

ANALISIS RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL TAHAP AWAL PADA SENSOR PASIF : STUDI KASUS UNTUK THERMISTOR TIPE NTC

Warsito

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Lampung
Jl. S. Brojonegoro 1 Bandar Lampung 35145

Email : warsito@unila.ac.id

Diterima 12 September 2005, perbaikan 28 November 2005, disetujui untuk diterbitkan 5 Desember 2005

ABSTRACT

This paper describes a signal conditioning analysis of different circuits designed for thermistor NTC sensor. The initial signal conditioning circuit is the important key in sensor application system, especially for linearization response of sensors. Thermistors are classified as high sensitivity temperature sensors, however their responses are not linear. This problem gives a consequence to the circuit designer to choose the signal conditioning in order to have linear responds. The non linear gradient response for NTC thermistor sample is $\frac{dR}{dT} = -122,33 + 0,35T - 3,39 * T^2$ (KOhm/K), and by the use of a parallel resistor, it becomes $\frac{dR}{dT} \approx -2,43$ (Kohm/K). By applying a Wheatstone circuit, the linear response is directly in voltage response, it's $\frac{dV}{dT} \approx -0,0199$ (Volt/K).

Keywords: NTC thermistor, signal conditioning, sensor

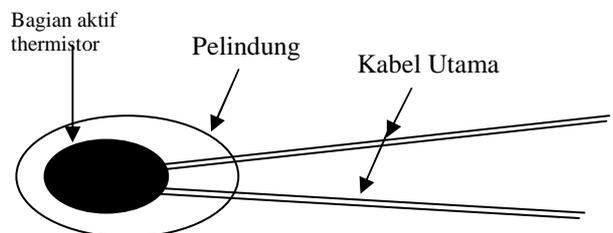
1. PENDAHULUAN

Sensor merupakan instrumen elektronika yang mampu mengkonversi besaran fisis menjadi besaran listrik. Berdasarkan sistem polarisasi catu daya, sensor dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu sensor aktif dan sensor pasif^{1,2}. Sensor aktif diartikan dengan sensor yang tidak memerlukan catu daya sedangkan sensor pasif memerlukan catu daya agar dapat bekerja. Sensor idealnya mempunyai tanggapan yang linear sehingga akan memudahkan pengkondisian sinyalnya.

Untuk sensor pasif, rangkaian pengkondisi sinyal tahap awal difungsikan untuk rangkaian catu daya^{3,4}. Sedangkan untuk sensor aktif, rangkaian pengkondisi sinyal berfungsi untuk menyiapkan sinyal agar mudah dimanfaatkan selanjutnya. Sinyal hasil pengkondisian sinyal selalu diatur untuk nilai antara 0 – 5 Vdc, hal ini untuk persiapan interface dengan rangkaian digital.

Kesulitan dalam pengkondisian sinyal adalah ketika tanggapan sensor tidak linear, sehingga rangkaian hardware akan semakin rumit. Permasalahan ini dapat diatasi jika rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan adalah sistem digital khususnya rangkaian yang dapat diisi program. Sehingga fungsi ketidaklinearannya

dapat diwujudkan dalam persamaan yang selanjutnya dimasukkan ke dalam hardware tersebut.



Gambar 1. Bentuk fisis dari sebuah thermistor⁵.

Thermistor merupakan salah satu sensor temperatur pasif yang berkarakteristik sejenis dengan sensor temperatur berbasis resistansi⁶. Sensor temperatur berjenis ini terbuat dari bahan elektrik yang mempunyai nilai resistansi berubah jika ada perubahan temperatur. Sensor temperatur yang tergolong dalam jenis sensor aktif misalnya thermokopel⁷. Perubahan temperatur menimbulkan terjadinya muatan yang selanjutnya terwujud dalam bentuk tegangan (Volt). Untuk thermistor, bentuk fisis dari thermistor seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Perubahan nilai resistansi sebuah thermistor terhadap perubahan temperatur diberikan oleh persamaan berikut:

$$R = R_0 \cdot \exp B \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \quad (1)$$

dengan

R_0 = Resistansi thermistor pada suhu awal (Ohm)
 R = Resistansi setelah kenaikan suhu (Ohm)
 T_0 = Suhu awal percobaan (K)
 T = Suhu setelah ada kenaikan (K)
 B = Karakteristik suhu pada bahan (4000K)

