

Kawat Solenoida sebagai Sensor Suhu Berbasis Resistor Temperature Detector Coils (RTD-C)

Pamuji Waskito Raharjo, Moh. Toifur

Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Pramuka 24, Sidikan Umbulharjo Yogyakarta 55164
pamuji_smk4@yahoo.co.id

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik kawat solenoida sebagai sensor suhu berbasis Resistor Temperature Detectors based Coils (RTD-C). Dari hasil analisis tersebut dapat dilihat adanya karakteristik dari sensor suhu, di antaranya linearitas dan sensitivitas untuk menentukan kurva hubungan antara tegangan dengan suhu lingkungan. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan memberi perlakuan kepada solenoida yang dipanaskan dalam air dari suhu 30°C hingga 80°C dengan berbasis RTD menggunakan jembatan Wheatstone. Penelitian menambahkan LM35 tipe DZ. Pengujian sensor suhu pada kumparan solenoida dilakukan dengan menghubungkan salah satu bagian dari rangkaian dengan LM35. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan data suhu yang ditampilkan termometer alkohol dan volt meter digital secara bersamaan. Pencocokan data menggunakan fungsi polinomial orde dua dan linearitas. Hubungan antara tegangan dan suhu ditunjukkan dengan persamaan linear $y = 0,007x - 0,197$ dengan nilai regresi sebesar $R^2 = 0,979$ yang cukup baik karena dekat dengan satu.

Kata Kunci Sensor temperatur, beda potensial, pengondisi sinyal digital

Abstract - This study aims to investigate the characteristics of the temperature sensor solenoid wire Resistor Temperature Detectors based Coils (RTD-C). From the results of this analysis can be seen from the characteristics of the temperature sensor, such as linearity and sensitivity curves to determine the relationship between voltage to the ambient temperature. The method used is to provide treatment to solenoida heated in water from 30°C to 80°C by using a Wheatstone bridge-based RTD. Researchers added LM35 temperature sensor Type DZ. Testing in solenoida coil connects one with the LM35. This study was done by comparing the temperature data shown in alcohol thermometer and digital volt meter simultaneously. Matching of the data uses a second order polynomial function and linearity. The relationship between voltage and temperature is shown with linear equation $y = 0.007x - 0.197$ with regression value $R^2 = 0.979$ which is a good value because it close to one.

Key words: Temperature sensor, potential difference, digital signal conditioner

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dari masa ke masa berkembang pesat terutama di bidang otomasi industri. Perkembangan ini tampak jelas di dunia industri, di mana sebelumnya banyak pekerjaan menggunakan tangan manusia, kemudian beralih menggunakan mesin, berikutnya dengan semi otomatis dan sekarang sudah menggunakan *robotic full automatic*. Peralatan yang menggunakan sensor suhu dan juga sensor cahaya merupakan salah satu peralatan yang menggunakan sistem *robotic full automatic*.

Sensor suhu erat kaitannya dengan konsep kelistrikan. Oleh karena itu, materi praktikum ini akan sangat membantu kita sebagai praktisi dan juga calon praktisi pendidikan khususnya fisika yang saat ini identik dengan sekolah menengah atas (SMA) dan sekolah menengah kejuruan (SMK). Salah satu standar kompetensi dalam mata pelajaran fisika di SMK adalah memahami konsep kelistrikan dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Agar siswa dapat belajar dengan lebih bersemangat, perlu kiranya guru memberikan informasi yang sesuai dengan kenyataan yang ada di lingkungan sekitar siswa.

