

DOI: doi.org/10.21009/03.1201.FA11

# PENGEMBANGAN APLIKASI SENSOR GIANT MAGNETORESISTANCE UNTUK MENGUKUR KECEPATAN PUTAR BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328

Ahmad Aminudin<sup>a)</sup>, Muhammad Wildan, Wiendartun

*Program Studi Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 40154, Indonesia*

Email: <sup>a)</sup>aaminudin@upi.edu

## Abstrak

Penelitian ini fokus pada pengembangan aplikasi sensor giant magnetoresistance (GMR) untuk mengukur kecepatan putar. Sensor giant magnetoresistance merupakan sensor magnetik yang memiliki respon perubahan tahanan yang sangat besar ketika ada pengaruh medan magnet. Rangkaian sensor GMR didesain untuk mengukur kecepatan putar yang bisa diterapkan pada speedometer kendaraan. Sensor GMR yang digunakan adalah NVE AB001-02. Metoda pengukuran yang dikembangkan dalam sebagai berikut; magnet neodmium yang ditempel pada piringan berfungsi sebagai rotary encoder, kemudian sensor GMR akan mendeteksi putaran dan menghasilkan tegangan keluaran setiap kali magnet neodmium melewatinya. Tegangan keluaran sensor GMR diperkuat oleh AD620, yang selanjutnya diproses mikrokontroler Atmega328p dan hasilnya ditampilkan secara digital pada LCD berupa nilai jumlah pulsa dan nilai kecepatan. Pada penelitian ini juga dilakukan uji respon dan sensitivitas speedometer terhadap kecepatan putar per menit (RPM). Hasil penelitian ini diperoleh bahwa speedometer dapat merespon perubahan kecepatan putar dengan baik dengan sensitivitas 10 pulsa/V.

**Kata-kata kunci:** Sensor Giant Magnetoresistance, Speedometer, Kecepatan Putar, Sensitivitas.

## Abstract

This research focuses on the applications development of giant magnetoresistance (GMR) sensor to measure rotational speed. The giant magnetoresistance sensor is a magnetic sensor that has a very large resistance change response versus a magnetic field. The Circuits of GMR sensor is designed to measure rotational speed which can be applied to vehicle speedometers. The GMR sensor used is NVE AB001-02. Measurement methods developed in the following; the neodmium magnet attached to the disc functions as a rotary encoder, then the GMR sensor will detect rotation and generate an output voltage every time the neodmium magnet passes through it. The output voltage of the GMR sensor is amplified by the AD620, which is then processed by the microcontroller- Atmega328p and the results are displayed digitally on the LCD in the form of the value of the number of pulses and the value of the speed. In this research, a speedometer response and sensitivity test was also carried out on the rotational speed per minute (RPM). The results of this study showed that the speedometer can respond well to changes in rotational speed with a sensitivity of 10 pulses/V.

**Keywords:** Giant Magnetoresistance Sensor, Speedometer, Rotational Speed, Sensitivity.

## PENDAHULUAN

Pengukuran kelajuan atau kecepatan merupakan hal yang penting dikarenakan banyaknya penggunaan peralatan yang dapat berotasi seperti motor, generator, dan peralatan lainnya dalam kehidupan sehari-hari [1]. Menurut Peraturan Pemerintah (Perpu) nomor 80 tahun 2012, Alat ukur kecepatan kendaraan (speedometer) merupakan komponen pendukung kendaraan bermotor sebagai pengukur kelajuan [2]. Keberadaan speedometer kendaraan sangat penting karena berfungsi mengetahui kelajuan kendaraan agar kelajuannya dapat dikendalikan oleh pengendara demi keselamatan.

Beberapa pengembangan sensor untuk mengukur kelajuan banyak dilakukan. Sensor yang digunakan sebagai sensor kelajuan yang banyak dikembangkan adalah sensor magnetik dan sensor optik. Namun, sensor magnetik lebih banyak digunakan dibandingkan dengan sensor optik dikarenakan sensor optik rentan terhadap kesalahan (error) akibat debu dan benda-benda lain yang berpotensi menutup sensor dan menyebabkan kesalahan pada saat pengukuran. Beberapa contoh sensor magnetik yang digunakan dalam pengukuran kecepatan adalah sensor magnetoresistif, sensor hall-effect, dan induktif sensor [3]. Sensor magnetik berbasis efek magnetoresistif mengalami perubahan resistansi akibat medan magnetik luar [4]. Efek "Giant" Magnetoresistance sendiri pertama kali dilaporkan oleh Baibich, dkk. pada 1988 dalam pengukurannya menggunakan material Fe/Cr magnetic superlattices [5]. Aplikasi Giant Magnetoresistance (GMR) sebagai sensor medan magnet terus berkembang, seperti penggunaan GMR untuk sistem navigasi sebagai kompas digital [6], penggunaan GMR sebagai biosensor [7]

