



Analisis Data Suhu, Konduktifitas, Dan Aliran Panas Untuk Menafsir Struktur Bawah Permukaan Daerah Air Putih Lebong Utara

Andik Purwanto

Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

Diterima 21 Juni 2006; disetujui 20 Juli 2007

Abstract - The measurement had been conducted at 50cm depth on Air Putih's area, which is used needle probe. The transient heating of needle probe is used to measure the thermal conductivity and shallow depth temperature. The temperatures that have been measured are 17.42-52.93⁰ C and the highest value of heat flow that have been measured is 0.55 W/ m. K. Temperature measurements at shallow depths contain useful information about features of the geological structures in Air Putih area. Essentials similarity between thermal and magnetic prospecting make it possible to apply to thermal prospecting modification of the rapid method characteristic point developed for magnetic prospecting. The interpretation result, which is used characteristic points, is the upper edge location of anomaly at 12.13 m below the surface

Keywords: Air Putih, Temperature, Konduktivitas, Heat Flow

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dalam kehidupan manusia pada hari-hari ini sudah meningkat menjadi suatu kebutuhan primer. Tak dapat dipungkiri bahwa seiring meningkatnya populasi manusia, kebutuhan akan energi juga meningkat. Oleh karena itu berbagai macam usaha dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut.

Pada sektor energi, Indonesia didominasi oleh minyak, gas dan batu bara. Minyak bumi memegang 57% dari pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia, gas 23% dan batubara 18%. Sedangkan 2%-nya dipegang oleh energi yang bebas emisi karbon hingga ber-emisi rendah (seperti hidroelektrik dan panas bumi). Info yang didapat dari MEMR, menunjukkan bahwa persediaan energi panas bumi di Indonesia sebesar 20,000 MW. Indonesia telah 20 tahun mengembangkan energi panas bumi ini, akan tetapi hanya mampu mengembangkan sebesar 787 MW energi panas bumi, itu berarti baru 4 persen dari total potensial yang ada di Indonesia [10].

Oleh karena itu untuk masa kedepannya, prospek pengembangan energi panas bumi masih terbuka lebar,

sehingga dibutuhkan informasi mengenai panas bumi untuk pengembangannya. Salah satu lokasi panas bumi yang terdapat di Indonesia terletak di area Air Putih, Lebong Utara.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui besarnya panas alamiah yang dihasilkan oleh area panas bumi di Air Putih dan struktur yang mengontrol sistem tersebut.

a. Geologi dan Manifestasi Panas Bumi di Area Air Putih.

Air Putih terletak di kabupaten Lebong yang merupakan salah satu kabupaten yang ada dipropinsi Bengkulu. Penampakan panas bumi di permukaan terletak pada perbukitan yang merupakan jajaran Bukit Barisan dimana manifestasi air panas Air Putih terletak. Manifestasi yang bisa ditemui di Air Putih meliputi mata air panas, kolam air panas (*warm pool*), *fumarol*, *steaming ground* dan alterasi hidrotermal.

Area thermal di Air Putih berhubungan dengan aktifitas magmatik yang berada di jajaran Bukit Barisan. Pemunculan manifestasi panas bumi di daerah Air Putih dominan dikontrol oleh permeabilitas sekunder yang berupa struktur sesar. Beberapa sesar inilah yang menyebabkan keberadaan manifestasi thermal di

permukaan. Pembentukan sesar mengakibatkan batuan yang berada di zona sesar mengalami hancuran yang sangat intensif, sehingga batuan yang ada menjadi lebih permeabel dan pada zona tersebut memungkinkan dapat mengakibatkan batuan menjadi reservoir yang baik.

