

UNJUK KERJA SENSOR HALL EFFECT UNTUK PENENTUAN KUAT MEDAN MAGNET ACUAN JARAK

M. Bilal¹, Fikra Titan Syifa^{*2}, Prasetyo Yuliantoro³

^{1,3}Program Studi Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro

Institut Teknologi Telkom Purwokerto

*e-mail: fikra@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak

Magnet permanen dan elektromagnetik banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti otomotif, industri, rumah tangga, kesehatan, dan berbagai macam bidang lainnya. Oleh karena itu, dibuatlah penelitian membuat sebuah alat untuk mengukur kekuatan kutub medan magnet yang dilakukan dengan memanfaatkan sensor magnetik. Sensor magnetik atau biasa dikenal dengan *hall effect sensor* memiliki keunggulan yaitu stabilitas dalam pengukuran dan sensitivitas tinggi. Penelitian ini fokus pada pengukuran kekuatan kutub medan magnet dengan acuan jarak. Kemudian nilai acuan jarak tersebut akan diumpankan kepada sebuah aktuator berupa motor servo. Mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266. Hasil pengujian pengukuran medan magnet (*permanen magnet*) ini dilakukan dengan variasi jarak 1 cm hingga 5 cm. Pengujian dengan jarak 1 cm menunjukkan bahwa perbandingan nilai pembacaan sensor dengan alat ukur yang terkalibrasi yaitu sebesar 46,8 Gauss untuk alat ukur dan 46,94 Gauss untuk sensor magnet hall effect sensor. Sedangkan nilai rata-rata error 0,52% dan rata rata nilai akurasi 99,48%. Pada pengujian pengukuran kedua kutub medan magnet, kutub utara dan kutub selatan menggunakan sensor magnet menunjukkan bahwa nilai Gauss kutub utara magnet selalu lebih tinggi dari nilai Gauss kutub selatan magnet, nilai kutub utara 44,04 Gauss sedangkan nilai kutub selatan 36,41 Gauss.

Kata kunci: hall effect sensor; ESP8266; medan magnet; motor servo.

Abstract

Permanent magnets and electromagnetics are widely used in various fields such as automotive, industry, household, health, and various other fields. Therefore, research was carried out to create a tool to measure the strength of magnetic field poles using a magnetic sensor. Magnetic sensors or commonly known as hall effect sensors have the advantages of stability in measurement and high sensitivity. This research focuses on measuring the strength of the magnetic field poles with reference to distance. Then the distance reference value will be connected onto an actuator in the form of a servo motor. NodeMCU ESP8266 is used as a microcontroller. The results of magnetic field measurements (permanent magnets) were carried out with a distance variation of 1 cm to 5 cm. Testing with a distance of 1 cm shows that the comparison of the sensor reading value with the calibrated measuring instrument is 46.8 Gauss for the measuring instrument and 46.94 Gauss for the magnetic hall effect sensor. Meanwhile, the average error value is 0.52% and the average accuracy value is 99.48%. In tests measuring the two poles of the magnetic field, the north pole and the south pole using a magnetic sensor, it shows that the Gauss value of the north pole of the magnet is always higher than the Gauss value of the south pole of the magnet, the value of the north pole is 44.04 Gauss while the value of the south pole is 36.41 Gauss.

Keywords: hall effect sensor; ESP8266; magnetic field; servo motor.

