

PENGEMBANGAN SENSOR JARAK BERBASIS FLUXGATE

Zannuraini^{1*)}, Mitra Djamal¹, Widyaningrum Indrasari²

¹ Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No. 10, Bandung 40132

² Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No. 10, Jakarta Timur 13220

*) Email: zannuraini91@gmail.com

Abstrak

Fluxgate merupakan sensor magnetik yang bekerja dengan membandingkan medan magnet yang diukur dengan medan magnet referensi, sensor ini telah banyak dikembangkan dalam berbagai bidang. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan salah satu aplikasi fluxgate berupa sensor jarak. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan langkah-langkah pembuatan sensor, karakterisasi sensor, dan kalibrasi jarak sensor. Hasil yang telah diperoleh adalah sensor fluxgate yang intinya Vitrovac tipe 6025Z berbentuk oval dengan konfigurasi kumparan eksitasi sebanyak 360 lilitan dan kumparan pick up sebanyak 240 lilitan. Dari hasil karakterisasi diketahui bahwa sensor memiliki sensitivitas 1639,7 mV/ μ T dan bekerja pada daerah $\pm 2,3 \mu$ T, dengan kesalahan absolut maksimum sebesar 0,15298 μ T dan kesalahan relatif maksimum sebesar 3,257 %. Dari hasil kalibrasi jarak diperoleh bahwa sensor bekerja pada jarak 15,86 – 27 mm.

Abstract

A fluxgate is a magnetic sensor which works by comparing the measured magnetic field with the magnetic field reference, this sensor has been developed in various fields. This research aims to develop one of fluxgate application that is proximity sensor. Methode in this research is experiment with the steps are the manufacture of sensors, characterization and calibration sensor to distance. The result is fluxgate sensor with the ovale core Vitrovac type 6025Z, it has excitation coil about 360 windings and pick up coil about 240 windings. The characterization of sensor is known that the sensor has a sensitivity of 1639,7 mV/ μ T and work in the area $\pm 2,3 \mu$ T, with the maximum absolute error is 0,15298 μ T and maximum relative error is 3,257 %. From the calibration of distance has obtained that the sensor works at a distance from. 15,86 – 27 mm.

Keywords: Fluxgate, proximity sensor

1. Pendahuluan

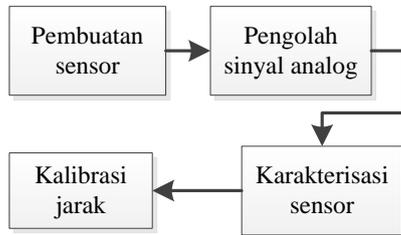
Zaman yang terus berkembang menyebabkan meningkatnya kebutuhan untuk otomatisasi, keamanan dan kenyamanan sehingga pemanfaatan sensor dalam berbagai teknologi terus meningkat, diketahui dari data Intechno mengenai pasar sensor dunia bahwa peningkatan produksi sensor meningkat 4,5% setiap tahunnya dalam sepuluh tahun terakhir [1]. Secara umum sensor merupakan piranti yang merubah besaran kimia atau fisis seperti mekanik, radiasi, termal, dan magnetik menjadi besaran listrik, sehingga sensor banyak digunakan untuk pendeteksian pada saat pengukuran atau pengendalian. Salah satu jenis sensor yang terus mengalami perkembangan adalah sensor magnetik yaitu sensor yang bekerja berdasarkan perubahan medan magnet disekitarnya. Sensor ini banyak dikembangkan dalam berbagai bidang seperti geologi, kesehatan, geofisika, biologi dan lainnya[2].

Ada beberapa metode yang digunakan sensor magnetik dalam mengukur medan magnet antara lain metode induksi, resonansi, plat Hall, dan fluxgate. Sensor fluxgate memiliki beberapa kelebihan yaitu dimensi ukurannya kecil, memiliki kestabilan yang tinggi terhadap temperatur, konsumsi daya yang rendah [3], dapat mengukur medan magnet lemah berkisar 10^{-1} hingga 10^6 nT, memiliki stabilitas, sensitivitas, dan linearitas yang tinggi, serta biaya pengoperasian yang lebih ekonomis [4].