b. Hukum Dasar Perpindahan Panas Secara Konduksi

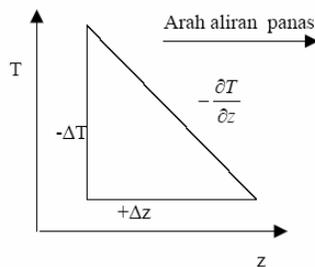
Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi dikemukakan oleh ilmuwan Prancis J.B.J Fourier. Hubungan ini menyatakan bahwa laju aliran panas dengan cara konduksi dalam suatu bahan sama dengan hasil kali dari tiga buah besaran yaitu

- a. Konduktivitas termal bahan (k),
- b. Luas penampang melalui mana panas mengalir dengan cara konduksi, yang harus diukur secara tegak lurus terhadap arah aliran panas (A).
- c. Gradien suhu pada penampang tersebut yaitu laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam arah aliran panas z . ($\frac{\partial T}{\partial z}$)

Dapat dituliskan sebagai berikut :

$$q_k = -kA \frac{\partial T}{\partial z} \tag{1}$$

dan persamaan (1) disebut hukum fourier untuk perpindahan panas konduksi. Mengingat Hukum Kedua Termodinamika bahwa konduktivitas panas akan mengalir secara otomatis dari titik yang suhunya lebih tinggi menuju ke titik yang suhunya rendah, maka aliran konduksi panas q adalah positif jika gradien suhu berharga negatif. Selain itu arah kenaikan jarak z merupakan arah aliran konduksi panas positif, seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Arah aliran konduksi panas.

Jika gradien suhu $\frac{\partial T}{\partial z} = 1$, maka besarnya konduktivitas panas suatu bahan merupakan jumlah energi panas yang mengalir pada suatu bahan tiap satuan luas. Suatu bahan yang memiliki nilai konduktivitas panas besar merupakan penghantar yang baik dan sering disebut konduktor panas, sebaliknya suatu bahan yang memiliki nilai konduktivitas panas kecil merupakan penghantar panas yang jelek dan disebut isolator

c. Kesamaan Aspek antara Anomali Gravitasi, Magnetik dan Suhu.

Keberhasilan data magnetik dan gravitasi dalam menginterpretasi kondisi geologi memberi sumbangan yang besar dalam pembuatan model, hal ini hasil magnetik dan gravitasi berdasarkan teori potensial [3][6][9]. Perbandingan antara anomali gravitasi dan temperatur telah dilakukan [7][8]. Aliran panas pada medium yang disebabkan oleh perbedaan konduktivitas secara matematis sama seperti induksi magnetik yang diakibatkan oleh suatu benda yang meliki ukuran sama pada medan yang seragam [1]. Berdasarkan kesamaan tersebut metode interpreastasi magnetik dapat diterapkan pada interpretasi anomali suhu.

Konduksi adalah proses utama pada transfer panas di lapisan kerak bumi. Persamaan diferensial perpindahan panas secara konduksi tanpa ada sumber adalah

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\nabla^2 T \lambda}{C \rho} \tag{2}$$

dimana T adalah temperatur; t adalah waktu; λ adalah konduktivitas; C adalah koefisien kapasitas panas, ρ adalah densitas; ∇ adalah operasi Laplacian.

Jika variasi suhu harian yang mempengaruhi harga suhu pengukuran dilapangan dihilangkan, dT/dt adalah 0. Sehingga persamaan diatas memenuhi persamaan Laplacian , dimana medan temperatur merupakan medan potensial. Pada kondisi yang ajeg perambatan panas secara konduksi mengikuti Hukum Fourier.

$$q = -\lambda \nabla T \tag{3}$$

sedangkan medan magnetik yang juga merupakan medan potensial dirumuskan

$$U_a = -\nabla V \tag{4}$$

U adalah medan anomali magnetik dan V adalah potensial magnetik.

Dari dua persamaan tersebut memiliki kesebandingan, sehingga dapat dikembangkan metode interpretasi anomali magnetik pada data suhu permukaan.

