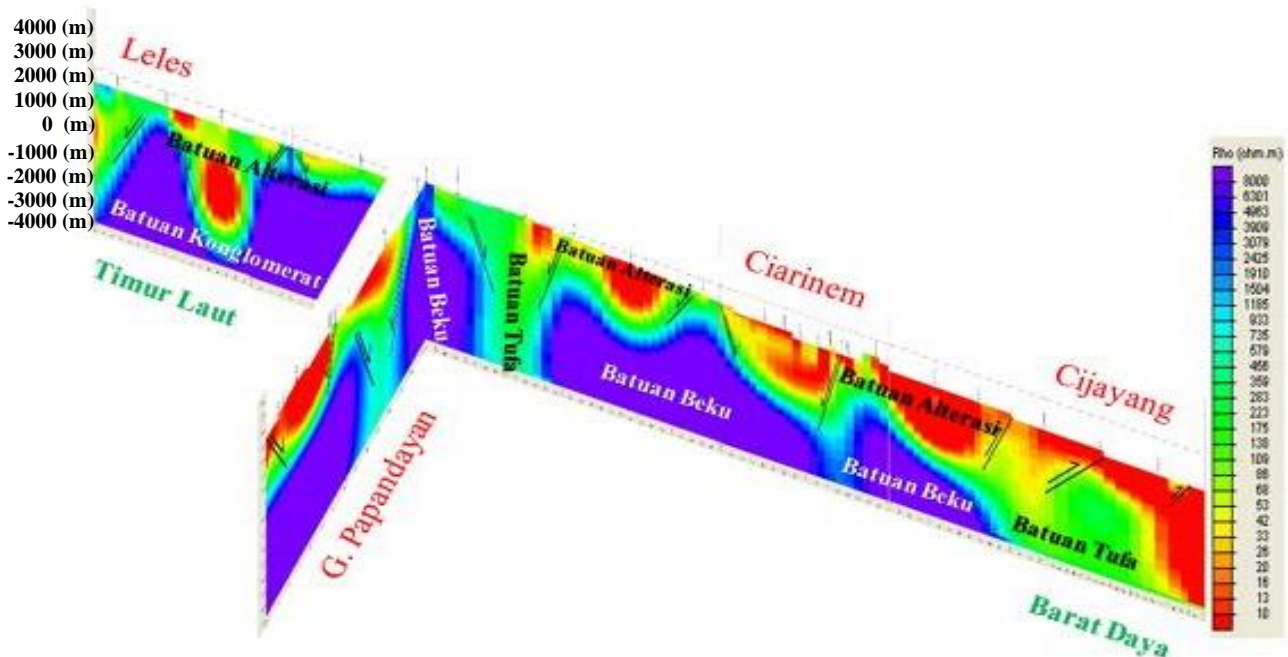
Pada penelitian ini, alat yang digunakan untuk melakukan pengolahan data MT berupa komputer dan beberapa perangkat lunak seperti: SSMT 2000, Mt Editor 90, WinGlink dan CorelDRAW X4.

Penelitian MT ini dilakukan melalui beberapa tata cara diantaranya tahap *preprocessing*, inversi 1D, inversi 2D dan analisa data MT. Proses *preprocessing*

dilakukan sebelum proses inversi 2D. Proses *preprocessing* diantaranya berupa transformasi *Fourier*, *robust processing* dan seleksi *cross power*. Inversi 1D dilakukan dengan menggunakan *software* WinGlink untuk menghasilkan sebaran tahanan jenis semu terhadap kedalaman. Inversi 2D dilakukan dengan menggunakan *software* WinGlink untuk mendapatkan pemodelan sebaran tahanan jenis serta parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya dengan nilai tahanan jenis sebenarnya. Pemodelan sebaran tahanan jenis diperoleh melalui pemodelan inversi 2D dengan *software* WinGlink. Hasil pemodelan inversi 2D tersebut berupa sebaran tahanan jenis terhadap kedalaman daerah Garut bagian Selatan berdasarkan nilai tahanan jenis sebenarnya yang kemudian dilakukan interpretasi pemodelan untuk mengetahui sistem panasbumi daerah Garut bagian Selatan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan 2D sebaran tahanan jenis daerah panasbumi Garut bagian Selatan ditampilkan pada Gambar 1. Pengaplikasian metode MT menampilkan adanya dua sistem panasbumi pada daerah Garut bagian Selatan.



