



Potensi Energi Panas Bumi Berdasarkan Data Gradien Suhu Bawah Permukaan Daerah Gunungapi Kaba, Bengkulu

Arif Ismul Hadi

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Bengkulu, Indonesia

Diterima 12 Juli 2009; Disetujui 20 Juli 2009

Abstrak - Penelitian ini bertujuan menghitung potensi energi panas bumi yang dilepaskan tiap satuan waktu pada titik-titik pengukuran di Gunungapi Kaba, Bengkulu. Akuisisi data di lapangan menggunakan alat ukur suhu dengan menggunakan sensor LM35. Data suhu yang diperoleh di lapangan kemudian dibuat *trend* suhu sebagai fungsi waktu yaitu tiap 15 menit selama 24 jam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa laju kenaikan suhu rata-rata untuk tiap sensor adalah sebesar $7,54^{\circ}\text{C}$ dan energi panas rata-rata yang dilepaskan tiap satuan waktu tiap satuan luas yang ditembus tegak lurus oleh fluks adalah sebesar $57,11 \text{ J}\cdot\text{sec}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$.

Kata Kunci : Energi panas bumi, data gradien suhu, Gunungapi Kaba, dan fluks.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dunia dan perkembangan teknologi yang semakin pesat. Salah satu kecenderungan besar dalam permintaan energi terjadi secara luar biasa di bidang transportasi (bahan bakar) dan listrik. Hal ini mengakibatkan semakin menipisnya sumber energi yang menjadi andalan saat ini, dimana sumber energi tersebut merupakan sumber energi yang terbatas. Oleh karena itu eksplorasi sumber energi baru terus menerus diupayakan oleh manusia, salah satunya adalah energi panas bumi.

Panas bumi merupakan energi yang bukan saja alternatif yang baik untuk dikembangkan di Indonesia karena potensinya yang besar, tetapi juga sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan aman untuk bisa dikembangkan lebih optimal. Sebagai alternatif pengganti di masa mendatang, energi panas bumi mempunyai karakteristik yang sangat mendukung untuk *setting* masyarakat mendatang [1]. Berdasarkan kenampakan yang dijumpai di lapangan, Gunungapi Kaba dan daerah sekitarnya mempunyai potensi energi panas bumi yang sangat menjanjikan.

Secara geografis Gunungapi Kaba terletak pada $3^{\circ}3' \text{ LS}$ dan $102^{\circ}37' \text{ BT}$, dengan ketinggian $\pm 1952 \text{ m}$ di atas msl. Gunungapi Kaba merupakan gunungapi aktif berbentuk kerucut terpancung, dengan relief yang kasar pada bagian puncaknya. Jenis batuan didominasi endapan piroklastik hasil letusan eksplosif dan lelehan lava yang effusif [5]. Kenampakan di permukaan yang dapat dijumpai berupa alterasi hidrotermal: *hot springs*, fumarol, dan solfatara dengan temperatur 45° C pada *hot springs* yang terletak di daerah Suban Air Panas, Rejang Lebong, Bengkulu. Kenampakan ini diduga terkait dengan aktivitas vulkanik-tektonik Gunungapi Kaba yang berhubungan dengan sumber panas bumi.

Untuk memanfaatkan potensi panas bumi tersebut dengan optimal, maka perlu dilakukan survei geofisika bawah permukaan. Secara umum pengukuran geofisika untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan. Informasi gradien suhu bawah permukaan sebagai fungsi kedalaman dapat diperoleh dengan mengukur besarnya panas untuk berbagai lapisan.

Perpindahan kalor dari suatu tempat ke tempat lain dapat melalui gelombang elektromagnetik (radiasi), gerakan material yang panas (konveksi), dan

interaksi antar material berbeda suhu (konduksi) [8]. Panas yang berada dalam bumi dapat naik dan menerobos ke permukaan bumi sebagai akibat dari proses konveksi dan konduksi.

Perpindahan panas secara konduksi adalah transport panas melalui material oleh karena adanya interaksi atomik/molekul penyusun material tersebut dalam mantel. Hubungan dasar perpindahan kalor secara konduksi pertama kali dikemukakan oleh Fourier pada tahun 1882 [7].

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial z} \quad (1)$$

dengan q = laju aliran konduksi (W), k = konduktivitas termal suatu bahan ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$), A = luas penampang yang ditembus tegak lurus oleh aliran panas (m^2) dan $\partial T/\partial z$ = gradien suhu atau laju perubahan suhu (K.m^{-1}).

Berdasarkan hukum kedua Termodinamika bahwa konduksi panas akan mengalir secara otomatis dari titik yang suhunya lebih tinggi menuju ke titik yang suhunya lebih rendah, maka aliran konduksi panas q adalah positif jika gradien suhu bersuhu negatif. Semakin besar gradien suhu, panas akan mengalir semakin cepat [9].