Gradien perubahan resistansi terhadap perubahan temperatur dari thermistor dapat bernilai positif dan bernilai negatif. Oleh karena itu, saat ini terdapat dua jenis thermistor, yaitu; PTC (*Positive temperature coefficient*) dan NTC (*Negative temperature coefficient*). Thermistor NTC memiliki nilai resistansi menurun apabila temperaturnya naik^{1,6}. Thermistor NTC terbuat dari campuran antara nikel (Ni), cobal (Co), magnesium (Mg), besi (Fe) dan tembaga (Cu)⁷. Karakteristik leboh lengkap ditunjukkan pada Tabel 1.

Jenis thermistor PTC mempunyai sifat, jika temperatur atau suhunya naik maka hambatannya juga naik⁶. Bagian aktif dari thermistor jenis PTC ini terbuat dari bahan *barium titanate* sedangkan kaki dari PTC terbuat dari zirkonium titanate.

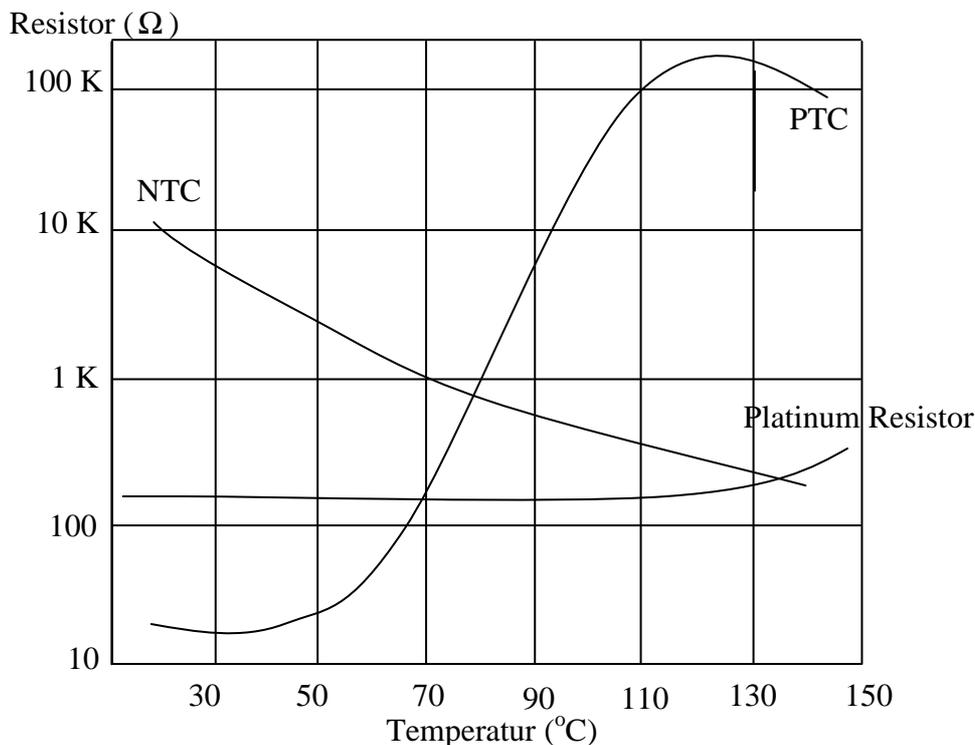
Thermistor jenis PTC ini dapat digunakan pada range suhu dari -100°C sampai 250°C⁷. Tanggapan perubahan nilai resistansi terhadap perubahan temperatur untuk thermistor yang tidak linear ditunjukkan pada Gambar 2. Permasalahan ini merupakan salah satu alasan tidak menggunakan thermistor. Namun demikian kesensitifan yang dimiliki juga menjadi alasan untuk memilihnya. Oleh karena itu pemilihan sistem pengkondisian sinyal untuk thermistor merupakan tahapan penting aplikasi thermistor sehingga didapatkan tanggapan linear.