Gambar 1. Pemodelan Sebaran Tahanan Jenis terhadap Kedalaman daerah Panasbumi Garut bagian Selatan

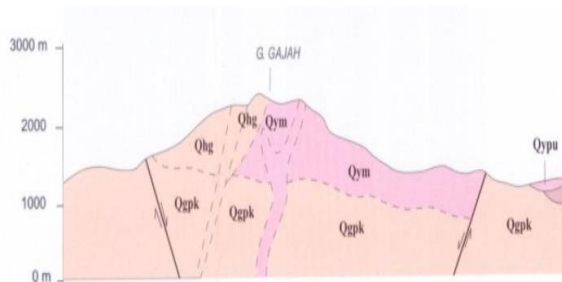
Satu sistem panasbumi yang terdeteksi berada pada wilayah Ciarinem dan sistem panasbumi lainnya di wilayah Gunung Papandayan.

Dari Gambar di atas, untuk wilayah penelitian bagian Barat Daya (Cijayang) cenderung menggambarkan sesar naik, dimana pada peta geologi Garut dan Pameungpeuk letak wilayahnya berdekatan dengan daerah cikalong. Sesar cikalong merupakan sesar naik, sehingga dapat diperkirakan bahwa ada beberapa sesar naik yang lebih kecil ukurannya di sekitar sesar cikalong yang mencakup daerah penelitian di wilayah Cijayang (Barat Daya) yang diperlihatkan pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Peta Pola Struktur Jawa Barat [6]

Untuk wilayah Timur Laut, sesar yang diperkirakan merupakan sesar turun atau normal. Pada peta geologi Garut dan Pameungpeuk, daerah Leles letaknya berdekatan dengan Gunung Gajah seperti pada Gambar 3:



Gambar 3. Penampang Garut dan Pameungpeuk – Wilayah Penelitian Timur Laut [7]

Untuk wilayah Gunung Papandayan letaknya berdekatan dengan Gunung Nangklak yang memiliki sesar turun, sehingga dapat diperkirakan sesar di wilayah Gunung Papandayan berjenis sesar turun, begitu pula dengan daerah Leles. Sesar di daerah Timur Laut ini merupakan pengaktifan sesar lama yang dihasilkan akibat adanya gaya tektonik.

Adapun jenis batuan yang diperlihatkan pada pemodelan 2D sebaran tahanan jenis daerah panasbumi Garut bagian Selatan untuk wilayah Cijayang yaitu batuan lunak alterasi dan batu lempung, ditandai dengan warna merah dengan nilai tahanan jenis 10 – 30 ohm.m dan didominasi oleh batuan formasi bentang dengan kode batuan Tmpb pada peta geologi lembar Garut dan Pameungpeuk [7] diantaranya batu pasir tufan dan lignit yang ditandai dengan warna hijau pada pemodelan dan memiliki nilai tahanan jenis antara 40 – 600 ohm.m.

