



Distribusi Sumber Panas Bumi Berdasarkan Survai Gradien Suhu Dekat Permukaan Gunungapi Hulu Lais

Arif Ismul Hadi, Refrizon

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

Diterima 19 Februari 2005; direvisi 10 Mei 2005; disetujui 10 Juni 2005

Abstrak - Pemodelan distribusi sumber panas bumi berdasarkan survai gradien suhu dekat permukaan (*near subsurface*) telah dilakukan di daerah Gunungapi Hulu Lais. Akuisisi data di lapangan menggunakan alat ukur suhu dengan sensor LM35 secara mapping pada kedalaman antara 50-75 cm, sedangkan pengolahan data menggunakan satu set komputer dengan perangkat lunak Surfer ver 7.0 untuk menghasilkan model distribusi panas bumi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin ke arah barat-laut (NW) kecenderungan suhu semakin naik dan nilai entalpi di dekat permukaan dikategorikan ke dalam entalpi rendah sampai sedang dengan suhu 102-103°C.

Kata kunci : sumber panas bumi; gradien suhu; dekat permukaan.

1. Pendahuluan

Secara geografis Gunungapi Hulu Lais terletak pada 3°12,24' LS dan 102°15,13' BT [3]. Gunungapi Hulu Lais berada di daerah Muara Aman Rejang Lebong Propinsi Bengkulu dengan ketinggian topografi pada puncaknya adalah 2130 m di atas MSL, sedangkan satuan batuan gunungapi yang dapat dijumpai adalah andesit sampai basalt [2]. Kenampakan di permukaan yang dapat dijumpai berupa alterasi hidrotermal yaitu fumarol dan solfatar dengan temperatur 95°C terletak di daerah Beriti Besar pada ketinggian 1400 di atas MSL, sedangkan sesar turun terdapat di Utara dan Timur Gunungapi Hulu Lais dekat warm spring yang mempunyai temperatur 43,5°C. Kenampakan ini diduga terkait dengan sisa aktivitas vulkanik-tektonik Gunungapi Hulu Lais pada masa lampau yang berhubungan dengan sumber panas bumi.

Daerah yang berpotensi memiliki sumber panas bumi yang bisa dimanfaatkan adalah daerah yang berada di sepanjang batas-batas lempeng tektonik, sehingga menyebabkan terdapatnya kegiatan tektonik aktif yang menghasilkan gradien suhu yang tinggi. Aspek penting dari sebuah model untuk sistem panas bumi dalam daerah gunungapi akan menampilkan

keberadaan sumber panas bumi tersebut dan dimana sumber panas bumi harus diketahui, sehingga diperlukan suatu metode yang mempunyai kemampuan dalam mendeteksi sumber-sumber sistem panas bumi.

Perpindahan Kalor

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.

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

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

dengan q = laju aliran konduksi (W), k = konduktivitas termal suatu bahan ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), dan $\kappa = k/c\rho =$ difusitas panas (m^2s^{-1}).

Apabila suhu eksternal merupakan suatu osilasi panas dalam bentuk $T_0 \sin \omega t$ yang berada pada permukaan bidang ($y = 0$), dan suatu medium half space dengan difusitas panas κ secara matematik dapat dirumuskan:

$$T_y = T_0 \exp\left(-y\left(\frac{\omega}{\kappa}\right)^{1/2}\right) \sin\left(\omega t - y\left(\frac{\omega}{\kappa}\right)^{1/2}\right) \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (2) besarnya kedalaman penetrasi atau skin depth (m) adalah [7] :

$$\delta_\omega = \left(\frac{2\kappa}{\omega}\right)^{1/2} \quad (3)$$

dengan ω adalah frekuensi sudut ($\omega = 2\pi f$).

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.

Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi mencakup daerah di permukaan bumi dimana dalam batas tertentu terdapat energi panas bumi dalam suatu kondisi hidrologi batuan. Energi panas bumi adalah energi panas yang keluar dari dalam bumi yang terkandung pada batuan dan fluida yang mengisi rekahan dan pori batuan pada kerak bumi [5]. Fluida dan batuan reservoir dalam sistem panas bumi biasanya saling bereaksi mengakibatkan perubahan fase padat dan cair, sehingga menghasilkan mineral baru. Perubahan fase ini disebabkan adanya distribusi suhu yang berbeda-beda dalam reservoir panas bumi. Secara umum bentuk alterasi hidrotermal meliputi mineralogi, tekstur, dan respon kimia batuan termal maupun lingkungan kimianya berubah yang ditandai oleh kenampakan air panas, uap air, dan gas [10].

Pemanfaatan energi panas bumi yang paling efisien adalah dengan memanfaatkan batuan terobosan yang masih panas dan relatif dangkal, yang umumnya terletak di sekitar gunungapi. Untuk mendapatkan energi panas bumi tersebut, perlu adanya reservoir air bawah permukaan yang dipanaskan oleh batuan beku panas atau magma yang disebut sebagai sistem hidrotermal. Energi panas bumi di daerah gunungapi bila ditinjau dari pola penyebaran aliran panas (heat flow) merupakan daerah anomali. Daerah anomali tersebut meliputi: erupsi, aliran lava, fumarol, dan air panas.

Penelitian ini bertujuan untuk menduga adanya anomali gradien suhu yang diakibatkan oleh sumber panas yang berada dalam kantong magma dan menginterpretasi model distribusi sumber panas bumi secara mapping dengan kedalaman tertentu di Gunungapi Hulu Lais.

2. Metode Penelitian

Akuisisi data di lapangan menggunakan sensor LM35 secara mapping. Sumber daya yang dibutuhkan untuk alat ini berasal dari baterai 9 volt. Alat ukur yang digunakan dengan cara mapping ini langsung membaca data suhu dalam satuan derajat Celsius dengan pemasangan (injeksi) pada kedalaman antara 50 – 75 cm.

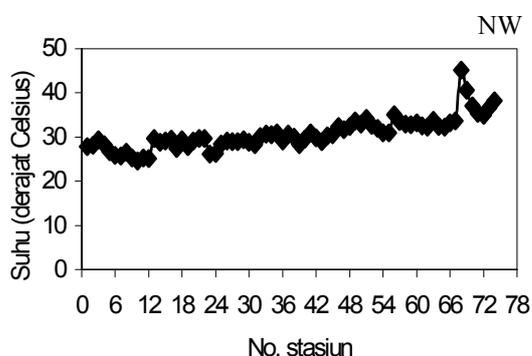
Pengumpulan data dimulai dengan membuat tiga lintasan (A, B, dan C). Masing-masing lintasan mempunyai jarak titik ukur (stasiun) 2 m, seperti terlihat pada Gambar 1, 2, dan 3, dan jarak tiap lintasan 2 m, seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5. Data gradien suhu horizontal sebagai fungsi kedalaman pada masing-masing titik ukur yang ada dalam transduser dibuat kontur dengan menggunakan software Surfer versi 7.0.

3. Hasil Dan Pembahasan

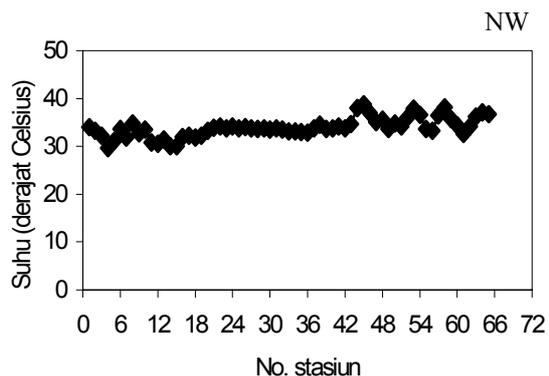
Pada lintasan A (Gambar 1) nampak jangkauan suhu antara 24,6-45,1 $^{\circ}\text{C}$ yang mana semakin ke arah barat-laut (NW) kecenderungan suhu semakin naik. Pada lintasan B (Gambar 2) jangkauan suhu antara 29,6-38,2 $^{\circ}\text{C}$ dan kecenderungan suhu semakin naik

ke arah barat-laut (NW). Demikian juga pada lintasan C (Gambar 3) yang mempunyai jangkauan suhu antara 29,5-52,2 °C dan juga mempunyai kecenderungan suhu semakin naik ke arah barat-laut (NW). Namun pada beberapa titik yang diambil secara acak di dapat suhu yang cukup tinggi yaitu 102-103°C.

