

## KONSEP POTENSI PANAS BUMI JAWA BARAT BERDASARKAN DATA GEOFISIKA: HASIL PENDAHULUAN DAERAH KABUPATEN GARUT

Eddy Z Gaffar\*, Ahmad Fauzi Ismayanto\*, Hendra Grandis\*\* dan Yaya Sudrajat\*

*Puslit Geoteknologi LIPI, Komplek LIPI Jl Sangkuriang Bandung 40135  
Program Studi Magister dan Doktor Geofisika Terapan, Institut Teknologi Bandung  
eddy\_gaffar@yahoo.com*

Keywords : geothermal , gravity anomaly , magnetotelluric

### Abstract

Research Center for Geotechnology – Indonesian Institute of Sciences (LIPI) try to conduct research on geothermal energy . This research will issue a regional concept of the geothermal area of West Java . The first stage of this research is the Garut and surrounding area, which is a small system of the " Circular Feature" of the gravity anomaly data, which has been proven there are several locations that have potential for geothermal.

The study began with the regional geology , geological structure and rock alteration field research . To view the cross section of the subsurface measurements of MT line that starts from the Leles - Garut - Semarang to the Papandayan volcano. The distance between the point of measurement is between 3 to 4 miles. The results of two- dimensional cross section of the resistivity of Leles to Papandayan volcano line can be seen that on the rim of the low circular feature gravity of this area as geothermal prospect area.

### 1. Pendahuluan

#### Latar belakang dan ruang lingkup kegiatan penelitian

Indonesia berubah dari negara pengekspor minyak bumi menjadi negara pengimport minyak bumi. Akan tetapi pemakaian energi minyak bumi tidaklah mengalami penurunan bahkan mengalami kenaikan. Pada dekade terakhir produksi minyak bumi Indonesia semakin menurun sehingga perlu dicari alternatif lain untuk menggantikan energi minyak bumi. Alternatif lain tersebut antara lain adalah energi batu bara, energi angin, energi gelombang laut, energi air dan energi panas bumi. Energi batu bara sedang dikembangkan akan tetapi masalah yang dihadapi adalah bagaimana mengurangi efek pemanasan global dari pemakaian energi batu bara. Energi angin dan energi air serta energi matahari sedang dikembangkan dengan mencari solusi termurah. Salah satu alternatif yang mulai diliirk pemerintah Indonesia saat ini untuk dikembangkan adalah energi panas bumi. Energi panas bumi berasal dari sumber panas pada kedalaman tertentu akibat adanya dapur magma dan adanya

sumber air pada daerah sumber panas sehingga menjadi uap dengan tekanan dan temperatur yang cukup tinggi. Energi panas bumi adalah merupakan energi yang terbarukan selama ada sumber panas dan sumber air. Disamping itu energi panas bumi merupakan energi yang ramah dengan lingkungan, tidak menyebabkan efek pemanasan global, efek rumah kaca dan kondisi lingkungan tetap terjaga dengan asri.

Secara demografi Indonesia terletak pada salah satu jalur "ring of fire" yaitu jalur cincin gunung api yang membentang dari bagian barat dari Amerika Selatan melalui bagian barat benua Amerika utara, Rusia bagian timur, Jepang, Filipina dan sampai ke Indonesia dan berakhir pada daerah Selandia Baru. Ring of Fire ini adalah daerah lajur subduksi dimana lempeng samudera menyusup ke bawah lempeng benua dengan sudut tertentu. Lempeng samudera ini makin lama makin lama makin dalam ke bawah lempeng benua dan akhirnya meleleh kembali membentuk magma dan menerobos batuan yang diatasnya sampai muncul di permukaan bumi sebagai gunung api. Lajur gunung api yang membentuk suatu cincin ini disebut sebagai cincin api (ring of fire). Daerah ring of Fire ini adalah merupakan daerah yang berpotensi untuk sumber energi panas bumi sekaligus juga merupakan daerah bahaya untuk letusan gunung api. Indonesia adalah negara yang merupakan sumber energi panas bumi terbesar di dunia. 40 % dari sumber energi panas bumi dunia terletak di negara Indonesia.