Pengembangan dan perbaikan untuk peningkatan kualitas dan output sensor fluxgate telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya baik pada struktur inti ferromagnetik, dimensi dan struktur sensor, maupun pada rangkaian pengolah sinyal. Pada penelitian ini penulis bertujuan untuk mengembangkan sensor jarak sebagai aplikasi dari sensor fluxgate.

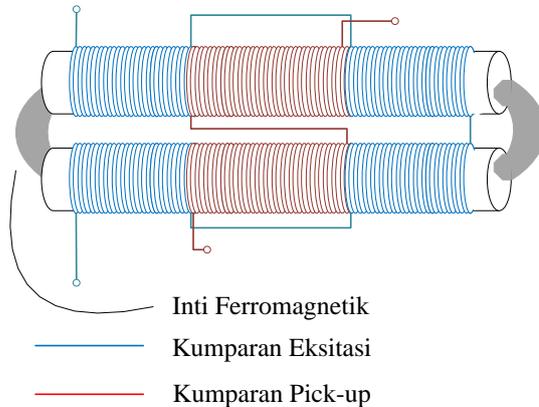
2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen, dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung. Adapun diagram blok langkah – langkah penelitian seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok langkah – langkah penelitian.

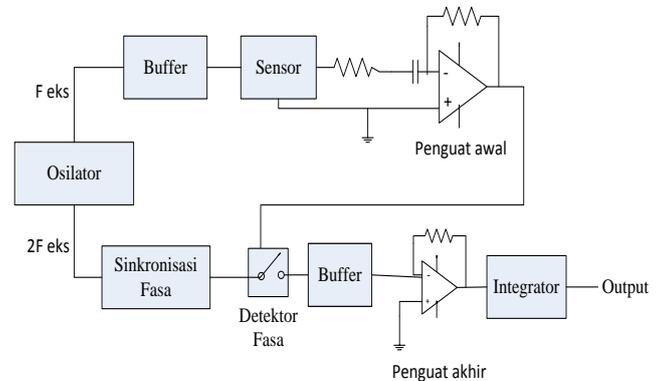
Sensor fluxgate yang dibuat menggunakan metode konvensional yang terdiri dari empat kumparan eksitasi dan dua kumparan pick up dengan inti ferromagnetik. Setiap kumparan eksitasi terdiri dari 90 lilitan dan pick up 120 lilitan. Kumparan ini dililitkan pada selongsong dari bahan isolator dan inti ferromagnetik dimasukkan ke dalam selongsong seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Desain elemen sensor fluxgate

Inti ferromagnetik berbentuk oval, bentuk ini dipilih karena inti yang berbentuk oval menyebabkan inti relatif simetri sehingga faktor demagnetisasi menjadi rendah dan sensitivitas tinggi. Inti ferromagnetik yang digunakan adalah Vitrovac tipe 6025Z karena memiliki sifat magnetik yang baik[5]. Berdasarkan kesimpulan Widyaningrum (2014) keunggulan Vitrovac yaitu permeabilitas magnetiknya yang tinggi ($\mu_r \sim 10^5$), mengalami saturasi pada induksi magnetik sebesar (B_s) = 0,58T, memiliki medan koersivitas dan disipasi daya yang rendah, serta lebih tahan pada suhu tinggi dan pengaruh mekanik dari luar [6].

Rangkaian pengolah sinyal analog terdiri dari dua bagian yaitu rangkaian eksitasi yang bertujuan untuk membangkitkan medan magnet referensi dan rangkaian pick-up yang berfungsi mengolah respon medan magnet menjadi sinyal listrik yang merepresentasikan medan magnet terukur (eksternal).