1. PENDAHULUAN

Magnet merupakan benda yang dapat menarik logam-logam seperti besi. Logam yang dapat ditarik oleh magnet adalah bahan ferromagnetic [1]. Kemudian, magnet dapat terjadi secara alami yang terdapat di alam seperti mineral magnetit. Selain itu, magnet juga dapat dibuat seperti berbentuk kumparan atau lilitan yang biasa disebut dengan elektromagnetik [2]. Medan magnet menghasilkan fluks magnetik yang muncul secara tegak lurus (perpendicular). Fluks magnet dapat menembus bidang permukaan tertentu [3]. Hal tersebut dinotasikan dengan simbol Φ_m (phi) dan memiliki satuan weber (Wb). Terdapat metode pengukuran intensitas kuat medan magnet. Pengukuran kekuatan medan magnet menggunakan sensor magnetik. Medan magnet adalah suatu medan gaya yang ada di sekitar benda magnet atau konduktor yang membawa arus listrik. Medan magnet dapat dijelaskan dengan garis-garis gaya magnet yang selalu keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan. Pengukuran medan magnet dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya menggunakan sensor medan magnet [4]. Saat ini, penggunaan sensor medan magnet umum di berbagai sektor seperti industri, rumah tangga, kesehatan, ilmu pengetahuan dan teknologi, serta bidang lainnya. Selain harganya yang terjangkau, sensor ini mudah ditemukan di pasaran dengan keunggulan seperti

linearitas dan kestabilan dalam pengukuran, sensitivitas tinggi, serta sifat non-destruktif yang tidak merusak [5].

Dalam konteks jenis sensor tersebut, penelitian perancangan dilakukan untuk menentukan kekuatan kutub medan magnet berdasarkan jarak menggunakan sensor *hall effect* tipe 49E [6]. Sensor ini memiliki ketahanan pengukuran yang luas terhadap rentang jarak dan suhu, yakni dari -65°C hingga 150°C [5]. Dibutuhkan penguat operasional (op amp) untuk menghasilkan nilai tegangan keluaran pada sensor hall effect [7]. Oleh karena itu, sensor tersebut diintegrasikan dengan rangkaian pengondisi sinyal yang mencakup rangkaian penyangga, rangkaian penguat non-inverting, dan rangkaian penguat differensial.

Penelitian mengenai kuat medan magnet sangat bergantung pada sensor magnetik [8]. Kuat medan magnet merupakan salah satu besaran fisika yang penting. Terdapat dua jenis sensor magnetic yaitu yang pertama adalah menggunakan koil atau lilitan (induksi) dan yang kedua adalah dengan effect hall [9]. Pada penelitian yang sebelumnya memanfaatkan karakteristik dari sensor medan magnet jenis UGN 3503 [10].

Karakteristik sensor *hall effect* yaitu memiliki kecenderungan jika terdapat arus yang mengalir pada penampang sensor tersebut (semikonduktor) secara *perpendicular* atau tegak lurus maka akan menghasilkan gaya Lorentz [11].

2. METODE

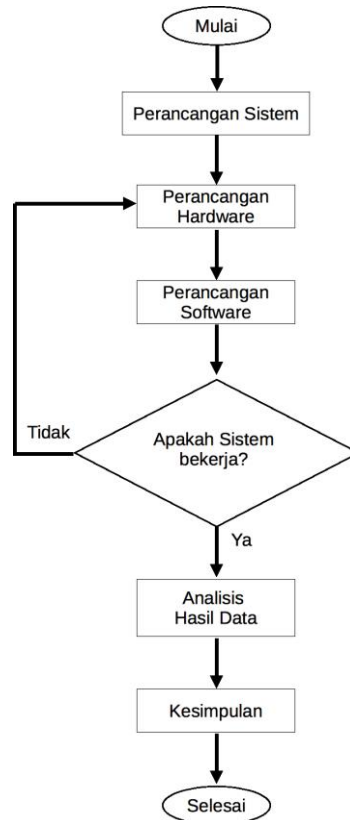
Pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap. Termasuk persiapan alat dan bahan pada sistem. Selain itu, dibutuhkan perancangan *hardware* untuk mengolah data, perancangan *software*, dan pengumpulan data dari sensor *hall effect*. Tahap awal yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*). Metode yang digunakan untuk penentuan perancangan perangkat keras merupakan komponen alat dan bahan. Pada tahap tersebut lebih fokus pada perakitan untuk mengetahui tingkat sensitivitas medan magnet dengan acuan jarak.

Pengambilan data atau pengumpulan data berasal dari sensor *hall effect*. Nilai data yang diperoleh merupakan data primer. Selanjutnya, mengenai analisis hasil data akan menghasilkan satuan nilai berupa Gauss. Pengamatan langsung pada obyek sebagai pendukung dan proses tersebut (analisis data) menggunakan metode kualitatif yang mana instrumen dan analisis dilakukan secara terus menerus dari awal hingga analisis data. Pengujian diambil dengan mengatur jarak antara permukaan sensor dengan medan magnet permanen.