Metode interpretasi kuantitatif anomaly magnetic yang disebut metode titik karakteristik telah dikembangkan [4]. Model yang lebih sering digunakan dalam interpretasi thermal adalah bed dan silinder horizontal [1]. Persamaan yang dipakai untuk menggambarkan model bola dan silinder:

$$T_d = (q/\lambda_{an}) [(1-\mu)/(2+\mu)] R^3 (x^2 + z^2)^{3/2} \quad (5)$$

$$T_d = (q/\lambda_{an}) [(1-\mu)/(1+\mu)] C^3 (x^2 + z^2) \quad (6)$$

dimana T_d adalah suhu yang diakibatkan oleh suatu benda, λ adalah konduktivitas termal benda, μ adalah perbandingan konduktivitas medium dan benda, R jari-jari bola, C jari-jari silinder, z adalah kedalaman titik pusat benda, x adalah sumbu koordinat x .

Persamaan medan magnetik komponen vertikal yang diakibatkan oleh benda berbentuk bola dan silinder horizontal adalah:

$$Z = mz (x^2 + z^2)^{3/2} \quad (7)$$

$$Z = 2I.2b.z / (x^2 + z^2) \quad (8)$$

dimana m adalah kemagnetan benda, I adalah magnetisasi dan b adalah setengah lebar.

Keempat persamaan diatas sangat jelas, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa medan tersebut secara fisik berbeda tetapi secara matematika sama. Oleh karena itu metode karakteristik poin dapat dipakai untuk pengolahan data suhu dekat permukaan.

2. Metode Penelitian

Metode Karakteristik point.

Interpretasi karakteristik poin menggunakan koordinat anomali maksimum dan minimum.

$$d_1 = x_{\min} - x_{\max} \quad (9)$$

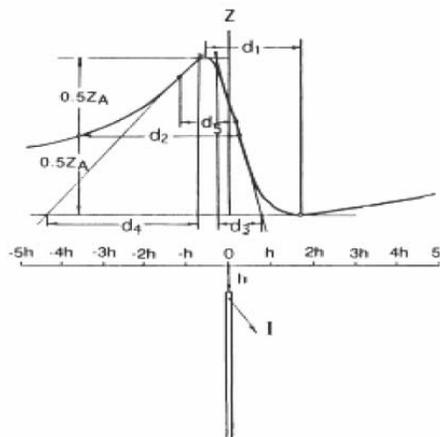
$$d_2 = (x_{0.5z_a})_r - (x_{0.5z_a})_l \quad (10)$$

$$\tan(\theta) = \frac{d_2}{d_1} \quad (11)$$

$$h = \sqrt{d_1 d_2} / k_{1,2} \quad (12)$$

dimana $k_{1,2} = 2/\sqrt{\sin \theta \cos \theta}$

$$x_0 = 0.5(x_{\min} + x_{\max}) - h \cot(\theta) \quad (13)$$



Gambar 2. Kerangka karakteristik point pada anomali magnetik lapisan tipis.

Dimana x_{\max} adalah absis pada nilai anomali maksimum, x_{\min} adalah absis pada nilai anomali minimum. Hasil yang bisa didapatkan dengan menggunakan metode ini adalah posisi batas atas dari model atau benda anomali [4].

