
OPTIMALISASI DIAMETER KAWAT UNTUK KOMPONEN SENSOR SUHU RENDAH BERBASIS SUSEPTIBILITAS

HALLEyna WIDYASARI
halleynewidyasari0@gmail.com

Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indraprasta PGRI

MOH. TOIFUR
mtoifur@yahoo.com

Program Studi Fisika
FMIPA Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

Abstrak. Telah dilakukan penelitian sensor suhu rendah berbasis suseptibilitas magnet. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh diameter kawat yang paling sesuai untuk digunakan sebagai sensor suhu rendah. Sampel kawat dipilih secara acak yaitu tiga buah solenoida dengan diameter kawat 0.10 mm; 0.15 mm; dan 0.20 mm. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan suhu medium yang divariasikan dari 157°K s/d 253°K. Pengambilan data dilakukan pada arus dengan multimaster, medan magnet induksi dengan gaussmeter, suhu medium dengan termokopel digital. Nilai suseptibilitas magnet medium diperoleh dengan regresi linier data arus listrik dan induksi magnet. Berdasarkan analisis data dapat disimpulkan solenoida dengan diameter kawat 0.15 mm merupakan solenoida yang paling sesuai digunakan sebagai sensor suhu dingin. Sensor ini memiliki tingkat linearitas yang lebih baik dan lebih peka dibandingkan sensor yang lain. Persamaan hubungan arus-suhu mengikuti $I = -0,00048T + 0,1819$ dengan I adalah arus dan T suhu medium.

Kata kunci: diameter kawat, arus listrik, induksi magnet, suhu, suseptibilitas, sensor suhu rendah

Abstract. Research has been carried out low-temperature sensors based magnetic susceptibility. The study was conducted in order to obtain the most appropriate wire diameter to be used as a low temperature sensor. As the sample used three solenoid with a wire diameter of 0.10 mm; 0.15 mm; and 0.20 mm. Experiments performed using the room temperature was varied from 157K until 253K. Data collection was performed on the multimaster current, the magnetic field induced by the gaussmeter, medium temperature with a digital thermocouple. Medium magnetic susceptibility values obtained by linear regression of data electric current and magnetic induction. Based on the analysis of the data it can be concluded solenoid with a wire diameter of 0.15 mm is most suitable solenoid is used as a temperature sensor cold. This sensor has a degree of linearity better and more sensitive than other sensors. Equation-temperature circuit followed by $I = -0,00048T + 0,1819$ I is the current and T the temperature of the medium.

Keywords: wire diameter, electric current, magnetic induction, temperature, susceptibility, low temperature sensor

PENDAHULUAN

Nilai suseptibilitas magnet (χ_m) merentang dari negatif (diamagnetik) sampai positif (paramagnetik dan feromagnetik). Pada medium, mengubah kerapatan atom-atom atau molekul-molekul medium serta kopling momen magnet antar atom-atom dapat dilakukan dengan mengubah suhu (panas) atau dengan perlakuan mengubah tekanan sehingga terjadi perubahan suhu. Dengan demikian jika medium tersebut ditempatkan dalam lingkungan medan magnet maka suseptibilitas magnet (χ_m) akan berubah.

Penelitian dengan memanfaatkan nitrogen cair sebagai pendingin untuk memperoleh suhu rendah telah dilakukan oleh Carl Richter dan Ben A. van der Pluijm Mereka menggunakan metode suhu rendah untuk membedakan suseptibilitas bahan paramagnetik dan ferrimagnetik. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan menaikkan suhu 77 K sampai pada suhu ruang. Dari hasil penelitiannya, hanya bahan paramagnetik yang menunjukkan ketergantungan linier terhadap suhu [1].

Dengan memanfaatkan ketergantungan suseptibilitas magnet (χ_m) terhadap suhu tersebut maka memungkinkan menggunakan besaran suseptibilitas magnet (χ_m) sebagai sensor asalkan memenuhi syarat-syarat sensor seperti watak linear, sensitif dan responsif [2]. Dalam menentukan nilai suseptibilitas magnet (χ_m) dibutuhkan pembangkit medan induksi magnet. Kemampuan solenoid untuk menghasilkan medan induksi magnet tergantung pada beberapa hal diantaranya adalah arus yang mengalir dalam solenoid, ukuran diameter solenoid, jumlah lilitan, diameter bahan, panjang lilitan, jenis bahan, dan lain sebagainya.

Atas dasar inilah maka diteliti kemungkinan penggunaan diameter kawat yang optimal sebagai pembangkit medan induksi magnet untuk komponen pada sensor suhu rendah. Hukum *Curie-Weiss* menggambarkan ketergantungan suseptibilitas magnet (χ_m) terhadap suhu T seperti ditunjukkan pada persamaan 1:

$$\chi_m = \frac{C}{T - \theta} \quad (1)$$

Dengan C adalah Konstanta *Currie*, T suhu dan θ suhu *Currie* [3].