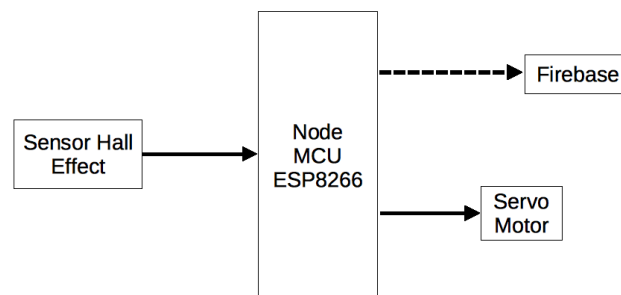
A. Data Penelitian (Primer)

Pengukuran medan magnetik dilakukan tanpa kontak fisik dengan jenis sensor hall effect 49E [12]. Data primer berupa sinyal output yang dihasilkan adalah nilai tegangan yang mengacu pada kekuatan medan magnetik permanen. Data tersebut memberikan hasil yang akurat dalam berbagai perubahan jarak [13]. Secara umum akan berguna dalam pengaplikasian deteksi magnet. Selanjutnya, nilai fluks medan magnet yang terdeteksi akan dirangkum berupa tabel. Hasil data yang dirangkum ke dalam bentuk tabel terdapat kolom yang berisi nilai alat ukur, nilai data sensor *hall effect*. Kemudian kedua data tersebut akan diamati prosentasi kesalahan pada saat pengukuran keberadaan medan magnet (*existence of magnetic flux*). Data primer sensor diperlukan untuk menghasilkan pengukuran kuat medan magnet dengan cara memanfaatkan efek *magnetoresistance* [14].

Diagram alir yang akan dilakukan dalam penelitian ini terlihat pada Gambar 1. Tahap awal adalah perancangan sistem yang mana berupa identifikasi komponen yang akan digunakan dan formulasi masalah yang akan diselesaikan oleh sistem menjadi fokus utama. Tahap kedua adalah perancangan hardware di mana membuat sistem mekanis dan memanfaatkan komponen yang diperlukan. Berikutnya merupakan tahap *conditional* berisi tentang koreksi sistem keseluruhan. Selanjutnya, adalah analisis hasil data mengatur kesesuaian dan pengukuran medan magnet yang mana memiliki metode dan karakteristik yang berbeda. Metode pengukuran medan magnet terdapat 4 (empat) cara, yaitu metode induksi, *hall effect sensor*, *fluxgate resonance*, *magnetoresistive* [15].



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Sistem



Gambar 2. Blok Diagram Perancangan Alat

NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai mikrokontroler. NodeMCU ESP8266 ini berperan penting dalam menerima, mengolah, dan transmisi data untuk memastikan pengolahan data sensor *hall effect*. Input sistem tersebut berupa sensor magnet *hall effect* khusus untuk mengukur medan magnet. Sensor ini bekerja dengan presisi tinggi untuk menghasilkan data akurat yang kemudian diolah oleh NodeMCU ESP8266.

Tahap berikutnya adalah peran NodeMCU ESP8266 yang mengirim data output ke *firebase system*. Output system ini berupa servo motor yang akan menyesuaikan pergerakan responsif terhadap deteksi acuan jarak adanya medan magnet. Mengenai platform *firebase* maka bersumber dari sensor *hall effect*. Pembacaan data dari sensor *hall effect* tidak hanya diolah dan ditransmisikan ke servo motor tetapi juga disimpan secara *realtime* dalam *google firebase*. Hal tersebut berfungsi sebagai *database* untuk menyimpan data hasil pengukuran secara terstruktur dan dapat diakses dengan mudah.

