

Rancang Bangun Eksperimen Pengukuran Suhu Rendah Menggunakan Fluxgate Sensor

By M. TOIFUR



Rancang Bangun Eksperimen Pengukuran Suhu Rendah Menggunakan Fluxgate Sensor

WENI YULIA¹⁾, MOH TOIFUR^{2,*)}

¹⁾ Pascasarjana Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan. Jl. Pramuka Yogyakarta

E-mail: weni.yulia@gmail.com

E-mail: mtoifur@yahoo.com

TEL: 081917933215; FAX: -

ABSTRAK: Sensor magnetik adalah alat ukur yang bekerja berdasarkan perubahan medan magnet disekitarnya. Salah satu sensor yang digunakan adalah sensor *magnetic fluxgate*. Prinsip pengukuran medan magnet pada sensor fluxgate didasarkan pada hubungan antara kuat medan magnet induksi oleh kumparan eksitasi terhadap GGL induksi pada kumparan *pick up*. Sensor fluxgate dapat digunakan sebagai sensor suhu karena perubahan medan induksi terhadap suhu. Dalam penelitian ini sensor terdiri dari sepasang kumparan yaitu kumparan eksitasi dan kumparan *pick up*. Jumlah lilitan kumparan eksitasi dan kumparan *pick up* sebesar 300 lilitan. Sensor digunakan untuk mengukur suhu rendah dari -148 °C sampai 8 °C. Dari set data suhu (T_i) dan tegangan (V_i) dibuat kurva hubungan antara tegangan (V) dengan suhu (T). Analisis data dilakukan dengan menggunakan polinomial orde dua, dengan koefisien x merupakan tingkat kepekaan sensor dan indeks determinasi merupakan tingkat hubungan antara x dan y . Hasil penelitian menunjukkan tingkat kepekaan dan ketelitian dengan persamaan $y = -0,000x^2 - 0,086T + 3,539$ dan $R^2 = 0,969$ dengan $x = 0,086T$.

Kata Kunci: Sensor magnetik, Fluxgate, Jumlah lilitan, Suhu rendah.

PENDAHULUAN

Suhu merupakan besaran fisika yang memiliki peranan penting bagi kehidupan. Salah satu contoh peranan penting suhu yaitu dalam pengawetan bahan pangan. Pada suhu rendah dibawah 0° air murni membeku namun terdapat zat yang tidak dapat membeku sampai pada suhu -20°C. Bahan pangan jika ditempatkan pada suhu rendah dapat mengurangi kontaminasi, mengendalikan kerusakan oleh mikroba, serta mengendalikan pertumbuhan bahan mikroorganisme. Pada suhu rendah ada beberapa jenis sensor yang telah digunakan, diantaranya adalah termometer, sensor LM35 dan sensor magnetik.

Sensor adalah alat ukur yang bekerja berdasarkan perubahan medan magnet disekitarnya. Salah satu sensor yang digunakan adalah sensor *magnetic fluxgate*. Prinsip fungsional dasar dari fluxgate yaitu bagian sensor yang memiliki inti terbuat dari material yang dapat tersaturasi, dan memiliki dua kumparan, kumparan eksitasi dan kumparan *pick-up*. Sensor magnetik dengan prinsip fluxgate mempunyai sensitivitas yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk mengukur kuat medan magnet lemah. Kelebihan sensor fluxgate adalah ukurannya kecil, kebutuhan daya kecil, dan mempunyai kestabilan yang tinggi terhadap suhu dengan koefisien sensitivitas suhu 30 ppm/°C dan koefisien offset 0,1 nT. Peningkatan daya kerja sensor fluxgate (sensitivitas dan akurasi) dapat dilakukan dengan perbaikan pada desain struktur sensor, rangkaian pengolahan sinyal dan miniaturisasi ukuran sensor (*microfabrication technology*). Namun teknologi mikrosensor hanya menghasilkan sensitivitas sensor yang rendah karena luas penampang (*cross sectional*) menjadi kecil. Oleh karena itu dibutuhkan sensor magnetik dengan sensitivitas yang tinggi tentunya dengan harga yang terjangkau.