Pada medium homogen konduktivitas termal suatu bahan k diasumsikan seragam, sedangkan panas jenis c dan densitas ρ tidak bergantung pada suhu, maka persamaan umum untuk konduksi panas tiga dimensi dapat ditulis:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{q}{k} = \frac{1}{\kappa} \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) \quad (2)$$

dengan $\kappa = k/\rho c$ adalah difusitas panas ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$).

Estimasi pelepasan panas rata-rata pada daerah konduksi dihitung berdasarkan fluks panas antara dua titik. Kagiya secara teoretik dan pengalaman di lapangan merumuskan besarnya energi panas yang dilepaskan tiap satuan waktu tiap satuan luas yang ditembus tegak lurus oleh fluks panas [3] adalah:

$$\Delta q = kR(T_i - T_o) \quad (3)$$

dengan R adalah konstanta empiris ($0,91.10^{-2} \text{ cm}^{-1}$).

Pada sistem dominasi konduksi kebanyakan panas merambat dari sumber panas (magma) di dalam bumi menuju ke permukaan secara konduksi hingga ke batuan kerak bumi, menyebabkan bumi mempunyai gradien suhu, tetapi aliran panas ini bervariasi dari tempat satu ke tempat lain di permukaan bumi dan bergantung pula pada konduktivitas batuan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menghitung potensi energi panas bumi yang dilepaskan tiap satuan waktu pada titik-titik pengukuran di Gunungapi Kaba, Bengkulu.

2. Metode Penelitian

Akuisisi data di lapangan menggunakan alat ukur suhu dengan menggunakan sensor LM35. Alat ukur yang digunakan panjangnya 200 cm yang terdiri dari lima sensor yang terletak pada jarak; 0 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, dan 200 cm. Pengumpulan data dimulai dari menentukan titik-titik ukur yang akan diselidiki dengan menggunakan peta geologi untuk mengetahui adanya suatu kelurusan (*lineament*) ataupun sesar dan peta topografi atau *Global Positioning System* (GPS) untuk mengetahui posisi topografi (x,y,z) titik ukur dengan tepat.

Pemasangan alat ukur suhu ini dengan cara ditaman vertikal ke atas di dalam tanah. Untuk membuat lubang digunakan cangkul/bor dan peralatan lain yang dapat mempermudah dalam menggali lubang tersebut. Pemasangan alat ukur ini dilakukan 3 (tiga) sampai 5 (lima) hari sebelum dilaksanakan pengukuran, dimaksudkan supaya diperoleh hasil pengukuran suhu yang dapat mewakili variabel suhu yang sebenarnya. Hal ini dilakukan dengan alasan bahwa dalam selang waktu tersebut tanah yang ada disekitar alat ukur akibat galian diharapkan suhunya sama dengan suhu tanah yang tidak digali. Data yang diperoleh dari alat ukur suhu masih merupakan data mentah yang harus diolah lebih lanjut. Data suhu ini kemudian dibuat *trend* suhu sebagai fungsi waktu yaitu

Interpretasi data didasarkan pada anomali suhu batuan daerah sekitarnya. Pengaruh suhu dan tekanan akan merubah konduktivitas fluida berpori

[6]. Konduktivitas fluida, porositas, dan saturasi dapat berubah secara signifikan dalam proses vulkanik. Perubahan tekanan internal disebabkan karena akumulasi magma dalam ruang dapat membuka ataupun menutup *crack* (celah) ataupun rekahan, sehingga mempengaruhi seluruh porositas batuan. Porositas dapat juga berkurang oleh pembentukan mineral alterasi secara kimiawi. Pada sistem gunungapi, konduktivitas akan bertambah apabila dekat daerah magma [4], fluida termineralisasi ke dalam atau terjadi akumulasi dalam batuan berpori. Pengisian kembali dapur magma akan mempunyai pengaruh yang sangat signifikan dalam distribusi sumber panas bumi sebagai akibat perubahan skala yang besar dari sistem vulkanik.

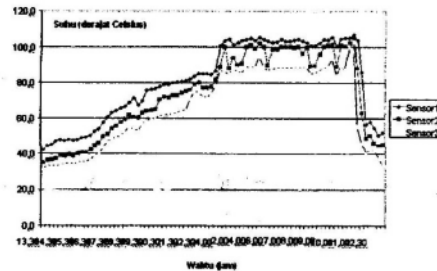
3. Hasil Dan Pembahasan

Penelitian menggunakan LM35 terdiri dari sensor utama dan sensor *mapping*. Penelitian ini khusus mengkaji potensi energi panas bumi berdasarkan data gradien suhu bawah permukaan di daerah Gunungapi Kaba, sehingga sensor yang digunakan hanya sensor utama.