Sensor RTD, antara lain berbentuk lapisan tipis (*thin layer*) dan lilitan solenoida [1]. Pada eksperimen ini akan dibuat sensor suhu berbasis RTD menggunakan solenoida dengan bahan dasar tembaga (Cu). Mengingat bahwa bahan tersebut lebih murah dan mudah dicari. Rancangan

sensor suhu berbasis Resistor Temperature Detectors (RTD) yang akan dikembangkan mengaplikasikan konsep rangkaian jembatan Wheatstone. Dalam dunia pendidikan, konsep rangkaian jembatan Wheatstone sudah sangat dikenal untuk menentukan hambatan yang belum diketahui pada rangkaian berbentuk belah ketupat. Namun hampir sebagian besar belum diketahui aplikasi nyata dari rangkaian jembatan Wheatstone ini pada kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber belajar dalam mengaplikasikan konsep-konsep dasar fisika, misalnya rangkaian jembatan Wheatstone. Konsep ini terdapat pada materi listrik dinamis kelas X semester genap SMA dan Kelas XII semester gasal SMK. Berdasarkan penjelasan ini, diharapkan kita dapat mengetahui gambaran tentang sensor suhu yang dapat menambah informasi bagi kita dan dapat merancang suatu kegiatan pembelajaran yang nantinya dapat diimplementasikan pada anak didik di sekolah.

II. TEORI

RTD merupakan termometer resistansi, salah satu jenis alat ukur suhu. Termometer resistansi bekerja berdasarkan prinsip perubahan nilai resistansi sebuah logam yang seiring dengan perubahan suhu [2]. RTD atau dikenal dengan detektor temperatur tahanan adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran

temperatur dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga atau nikel (Gambar 1). Perubahan tahanan pada RTD lebih linear terhadap temperatur uji tetapi memiliki koefisien resistansi yang lebih rendah dari *thermistor*. Model matematis linear resistor adalah

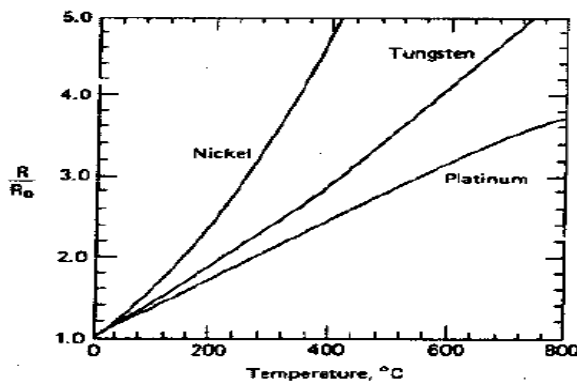
$$R_T = R_o (1 + \alpha \cdot \Delta t) \tag{1}$$

dengan

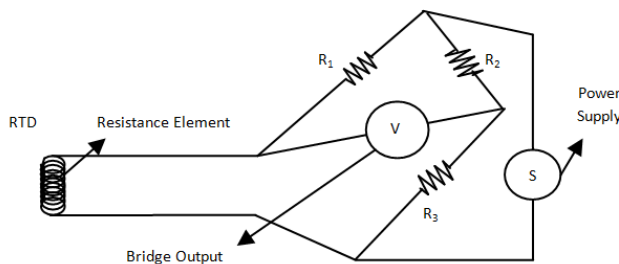
- R_o = Tahanan konduktor pada suhu awal (biasanya 0°C)
- R_T = Tahanan konduktor pada temperatur °C
- α = Koefisien temperatur tahanan
- Δt = Selisih antara suhu awal dengan suhu akhir

Jembatan Wheatstone adalah rangkaian yang terdiri dari empat buah hambatan [2]. Jembatan Wheatstone dibentuk konfigurasi RTD. Ada tiga macam konfigurasi RTD, yaitu *Two Wire Connections*, *Three-Wire Connections*, *Four-Wire Connections*. Dalam penelitian ini digunakan RTD tipe *Two Wire Connections* seperti terlihat pada Gambar 2.

Jenis konfigurasi dalam penelitian ini memiliki dua kawat penghubung untuk dapat mengukur besar resistansinya atau menghubungkannya dengan bagian rangkaian yang lainnya. Seperti pada umumnya resistor biasa yang disambung dengan kawat tambahan, konfigurasi koneksi tipe ini sangatlah mudah untuk diaplikasikan.