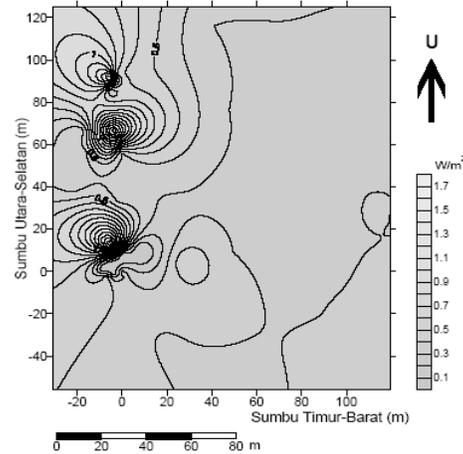
3. Hasil dan Pembahasan

a. Pemetaan suhu dan konduktivitas

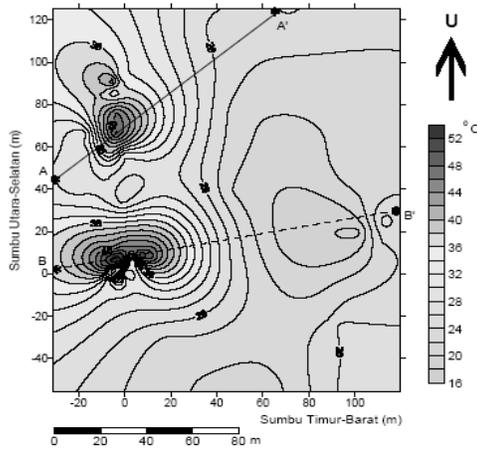
Pengukuran suhu dan konduktivitas difokuskan pada area fumarol Air Putih dan sekitarnya. Luas area penelitian melingkupi luasan sebesar 150.5 x 181.3 m². Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *needle probe* didukung oleh tongkat suhu 2 meter untuk memonitor fluktuasi suhu harian. Penggunaan tongkat suhu ini untuk menghilangkan efek pemanasan matahari yang mempengaruhi pengukuran suhu menggunakan *needle probe*. Dari setiap titik pengukuran bisa didapatkan nilai suhu batuan pada

kedalaman 50 centimeter dibawah permukaan dan konduktivitas batuanya. Pemetaan suhu yang terukur setelah terkoreksi variasi harian bervariasi nilainya dari 17.42-52.93°C (290.57-326.08 K).

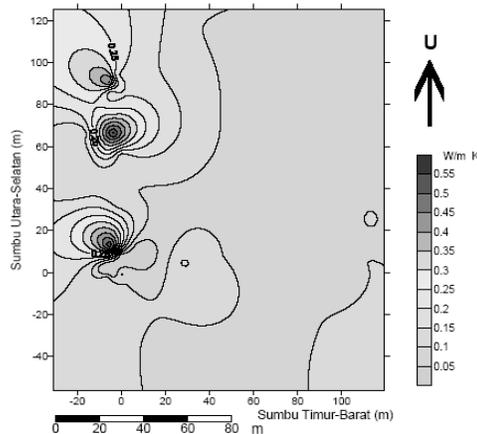
Pengitungan konduktivitas batuan menggunakan *needle probe* menghasilkan nilai yang bervariasi dari 0.01103 - 0.57961 W/m² °C. Nilai konduktivitas yang tinggi berada disekitar sumber atau tempat keluarnya uap panas dari fumarol. Hal ini disebabkan oleh kandungan uap air di daerah panas sehingga menambah nilai konduktivitasnya disamping itu Tanah atau soil ini merupakan lapukan batuan yang mengalami proses alterasi terus menerus.



Gambar 5. Peta heat flow di sekitar area Fumarol Air Putih.



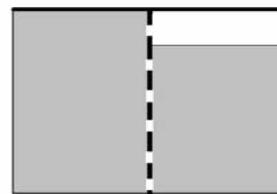
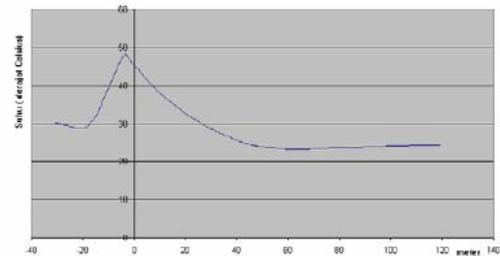
Gambar 3. Peta suhu 50 cm dibawah permukaan di area Fumarol Air Putih



Gambar 4. Peta konduktivitas di sekitar area Fumarol Air Putih

Dengan menggunakan harga gradien suhu vertikal di area pengukuran mempunyai harga sebesar 3.195135 Kelvin/m (harga ini diambil dari harga gradien suhu hasil pengukuran menggunakan tongkat suhu) sehingga dapat dipetakan heat flow permukaan yang terjadi di area penelitian.

b. Interpretasi Menggunakan Metode Titik Karakteristik (Characteristic points method)



Gambar 6. Penampang lintang AA' (atas), perkiraan kedalaman model menggunakan metode titik karakteristik.