Akuisisi data dilakukan pada tanggal 16-17 September 2006 selama 24 jam untuk menghasilkan *trend* suhu sebagai fungsi waktu yaitu tiap 15 menit. Mengingat kondisi di lapangan yang cukup sulit untuk penggalian yang lebih dalam, sehingga data yang diperoleh/tercatat pada sensor utama hanya untuk sensor T_3 , T_4 dan T_5 dengan kedalaman 50 cm, 100 cm dan 150 cm di bawah permukaan. Profil suhu yang dihasilkan oleh sensor utama ditampilkan pada Gambar 1.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa pada kedalaman 50 cm suhu T_3 yang terukur mempunyai nilai rerata sebesar $65,9^{\circ}\text{C}$, pada kedalaman 100 cm suhu T_4 yang terukur antara mempunyai nilai rerata $73,4^{\circ}\text{C}$ dan pada kedalaman 150 cm suhu T_5 yang terukur mempunyai nilai rerata $80,9^{\circ}\text{C}$, sehingga kenaikan suhu rata-rata untuk tiap sensor adalah sebesar $7,54^{\circ}\text{C}$. *Trend* suhu semakin naik pada waktu menjelang malam/dinihari hari dan menurun lagi

pada waktu menjelang siang hari. Hal ini dipengaruhi karena perbedaan suhu pada waktu siang dan malam hari.



Gambar 1. Profil suhu pada sensor utama

Pada waktu siang hari panas di dekat permukaan sebagian masih dipengaruhi oleh cuaca di sekitar daerah penelitian, sedangkan pada malam hari panas yang terukur sebagian besar merupakan aktivitas vulkanik Gunungapi Kaba dan dengan adanya kontras suhu di atas permukaan dan di bawah permukaan juga mempengaruhi besar suhu yang terukur di dekat permukaan karena adanya aliran konduksi dari bawah permukaan. Aktivitas magma dalam proses vulkanik berkorelasi dengan aktivitas tektonik yang dapat mempengaruhi kegiatan gunungapi [2]. Apabila aktivitas tektonik semakin tinggi, maka proses vulkanik Gunungapi Kaba juga mengalami kenaikan.

Estimasi pelepasan panas rata-rata pada daerah konduksi dihitung berdasarkan fluks panas antara dua titik. Nilai konduktivitas termal batuan untuk kebanyakan gunungapi adalah $k = 2.10^{-2} \text{ cal. cm}^{-1}.\text{sec}^{-1}.\text{C}^{-1}$ [10] sehingga diperoleh energi panas rata-rata yang dilepaskan tiap satuan waktu tiap satuan luas yang ditembus tegak lurus oleh fluks panas untuk daerah Bukit Kaba adalah sebesar $57,11 \text{ J.sec}^{-1}.\text{m}^{-2}$ (di dekat permukaan).

Energi panas bumi merupakan energi panas yang berasal dari dalam bumi yakni magma atau batuan yang membeku dari magma yang masih berada di bawah permukaan bumi. Air permukaan yang berasal dari sungai, hujan, 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, suhu, dan tekanannya, uap dan air panas ini kemudian dapat mengalir kembali ke permukaan melalui bidang-bidang rekahan dan sesar di lapisan kulit bumi membentuk panampakan panas bumi, seperti mata air panas (*hot springs*) maupun fumarola.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa laju kenaikan suhu rata-rata untuk tiap sensor adalah sebesar $7,54^{\circ}\text{C}$ dan energi panas rata-rata yang dilepaskan tiap satuan waktu tiap satuan luas yang ditembus tegak lurus oleh fluks adalah sebesar $57,11 \text{ J}\cdot\text{sec}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$.

Daftar Pustaka

- [1] Arifin, B. 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Alam Indonesia*. Erlangga, Jakarta.
- [2] Hendriadi dan Pagalo, A. 2004. *Gunungapi dan Penanggulangannya*. Dinas ESDM Propinsi Bengkulu, Bengkulu.
- [3] Kagiya, 1988. Geothermal Observation in Volcanoes. *Jurnal ERI*. University of Tokyo, Japan.
- [4] Lenat, J.F. 1995. *Resistivity in Volcanic Regions*. <http://ghp712.geo.uni-leipzig.de/~geost/research/ERT/volcres.html>.
- [5] Pagalo, A. 1998. *Laporan Pemetaan Geologi Gunung Kaba Berdasarkan Hasil Penafsiran Potret Udara*. Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Propinsi Bengkulu, Bengkulu.
- [6] Schon, J.H. 1998. *Physical Properties of Rock: Fundamental and Principles of Petrophysics*. Pergamon, Leoben.
- [7] Sharma, P.V. 1997. *Environmental and Engineering Geophysics*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- [8] Stacey, F.D. 1997. *Physics of the Earth*, Second Edition. John Wiley and Sons Inc. New York, USA.
- [9] Sumintadiredja, P. 2000. *Volkanologi*. Penerbit ITB, Bandung.
- [10] Wahyudi. 2004. *Penelitian Potensi Panas Bumi Daerah Prospek Gunungapi Ungaran, Jawa Tengah*. Laporan Penelitian RUT Bidang Energi. Kementerian Riset dan Teknologi RI Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.