Dalam ruang vakum, medan induksi B suatu bahan magnetik ditentukan oleh kuat magnet H dengan permeabilitas vakum μ_0 , seperti pada persamaan 2.

$$B = \mu_0 H \quad (2)$$

Apabila dalam ruang vakum tersebut diberi bahan yang mengalami magnetisasi M , maka besarnya medan magnet seluruhnya ditunjukkan pada persamaan 3.

$$B = \mu_0 (H + M) \quad (3)$$

Dengan memasang M dengan $\chi_m H$, maka diperoleh persamaan 4:

$$B = \mu_0 (H + \chi_m H) \quad (4)$$

sehingga diperoleh:

$$\chi_m = \frac{B}{\mu_0 H} - 1 \quad (5)$$

Dari persamaan 5 tersebut dapat diketahui suseptibilitas magnet χ_m sebanding dengan medan induksi B .

Besarnya medan induksi B dipengaruhi oleh arus I yang melewati kumparan, jumlah lilitan N dalam kumparan, dan panjang kumparan L seperti ditunjukkan pada persamaan (6) [4]. Sedangkan arus I sesungguhnya adalah aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif. Elektron yang mengalir dalam sebuah kawat bisa diibaratkan aliran air yang melewati sebuah pipa, Bila pipanya kecil maka aliran airnya juga kecil,

sebaliknya bila pipa berukuran besar, maka debit airnya juga besar. Dengan analogi tersebut, maka makin besar ukuran kawat makin besar arus listrik yang lewat juga akan makin besar atau dengan kata lain hambatan kawatnya makin kecil. Sehingga arus I makin besar dan selanjutnya medan induksi B pun juga akan makin besar. Oleh karena itu terdapat kaitan antara diameter kawat dengan arus I sebagai pembangkit medan induksi B .

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2L} \quad (6)$$

Kemampuan suatu penghantar dalam mengalirkan arus pada hakekatnya dapat ditunjukkan dari nilai hambatan jenis penghantar. pada umumnya ada tiga faktor yang memengaruhi hambatan yaitu temperatur (suhu), campuran bahan dan tekanan mekanis. Hambatan pada beberapa bahan konduktor (terutama pada bahan logam murni) akan bertambah dengan kenaikan suhu. Hambatan berubah sesuai dengan perubahan suhu dengan persamaan:

$$R_t = R_0(1 + \alpha_0 t) \quad (7)$$

Dengan R_t hambatan pada t °C, R_0 hambatan pada 0 °C, α_0 koefisien temperatur hambatan per °C pada 0 °C, t suhu °C.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada suatu medium dalam sebuah wadah I yang bersuhu rendah. Suhu rendah pada wadah ini adalah suhu dari uap gas nitrogen cair. Dengan menuangkan nitrogen cair ke dalam wadah, maka diperoleh medium uap nitrogen cair yang suhunya dapat berubah bila mendapat tekanan udara luar. Di dalam wadah II yang terpisah, disiapkan solenoid dengan diameter kawat 0.10 mm yang terhubung dengan sumber tegangan sebagai pembangkit arus listrik dan amperemeter untuk membaca arus yang mengalir dalam solenoid tersebut. Kemudian wadah II dimasukkan ke dalam wadah I yang bersuhu rendah.

Pengambilan data

Setelah wadah II terpasang pada wadah I, selanjutnya dipasang termokopel digital dan gausmeterr di bagian atas solenoid sebagai alat pengukur suhu medium dan besarnya induksi magnet yang ditimbulkan dari solenoid berarus listrik. Saat suhu medium menunjukkan nilai 157 K, mulai dilakukan pengambilan data arus listrik dan induksi magnet. Pengambilan data dilakukan setiap kenaikan suhu 2 derajat dan diakhiri ketika suhu medium menunjukkan nilai 253 K. Data ditulis pada tabel yang disediakan.

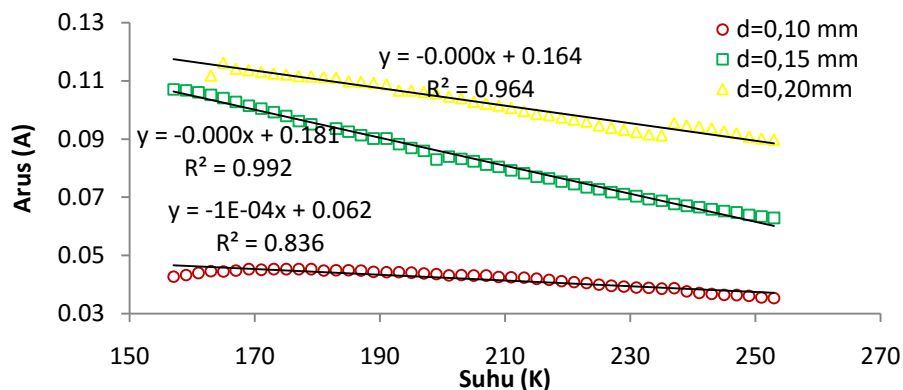
Selanjutnya penelitian dilakukan dengan cara yang sama untuk diameter kawat yang berbeda yaitu kawat yang memiliki diameter lebih besar. Pemilihan diameter 0.15 mm dan 0.20 mm dilakukan secara acak.