2. METODE PENELITIAN

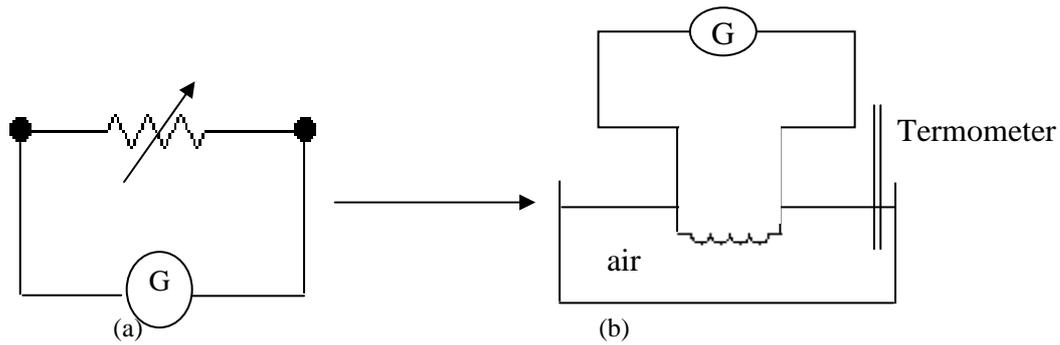
Pada penelitian ini, bahan utama yang digunakan adalah thermistor tipe NTC yang akan dianalisis tanggapannya. Sedangkan komponen pendukung lainnya adalah resistansi dengan berbagai alternatif nilainya. Alat yang digunakan adalah multimeter digital sebagai pembaca keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal, pemanas serta air sebagai sampel yang diukur temperaturnya. Adapun langkah percobaan sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik thermistor tipe NTC [7].

No	Parameter	Nilai
1	Rentang Suhu	-100°C sampai 450°C
2	Resistansi pada 25°C	0.5 ohm sampai 100 Mohm
3	B (karakteristik suhu pada bahan)	2000 K sampai 5500 K
4	Suhu maksimum	> 1250°C



Gambar 2. Grafik hubungan temperatur terhadap nilai resistans untuk thermistor NTC dan PTC. Sebagai perbandingan diberikan grafik tanggapan perubahan resistansi untuk jenis platinum resistor¹.



Gambar 3. (a) NTC atau PTC yang diukur tanpa diberi hambatan seri dan sampel (b) Proses pengukuran temperatur air menggunakan thermistor serta sistem pembandingnya menggunakan thermometer Hg.

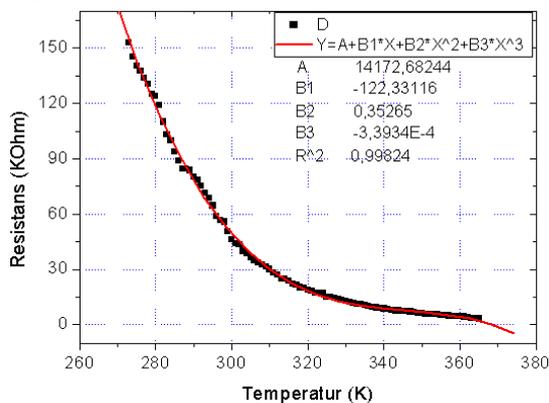
1. Mempersiapkan bahan yang menjadi obyek pengukuran yaitu air serta sistem pemanasannya yang menggunakan heater.
2. Menyusun rangkaian pengkondisi sinyal thermistor NTC : R seri R parallel serta rangkaian jembatan wheatstone.
3. Membaca keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan oleh multimeter.

Setelah persiapan untuk pengambilan data siap, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengambilan data yaitu mencatat tanggapan sinyal keluaran dari pengkondisi sinyal terhadap perubahan temperaturnya. Sebagai contoh rangkaian uji seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Sistem kalibrasi yang digunakan adalah sistem langsung yaitu dengan mengukur secara bersamaan sampel dengan thermometer yang kestabilannya tinggi. Pada penelitian ini digunakan thermometer Hg sebagai pembandingnya (Gambar 3).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanggapan nyata dari thermistor yaitu perubahan nilai resistans-nya terhadap perubahan temperatur seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan nilai resistans thermistor NTC terhadap perubahan temperatur.