Gambar 1. Resistansi versus temperatur untuk variasi RTD metal.



Gambar 2. RTD dengan konfigurasi *Two-Wire Connections*.

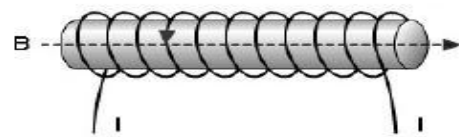
Solenoida (Gambar 3) adalah seutas kawat panjang yang berbentuk heliks atau berbentuk lilitan [3]. Sebuah solenoida digunakan untuk menghasilkan medan magnet

yang kuat dan seragam dalam daerah yang dikelilingi oleh simpalnya [4]. Solenoida ideal terjadi ketika lilitannya rapat dan panjangnya lebih besar daripada jari-jari lilitannya. Dalam kasus ini, medan magnet bagian luarnya bernilai mendekati nol dan medan magnet bagian dalamnya homogen pada suatu volume yang besar [3].

Tahanan suatu konduktor berubah seiring dengan perubahan suhu hampir secara linear [3]. Untuk logam-logam seperti tembaga, perubahan resistansinya hampir sebanding dengan perubahan suhu. Akan tetapi suatu daerah yang non linear selalu muncul pada suhu yang sangat rendah dan resistivitasnya biasanya mencapai suatu nilai tertentu ketika suhu mendekati nol mutlak.

Termometer merupakan alat yang sering digunakan untuk mengukur suhu, tetapi pada penelitian ini termometer tidak dapat dihubungkan dengan rangkaian. Dengan demikian, dibutuhkan alat yang dapat dihubungkan pada rangkaian tersebut. Dalam percobaan ini peneliti menggunakan statif. Termometer digunakan sebagai pendeteksi dan pengukur perubahan suhu pada pemanasan.

Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan yang ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 100°C setara dengan 1 Volt. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (*self heating*) kurang dari 0,1°C, dapat dioperasikan dengan menggunakan *power supply* tunggal dan dengan mudah dapat dihubungkan secara antar muka (*interface*) dengan rangkaian *control*.



Gambar 3. Solenoida.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di dusun Pondok 1 Wonolelo RT.01/RW.30 Widodomartani, Ngemplak, Sleman. Pada penelitian ini akan diamati bagaimana pengaruh kawat lilitan solenoida dalam merespon perubahan suhu lingkungan terhadap beda potensial. Respon sensor terhadap lingkungan ditandai dengan adanya perubahan tegangan pada rangkaian. Suhu lingkungan akan dibuat naik dengan mencelupkan lilitan pada medium yang diisi air.

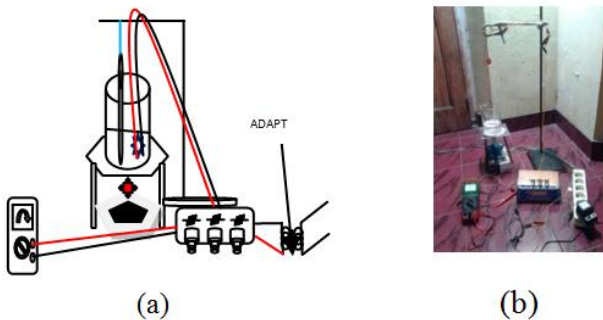
A. Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat dan bahn yang digunakan.

Alat	Bahan
1. Statif.	1. Kawat tembaga.
2. Tabung Glass 600 mL.	2. 3 buah pontensiometer 1 kΩ.
3. Termometer.	3. Papan PCB.
4. Pemanas.	4. 3 buah resistor 100 Ω.
5. Adaptor .	5. Air.
6. Multimeter digital.	6. LM 35 DZ.