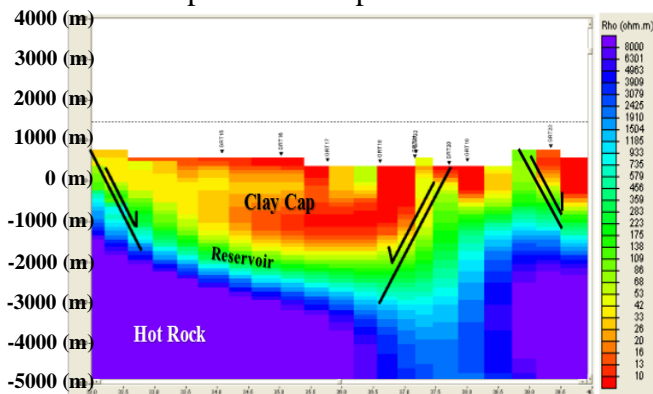
Wilayah Leles terdiri atas batuan lunak alterasi ditandai dengan warna merah dengan nilai tahanan jenis 10 – 30 ohm.m, batuan tuf pasiran bongkahan-bongkahan, andesit-basal dengan kode batuan Qypu pada peta geologi lembar Garut dan Pameungpeuk [7] yang ditandai dengan warna hijau dengan nilai tahanan jenis antara 40 – 1000 ohm.m. Serta batuan batuan konglomerat dan beku (*igneous rock*) yang dipengaruhi oleh tekanan serta temperatur yang tinggi sehingga membuat batuan beku bersifat resistif yang ditandai dengan warna biru pada pemodelan yang memiliki nilai tahanan jenis berkisar antara  $\geq 1000 - 8000$  ohm.m.

### Sistem Panasbumi Ciarinem

Sistem panasbumi Ciarinem terdiri atas batuan penudung (*clay cap*) berjenis batuan lunak alterasi yang bersifat konduktif karena porositas batumannya yang besar yang ditandai dengan nilai tahanan jenis rendah yaitu berkisar 10 – 30 ohm.m ditandai dengan warna merah pada pemodelan, zona *reservoir* yang terdiri atas formasi batuan breksi tufan dengan kode Tpv pada peta geologi lembar Garut dan

Pameungpeuk [7] diantaranya breksi, tuf dan batu pasir yang ditandai dengan warna hijau dengan nilai tahanan jenis antara 40 – 600 ohm.m serta batuan pemanas (*hot rock*) yang bersifat lebih resistif juga ditandai dengan warna biru yang memiliki nilai tahanan jenis  $\geq 700$  ohm.m dan memiliki ketebalan  $\geq 2$  km.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa adanya rekahan berupa sesar normal atau turun pada sistem panasbumi, hal ini diakibatkan karena adanya tekanan dari lempeng tektonik yang biasanya terjadi di kerak bumi. Sesar ini berfungsi sebagai tempat untuk mengalirkan fluida juga batuan menuju permukaan, dikarenakan adanya batuan yang menghalangi aliran fluida pada jalur sesar, maka fluida yang ada pada *reservoir* sulit mengalir ke permukaan. Sehingga potensi dari sistem panasbumi dapat dimanfaatkan secara maksimal pada saat eksplorasi.



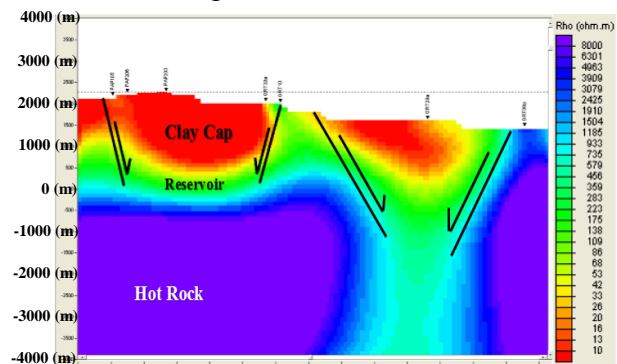
Gambar 4. Pemodelan 2D Sebaran Tahanan Jenis Wilayah Ciarinem

### Sistem Panasbumi Gunung Papandayan

Sistem panasbumi Gunung Papandayan terdiri atas batuan penudung (*clay cap*) dengan jenis batuan lunak alterasi yang bersifat konduktif ditandai dengan warna merah pada pemodelan 2D sebaran tahanan jenis daerah Garut bagian Selatan dengan nilai tahanan jenis berkisar 10 – 30 ohm.m, zona *reservoir* yang tersusun atas formasi batuan dengan kode Qyp pada peta geologi lembar Garut dan Pameungpeuk [7] yaitu batuan gunungapi muda yang ditandai dengan warna hijau dengan nilai tahanan jenis antara 40 – 600 ohm.m serta

batuan pemanas (*hot rock*) yang bersifat lebih resistif juga ditandai dengan warna biru yang memiliki nilai tahanan jenis  $\geq 700$  ohm.m dan memiliki ketebalan  $\geq 4$  km.