Pada penelitian ini akan dibuat rancang bangun sensor suhu rendah berbasis fluxgate sensor. Kesesuaian alat ini dengan kebutuhan yaitu untuk menyensor suhu semen sapi yang tersimpan dalam nitrogen cair secara terus menerus untuk memudahkan mengetahui kenaikan suhu secara dini. Jika suhu semen sapi tidak



terpantau maka suhu semen sapi di dalam termos akan naik sehingga menyebabkan sperma pada semen sapi mati (Shanon and Curson, 1984).

Sebagai informasi awal bahwa nitrogen tidak bersifat magnetik dan uap nitrogen tidak akan bereaksi secara kimia dengan udara. Nitrogen cair dapat mempengaruhi suhu udara di dalam solenoida sehingga menjadi sangat rendah tanpa harus terjadi reaksi antara udara dengan uap nitrogen. Maka suseptibilitas magnet murni disumbang oleh udara bersuhu sangat rendah.

METODE PENELITIAN

Untuk menentukan kurva hubungan antar tegangan dan suhu udara karena pengaruh uap Nitrogen cair, maka digunakan pencocokan data (*fitting data*) menggunakan fungsi polynomial yang paling dekat dengan kumpulan data (x_i, y_i) . dalam penelitian yang dilakukan digunakan pencocokan data *polynomial* orde dua, menurut persamaan (Bevington dan Robinson, 1992).

$$y(x) = ax^2 + bx + c \tag{1}$$

Nilai koefisien a dan b mengandung variable x dinamakan slope, artinya menunjukkan tingkat kemiringan kurva dan juga dapat digunakan untuk menentukan besar kecilnya nilai suatu fungsi. Sedangkan koefisien c dinamakan *intercept* merupakan titik perpotongan antara garis dengan sumbu y . Secara teoritis nilai c sebagai konstanta seharusnya bernilai nol, jika tidak sama dengan nol maka sesungguhnya terdapat ralat sistematis berupa *zero offset* baik yang bernilai positif atau bernialai negative. Nilai b positif menunjukkan nilai terlalu besar dari yang seharusnya sedangkan nilai koefisien b negatif menunjukkan terlalu kecil dari yang seharusnya. Dengan perhitungan nilai a, b , dan c sebagai berikut jika dilakukan analisis secara manual, namun juga dapat dilakukan dengan menggunakan *ms excel* menggunakan *add trendline* pada grafik yang telah dibuat.

$$a = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N x_i^2 y_i & \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N y_i & \sum_{i=1}^N x_i & N \end{vmatrix}}{\Delta} \tag{2}$$

$$b = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N x_i^4 & \sum_{i=1}^N x_i y_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i y_i & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N y_i \end{vmatrix}}{\Delta} \tag{3}$$

$$c = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N x_i^4 & \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i y_i^2 \\ \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N y_i \end{vmatrix}}{\Delta} \tag{4}$$

Sedangkan Δ adalah

$$\square = \begin{matrix} \sum_{i=1}^N x_i^4 & \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i & N \end{matrix} \quad (5)$$

Grafik hasil regresi dapat diuji kebaikan datanya dengan menggunakan *chi square* (χ^2) dan distribusi probabilitas $P_x(\chi^2; v)$ yang masing-masing menggunakan persamaan (Bevington, 2003).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - c - bx_i - ax_i^2)^2}{s_y^2} \quad (6)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum (y - y_{est})^2}{N - m}} \quad (7)$$

$$\chi_v^2 = \frac{\chi^2}{v} \quad (8)$$

$P_x(\chi; v)$ yang menyatakan kebolehjadian pengamatan nilai χ^2 dari hasil pengamatan dengan N pengamatan dan v derajat kebebasan. χ^2 tereduksi/ termodifikasi menjadi χ_v^2 dengan v adalah derajat kebebasan.

$$v = N_{data} - m \quad (9)$$

N adalah banyaknya data dan m adalah parameter persamaan garis, pada persamaan garis polynomial orde dua $m = 3$. Berdasarkan nilai *chi-square* tereduksi (χ_v^2) terhadap distribusi $P_x(\chi_v^2; v)$ menggunakan table C4 yang terdapat pada lampiran 5.