3. HASIL PENELITIAN

Terdapat dua bagian hasil penelitian kinerja sensor *hall effect* yaitu sistem *hardware* dan *software*. Sedangkan pengujian sistem jarak dilakukan pada rentang 1 cm hingga 4 cm secara bervariasi 5 kali. Penjelasan mengenai

hardware dimulai dengan menggabungkan antar pin sensor yang di *jumper* pada pin analog (A0) sebagai input ESP8266. Berikutnya, penjelasan pada *software* akan fokus pada perubahan hasil data input sensor *hall effect* pada platform google *firebase*.

Data medan magnet yang diukur menggunakan sensor *hall effect* akan diolah oleh sistem minimum ESP8266 dan dikirim langsung secara *realtime* pada *firebase*. Data yang disimpan pada *firebase* bertujuan untuk mengevaluasi kinerja komponen sensor *hall effect*. Berikut merupakan Tabel 1 dengan pengujian acuan jarak 1 cm dengan alat pengukur gaussmeter sebagai acuan nilai gauss pada magnet. Hasil sensor akan dibandingkan dengan alat ukur tersebut untuk mengetahui tingkat akurasi dan error yang terdapat pada sensor *hall effect* 49E. Berdasarkan eksperimen pengukuran jarak 1 cm didapatkan nilai medan magnet yang terukur adalah 46,8 Gauss, sedangkan jika diamati dengan sensor *hall effect* didapatkan angka berkisar rentang 46,94 Gauss hingga 46,41 Gauss. Kemudian jika pengukuran menggunakan sensor hall effect tersebut dirata-rata akan didapatkan senilai 46,5975 Gauss. Selanjutnya, mengenai akurasi sensor *hall effect* maka didapatkan angka sekitar 99,74 % hingga 99,17 %.

Tabel 1. Hasil Pengujian Jarak 1 cm

No	Nilai Medan Magnet (Gauss)		Error (%)	Akurasi (%)
	Alat Ukur	Sensor		
1	46,8	46,41	0,83	99,17
2	46,8	46,41	0,83	99,17
3	46,8	46,41	0,83	99,17
4	46,8	46,68	0,26	99,74
5	46,8	46,94	0,26	99,74
Nilai Min	46,8	46,41	0,26	99,17
Nilai Max	46,8	46,94	0,83	99,74
Rata-rata		46,5975	0,52	99,48

Pada eksperimen pengujian selanjutnya merupakan pengujian jarak 2 cm. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil dari sensor *hall effect* 49E yang dapat dilihat pada tabel 3. Alat ukur menggunakan Gaussmeter Link Join LZ 642 sebagai pembanding dan hasil sensor akan dibandingkan dengan alat ukur tersebut untuk mengetahui tingkat akurasi dan error yang terdapat pada sensor *hall effect* 49E. Terdapat hal yang membedakan antara jarak 1 cm dengan jarak 2 cm tersebut, yaitu nilai sensor yang berkurang sekitar 27 Gauss. Objek pengukuran jarak 2 cm memiliki nilai yang lebih kecil daripada jarak 1 cm. Nilai medan magnet yang terukur pada jarak 2 cm adalah 19,7 Gauss. Pengamatan sensor *hall effect* didapat nilai 20,35 Gauss hingga 19,30 Gauss. Kemudian jika pengukuran menggunakan sensor hall effect tersebut dirata-rata akan didapatkan senilai 19,72 Gauss. Selanjutnya, mengenai akurasi sensor *hall effect* maka didapatkan angka sekitar 96,7 % hingga 97,97 %. Pengukuran jarak 2 cm secara keseluruhan dapat diamati pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Jarak 2 cm

No	Nilai Medan Magnet (Gauss)		Error (%)	Akurasi (%)
	Alat ukur	Sensor		
1	19,7	20,35	3,30	96,70
2	19,7	20,35	3,30	96,70
3	19,7	19,3	2,03	97,97
4	19,7	19,3	2,03	97,97
5	19,7	19,3	2,03	97,97
Nilai Min	19,7	19,3	2,03	96,70
Nilai Max	19,7	20,35	3,30	97,97
Rata-rata		19,72	2,54	97,46

