

## ANALISIS EFISIENSI THERMISTOR SEBAGAI DASAR REALISASI ALAT UKUR KONDUKTIVITAS PANAS

Warsito\* dan Ordas Dewanto

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro 1, Bandar Lampung – INDONESIA 35145  
\* Alamat untuk surat menyurat e-mail : warsito@unila.ac.id

Received 28 August 2007, revised 10 December 2007, accepted 27 December 2007

### ABSTRACT

Thermistor is one of the passive sensor based on the change of resistance value toward the heat change. The respond nonlinearity of thermistor against the heat change has been the weakness of this sensor, but this thermistor has high sensitivity up to  $\frac{dR}{dT} \approx -2,43 \text{ Kohm/K}$ . The signal condition series is realized by the use pf two op-amp series which was cascade arranged in order to minimize the internal noise in the level of strengthening. Bu using once strengthening as well as high strengthening will multiple the noise value as much as A time of strengthening. The result of the design used to measure the rock heat showed that there was an agreement between the result of the measurement and the reference value in the rock which was given by Gretener<sup>1)</sup>.

**Keywords :** *thermistor, heat conductivity, rock heat*

### 1. PENDAHULUAN

Pemboran pada kegiatan eksplorasi bahan tambang bertujuan diantaranya; untuk mengetahui bentuk geometri endapan, kualitas dari lapisan, dan atau untuk menganalisis adanya anomaly geologi sehingga menimbulkan kesulitan dalam proses analisis selanjutnya. Analisis sifat fisis bahan hasil eksplorasi untuk kepentingan eksplorasi dan eksploitasi pertambangan seperti pada survei potensi panasbumi dan minyak bumi, selalu memerlukan parameter fisis seperti; tekanan, temperatur dan waktu<sup>2)</sup>. Parameter untuk menentukan tingkat derajat kematangan pada hasil eksplorasi dan eksploitasi hasil tambang diantaranya adalah nilai konduktivitas panas dari batuan<sup>3)</sup>, yang selanjutnya nilai konduktivitas panas ini dapat digunakan sebagai pemodelan reservoir panasbumi dan atau proses aliran panas gunung api. Dalam analisis lanjutan, dengan mengetahui nilai konduktivitas panas batuan juga dapat diketahui tingkat porositas dan kedalaman dari batuan uji tersebut.

#### 1.1. Konduktivitas Panas Batuan

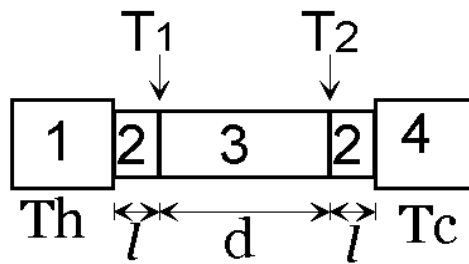
Aliran panas pada batuan mengalir dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah dan kecepatan aliran tersebut tergantung kepada nilai konduktivitas panas dari batuan tersebut. Konduktivitas panas suatu zat adalah daya hantar kalor yang dimiliki oleh zat tersebut. Pemahaman prinsip dari konduktivitas panas tersebut, maka dapat dirancang alat ukur konduktivitas panas batuan dengan menggunakan empat buah sensor temperatur, dimana dua sensor temperatur diletakkan di ujung batuan uji, sedangkan batuan tersebut diapit oleh air panas dan air dingin (es) yang kedua suhunya diukur oleh dua sensor yang lain.

Jumlah panas yang mengalir per-satuan waktu diberikan oleh hukum Fourier seperti pada Persamaan (1) berikut:

$$dQ = \lambda \frac{dT}{l} \quad (1)$$

dengan dQ adalah jumlah panas yan merambat per satuan waktu (cal/dt), dT adalah beda temperatur (°C),  $\lambda$  adalah konduktivitas panas (cal/dt cm °C) dan l merupakan panjang sampel (cm).

Gambar 1 menunjukkan metode pengukuran konduktivitas panas batuan, batuan sampel (3) diletakkan diantara dua logam kuningan (2), yang kedua ujung kuningan terhubung dengan air panas (1) dan air dingin – es (4). Sensor temperatur diletakkan pada ujung kedua batuan; T1 untuk posisi temperatur ujung batuan sampel yang dekan dengan suhu air panas (Th) dan T2 untuk ujung batuan yang dekat dengan air dingin (Tc).