Kebajikan data dari hasil analisis yang dilakukan berdasarkan pada kajian Bevington (2003; 68) yang menyatakan bahwa hasil *fitting* yang memuaskan secara operasional memiliki *chi square* tereduksi (χ_v^2) yang mendekati 1 dan memiliki probabilitas $P_x(\chi_v^2; v)$ mendekati 0,5.

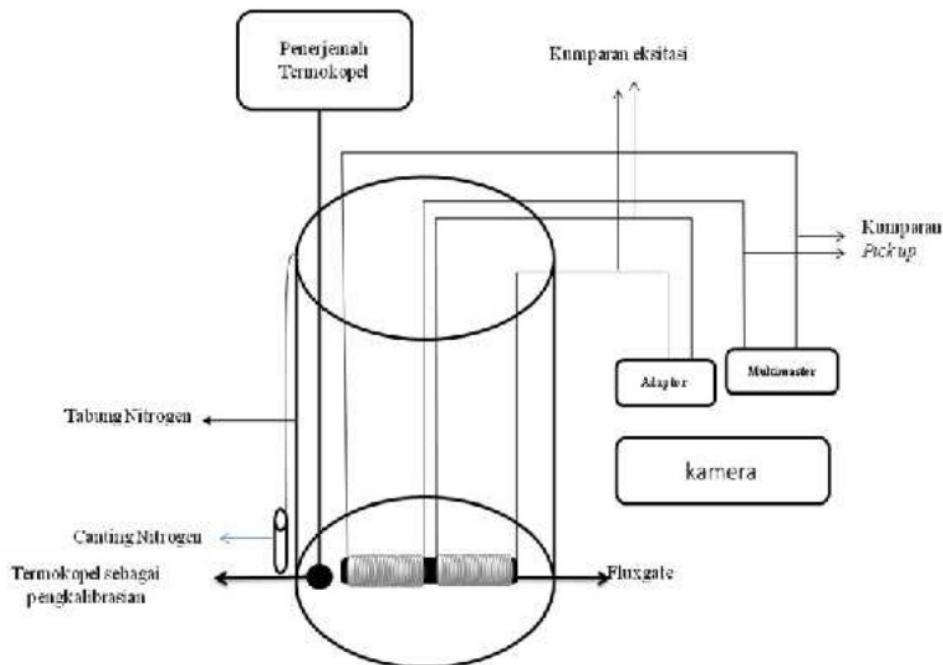
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dalam penelitian ini digunakan *fluxgate* pada gambar 1.



Gambar 1. Fluxgate

Proses pengambilan data berdasarkan rancang bangun 2 dengan proses penelitian pengukuran suhu rendah, digunakan rangkaian alat seperti pada gambar 3. berikut:



Gambar 2. Skema rangkaian penelitian pengambilan data



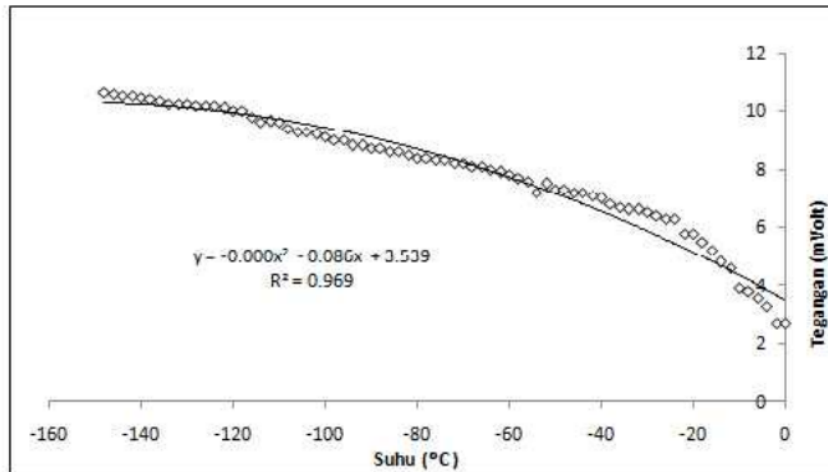
Gambar 3. Rangkaian alat pada saat pengambilan data pengukuran suhu rendah.