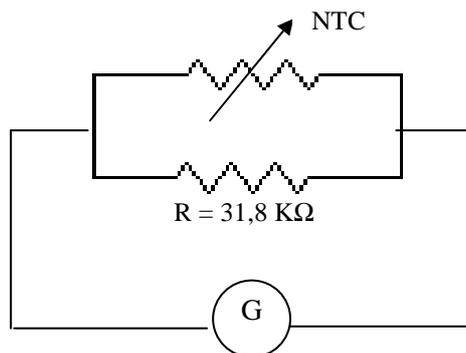
Sistem pengambilan data dilakukan dengan menggunakan sampel es batu (273 K) yang secara berkelanjutan dipanaskan hingga mencapai suhu 363K. Set alat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada rentang suhu antara 273K dan 363K, sensitivitas thermistor mempunyai persamaan orde dua seperti pada Persamaan 2 berikut:

$$\frac{dR}{dT} = -122,33 + 0,35T - 3,39 * T^2 \quad (2)$$

dengan R dalam Kohm dan T dalam Kelvin.

Tanggapan thermistor jenis NTC pada Gambar 4 mempunyai kemiripan grafik pada Gambar 2 untuk thermistor NTC. Tanggapan non linear inilah yang merupakan salah satu kekurangan thermistor, meskipun mempunyai sensitivitas yang tinggi sekitar 122Kohm/K.



Gambar 5. Rangkaian pada NTC yang dihubungkan secara paralel dengan hambatan.

Untuk linearisasi, maka salah satu langkah yang dapat digunakan adalah merangkai thermistor NTC dengan R parallel maupun R seri^{1,6,7}. Cara ini sangat efektif, namun sering diabaikan oleh perancang. Sebelum dilakukan langkah ini harus dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai R yang akan diparalelkan. Untuk mendapatkan nilai R parallel (Rp) diberikan oleh Persamaan 3 berikut:

$$R_p(NTC) = R_t \cdot \frac{B - 2T_m}{B + 2T_m}$$

$$= 46 \cdot \frac{4000 - 2(92 + 273)}{4000 + 2(92 + 273)} \quad R_p(NTC) = 31.8K\Omega \quad (3)$$

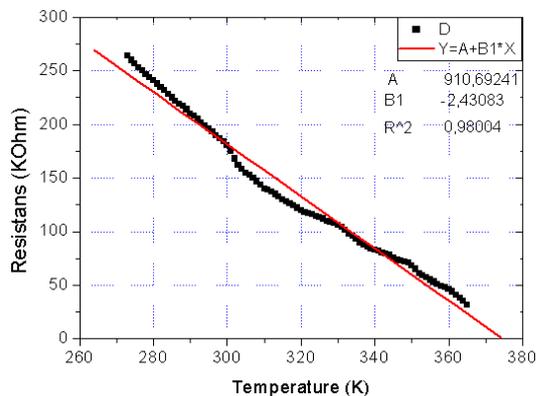
dengan :

R_t = nilai resistans dari thermistor NTC pada temperatur ruang (~46Kohm)

T_m = temperatur maksimum untuk pengambilan sampel dalam Kelvin (~365K)

Dari hasil perhitungan, maka didapatkan nilai R parallel sebesar 31,8Kohm, untuk selanjutnya thermistor NTC dirangkai dengan resistor bernilai tersebut (Gambar 5).

Hasil pengukuran seperti ditunjukkan pada Gambar 6 yang menunjukkan bahwa tanggapan thermistor NTC yang sebelumnya tidak linear, maka sekarang didapatkan gradien tanggapan (dR/dT) yang linear sebesar ~-2,43 Kohm/K. Nilai gradien ini yang menunjukkan bahwa setelah diparalel, tanggapan thermistor NTC menjadi linear.



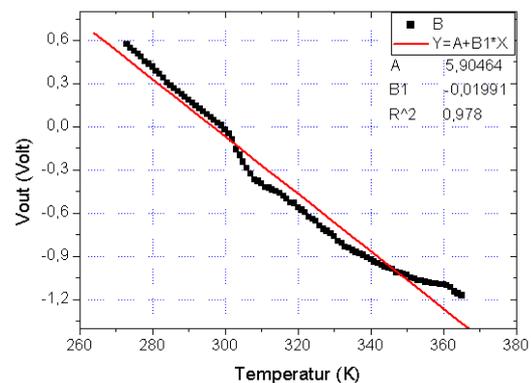
Gambar 6. Grafik hubungan Suhu (T) terhadap Hambatan (R) pada NTC dihubungkan secara paralel.