Secara politis dan ekonomi energi panas bumi ini yang paling cocok dikembangkan di Indonesia. Energi lain seperti energi minyak bumi, energi batu bara, energi matahari, energi gelombang laut semuanya sumber dan perangkat sumber energinya bisa dipindahkan sehingga secara politis, walaupun negara kita masih membutuhkan energi yang banyak, namun dengan kebijakan pemerintah sumber energi dan perangkat energi tersebut di atas dijual keluar negeri untuk mengambil keuntungan, akan tetapi sumber panas bumi tidak bisa dipindahkan jauh dari sumber panas bumi, artinya akan langsung dipakai oleh negara kita apapun kebijakan pemerintah. Secara ekonomi energi panas bumi juga masih menguntungkan dikarenakan sumber panas bumi akan selalu memberikan sumber energi dalam waktu yang tidak bisa ditentukan disebut sebagai energi yang terbarukan selama sumber panas dan sumber air masih ada.

Energi panas bumi bisa lebih dari puluhan tahun bahkan bisa mencapai ratusan tahun. Disamping itu pemerintah Indonesia sudah mengubah regulasi yang dahulu menyulitkan investor menjadi regulasi yang makin memudahkan investor menanamkan modalnya ke energi terbarukan ini yang tertuang dengan UU Panas Bumi (UU 27/2003) & PP Pengusahaan Panas Bumi (PP 59/2007).

Metoda geofisika merupakan salah satu metoda yang umum digunakan dalam eksplorasi endapan bahan galian. Metoda ini tergolong kepada metoda tidak langsung, dan sering digunakan pada tahapan eksplorasi pendahuluan (reconnaissance), mendahului kegiatan-kegiatan eksplorasi intensif lainnya. Akan tetapi metoda ini juga bisa dipakai untuk eksplorasi panas bumi dari tahap awal sampai kepada tahap lanjutan. Metoda geofisika punya kelebihan karena bisa diproses sehingga bisa menampilkan citra penampang dua dimensi bahkan bisa menampilkan tiga dimensi.

## 2. Metoda

Subyek penelitian adalah aplikasi metoda MT untuk mencitrakan struktur internal suatu daerah.

Metoda MT memanfaatkan fenomena induksi medan elektromagnetik alam yang merupakan respons konduktivitas bawah-permukaan. Pemodelan ke depan (*forward modeling*) memungkinkan prediksi data teoritis yang berasosiasi dengan model konduktivitas tertentu. Dalam pemodelan inversi (*inverse modeling*) informasi mengenai konduktivitas bawah-permukaan diperoleh berdasarkan data hasil pengamatan. Model optimal diperoleh dengan mencari model yang responsnya paling mendekati data lapangan.

Pengukuran magnetotellurik (MT) di lapangan berupa pengukuran medan elektromagnetik alam (*natural electromagnetic field*) menggunakan alat ukur MT (*Magnetotelluric*) keluaran Phoenix Model MTU-5A , yang merekam komponen ortogonal medan listrik (Ex dan Ey) dan medan magnetik (Hx dan Hy) pada jangkauan pita frekuensi 4.2 Hz hingga 17.4 kHz. Alat ukur MT menggunakan koil induksi sebagai sensor medan magnetik dan elektroda tembaga atau porouspot dengan cairan PbCl<sub>2</sub> sebagai sensor medan listrik. Pada saat pengukuran, koil induksi diletakkan dalam tanah dengan kedalaman 30 – 50 cm, sedang elektroda ditancapkan atau dikuburkan dengan kedalaman sekitar 50 cm. Jarak antar titik ukur MT bervariasi untuk daerah gunungapi Guntur ini biasanya antara 300-500 meter, tergantung kondisi di lapangan. Posisi dan ketinggian titik ukur MT ditentukan dengan menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*)

yang sudah terpasang pada alat ditambah dengan GPS Garmin 60 CSx dengan resolusi sampai 1 meter..Untuk mendapatkan data yang baik dan bebas dari gangguan atau noise maka pengukuran dilakukan malam hari selama 12 – 14 jam.

Pemrosesan data MT dilakukan melalui beberapa tahap. Data mentah yang tererekam berupa nilai intensitas masing-masing komponen medan elektromagnetik (Ex, Ey, Hx dan Hy) yang masih dalam bentuk analog. Melalui perangkat keras *Analog to Digital Converter* (A/D converter), data analog kemudian diubah menjadi data digital. Selanjutnya melalui proses FFT (*Fast Fourier Transform*) dan tapis Sinus dan Cosinus, nilai intensitas komponen medan elektromagnetik pada frekuensi tertentu saja yang diambil yaitu frekuensi 4.2, 8.5, 17, 34, 68, 136, 272, 545, 1000, 2100, 4300, 8700 dan 14700 Hz (*narrow band*). Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai tahanan-jenis semu dan fasa untuk masing-masing frekuensi di atas dengan menggunakan formula Vozoff.