B. Prosedur Percobaan

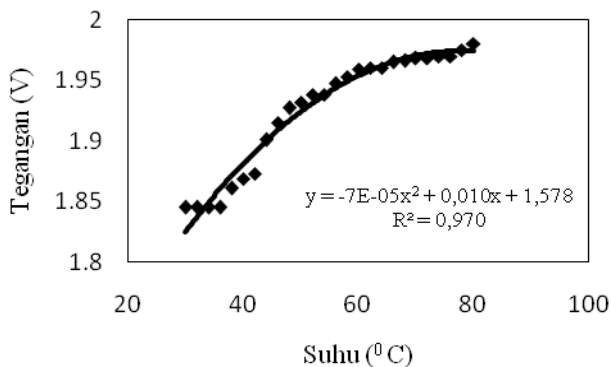
1. Rangkaian jembatan Wheatstone dibuat seperti Gambar 2.
2. Seluruh alat dan bahan dirangkai seperti pada Gambar 4.
3. Air dipanaskan kemudian diamati pergerakan skala multi meter dari suhu 30°C hingga 80°C.
4. Pengaruh suhu dengan beda potensial sangat kecil sehingga tidak dapat dibaca dengan menggunakan multimeter biasa. Oleh karena itu digunakan multimeter digital dengan 100 lilitan serta, tahanan masing-masing $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$, $R_3 = 300 \Omega$ serta beda potensial masuk adalah 4,5 Volt.
5. Pada rangkaian ditambahkan LM 35 tipe DZ.
6. Ketika melakukan pengujian sensor suhu, salah satu ujung kumparan solenoida dihubungkan dengan LM 35.
7. Suhu yang ditampilkan termometer alkohol dan volt meter digital dibaca secara bersamaan.
8. Hasil yang didapat dicatat untuk tiap kenaikan skala sebesar 2°C.



Gambar 4. Rangkaian percobaan.

IV. HASIL PERCOBAAN

Pada penelitian ini pengujian sensor solenoida dan LM35DZ digambarkan seperti Gambar 5. Persamaan polinomial yang dihasilkan saat pemanasan adalah $y = -7E-05x^2 + 0,010x + 1,578$ yang artinya tingkat polinomial adalah $-7E-05x^2 + 0,010x + 1,578$ yang digambarkan dengan garis lurus. Selain itu, untuk nilai regensinya adalah $R^2 = 0,971$.

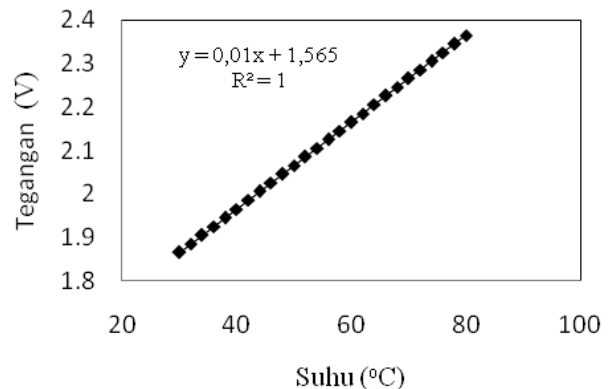


Gambar 5. Hubungan antara tegangan dan suhu.

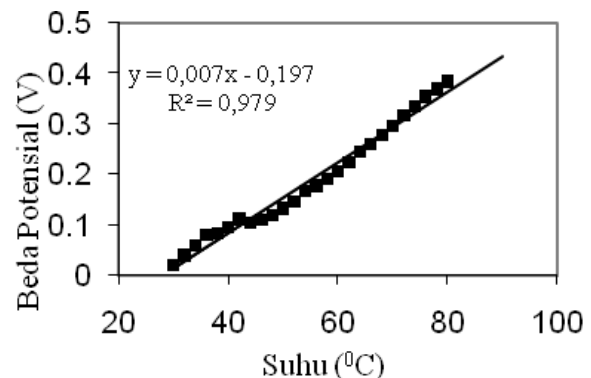
Rangkaian ini sangat sederhana dan praktis. V_{out} adalah tegangan keluaran sensor yang terskala linear terhadap suhu terukur, yakni 10 mV/1°C.