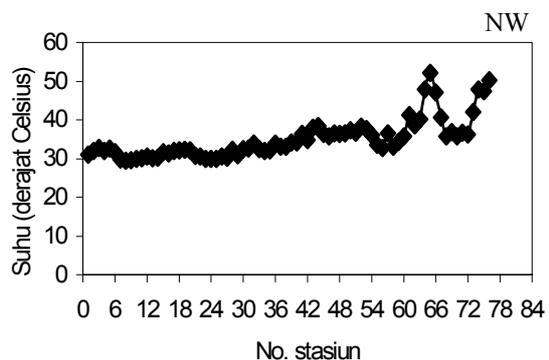
Model distribusi sumber panas bumi dekat permukaan ditampilkan pada Gambar 4 dan 5. Dari Gambar 4 dan 5 menunjukkan, secara umum distribusi sumber panas bumi dekat permukaan suhu semakin naik ke arah barat-laut (NW).



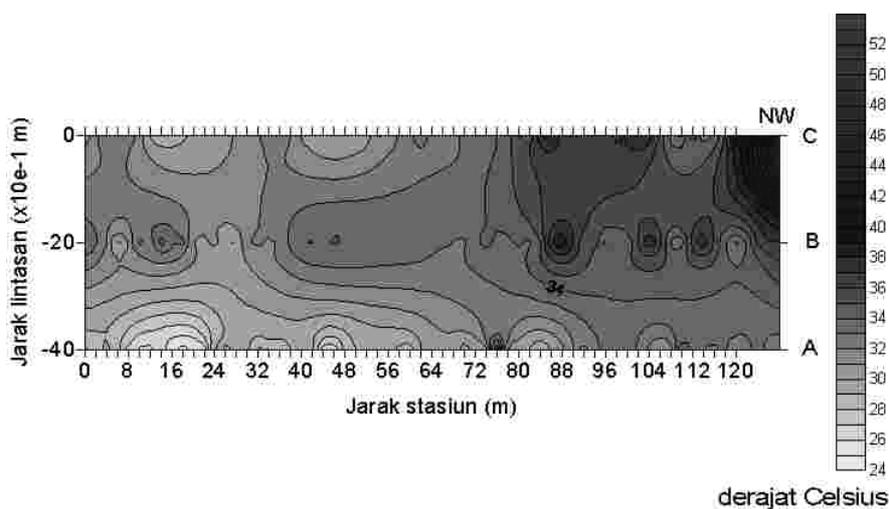
Gambar 1. Profil suhu pada lintasan A.



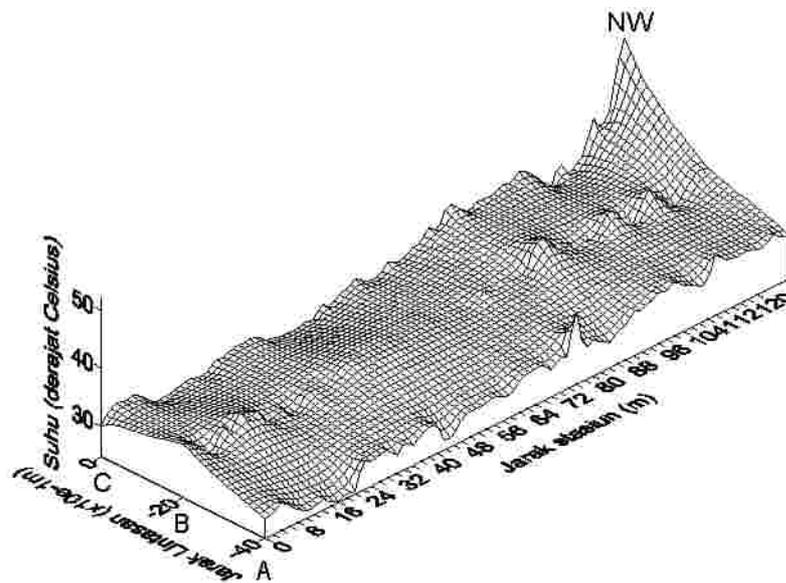
Gambar 2. Profil suhu pada lintasan B.