Perangkat lunak untuk memproses data ini sudah terdapat dalam paket alat MT/AMT, sehingga hasil akhir dari data yang tererekam berupa nilai tahanan-jenis semu batuan untuk masing-masing frekuensi tersebut di atas. Makin rendah frekuensi makin dalam informasi tahanan-jenis batuan yang diperoleh. Nilai tahanan-jenis batuan yang diperoleh di atas masih merupakan nilai tahanan jenis semu, belum memberikan nilai tahanan-jenis yang sebenarnya. Untuk memperoleh struktur tahanan-jenis batuan yang menggambarkan nilai tahanan-jenis batuan sebenarnya dan masing-masing ketebalannya dilakukan pemrosesan data melalui pemodelan satu-dimensi (1-D). Pemodelan 1-D dilakukan sebagai informasi awal untuk pemodelan 2-D. Pemodelan 1-D menggunakan metoda transformasi Bostick dan smooth inversion terhadap data MT untuk pemodelan citra bawah permukaan menggunakan perangkat lunak WinGLink yang tersedia di Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.

Pemodelan tersebut di atas telah diaplikasikan pada berbagai tipe data MT untuk mencitrakan konduktivitas bawah-permukaan untuk berbagai tujuan (Grandis 1997, 1999, 2000). Aplikasi pada masalah konsep suatu daerah regional potensi panas bumi akan dicoba dilakukan dengan membandingkan data sekunder dari anomali gayaberat dengan penampang citra bawah permukaan.

## 3. Fisiografi dan Stratigrafi Regional.

Secara fisiografi bagian utara regional daerah Garut dan sekitarnya termasuk kedalam zona Bandung

bagian selatan yang bergunung api kuarter sedangkan bagian selatan termasuk ke dalam zona Pegunungan Selatan Jawa Barat bagian Tengah (Bemellen, 1949).

Tatanan stratigrafi menurut Alzwar, 1992 adalah sebagai berikut: Batuan tertua yang tersingkap adalah lava dan breksi andesit serta tuf. Sisipan batugamping yang dijumpai menunjukkan umur Oligosen Akhir hingga bagian awal Miosen Tengah. Batuan-batuan tersebut termasuk ke dalam Formasi Jampang. Formasi Jampang ditutupi tidak selaras oleh Formasi Bentang yang berumur Miosen Akhir hingga Pliosen Awal. Bagian bawah Formasi Bentang terdiri dari konglomerat, batupasir tufaan, sisipan lempung dengan lensa lignit dan mengandung moluska. Bagian atas terdiri dari tuf kaca batuapung, sisipan batupasir tuf kasar dan mengandung foram kecil.

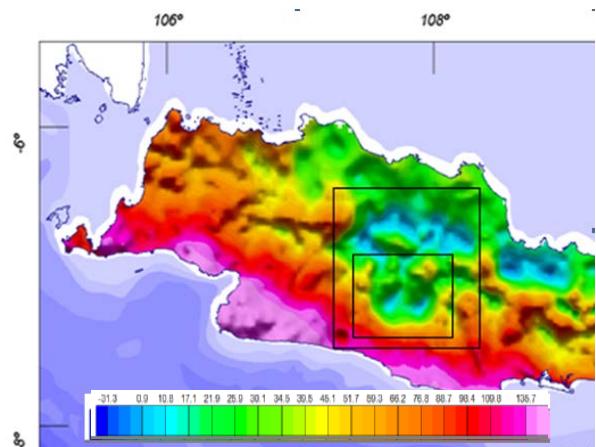
Di utara dijumpai lava dan breksi tuf yang bersusunan andesit dan mengandung fragmen batuapung. Diduga batuan gunungapi tersebut termasuk dalam Formasi Beser yang berumur Miosen Akhir. Hubungannya dengan Formasi Bentang pada daerah ini tidak jelas.

Batuan gunungapi yang diduga berumur Pliosen menindih tidak selaras Formasi Bentang terdiri dari tuf hablur, tuf sela dan breksi tuf andesit. Terdapat pula batuan terobosan berupa andesit piroksen dan andesit hornblende. Batuan gunungapi di atas ditutupi tak selaras oleh batuan gunungapi yang lebih muda diduga berumur Plio-Plistosen terdiri dari tuf hablur, breksi tuf berbatuapung, breksi dan lava andesit.