Pada praktikum kali ini, persamaan polinomial yang dihasilkan saat pemanasan adalah $y = 0,01x + 1,565$ yang digambarkan dengan garis lurus. Nilai regresinya yang diperoleh adalah sebesar $R^2 = 1$.

Berdasarkan hasil pengamatan, terdapat hubungan antara beda potensial dan suhu pada saat dipanaskan. Hal ini sesuai dengan teori bahwa untuk solenoida ini jika suhunya dinaikkan maka beda potensialnya yang dihasilkan adalah naik pula. Untuk selisih dari solenoida dan LM 35 dapat dilihat seperti Gambar 7. Persamaan linear yang dihasilkan saat pemanasan adalah $y = 0,007x - 0,197$ yang digambarkan dengan garis lurus dengan nilai regensinya sebesar $R^2 = 0,979$. Nilai regresi ini sudah cukup baik karena mendekati nilai satu. Hal ini kemungkinan besar disebabkan karena ketidaktepatan dan ketidakakuratan dalam pembacaan hasil beda potensial pada multimeter karena menggunakan multimeter digital biasa. Linearitas sensor ini juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor tersebut. Dari grafik pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa alat tersebut sangat peka sehingga menghasilkan data yang akurat sesuai dengan teori. Grafik tersebut menunjukkan bahwa alat ini sangat sensitif. Dengan sedikit saja kenaikan suhu, beda potensialnya sudah bisa naik.



Gambar 6. Hubungan antara tegangan dan suhu.



Gambar 7. Selisih data solenoida dengan LM35.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil uji penelitian ini pada solenoida berbasis *Resistance Temperature Detector (RTD)* tipe *Two Wire Connections* mulai dari suhu 30°C hingga 80°C seperti ditunjukkan pada Gambar 7 memiliki tanggapan linear dengan fungsi alih untuk *range* $y = 0,007x - 0,197$. Artinya, tingkat linearitasnya adalah $y = 0,007x - 0,197$ yang digambarkan dengan garis lurus dan nilai regensinya adalah $R^2 = 0,979$. Nilai ini sudah cukup baik karena mendekati satu.

VI. SARAN

1. Diharapkan orang yang melakukan penelitian ini memahami dengan benar tujuan, prinsip, dan prosedur praktikum sebelumnya. Hal ini disyaratkan agar proses pelaksanaan praktikum menjadi lancar dan diperoleh hasil yang akurat.
2. Perlu digunakan alat multi master untuk penelitian yang lebih akurat.

PUSTAKA

- [1] Fraden. J, *Handbook of Modern Sensor : Physics, Designs and Applications*, New York, Springer, 2003.
- [2] Marwah, *Rancangan Sistem Akuisisi Data dengan Pt-100 terhadap Fungsi Kedalaman Sumur Pengeboran Berbasis Mikrokontroler H8/3069F*, Jakarta, FMIPA Universitas Indonesia, 2013.
- [3] Serway dan Jewett, *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Jakarta, Salemba Teknik, 2010.
- [4] Tipler, *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 2*, Jakarta, Erlangga, 2001.

TANYA JAWAB

Elis L., UAD

? Hubungan antara kutub magnet dengan magnet permanen itu bagaimana?

Irnin Agustina D. A. (UAD)

@ Semakin besar kuat kutub magnet maka gaya tarik menariknya semakin kuat

Toha Firdaus,UAD

? Mengapa menggunakan batang aliko hanya satu variasi, sedangkan batang magnet yang lain tidak menggunakan batang magnet yang sama?

Irnin Agustina D. A. (UAD)

@ Kesulitan dalam pencarian bahan magnet.