Pengambilan data menggunakan rangkaian pada gambar 3 dilakukan dengan memvideo nilai yang tertera pada alat ukur, yaitu penerjemah termokopel untuk mendapatkan nilai pengkalibrasian untuk suhu rendah yang berasal dari penguapan nitrogen cair berkisar dari suhu -148°C sampai dengan 2°C . Penggunaan multimaster difungsikan sebagai voltmeter yang digunakan untuk mendapatkan data tegangan dari *fluxgate sensor*.

Pembuatan lilitan bertujuan untuk mencegah adanya pemanasan kawat itu sendiri (*self heating*). Didalam lilitan kawat tersebut diberikan inti (*core*) yaitu menggunakan besi lunak (*ferrite*), satu buah lilitan terdiri dari lilitan primer dan lilitan sekunder seperti tampak pada gambar 1. lilitan primer dan lilitan sekunder inilah yang berfungsi sebagai sensor suhu rendah atau yang disebut dengan *fluxgate sensor*.

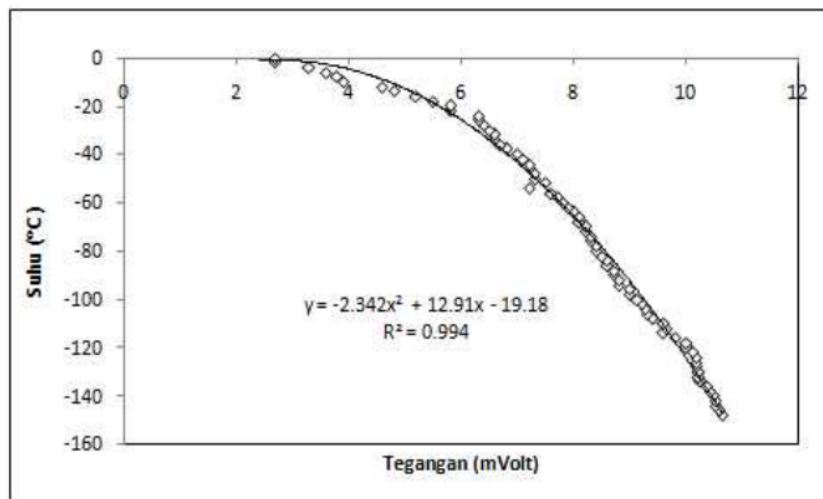
B. Hubungan Antara Perubahan Suhu terhadap Tegangan dengan berbagai Variasi Jumlah Lilitan Kawat Sensor Suhu Rendah

Hasil yang diperoleh karakteristik berupa pengaruh suhu terhadap perubahan tegangan pada rangkaian *fluxgate*. Hasilnya dapat ditampilkan seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan antar suhu dengan tegangan

Adapun kurva kalibrasi antara tegangan dengan suhu. Hasilnya dapat ditampilkan seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik kurva hubungan antara tegangan dengan suhu

C. Uji Kebaikan Hasil Pencocokan Data

Uji kebaikan hasil pencocokan data dan grafik hasil persamaan polynomial orde 2, selain ditentukan oleh nilai persamaan polynomial orde 2, juga dilakukan analisis uji *chi-square* tereduksi χ^2_v dan distribusi probabilitas $P_\chi(\chi^2; v)$ pada keseluruhan sampel. Jumlah data sampel per masing-masing jumlah lilitan kawat adalah 80 data.

