

# PERANCANGAN TERMOKOPEL BERBAHAN BESI (FE) DAN TEMBAGA (CU) UNTUK SENSOR TEMPERATUR

Andi Rosman N.\*

Universitas Cokroaminoto Palopo

\*E-mail: andirosman37@gmail.com

**Abstrak.** Telah dilakukan perancangan termokopel berbahan besi (Fe) dan Tembaga (Cu) untuk sensor temperatur. Sensor akan dibuat dari dua jenis bahan yang berbeda yaitu besi dan tembaga. Temperatur referensi yang digunakan adalah 10°C. Prosedur pengambilan data pertama-tama termokopel dengan *hot junction* diikat bersama dengan solder sebagai sumber panas. Selain itu diikat juga dengan termokopel pabrik yang berfungsi sebagai kalibrator. Selanjutnya ujung yang lain dari termokopel (*cold junction*) akan dimasukkan ke wadah yang berisi es batu. Kemudian port untuk masing-masing termokopel akan dihubungkan dengan multimeter yang masing-masing digunakan untuk mengukur temperatur (°C) dan tegangan (mV). Dari hasil pengamatan dan analisis diperoleh bahwa untuk termokopel dengan bahan besi dan tembaga memiliki karakteristik sebagai berikut: koefisien Seebeck sebesar 0.001, hasil rerata temperatur naik dan turunnya masing masing (106,17 ± 0.82) °C dan (118,67 ± 0.90) °C. Sensitivitas dari termokopel adalah 0.5 mV/°C dengan linieritas sebesar 0.9.

**Kata Kunci:** Termokopel, Sensor Temperatur, Sensitivitas .

# INDONESIAN JOURNAL OF FUNDAMENTAL SCIENCES (IJFS)

E-ISSN: 2621-6728

P-ISSN: 2621-671X

Submitted: March 21<sup>st</sup>, 2018

Accepted : June, 4<sup>th</sup>, 2018

**Abstract.** The design of iron (Fe) and Copper (Cu) thermocouples has been carried out for temperature sensors. The sensor will be made of two different types of materials namely iron and copper. The reference temperature used is 10C. The data collection procedure is first of all a thermocouple with a hot junction is tied together with a solder as a heat source. Besides that, it is also tied to a factory thermocouple that functions as a calibrator. Then the other end of the thermocouple (cold junction) will be inserted into a container containing ice cubes. Then the ports for each thermocouple will be connected to a multimeter, each of which is used to measure temperature (oC) and voltage (mV). From the results of observations and analyzes, it was found that for iron and copper thermocouples had the following characteristics: Seebeck coefficient was 0.001, the mean temperature rises and falls respectively (106.17 ± 0.82) oC and (118.67 ± 0.90) oC. The sensitivity of the thermocouple is 0.5 mV / oC with linearity of 0.9.

## PENDAHULUAN

Teknologi pengukuran telah berkembang dengan pesat seiring dengan kebutuhan pengukuran yang akurat, beresolusi tinggi, teknik pengoperasian yang mudah serta biaya yang murah. Perkembangan tersebut meliputi metode, perangkat, bahan dan konfigurasi sistem sensor. Salah satu jenis sensor temperatur yang mudah dibuat adalah termokopel. Selain biaya pembuatan yang murah, termokopel juga mempunyai range pengukuran yang lebar dibanding dengan beberapa sensor temperatur jenis lainnya.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka akan dibuat jenis termokopel dari dua jenis bahan yang berbeda yaitu besi dan tembaga. Dari sambungan kedua bahan tersebut akan dilihat pengaruh perbedaan suhu antara dua sambungan logam dengan gaya gerak listrik yang timbul diantara ujung-ujung sambungan, yang kemudian akan terbaca sebagai beda potensial antara kedua ujung-ujungnya. Termokopel adalah salah satu jenis sensor temperatur yang digunakan untuk mengubah perbedaan panas dalam benda yang diukur suhunya dikonversi menjadi tegangan listrik. Termokopel adalah dua buah kawat logam yang berbeda jenisnya, dimana salah satu ujungnya disatukan. Jika kedua kawat yang telah disatukan tersebut menerima perlakuan panas, maka akan ada beda tegangan pada kedua ujung kawat lainnya. Besar beda tegangan tergantung dari bahan atau tipe dari termokopel tersebut. Perubahan tegangan yang diberikan oleh termokopel tersebut diproses lebih lanjut sehingga didapat nilai temperatur yang sedang terjadi.