Gambar 1. Metode pengukuran konduktivitas panas batuan dengan menggunakan prinsip hukum Fourier.

Dengan menggunakan Persamaan 1 dan memperhatikan metode pengukuran seperti pada Gambar 1, maka dapat dicari nilai konduktivitas panas batuan menggunakan Persamaan (2) berikut;

$$\lambda_b = \frac{d\lambda_r}{l} \left( \frac{T_h - T_1}{T_1 - T_2} \right) \quad (2)$$

dengan  $\lambda_b$  adalah konduktivitas panas batuan ( $W/m^\circ C$ ),  $\lambda_r$  adalah konduktivitas panas kuningan ( $11,2 W/m^\circ C$ ),  $l$  adalah panjang kuningan (cm),  $d$  adalah panjang sampel (cm),  $T_1$  dan  $T_2$  merupakan nilai temperatur pada ujung-ujung kedua batuan, sedangkan  $T_h$  dan  $T_c$  adalah temperatur air panas dan air dingin.

Dalam perumusan nilai  $T_c$  tidak menjadikan faktor penting karena  $T_c$  merupakan referensi ujung aliran panas yang berasal dari air panas.

### 1.2. Thermistor

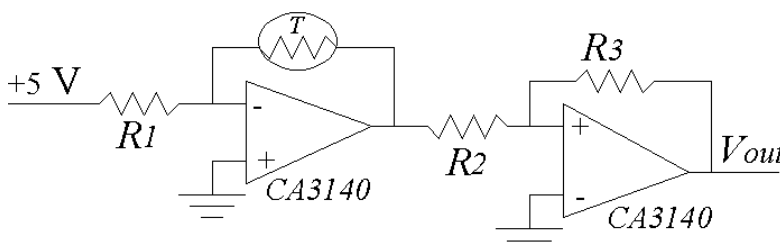
Thermistor merupakan sensor temperatur jenis resistif, dimana nilai resistansi bahan berubah oleh perubahan temperatur yang mempengaruhinya. Jenis thermistor ada dua, yang keduanya dibedakan oleh gradien perubahan resistansi terhadap temperatur, jika gradien tersebut positif maka jenis thermistornya adalah PTC (positive temperature coefficient), sedangkan untuk gradien negatif maka dikatakan jenis NTC (negative temperature coefficient).

Kelemahan utama dari thermistor adalah tanggapannya yang tidak linear<sup>4</sup>. Metode untuk mengatasi kekurangan ini adalah dengan menampilkan persamaan kalibrasi dari tanggapan sensor tersebut yang selanjutnya nilai temperatur yang terukur dibaca dari persamaan yang didapatkan tersebut. Metode yang lain dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal sederhana; menggunakan rangkaian jembatan Wheatstone, resistor seri dan parallel yang kesemuanya menunjukkan hasil yang efektif sekali, misalnya untuk tipe NTC dari nilai gradien  $\frac{dR}{dT} = -122,33 + 0,35T - 3,39 * T^2$  ( $K\Omega m/K$ ) menjadi  $\frac{dR}{dT} \approx -2,43$  ( $K\Omega m/K$ )<sup>5</sup>.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dari penelitian ini terbagi dalam dua kelompok penting, yang pertama adalah realisasi rangkaian elektronis serta dengan desain mekanisnya dan yang kedua adalah ujicoba alat dengan menggunakan sampel batuan yang berbeda-beda nilai konduktivitas panasnya.

Rangkaian elektronik yang digunakan khususnya ditujukan untuk pengkondisian sinyal dari thermistor seperti ditunjukkan pada rangkaian Gambar 2.



Gambar 2. Pengkondisi sinyal untuk thermistor tipe NTC.

Rangkaian yang digunakan (Gambar 2) adalah jenis penguatan dengan masukan  $V_{in}$  yang sebenarnya merupakan  $V_{cc}$  bagi thermistor. Rangkaian jenis ini tidak merubah sama sekali model tanggapan tetapi berperan penting sebagai sistem catu daya dari thermistor itu sendiri karena thermistor merupakan sensor pasif<sup>6)</sup>.