Gambar 3. Skema diagram pengolah sinyal analog

Untuk mengetahui karakter sensor fluxgate yang telah dibuat maka dilakukan kalibrasi tegangan output sensor terhadap medan magnet yang diukur dengan menggunakan kumparan kalibrator. Kumparan kalibrator yang digunakan berbentuk solenoida dengan diameter 4 cm, terdiri dari 600 lilitan kawat berdiameter 0,7 mm.

Proses karakterisasi dilaksanakan di ruang Faraday dengan cara meletakkan sensor di dalam kumparan kalibrator, kumparan di posisikan sejajar dengan arah timur – barat bumi, hal ini dilakukan untuk mengurangi pengaruh medan magnet bumi terhadap hasil pengukuran. Kemudian kalibrator dialiri arus DC dengan rentang 0,01 – 20 mA sehingga menimbulkan medan magnet. Besar medan magnet yang ditimbulkan oleh arus pada kalibrator sesuai dengan persamaan 1.

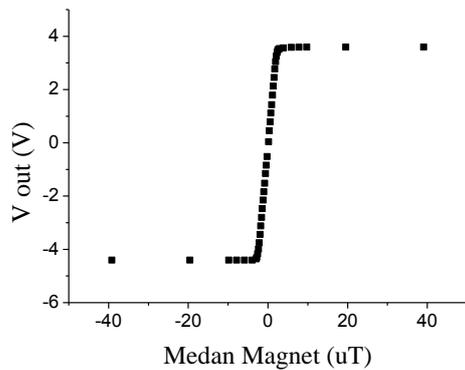
$$B(I) = 1,9568 \cdot I - 0,0347 \quad (1)$$

Medan magnet ini yang kemudian diukur oleh sensor dengan output berupa tegangan yang ditampilkan oleh multimeter digital. Dari hasil kalibrasi akan diperoleh hubungan antara medan magnet dan tegangan output. Setelah dilakukan karakterisasi selanjutnya dilakukan kalibrasi jarak.

Kalibrasi jarak dilakukan dengan menggunakan mikrometer sebagai pengukur jarak, dimana jarak antara sumber magnet dan sensor diubah dalam orde mikro meter, perubahan jarak ini menyebabkan tegangan output sensor juga berubah, sehingga didapatkan hubungan jarak terhadap medan magnet yang diwakili oleh tegangan output.

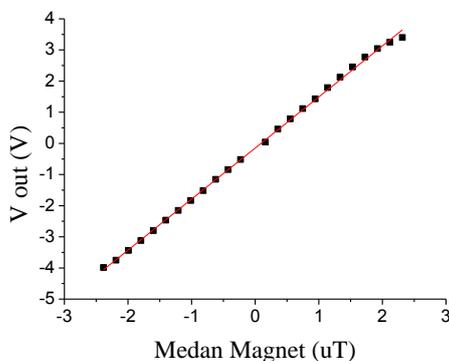
3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Sensor fluxgate menggunakan teknik konvensional dengan konfigurasi 360 lilitan eksitasi dan 240 lilitan pick up, memiliki inti ferromagnetik Vitrovac tipe 6025Z. Dari hasil kalibrasi menggunakan kumparan kalibrator diperoleh grafik histerisis seperti gambar 3, dimana besar medan magnet diperoleh dari persamaan (1).



Gambar 3. Kurva histerisis keluaran sensor terhadap medan magnet yang diukur.

Gambar 3 menggambarkan bahwa inti mengalami saturasi pada daerah medan magnet $\pm 2,7 \mu\text{T}$ yang ditandai dengan output akan konstan walaupun nilai arus ditingkatkan. Jika diambil daerah yang linear diperoleh grafik seperti gambar 4.