Gambar 3. Profil suhu pada lintasan C



Gambar 4. Penampang 2-D distribusi sumber panas bumi pada lintasan A, B, dan C



Gambar 5. Penampang 3-D distribusi sumber panas bumi pada lintasan A, B, dan C

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.

Berdasarkan energi yang terkandung, daerah-daerah yang prospek menghasilkan energi panas bumi dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) kelompok besar yakni lapangan panas bumi entalpi rendah, sedang (menengah) dan tinggi. Entalpi secara sederhana diartikan sebagai kandungan energi atau tenaga yang dapat berbentuk panas, tekanan (mekanis) atau

gabungan dari keduanya. Namun dalam aplikasinya sering ukuran panas yang dimanifestasikan dalam suhu saja yang dilihat dalam mengukur besaran entalpi [9]. Menurut Muffler dan Cataldi (1978) dalam [9], klasifikasi sistem panas bumi berdasarkan entalpi adalah sebagai berikut : entalpi rendah ($<90^{\circ}\text{C}$), entalpi sedang ($90\text{-}150^{\circ}\text{C}$), dan entalpi tinggi ($>150^{\circ}\text{C}$). Dari nilai-nilai suhu yang diperoleh di lapangan, dapat diduga bahwa daerah Gunungapi Hulu Lais ini dapat dikategorikan ke dalam entalpi rendah sampai sedang (di dekat permukaan) ($102\text{-}103^{\circ}\text{C}$). Pemanfaatan energi panas bumi pada skala ini diantaranya untuk budidaya jamur dimana energi panas bumi dipakai untuk memanasi air tawar dengan menggunakan steam generator, sehingga dihasilkan uap panas, kemudian dialirkan ke dalam *autoclave* untuk proses sterilisasi [1].

4. Kesimpulan

Semakin ke arah barat-laut (NW) distribusi sumber panas bumi mempunyai kecenderungan suhu semakin naik. Berdasarkan nilai entalpinya di dekat permukaan termasuk dalam entalpi rendah sampai sedang ($102\text{-}103^{\circ}\text{C}$).

Daftar Pustaka

- [1] Atmojo, J.P., *Pemanfaatan Energi Panas Bumi untuk Budidaya Jamur*, 2002, Dinas Pertambangan dan Pengembangan Energi Pemerintah Propinsi Sumatera Selatan.
- [2] Efendi, Z., Hendriadi, Syafrival, dan S. Natakusumah, *Peta Potensi Sumber Daya Mineral dan Energi Propinsi Bengkulu*, Kantor Wilayah departemen Pertambangan dan Energi Propinsi Bengkulu, Bengkulu.
- [3] <http://www.vsi.dpe.go.id/pbumi>.
- [4] Lenat, J.F., *Resistivity in Volcanic Regions*, 1995, <http://ghp712.geo.unileipzig.de/~geosf/research/ERT/volcres.html>.
- [5] Rybach, L., dan L.G.P. Muffler, *Geothermal Sistem: Principles and Case Histories*, 1981, John Wiley and Sons, Chichester.
- [6] Schon, J.H., *Physical Properties of Rock: Fundamental and Principles of Petrophysics*, 1998, Pergamon, Leoben.
- [7] Sharma, P.V., *Environmental and Engineering Geophysics*, 1997, Cambridge University Press, United Kingdom.
- [8] Stacey, F.D., *Physics of the Earth*, Second Edition, 1997, John Wiley and Sons Inc., New York, USA.
- [9] Sumatarto, U., *Pengembangan dan Pemanfaatan Energi Panas Bumi dalam Era Otonomi Daerah*, 2002, Dinas Pertambangan dan Pengembangan Energi Pemerintah Propinsi Sumatera Selatan.
- [10] Wohletz, K., dan G. Heiken, *Volcanology and Geothermal Energy*, 1992, University of California Press, Los Angeles.