Sebagaimana yang dipaparkan oleh Bevington dan Robinson bahwa nilai *chi-square* tereduksi χ^2_v dan distribusi probabilitas $P_\chi(\chi^2; v)$ yang bernilai mendekati 0,5. Maka



dapat disimpulkan bahwa grafik hasil persamaan linier memiliki tingkat kebaikan hasil pencocokan data yang bagus. Hasil *fitting* data hubungan antar suhu dengan tegangan.

Dengan persamaan polynomial orde 2 $y = -0.000x^2 - 0.086x + 3.539$, $R^2 = 0,969$, $\chi_v^2 = 1$ dan $P(\chi^2; v) = 0,4794$. Banyaknya data yang dianalisis adalah sebanyak 80 data yaitu dari -148°C sampai 4°C dengan pengambilan data perubahan tegangan tiap kenaikan 2 derajat. Pemilihan rentang suhu ini merupakan batas kemampuan dari pembacaan termokopel terhadap suhu rendah, batas ini dianggap cukup mewakili untuk mendapatkan karakteristik perubahan tegangan terhadap suhu.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan telah dihasilkan sensor pengukur suhu rendah yang berbasis pada konsep *magnetic fluxgate*. *Fluxgate sensor* menghasilkan sensor suhu rendah yang peka dan teliti yaitu dengan tingkat kepekaan sebesar 0,086T dan indeks determinasinya sebesar 0,969.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Dr. Moh. Toifur, M.Si, selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika sekaligus Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan ilmunya guna memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis dalam penyusunan jurnal. Serta memberikan motivasi untuk selalu membuka wawasan, mencari tahu dan terus berkarya kapanpun dimanapun.
2. Dr. Muchlas, MT selaku dosen pembimbing pendamping yang juga telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan ilmunya guna memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penyusunan jurnal
3. Laboratorium Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan yang telah memberikan fasilitas kepada penulis untuk melakukan penelitian dan telah membantu persiapan penelitian, berbagi pengetahuan dan pengalaman dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Djamal, Mitra, Rahmondia. 2006. "Pengukuran Medan Magnet Lemah Menggunakan Sensor Magnetik *Fluxgate* dengan Satu Koil Pick-Up". *Proc ITB Sains dan Tek.* Vol 38 A. 2006. No 2. Hal 99-115.
- Djamal, Mitra, Rahmondia. 2009. "Desain Awal Elemen Sensor *Fluxgate* Berbasis teknologi Printed Circuit Boards". *Indonesian Journal of Materials Science*. Edisi Khusus Desember 2009, hal 24-29.
- Serwey, R. A., & Jewett, J. W. 2010. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik.
- Sharon, dkk. 1982. *Principles of Analysis Chemistri*. New York: Harcourt Brace College Publisher.
- Toifur, Moh. 2013. Optimization Of Coil Parameters As A Candidate Of Temperature Sensor Device Based On Magnetic Susceptibility, *Paper Of The International Seminar On Magnetic Materials*, 2013, Batam Indonesia, 24-25 October 2013
- Widyasari, H 2013. "optimalisasi jumlah lilitan kawat sebagai komponen sensor suhu rendah (-116°C)". Yogyakarta: Program Pasca Sarjana UAD.

Rancang Bangun Eksperimen Pengukuran Suhu Rendah Menggunakan Fluxgate Sensor

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet	117 words — 6%
2	jusami.batan.go.id Internet	95 words — 5%
3	text-id.123dok.com Internet	23 words — 1%
4	eprints.uad.ac.id Internet	17 words — 1%
5	journal.trunojoyo.ac.id Internet	15 words — 1%
6	docplayer.info Internet	15 words — 1%
7	www.batan.go.id Internet	13 words — 1%
8	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet	12 words — 1%
9	pt.scribd.com Internet	10 words — 1%
10	id.scribd.com Internet	8 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES

ON

EXCLUDE MATCHES

OFF

EXCLUDE
BIBLIOGRAPHY

ON