Berikutnya adalah pengukuran jarak 3 cm. Secara singkat untuk pengujian jarak acuan yang terdekat akan memiliki nilai medan magnet lebih besar jika dibandingkan dengan jarak yang lebih jauh. Pada pengujian jarak 3 cm didapatkan nilai 9,9 Gauss pada alat ukur gaussmeter. Hasil data pada pengujian jarak 3 cm dapat diamati pada Tabel 3. Terdapat nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pengukuran sebelumnya (baca: 2 cm). Selisih jarak 1 cm tersebut akan didapatkan nilai medan magnet adalah 9,9 Gauss. Pengamatan sensor *hall effect* didapat nilai 10,09 Gauss hingga 10,35 Gauss. Kemudian jika pengukuran menggunakan sensor hall effect tersebut dirata-rata akan didapatkan senilai 10,194 Gauss. Selanjutnya, mengenai akurasi sensor *hall effect* maka didapatkan angka sekitar 95,45 % hingga 98,08 %.

Tabel 3. Hasil Pengujian Jarak 3 cm

No	Nilai Medan Magnet (Gauss)		Error (%)	Akurasi (%)
	Alat ukur	Sensor		
1	9,9	10,09	1,92	98,08
2	9,9	10,09	1,92	98,08
3	9,9	10,35	4,55	95,45
4	9,9	10,35	4,55	95,45
5	9,9	10,09	1,92	98,08
Nilai Min	9,9	10,09	1,92	95,45
Nilai Max	9,9	10,35	4,55	98,08
Rata-rata		10,194	2,97	97,03

Terakhir, pada pengukuran jarak 4 cm dapat diamati pada Tabel 4. Hasil data menunjukkan semakin jauh acuan jarak maka nilai medan magnet akan semakin kecil. Hasil pengujian didapatkan angka 5,4 Gauss pada alat ukur. Sedangkan pada sensor *hall effect* didapatkan nilai 5,61 hingga 5,88. Kemudian, error yang diperoleh adalah sekitar 6,80 % dengan akurasi sekitar 93,20 %. Oleh karena itu, jika diamati pada Tabel 4 dengan pengujian jarak 4 cm akan semakin berkurang nilai medan magnet.

Tabel 4. Hasil Pengujian Jarak 4 cm

No	Nilai Medan Magnet (Gauss)		Error (%)	Akurasi (%)
	Alat ukur	Sensor		
1	5,4	5,88	8,89	91,11
2	5,4	5,88	8,89	91,11
3	5,4	5,88	8,89	91,11
4	5,4	5,61	3,89	96,11
5	5,4	5,61	3,89	96,11
Nilai Min	5,4	5,61	3,89	87,04
Nilai Max	5,4	5,88	12,96	96,11
Rata-rata		5,767	6,80	93,20

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian maka didapatkan kesimpulan berupa:

1. Sensor hall effect tipe 49E diuji 5 kali dengan variasi jarak 1 cm hingga 5 cm. Menggunakan magnet ferrite dengan ukuran 150 mm x 50 mm x 25 mm dengan pengujian dilakukan setiap 1 menit. Pada jarak 1 cm, rata-rata error 0,52% menghasilkan akurasi 99,48%. Jarak 2 cm, rata-rata error 2,54%, akurasi 97,46%. Jarak 3 cm, rata-rata error 2,97%, akurasi 97,03%. Jarak 4 cm, rata-rata error 6,80%, akurasi 93,20%. Jarak 5 cm, rata-rata error 16,53%, akurasi 83,57%. Sensor hall effect tipe 49E cenderung memberikan nilai gauss yang menurun pada jarak 5 cm.