Gambar 4. Grafik linear sensor pada rentang daerah medan magnet $\pm 2,3 \mu\text{T}$

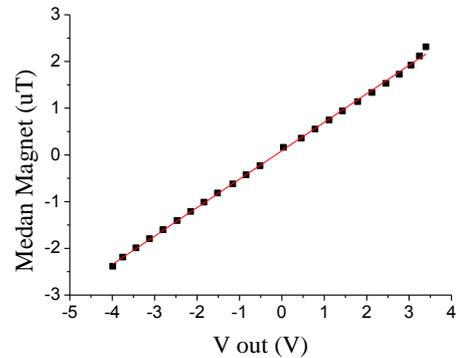
Dari gambar 4 dapat ditentukan bahwa rentang kerja sensor berada pada daerah $\pm 2,3 \mu\text{T}$, dari grafik tersebut juga diperoleh persamaan linear (persamaan 2) yang menghubungkan tegangan output (volt) dan medan magnet (μT) pada daerah kerja tersebut,

$$V_0 = 1,6397B - 0,1486 \quad (2)$$

dari persamaan (2) diperoleh sensitivitas sensor sebesar $1,6397 \text{ V}/\mu\text{T}$ atau $1639,7 \text{ mV}/\mu\text{T}$ dan

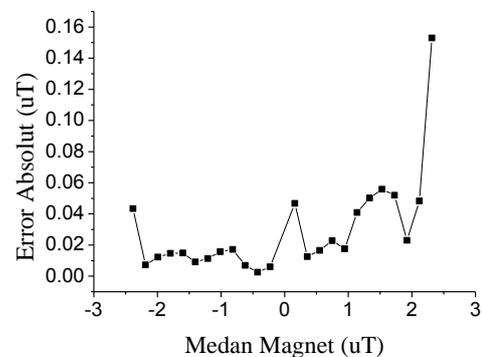
resolusi sebesar $0,60987 \text{ nT/mV}$. Jika grafik 4 di-invers maka akan diperoleh grafik 5, bila dilakukan regresi linear diperoleh persamaan medan magnet hasil pengukuran yang bergantung pada tegangan output dengan nilai $R^2 = 0,9991$

$$B(V_0) = 0,60935V_0 + 0,09052 \quad (3)$$



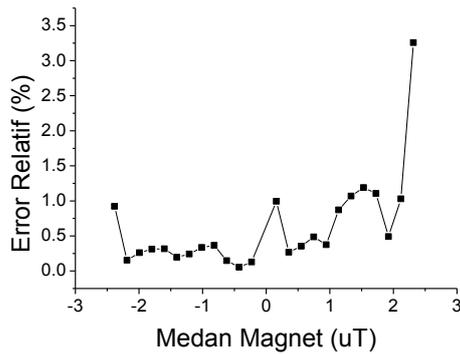
Gambar 5. Grafik untuk menentukan persamaan $B(V_0)$

Dengan membandingkan hasil perhitungan medan magnet pada persamaan (1) dan hasil pengukuran pada persamaan (3) diperoleh selisih yang disebut error absolut yang ditunjukkan oleh gambar 6.



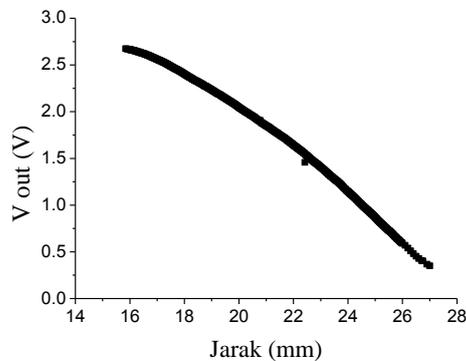
Gambar 6. Kesalahan absolut sensor pada rentang $\pm 2,3 \mu\text{T}$

Dari gambar 6 kesalahan absolut maksimum sensor sebesar $0,15298 \mu\text{T}$ yang berada pada medan magnet $2,3 \mu\text{T}$. Kesalahan relatif sensor diperoleh dari perbandingan kesalahan absolut terhadap rentang kerja sensor dikali 100%. Gambar 7 menggambarkan kesalahan relatif sensor, dengan kesalahan maksimum sebesar 3,257 %.