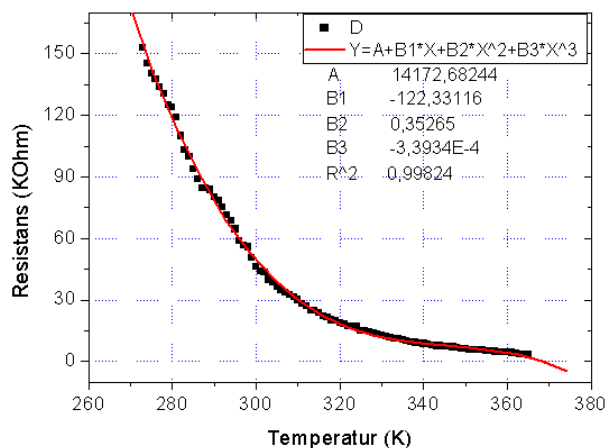
Sedangkan untuk metode pengambilan data dilakukan dengan mencatat temperatur yang ditunjukkan oleh thermistor pada masing-masing  $T_h$ ,  $T_c$ ,  $T_1$  dan  $T_2$  sebagaimana desainnya ditunjukkan pada Gambar 1. Pencatatan temperatur tersebut dilakukan dengan cara yang bersamaan untuk ke-empat sensor tersebut setiap 20 detik untuk selang waktu sekitar 10 menit. Temperatur di tengah batuan sampel juga diukur untuk mendapatkan nilai temperatur yang mengalir dari sumber air panas menuju ke suhu air dingin(es), temperatur tersebut diberikan simbol  $T_x$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Sistem Kalibrasi

Perubahan nilai resistansi sebuah sensor pasif belum mempunyai arti penting bagi sistem pengkondisian sinyal, sebelum perubahan tanggapan fisis tersebut berupa perubahan arus ataupun tegangan. Oleh karena itu rangkaian elektronik pada Gambar 2 pada prinsipnya berperan mengkonversi perubahan nilai resistansi terhadap temperatur ( $dR/dT$ ) menjadi perubahan nilai tegangan terhadap perubahan temperatur ( $dV/dT$ ).

Hasil dari kalibrasi sensor thermistor NTC seperti ditunjukkan pada Gambar 3. tampak pada gambar tersebut bahwa tanggapan gradien nilai resistansi terhadap temperatur tidak linear dan mempunyai persamaan  $\frac{dR}{dT} = -122,33 + 0,35T - 3,39 * T^2$  (Kohm/K). Rangkaian elektronik yang digunakan adalah seperti pada Gambar 2.



Gambar 3. Hasil kalibrasi sensor NTC

Dengan menggunakan persamaan kalibrasi, selanjutnya pembacaan nilai temperatur dapat dilakukan. Pada saat ini juga sedang dilakukan penelitian untuk mendapatkan sistem akuisisi yang otomatis, mulai dari pembacaan nilai temperatur hingga sistem perekamannya menggunakan komputer. Dengan menggunakan resistor paralel sebesar 31,8Kohm, maka didapatkan nilai gradien yang linear yaitu sebesar  $\sim -2,43$  Kohm/K.

#### 3.2. Data Konduktivitas Panas dan Pembahasan

Pengambilan data dilakukan dengan menyusun batuan sampel seperti pada Gambar 1. Rongga udara antara sampel dan logam kuningan diminimalisir dengan cara memberikan stempet perekat serta permukaan batuan dibuat serata mungkin, sehingga tidak menghambat perambatan konduktivitas panas. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1, yaitu untuk salah satu sampel beton dengan ukuran panjang 4,5 cm dan diameter 2,0 cm.

Perhitungan nilai konduktivitas panas akan menghasilkan nilai yang ideal jika dilakukan pada kondisi  $T_x \approx \frac{T_h + T_c}{2}$ ,

hal ini mempunyai alasan bahwa pada kondisi tersebut perambatan kalor dari temperatur panas ke dingin telah berjalan

ideal. Selanjutnya dari Tabel 1 dapat dihitung nilai konduktivitas panas dengan menggunakan Persamaan 2, dan data yang mempunyai nilai  $T_x$  yang terdekat adalah pada detik ke 360.