Interpretasi kuantitatif telah dilakukan dengan menggunakan metode titik karakteristik pada peta suhu di kedalaman 50 cm, di sepanjang garis AA'. Hasil yang didapatkan dapat diketahui posisi dari sesar

normal yang menimbulkan manifestasi fumarol. Pada garis AA' dan BB'' didapatkan kedalaman dari model pada kedalaman 12,13213 meter dibawah permukaan.

Pemunculan manifestasi panasbumi di Air Putih berkaitan erat dengan kondisi geologi, terutama adanya struktur sesar yang banyak terdapat di perbukitan disekitar posisi pengukuran. Kemungkinan besar permeabilitas yang berperan dalam reservoir panasbumi di Air Putih adalah permeabilitas sekunder yang dikontrol oleh struktur tersebut. Dari peta suhu terlihat adanya anomali panas yang cukup besar pada lembah. Pada bagian sisi sungai air putih mencapai suhu 54°C, sedang daerah sekitarnya hanya berkisar 20 hingga 30°C.

Kecilnya debit mata air panas, kemungkinan disebabkan karena permeabilitas di dekat permukaan yang kurang besar atau memang aktivitas hidrotermal di bawah permukaan tidak terlalu besar. Mengacu pada data geokimia air dan mineralogy (sementara), dapat dikatakan bahwa interaksi fluida-batuan di dekat permukaan melibatkan batuan berkomposisi andesitik (*andesit-piroksen*) dengan fluida yang bersifat asam. Diinterpretasikan bahwa fluida tersebut merupakan steam heated water yang merupakan hasil kondensasi pada *boiling zone*.

4. Kesimpulan

Aktivitas panas paling besar terdapat pada fumarol dengan heat flow sebesar 1.9 W/m².

Anomali panas terbesar terdapat pada lembah Kali Panjang bagian hulu.

Kedalaman struktur yang mengontrol manifestasi fumarol di Air Putih terdapat pada kedalaman 12.13 m.

Daftar Pustaka

- [1] Carslaw H. S., and Jaeger J. C., **1959**, *Conduction of heat in solids*, Oxford Univ. Press.
- [2] Eppelbaum L. V., **2000**, *Applicability of geophysical methods for localization of archaeological targets : An aintroduction*. *Geoinformatics*, 11 no .1: 25-34.
- [3] Grant, F. S. , and West, G. F., **1965**, *Interpretation in theory in Applied geophysics*, McGraw-Hill.

- [4] Khesin B. E., Alexeyev V.V. and Eppelbaum L.V., **1993**, Investigation of geophysical fields in pyrite deposits under mountainous conditions, *Journal of Applied Geophysics*, 30 : 187-204.
- [5] Khesin B. E. and Eppelbaum L.V., **1994**, Near surface thermal prospecting: Review of processing and interpretation, *Geophysics*, 59: 744-752.
- [6] Parasnis D. S., **1963**, *Principles of Applied Geophysics*, John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Poley J.P.H. and Stevenink J. V., **1970**, Delineation of salt domes and surface faults by temperature measurements at a depth of approximately 2 meters : *Geophys. Prosp.*, 18, 666-700.
- [8] Simmons G., **1967**, Interpretation of heat flow anomalies. *Reviews of Geophysics*, 5 :43-52.
- [9] Telford, W. M., Geldart., L. D., Sheriff, R. E., and Keys, D. R., 1976. *Appl. Gephysics*: Cambridge Univ. Press.
- [10] Wulandari , F., **2004**, *Government tender 13 geothermal areas*, The Jakarta Post. 03 April 2004.