Cara lain untuk linearisasi tanggapan thermistor, dapat dilakukan dengan sistem rangkaian jembatan Wheatstone. Karena jembatan Wheatstone terbukti banyak digunakan dalam rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor yang tidak linear⁹. Pemilihan rangkaian ini karena dapat melinearkan tanggapan sensor yang tidak linear.

Tanggapan thermistor yang dirangkai secara jembatan wheatstone, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Gambar 7 ini mempunyai kemiripan alur dengan Gambar 6. Untuk rangkaian jembatan Wheatstone ini, catu daya rangkaian yang digunakan sebesar 5 Volt dc, oleh karena itu

tanggapan thermistor dalam bentuk Volt tegangan keluaran (V_{out}).

Resistor konstan atau pembanding yang digunakan sebesar 46Kohm. Pemilihan nilai resistor ini menyebabkan tanggapan thermistor pada suhu 300K (suhu kamar), tegangan keluaran akan bernilai sekitar 0Volt. Nilai tegangan keluaran ini menunjukkan bahwa pada saat tersebut rangkaian jembatan wheatstone sedang mengalami kesetimbangan yaitu nilai semua resistansi sama. Dengan menggunakan rangkaian jembatan Wheatstone ini, diperoleh tanggapan thermistor yang linear dengan gradien sebesar $dV/dT \approx -0,0199$ (Volt/K). Pada pengkondisi sinyal selanjutnya, keluaran dari tahap awal ini dapat langsung digunakan rangkaian penguat karena tanggapan thermistor sudah linear³.



Gambar 7. Rangkain NTC yang dihubungkan secara prinsip jembatan Wheatstone dengan tiga hambatan sebesar 46 Ohm.

4. KESIMPULAN

Thermistor merupakan sensor suhu yang mempunyai kesensitifan tinggi, untuk sampel pada penelitian ini sebesar $dR/dT = -122,33 + 0,35T - 3,39 * T^2$ (Kohm/K) untuk tipe NTC. Penggunaan rangkaian pengkondisi sinyal tahap awal jenis resistor paralel dapat melinearkan tanggapan thermistor. Gradien yang didapatkan menjadi orde satu atau linear, yaitu sebesar $dR/dT \approx -2,43$ (Kohm/K). Sedangkan dengan rangkaian jembatan Wheatstone didapatkan gradien berbentuk tegangan sebesar $dV/dT \approx -0,0199$ (Volt/K).

UCAPAN TERIMA KASIH

Hasil penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Hibah Bersaing yang dibiayai oleh

DP3M Ditjend DIKTI tahun 2005, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih atas support dananya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asch, G. 1998. *Capteurs en instrumentation industrielle*, Dunod – Paris.
2. Buchla, D. and McLachlan, W. 1992. *Applied electronic instrumentation and measurement*, Macmillan Publishing Company, New York.
3. Warsito. 2003. The use of op-amp as the first circuit of sensor applications, *PubSci AEIF*. **3**(1): 64 – 68.
4. Warsito, Dewanto, O., Hadi, S. 1998a. *Rangkaian jembatan Wheatstone sebagai unjuk kerja pertama suatu transducer pada monitoring IBM PC/XT*, Laporan penelitian P2IPT, Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
5. Dally, J.W. and Resnick, W. 1993. *Instrumentation For Engineering Measurements* 2nd.Edition, John Willy and Sons.Inc. USA
6. Childs, P. R. N., Greenwood, J. R., and Long, C. A. 2000. Review of temperature measurement, *Rev. Sci. Instrum.* **71**(8): 2959 – 2978.
7. O'Reilly, P. G., Kee, R. J., Fleck, R. and McEntee, P. T. 2001. Two-wire thermocouples : a nonlinear state estimation approach to temperature reconstruction, *Rev. Sci. Instrum.* **72**(8): 3449 – 3457.
8. Fraden, J., 1996. *Hand Book of Modern Sensor Physics Designs Application*. Thermoscan, Inc. San Diego X Fornia.
9. Pallas, R and Webster. 1991. *Sensor and Signal Conditioning*. John Wiley and Son, Inc. New York, USA. Hal 61-62.