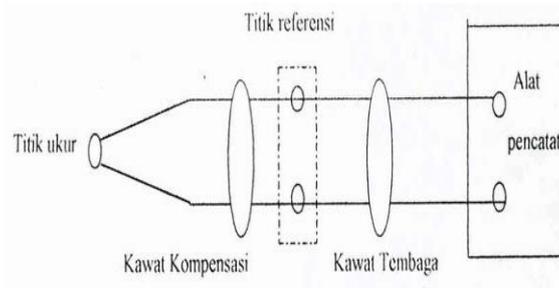
Termokopel merupakan sambungan (*junction*) dua jenis logam atau campuran yang salah satu sambungan logam tadi diberi perlakuan suhu yang berbeda dengan sambungan lainnya. Sambungan logam pada termokopel terdiri dari dua sambungan, yaitu 1) *Reference junction* (*cold junction*), merupakan sambungan acuan yang suhunya dijaga konstan dan biasanya diberi suhu yang dingin. 2) *Measuring junction* (*hot junction*), merupakan sambungan yang dipakai untuk mengukur suhu. Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C. Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan (sambungan yang dingin) dijaga sebagai temperatur referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran.

Ada banyak jenis termokopel, tergantung aplikasi penggunaannya diantaranya: 1) Tipe K (*Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)*). Termokopel jenis ini digunakan untuk tujuan umum. Tersedia untuk rentang suhu -200 °C hingga +1200 °C. 2) Tipe E (*Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)*). Termokopel tipe E memiliki output yang besar (68  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik. 3) Tipe J (*Iron / Constantan*). Termokopel yang rentangnya terbatas (-40 hingga +750 °C) membuatnya kurang populer dibanding

tipe K Tipe J memiliki sensitivitas sekitar  $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . 4) Tipe N (*Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)*). Termokopel dengan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas  $1200^\circ\text{C}$ . Sensitifitasnya sekitar  $39 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  pada  $900^\circ\text{C}$ , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.

Selain termokopel jenis diatas juga dikenal termokopel tipe B (*Platinum-Rhodium/Pt-Rh*), R (*Platinum /Platinum with 7% Rhodium*), dan S (*Platinum /Platinum with 10% Rhodium*). Ketiga jenis terkomopel tersebut adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitifitasnya rendah (sekitar  $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ( $>300^\circ\text{C}$ ).

Termokopel bekerja berdasarkan pembangkitan tenaga listrik pada titik sambung dua buah logam yang tidak sama (titik panas/titik ukur). Ujung lain dari logam tersebut sering disebut titik referensi (titik dingin) dimana temperaturnya konstan.



Gambar 1. Skema dari termokopel

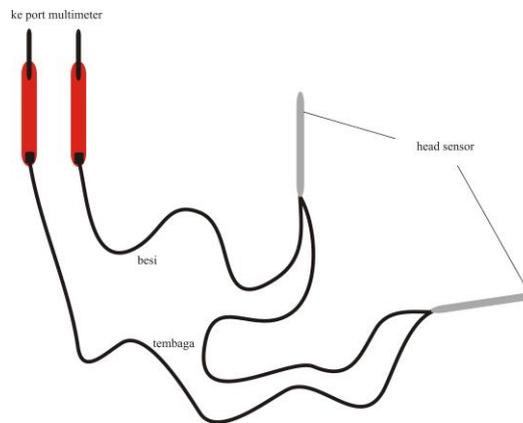
Umumnya termokopel digunakan untuk mengukur temperatur berdasarkan perubahan temperatur menjadi sinyal listrik. Bila antara titik referensi dan titik ukur terdapat perbedaan temperatur, maka akan timbul GGL yang menyebabkan adanya arus pada rangkaian. Bila titik referensi ditutup dengan cara menghubungkannya dengan sebuah alat pencatat maka penunjukan alat ukur akan sebanding dengan selisih temperatur antara ujung panas (titik ukur) dan ujung dingin (titik referensi).

## METODE PENELITIAN

### Desain dan Spesifikasi Termokopel

Desain termokopel sebagai sensor temperatur diperlihatkan pada Gambar 2. Spesifikasi dari termokopel yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua buah kawat tembaga dan besi dengan panjang 35 cm. diameter tembaga dan besi masing adalah 0,6 dan 0,7 mm. bahan lainnya yang digunakan adalah port yang nanti akan disambungkan dengan multimeter, pelindung kawat, serta *head* sensor. Temperatur referensi yang digunakan adalah  $1^\circ\text{C}$ . Pembuatan sensor termokopel dimulai dengan

menyambungkan kawat besi dengan tembaga menggunakan las khusus. Kemudian memberikan pengaman kawat, menyambungkan dengan port dan head sensor.