Sistem panasbumi di wilayah Gunung Papandayan sama seperti sistem panasbumi di wilayah Ciarinem yang memiliki rekahan berupa sesar turun yang menghalangi fluida pada *reservoir* menuju permukaan karena terhalangi oleh batuan-batuan yang tersangkut pada sesar seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Pemodelan 2D Sebaran Tahanan Jenis Wilayah Gunung Papandayan

### KESIMPULAN

Penelitian dengan menggunakan metode magnetotellurik dengan hasil inversi 2-dimensi yang didukung data geologi, geokimia serta peta geologi daerah penelitian untuk menghasilkan pemodelan sebaran tahanan jenis terhadap kedalaman daerah panasbumi Garut bagian Selatan memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi metode magnetotellurik mampu menginterpretasikan pemodelan sistem panasbumi yang terdiri atas batuan penudung, batuan *reservoir* dan batuan pemanas, serta jenis batuan dan sesar dari perbedaan nilai tahanan jenis yang dihasilkan. Daerah panasbumi Garut bagian Selatan disusun oleh batuan lunak alterasi, batuan tuf, batu pasir, tuf batuan lempung, batuan lignit, batuan beku dan batuan konglomerat. Sesar naik

cenderung mewakili daerah penelitian bagian Barat Daya (Cijayang), sedangkan sesar turun atau normal berada di daerah Timur Laut daerah penelitian.

2. Pemodelan Sebaran Tahanan Jenis Daerah Garut bagian Selatan memperlihatkan dua sistem panasbumi, yaitu sistem panasbumi Ciarinem dengan manifestasi air panas serta sistem panasbumi Gunung Papandayan dengan manifestasi kawah di permukaannya. Batuan penudung (*clay cap*) yang bersifat konduktif ditandai dengan warna merah dengan nilai tahanan jenis berkisar 10 – 30 ohm.m, zona *reservoir* yang ditandai dengan warna hijau dengan nilai tahanan jenis antara 40 – 600 ohm.m serta batuan pemanas (*hot rock*) yang bersifat lebih resistif karena pengaruh tekanan juga temperatur yang tinggi ditandai dengan warna biru yang memiliki nilai tahanan jenis  $\geq 700$  ohm.m

Papandayan Kabupaten Garut-Provinsi Jawa Barat, Universitas Padjajaran, Bandung.

- [5]. Nurwianti, W., 2010, Studi Karakteristik Panasbumi di Sepanjang Lintasan Garut-Pangalengan dengan Metode Magnetotellurik, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- [6]. Martodjojo, Soejono, 2003, Evolusi Cekungan Bogor, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [7]. Alzwar, M., Akbar, N., dan Bachri, S., 1992, Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, Jawa, skala 1 : 100.000, *Puslitbang Geologi*, Bandung.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pambudi, N.A., Ryuichi, I., Saeid, J., and Khasani, J., 2015, Performance Improvement of a Single-flash Geothermal Power Plant in Dieng Indonesia, Upon Conversion to a Double-flash System Using Thermodynamic Analysis, *Renewable Energy*, Vol 80, 424-431.
- [2]. Kana, J.D., Noel, D., Danwe, R., Phillipe, N.N., and Abdouamani, D., 2014, A Review of Geophysical Methods for Geothermal Exploration, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 44, Hal. 87-95.
- [3]. Simpson, F., and Bahr, K., 2005, *Practical Magnetotellurics*, United Kingdom: Cambridge University Press.
- [4]. Mardiana, U., 2007, Manifestasi Panasbumi Berdasarkan Nilai Tahanan Jenis Batuan Studi Kasus Gunung