**Tabel 1.** Data hasil pengukuran nilai temperatur pada sampel 1 yang berupa beton

t(detik)	Tc(°C)	Th(°C)	T1(°C)	T2(°C)	Tx(°C)
20	-1	46	36	20	30
40	-1	54	36	20	29
60	-1	60	38	20	29
80	-1	70	40	19	29
100	-1	90	41	19	30
120	-1	95	43	19	30
140	-1	96	43	19	30
160	-1	96	46	19	30
180	-1	96	47	18	31
240	0	95	53	18	31
280	0	96	58	18	32
320	0	96	65	17	32
360	0	96	68	18	33
400	0	96	69	18	33

Catatan:  $T_x$  adalah temperatur yang diukur tepat di tengah sampel yang berfungsi untuk menentukan nilai temperatur ideal saat perhitungan.

Dengan nilai  $d = 4,5$  cm,  $l = 3,3$  cm,  $T_1 = 69^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 18^\circ\text{C}$ ,  $T_h = 96^\circ\text{C}$ , dan  $\lambda_r = 11,2\text{W/m}^\circ\text{C}$ , dan perhitungan menggunakan persamaan 2, maka didapatkan nilai konduktivitas panas batuan  $\lambda_b = 8,09\text{W/m}^\circ\text{C}$  atau sebesar  $19,42$  mCal/cm.sec. $^\circ\text{C}$ . Hasil keseluruhan dari perhitungan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan nilai konduktivitas panas dari beberapa sampel yang berbeda

Nomor	Jenis sampel	$\lambda_b$ (mCal/cm.sec. $^\circ\text{C}$ )
1	Batu 1	14,98
2	Batu 2	12,46
3	Batu 3	10,37
4	Batu 4	13,99
5	Batu 5	13,66
6	Beton 1	19,42
7	Beton 2	20,04

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa batuan yang menjadi sampel tergolong jenis batuan dunite, pengelompokan ini disesuaikan dengan referensi yang diberikan oleh Gretene<sup>1)</sup>. Sebagaimana yang ada pada persamaan bahwa perbedaan nilai panjang sampel tidak mempengaruhi nilai konduktivitas panas dari sampel. Hal ini tampak untuk sampel beton 1 dan 2, bahan dan komposisi dari beton tersebut dibuat sama sedangkan panjang sampel berbeda yaitu; 4,5 cm untuk beton 1 dan 2,1 cm untuk beton 2. Kedua sampel tersebut menunjukkan nilai konduktivitas panas yang hampir sama. Jadi jelaslah bahwa konduktivitas panas hanya dipengaruhi oleh komposisi internal dari sampel.

#### 4. KESIMPULAN DAN PERSPEKTIF

Konduktivitas panas batuan dapat diukur dengan cara sederhana menggunakan empat buah sensor thermistor, dengan menempatkan batuan sampel di antara dua suhu yang jauh berbeda sehingga terjadi perambatan kalor pada batuan sampel tersebut. Batuan yang menjadi sampel dari penelitian ini mempunyai range konduktivitas antara 10,37 – 14,98 mCal/cm.sec.°C, dan tergolong ke dalam jenis batuan dunite.

Sistem akuisisi yang otomatis menggunakan komputer sedang dalam proses penyelesaian, sehingga memudahkan pembacaan dan perekaman data temperatur dari alat ukur konduktivitas panas batuan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Novita Rayani yang membantu dalam pengambilan data.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Gretenner, 1982, di dalam Dewanto, O., 2001, *Metode Panas dan Radioaktif*, Fisika Unila.
2. Lopatin, 1971, di dalam Sukandarrumidi 1995, *Batubara dan Gambut*, penerbit UGM Yogyakarta.
3. Crok, 1982, di dalam Sukandarrumidi 1995, *Batubara dan Gambut*, penerbit UGM Yogyakarta.
4. Greenwood, J. R. and Long C. A., 2000, *Review of temperature measurements*, Rev. Scientific Instrumentation, Vol., No., 2000.
5. Warsito, 2005, *Analisis rangkaian pengkondisi sinyal tahap awal pada sensor pasif : studi kasus untuk thermistor tipe NTC*, Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 11 No. 3.
6. Warsito, 2003, *The use of Op-Amp as the first circuit of sensor applications*, PubSci AEIF Vol. 3, No. 1, p. 64 – 68, Decembre 2003.