Batuan gunungapi Kuarter Tua menutupi tak selaras batuan gunungapi Plio-Plistosen. Batuan gunungapi Kuarter Tua diduga merupakan hasil kegiatan G. Waringin, G Bedil, G Malabar Tua, Komplek Gunung Sunda, Komplek Gunung Guntur-Pangkalan dan Kendang dan beberapa gunungapi lainnya. Batuan gunungapi Kuarter Muda dihasilkan dari G Windu, G Papandayan, G Cikuray G Masigit dan G Haruman. Endapan yang paling muda adalah endapan danau, koluvin dan alluvium.

#### 4. Data Geofisika dan Diskusi.

Dari data anomaly Bouger daerah Jawa yang telah dibuat sebagai Relief-shaded Anomali Bouger dimana dari peta anomaly Bouger telah diproses sedemikian hingga sehingga menjadi seperti tiga dimensi (Ahmad Fauzi Ismayanto, 2007) seperti terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Relief-shaded Anomali Bouger (kotak hitam menunjukkan daerah Penelitian).

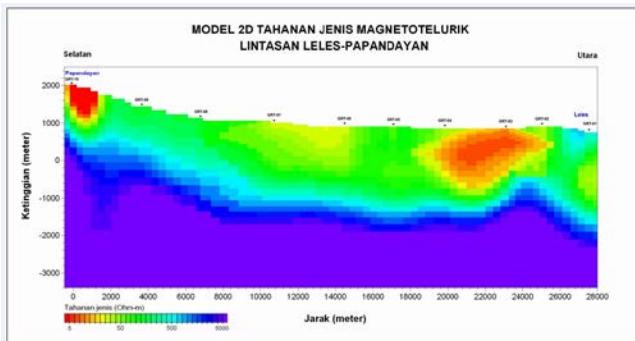
Dari hasil relief shaded ini terlihat pada anomali rendah di Jawa Barat bagian tengah merupakan suatu "circular feature" yang cukup besar (kotak yang besar) sedangkan pada batas Jawa Barat dan Jawa Tengah juga terdapat gejala "circular feature" yang lebih kecil. Kalau dilihat dari data yang ada dari daerah prospek panas bumi terdapat pada pinggiran dari gejala "circular feature" seperti daerah prospek Tangkuban Perahu, Ciater, Kamojang, Wayang Windu, Papandayan, Karaha Bodas, Cikuray, Guntur-Masigit, Patuha, Kawah Putih. Adapun daerah prospek yang lain berada pada daerah gayaberat dengan anomali cukup tinggi seperti Sumedang, Ciarinem, Cisolok, Cilayu yang kemungkinan disebabkan oleh kontrol struktur.

Demikian juga yang dapat kita lihat pada daerah yang lebih kecil meliputi kabupaten Garut dan sekitarnya seperti yang terlihat pada kotak yang kecil. Pada daerah yang merupakan "circular feature" kecil terdapat gejala yang sama dengan "circular feature" besar dimana daerah potensi panas bumi terdapat pada daerah pinggiran (rim) "circular feature", seperti daerah panas bumi Kamojang, Derajat, Guntur Masigit, Papandayan, Cikuray, Karaha-Bodas.

Untuk melihat penampang bawah permukaan dilakukan pengukuran MT dari lintasan yang dimulai dari daerah Leles – Garut – Samarang – Cisurupan sampai lapangan parkir daerah wisata gunung Papandayan. Jarak antara titik ukur adalah antara 3 sampai 4 km. Hasil penampang citra bawah permukaan hasil pengukuran MT (magnetotelurik) di lintasan Leles – Papandayan dapat dilihat pada gambar 2.

Penelitian ini dimaksudkan untuk melihat citra bawah permukaan daerah dimana terdapat gejala “circular feature” dari gaya berat yang merupakan

ciri-ciri keberadaan daerah prospek panas bumi sehingga untuk masa yang akan datang gejala ini akan dapat dipakai sebagai salah satu metode untuk menentukan daerah prospek panas bumi.