2. Hasil pengujian kuat kutub utara dan kutub selatan medan magnet diuji dengan variasi jarak 1 cm hingga 5 cm. Pada pengukuran jarak 1 cm kutub utara mendapatkan nilai gauss rata-rata sebesar 44,148. Sedangkan kutub selatan mendapatkan nilai rata-rata sebesar 36,41. Selanjutnya pengujian jarak 5 cm maka nilai gauss kutub utara selalu lebih besar daripada nilai gauss kutub selatan magnet. Pengujian nilai Gauss dengan derajat servo dilakukan dalam rentang jarak 1 cm hingga 5 cm, diulang 20 kali dengan waktu pengambilan nilai selama 1 menit. Pada jarak 1 cm, Gauss = 46,68, servo = 180°. Pada 2 cm, Gauss turun ke 19,04, servo = 74°. Jarak 3 cm, Gauss = 10,62, servo = 39°. Pada 4 cm hingga 5 cm, nilai gauss dan putaran servo semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Litji, "Bab ii dasar teori 2.1," *Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan*, pp. 5–18, 2019.
- [2] L. Y. Waruwu, A. Rahmi, and M. Anaperta, "Rancang Bangun Alat Ukur Medan Magnet Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Efek Hall," *Semesta Tek.*, vol. 24, no. 2, pp. 129–139, 2021, doi: 10.18196/st.v24i2.12938.
- [3] "Jurnal_ Karakteristik Medan Magnet Induksi.pdf."
- [4] H. V. Putri, Y. Radiyono, and I. B. Setiawan, "Pengembangan Alat Percobaan Induksi Magnetik Pada Kawat Melingkar Berarus dengan Hall Effect Sensor UGN3503," *J. Mater. dan Pembelajaran Fis.*, vol. 12, no. 1, p. 44, 2022, doi: 10.20961/jmpf.v12i1.61193.
- [5] N. Hidayatie, W. Indrasari, and U. Umiatin, "Karakterisasi Sensor Hall Effect Sebagai Sensor Magnetik Pada Prototipe Penjelajah Pengukur Medan Magnet Dengan Sistem Kendali Android," vol. VI, pp. SNF2017-CIP-41-SNF2017-CIP-46, 2017, doi: 10.21009/03.snf2017.02.cip.06.
- [6] I. Ayu Putu Inten Gayatri, N. Nyoman Rupiasih, and M. Sumadiyasa, "Rancang Bangun Pembangkit Medan Magnet Homogen Untuk Aplikasi dalam Pembuatan Membran The Design of a Homogeneous Magnetic Field Generator for Applications in Membrane Making," vol. 20, no. 1, pp. 1–5, 2019.
- [7] A. Warsito and A. E. P. Haning, "Komparasi Solusi Kasus Fluks Magnetik di Sekitar Kawat Berarus Listrik dengan Metode Analitik dan Komputasi Comparison of Magnetic Flux Cases Solution in Around Electrified Wire between Analytical and Computational Methods," *J. ILMU DASAR*, vol. 19, no. 1, p. 23, 2018.
- [8] S. Suryono, J. E. Suseno, and A. Riyanti, "Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 Terhadap Sumber Magnet dan Implementasinya pada Pengukuran Massa," 2009.
- [9] C.-H. Ting, J.-Y. Huang, S. Hung, and C.-H. Kao, "On the development of a two-dimensional inclination sensor based on magnetic field distribution," *IEEE/ASME Int. Conf. Adv. Intell. Mechatronics, AIM*, 2009, doi: 10.1109/AIM.2009.5229797.
- [10] A. Ro'uf and Z. Saufy, "Karakterisasi Sensor Efek Hall UGN3503 untuk Mengukur Kemiringan," *Ijeis*, vol. 1, no. 1, pp. 25–30, 2011.
- [11] I. G. Widharma, "SENSOR EFFECT HALL PADA INDUSTRI OTOMOTIF," 2020.
- [12] SEC, "SS49E Linear Hall Effect Sensor," *SEC Electron. INC.*, pp. 3–6, 2008.
- [13] BCD, "LINEAR HALL-EFFECT IC AH49E General Description," pp. 1–10, 2010, [Online]. Available: <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/AH49E.pdf>.
- [14] Suryono, J. E. Suseno, and A. Riyanti, "Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 terhadap Sumber Magnet dan Implementasinya pada Pengukuran Massa," *Berk. Fis.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2009.
- [15] F. D. Pratama and E. Rahmawati, "Pengukuran Medan Magnet dengan Metode Induksi Berbasis Mikrokontroler," *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 06, no. 3, pp. 59–62, 2017.