Gambar 2. Desain sensor termokopel

Prinsip kerja sensor termokopel adalah sebagai berikut. Termokopel yang terdiri dari dua sambungan bahan salah satu sambungannya dijaga konstan dengan cara memasukkannya kedalam es batu yang juga akan menjadi temperatur referensi. Sementara satu sambungan akan menjadi sensor akan membaca perubahan temperatur akibat dipanaskan berupa tegangan. Besar tegangannya dalam orde mV.

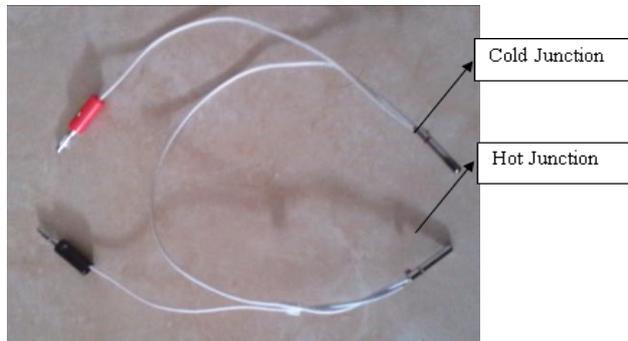
### Set Up Eksperimen

Pertama-tama termokopel dengan *hot junction* diikat bersama dengan solder sebagai sumber panas. Selain itu diikat juga dengan termokopel pabrik yang berfungsi sebagai kalibrator. Selanjutnya ujung yang lain dari termokopel (*cold junction*) akan dimasukkan ke wadah yang berisi es batu. Kemudian *port* untuk masing-masing termokopel akan dihubungkan dengan multimeter yang masing-masing digunakan untuk mengukur temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan tegangan (mV). Pengambilan data dilakukan dengan mencatat suhu yang terbaca pada multimeter tiap kenaikan maupun penurunan 0,1 mV. Selanjutnya data tersebut akan diolah berdasarkan grafik maupun perhitungan secara teori. Hal ini dilakukan untuk melihat karakteristik dari rancangan sensor termokopel yang akan dibuat. Karakteristik yang akan diamati dalam penelitian ini adalah karakteristik statis dari sensor termokopel. Berbagai karakteristik dari sensor yang akan diamati adalah seberapa besar sensitifitas, linearitas, error, histeresis, %FSO dan besar koefisien Seebeck dari termokopel.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan dari sensor termokopel dapat dilihat pada gambar 3 Pada gambar tersebut *port* sensor yang berwarna merah merupakan kawat besi, dan *port* sensor berwarna hitam adalah bahan termokopel yang terbuat dari kawat tembaga.

Setelah melakukan pembuatan sensor termokopel, langkah selanjutnya adalah membuat set-up eksperimen yang terlihat seperti pada gambar 4.



Gambar 3. Realisasi sensor termokopel



Gambar 4. Karakterisasi sensor

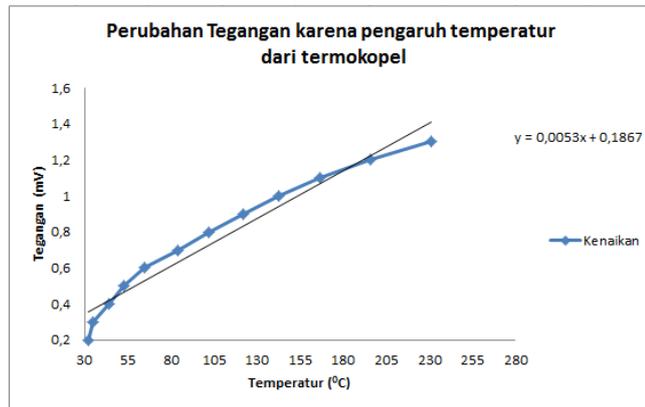
Data hasil pengamatan perubahan temperatur dari termokopel dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 yang menyajikan pengamatan kenaikan dan penurunan temperatur per 0,1 mV.