Analisis data

Dari tiap kawat yang digunakan, data yang terkumpul adalah data suhu medium, arus listrik, dan induksi magnet. Dari data tersebut dilakukan regresi linier untuk data arus listrik dan suhu serta induksi magnet dan suhu. Dari data arus listrik dan induksi magnet, dihitung besarnya suseptibilitas mengikuti persamaan (5) untuk selanjutnya dilakukan regresi linier antara suseptibilitas dan suhu.

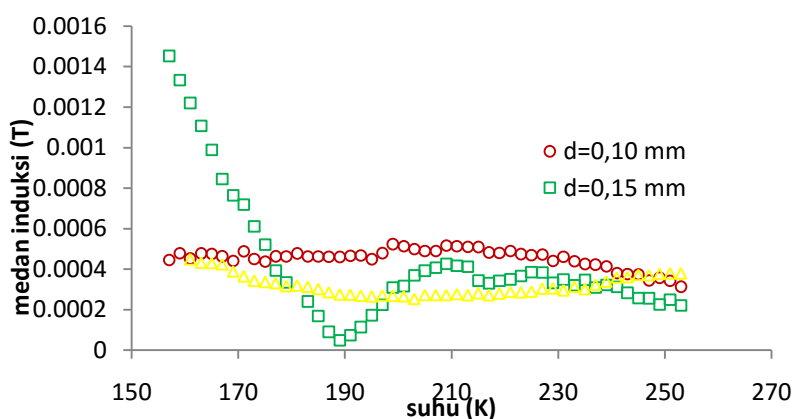
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data dilakukan plotting data antara arus dan suhu, induksi magnet dan suhu, serta suseptibilitas dan suhu. Hanya Gambar 1. yang menunjukkan hubungan linier yaitu antara arus I dengan suhu T pada berbagai diameter kawat sesuai persamaan pada tabel 1.

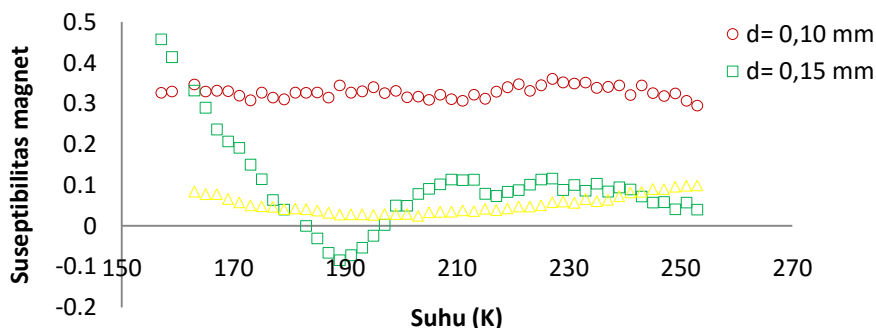


Gambar 1. Grafik hubungan I terhadap T

Pada gambar 1 menunjukkan suhu berhubungan linier pada perubahan arus.



Gambar 2. Grafik hubungan B terhadap T



Gambar 3. Grafik Hubungan χ_m terhadap T

Tabel 1. Persamaan linier arus terhadap suhu pada berbagai diameter kawat

No	Diameter kawat	Persamaan	R^2
1	0,10	$I = -0,0000995T + 0,062$	0,8360
2	0,15	$I = -0,00048T + 0,0452$	0,9926
3	0,20	$I = -0,003T + 0,165$	0,9643

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan analisis data dapat disimpulkan solenoida dengan diameter kawat 0,15 mm merupakan solenoida yang paling sesuai digunakan sebagai sensor suhu rendah. Persamaan hubungan arus-suhu mengikuti $I = -0,00048T + 0,1819$ dengan I adalah arus dan T suhu medium.

DAFTAR PUSTAKA

- Richter, Carl dan Ben A. van der Pluijm. 1994. "Separation of paramagnetic and ferrimagnetic susceptibilities using low temperature magnetic susceptibilities and comparison with high field methods". *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 82: 113—123
- Toifur, Moh. 2007. *Sensor Suhu untuk Medium Bersuhu Rendah Berbasis Suseptibilitas Magnet*. Jurnal Sains Indonesia.
- Kittel. *Solid State Physics 5th Ed*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Alonso, Marcelo dan Finn, Edward J. 1979. *Dasar-dasar Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.