Gambar 2 Hasil penampang citra bawah permukaan hasil pengukuran MT di lintasan Leles (utara)–Papandayan (selatan)

Dari model 2D tahanan jenis magnetotelurik lintasan Leles – Papandayan terlihat bahwa pada bagian Utara (Leles) sedikit dekat permukaan tahanan jenis cukup tinggi (500 Ohm-m) yang merupakan lava sedangkan dibawahnya sampai ketinggian 0 m terdapat batuan dengan tahanan jenis sedang (50 – 350 Ohm-m), dibawahnya terdapat batuan dengan tahanan jenis lebih rendah pada ketinggian 0 sampai – 1000 m dpl dengan besaran tahanan jenis 20 – 30 Ohm-m. Mulai dari kedalaman -2000 m dpl terdapat batuan dengan tahanan jenis tinggi sampai 5000 Ohm-m. Adapun tahanan jenis tinggi diinterpretasikan sebagai batuan yang mengandung panas seperti batuan volkanik yang merupakan sumber panas untuk daerah panas bumi. Batuan dengan tahanan jenis rendah seperti terlihat pada penampang dibawah titik pengukuran GRT-03 dan GRT-04 dari permukaan sampai ketinggian -700m dpl dengan besaran tahanan jenis antara 0 – 20 Ohm-m diinterpretasikan sebagai batuan penutup seperti batuan alterasi yang “impermeable”. Daerah pengukuran GRT-03 dan 04 dekat sekali dengan gunung Guntur dan Cipanas dimana terdapat lokasi air panas sebagai salah satu manifestasi daerah panas bumi. Demikian juga pada bagian selatan (Papandayan) terdapat batuan dengan tahanan jenis

Gambar 2 Hasil penampang citra bawah permukaan hasil pengukuran MT (magnetotelurik) di lintasan Leles (utara)– Papandayan (selatan)

rendah (0 – 20 Ohm-m) dari permukaan sampai ketinggian -1000 m dpl yang diinterpretasikan sebagai daerah batuan yang sudah teralterasi. Sedangkan batuan dengan tahanan jenis tinggi sampai 5000 Ohm-m terdapat pada ketinggian -1000 sampai – 1500 m yang diinterpretasikan sebagai batuan yang panas. Pada daerah ini memang pada kenyataannya daerah yang terdapat kawah kecil2 di barat dari titik pengukuran GRT-10 dengan manifestasi air panas, solfatara dan belerang. Jadi sumber panas pada daerah Papandayan ini lebih dangkal dari sumber panas pada daerah prospek panas bumi Guntur – Masigit.

Akan tetapi hasil penelitian ini belumlah final. Masih harus dilakukan lintasan yang lain pada daerah ini untuk membuktikan hubungan antara keberadaan “circular feature” dari anomali gaya berat dengan daerah prospek panas bumi yang berada pada tepian “circular feature” anomali gaya berat.

## 5. Kesimpulan

Walaupun penelitian ini masih dalam tahap awal namun sudah terlihat keselarasan antara data anomaly gaya berat yang rendah berupa “circular feature” dengan penampang citra bawah permukaan tahanan jenis dimana di kedua sisi dari “circular feature” anomaly gaya berat rendah terdapat daerah dengan potensi panas bumi.

## 6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Puslit Geoteknologi yang telah membiayai penelitian ini. Disamping itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Dadan Wardana dan Yayat Sudrajat dalam memproses data lapangan.

## Daftar Pustaka

1. Ismayanto A.F., Sumantri T.A.F., Setiawan I., Sudarsono, Mariana M., 2007 Interpretasi Struktur dari Peta Relief-Shaded Anomali Bouguer Regional Kaitannya Dengan Mineralisasi di Pulau Jawa, Prosiding Seminar Geoteknologi, Puslit Geoteknologi-LIPI
2. Alzwar M., Akbar,N., Bachri, S., 1992, Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, Jawa, Puslitbang Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi.

3. Grandis, H., 1997. Application of magnetotelluric (MT) method in mapping basement structures: Example from Rhine-Saone Transform Zone, France, *Indonesian Mining Journal*, vol. 3, no. 3, 16-25.
4. Grandis, H., 1999, Application of radio-magnetotelluric method for shallow geoelectrical studies, *Indonesian Mining Journal*, vol. 5, no. 3, 47-54.
5. Grandis, H., Widarto, D.S., Hananto, N.D., 2000, Citra tahanan-jenis daerah volkanik Bandung selatan berdasarkan data magnetotellurik frekuensi audio (AMT), *Prosiding PIT HAGI ke 25*, 85 – 90.
6. van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, vol. I-A General Geology, Government Print. Office, The Hague Netherland.