Gambar 7. Kesalahan relatif sensor pada daerah kerja ±2,3 μT

Untuk mengetahui rentang jarak kerja sensor dilakukan kalibrasi sensor terhadap jarak, hasil kalibrasi ini ditunjukkan oleh gambar 8.

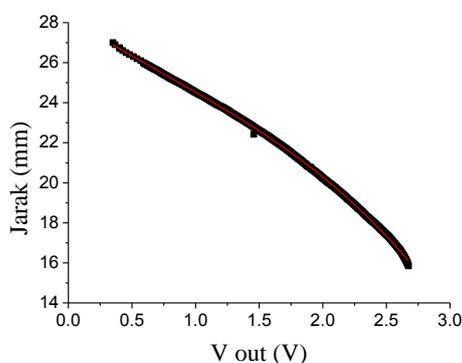


Gambar 8. Grafik kalibrasi sensor terhadap jarak

Dari gambar 8 diperoleh rentang kerja sensor pada jarak 15,85 hingga 27 mm, dengan pendekatan polinomial orde 2 diperoleh persamaan (4) tegangan output yang bergantung jarak dengan nilai $R^2 = 0,99958$

$$V_o = -0,00915x^2 + 0,17573x + 2,1995 \quad (4)$$

Invers grafik pada gambar 8 diperoleh gambar 9



Gambar 9. Invers grafik kalibrasi sensor

Dari grafik pada gambar 9 dengan pendekatan polinomial orde 3 diperoleh persamaan jarak yang bergantung tegangan keluaran sensor seperti yang ditunjukkan persamaan 5, dengan nilai $R^2 = 0,99975$.

$$x(V_o) = -0,3486V_o^3 + 0,8107V_o^2 - 4,232V_o + 28,298 \quad (5)$$

4. Kesimpulan

Sensor fluxgate sebagai magnetometer mengukur medan magnet dengan cara membandingkan medan magnet yang diukur dengan medan magnet referensi. Sensor ini dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah sebagai sensor jarak. Sensor fluxgate yang digunakan dibuat dengan teknik konvensional, terdiri dari 360 lilitan eksitasi dan 240 lilitan pick-up dengan inti ferromagnetik Vitrovac tipe 6025Z berbentuk oval. Sensor ini memiliki sensitivitas sebesar 1639,7 mV/ μT, resolusi 0,60987 nT/mV, berkerja pada rentang ± 2,3 μT, dengan kesalahan absolut maksimum 0,15298 μT dan kesalahan relatif maksimum 3,257 % yang berada pada medan magnet 2,3 uT. Dari hasil kalibrasi jarak diketahui sensor bekerja sangat baik pada jarak 15,85 – 27 mm.

Daftar Acuan

- [1] Djamal, Mitra, Sensor Dan Sistem Sensor: State Of The Art, Kontribusi Dan Perspektif Pengembangannya Di Masa Depan, Pidato Ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung. (2010), p. 2.
- [2] Djamal, Mitra. Design and Development Fluxgate Magnetometer and Its Applications. Indonesian journal of physics. Vol. 17 No. 1 (2006).
- [3] Ripka, Pavel. Magnetic Sensor and Magnetometers. Artec House (2001).
- [4] Yulkifli. Pengembangan elemen fluxgate dan penggunaannya untuk sensor – sensor berbasis magnetik dan proksimiti. Disertasi ITB (2010), p. 2 – 4, 73.
- [5] Ripka, P. Race-Track Fluxgate Sensors. Sensors and Actuators A, 37-38. (1993). P. 417-421.
- [6] Widyaningrum. Pengembangan sistem deteksi material magnetik di bawah permukaan tanah dengan metode induksi elektromagnetik berbasis sensor fluxgate. Disertasi ITB (2010), p. 35, 36