Tabel 1. Data hasil pengamatan saat temperatur naik

| No | Tegangan (mV) | Temperatur naik (°C) |
|----|---------------|----------------------|
| 1  | 0,2           | 32                   |
| 2  | 0,3           | 35                   |
| 3  | 0,4           | 44                   |
| 4  | 0,5           | 53                   |
| 5  | 0,6           | 65                   |
| 6  | 0,7           | 84                   |
| 7  | 0,8           | 102                  |
| 8  | 0,9           | 122                  |
| 9  | 1,0           | 143                  |

|    |     |     |
|----|-----|-----|
| 10 | 1,1 | 167 |
| 11 | 1,2 | 196 |
| 12 | 1,3 | 231 |

Berdasarkan pada tabel diatas diperoleh rerata temperatur untuk kenaikan adalah  $(106,17 \pm 0.82) ^\circ\text{C}$ . Dari data tersebut kemudian dibuat grafik hubungan antara perubahan tegangan akibat perubahan temperatur saat naik yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Perubahan Tegangan akibat pengaruh temperatur naik dari termokopel

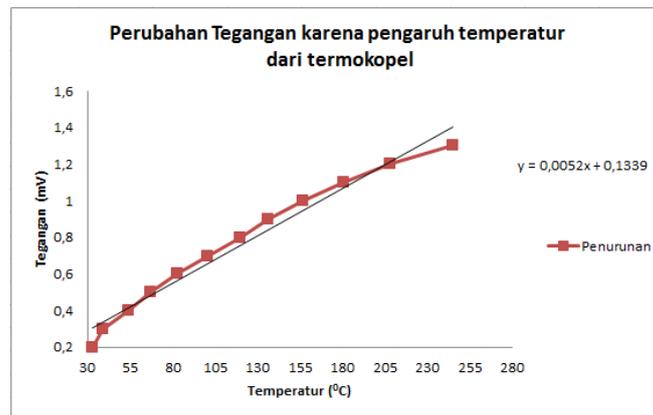
Selanjutnya untuk data saat temperatur turun dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data hasil pengamatan saat temperatur turun

| No | Tegangan (mV) | Temperatur turun ( $^\circ\text{C}$ ) |
|----|---------------|---------------------------------------|
| 1  | 0,2           | 33                                    |
| 2  | 0,3           | 39                                    |
| 3  | 0,4           | 54                                    |
| 4  | 0,5           | 67                                    |
| 5  | 0,6           | 83                                    |
| 6  | 0,7           | 101                                   |
| 7  | 0,8           | 120                                   |
| 8  | 0,9           | 136                                   |
| 9  | 1,0           | 157                                   |
| 10 | 1,1           | 181                                   |
| 11 | 1,2           | 208                                   |
| 12 | 1,3           | 245                                   |

Untuk rerata temperatur saat turun adalah  $(118,67 \pm 0.90) ^\circ\text{C}$ . Selanjutnya dari

data tersebut dibuat grafik (gambar 6) hubungan antara perubahan tegangan akibat penurunan temperatur.



Gambar 6 Perubahan Tegangan akibat pengaruh temperatur turun dari termokopel

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai histeresis sebesar 141.67, %FSO dan % reading untuk akurasi masing masing sebesar -266.66 dan -21166566. Dari kedua grafik diatas terlihat bahwa sensitivitas dari sensor adalah 0.50 mV/°C dengan linieritas 0.9. Artinya setiap kenaikan ataupun penurunan temperatur tiap 1 °C akan mengakibatkan perubahan tegangan sebesar 0,50 mV. Dari grafik juga diperoleh besar koefisien Seebeck sebesar 0,001.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan analisis diperoleh bahwa untuk termokopel dengan bahan besi dan tembaga memiliki karakteristik sebagai berikut: koefisien Seebeck sebesar 0.001, hasil rerata temperatur naik dan turunnya masing masing (106,17 ±0.82) °C dan (118,67 ±0.90) °C. Sensitivitas dari termokopel adalah 0.5 mV/°C dengan linieritas sebesar 0.9.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kariem, Saeful dan Sunardi. (2003). Penentuan Elektromotansi Thermal Beberapa Jenis Termokopel Dengan Pasangan Logam Yang Bervariasi. UPI. Bandung.
- Mukhtar, M. (2017, May). A STUDY OF LENGTH SCRATCH VARIATIONS ON MULTIMODE OPTICAL FIBER (FOM) FOR TEMPERATURE SENSOR. In *Proceeding International Conference on Natural and Social Science (ICONSS) 2017* (Vol. 1, No. 1).
- Persea, Harry A,dkk. (2011). Termokopel Tipe K. UKM. Bandung.
- Rosman, A. (2017). PERANCANGAN POWER SUPPLY 4.5 DAN 11.5 VOLT MENGGUNAKAN RANGKAIAN REGULATOR ZENER FOLLOWER. *Scientific Pini*, 3(1), 55-59.

Rosman, A., & Srirahayu, A. (2017). ANALISIS MODEL LEKUKAN PADA SERAT OPTIK MULTIMODE SEBAGAI SENSOR PERGESERAN. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 3(2), 80-85.