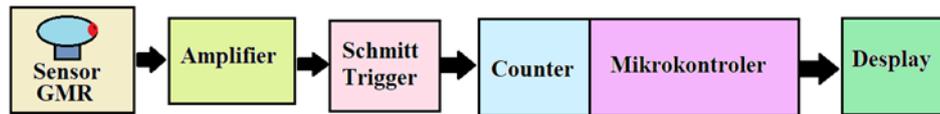
Karakteristik GMR memungkinkan sensor magnetik ini untuk digunakan dalam aplikasi yang luas. Beberapa keunggulan sensor GMR antara lain memiliki sensitivitas tinggi untuk diaplikasikan pada pengukuran medan magnet, kestabilan temperatur yang tinggi, konsumsi daya rendah, dan memiliki ukuran minimalis [8]. Perbedaan karakteristik sensor GMR dengan beberapa sensor medan magnetik lainnya ditunjukkan pada TABEL 1. Dari TABEL 1 diketahui rentang pengukuran medan magnetik GMR sama dengan rentang pengukuran fluxgate yakni ( $10^{-12}$  -  $10^{-2}$ ) T, namun sensitivitas pengukuran GMR lebih tinggi. Konsumsi daya GMR pun rendah dan ukuran komponen kecil. Oleh karena itu, penelitian ini memilih sensor GMR untuk mendeteksi kecepatan sudut yang dioptimalisasi dengan mikrokontroler Atmega 328.

**TABEL 1.** Perbedaan sensor GMR dengan beberapa sensor medan magnetik lain [9]

Sensor	H Range (T)	Sensitivity (V/T)	Respon Time	Power Consumption	Sensor Size (Head Size)
GMR	$10^{-12}$ - $10^{-2}$	120	1 MHz	10 mw	10 – 100 $\mu$ m
Hall	$10^{-6}$ - $10^2$	0,65	1 MHz	10 mw	10 – 100 $\mu$ m
SQUID	$10^{-14}$ - $10^{-6}$	$10^{-14}$	1 MHz	10 mw	10 – 100 $\mu$ m
Fluxgate	$10^{-12}$ - $10^{-2}$	3,2	5 KHz	1 w	10 – 20 mm

## METODOLOGI

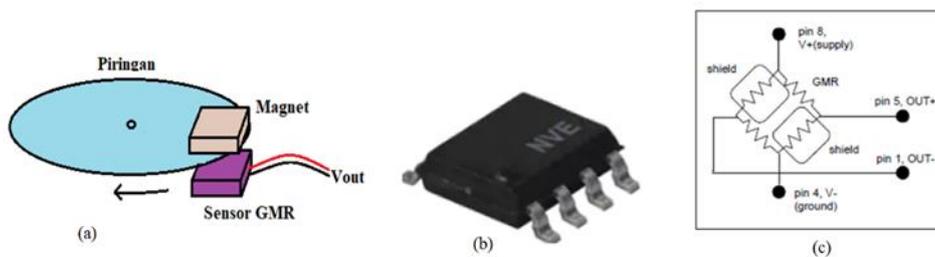
Penelitian ini dilakukan dengan berbagai tahapan, mulai perancangan, pembuatan, pengujian dan finalisasi. Diagram blok desain alat ukur kecepatan putar menggunakan sensor GMR dapat ditunjukkan seperti Gambar 1. Diagram ini meliputi sensor GMR, rangkaian amplifier, rangkaian Schmitt trigger, counter, mikrokontroler dan display. Sensor GMR sebagai komponen pendeteksi putaran, rangkaian amplifier sebagai penguat tegangan, rangkaian Schmitt trigger sebagai pembentuk pulsa, counter untuk menghitung pulsa dan mikrokontroler untuk optimalisasi perhitungan pulsa yang ditampilkan di bagian display.



GAMBAR 1. Diagram blok alat ukur kecepatan sudut menggunakan sensor GMR

### Rangkaian sensor GMR

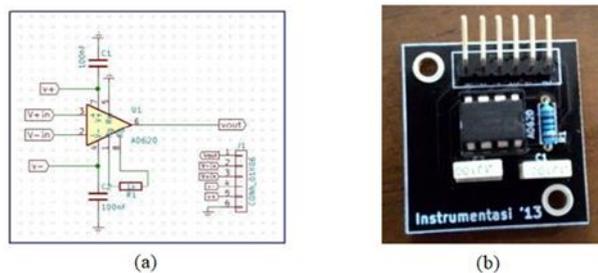
Bagian ini terdiri dari motor DC, piringan encoder, magnet permanen dan sensor GMR. Ketika motor DC diberi sumber tegangan, maka piringan encoder akan berputar. Piringan encoder diberi magnet permanen di salah satu titik dekat dengan posisi sensor GMR (GAMBAR 2.a). IC Sensor GMR NVE AA002 (GAMBAR 2.b) memiliki 8 pin (kaki), pin 1 untuk tegangan keluaran V out -, pin5 untuk tegangan keluaran Vout +, pin 4 untuk tegangan masukan V-, pin 8 untuk tegangan masukan V+, adapun pin 2, pin 3, pin 6 dan pin 7 dengan status NC (Not Connected) atau tidak digunakan (GAMBAR 2.c).



GAMBAR 2 a. Piringan encoder dan sensor GMR, b. IC sensor GMR NVE AA002, c. Diagram Blok Fungsional

### Rangkaian Penguat (Amplifier )

Rangkaian ini berfungsi menguatkan tegangan keluaran sensor GMR agar dapat diproses pada tahap selanjutnya. Tegangan keluaran Vout sensor GMR masih dalam orde millivolt menjadi orde volt. Rangkaian penguat yang digunakan menggunakan IC AD620 yang memiliki skematik seperti GAMBAR 3.a dan rangkaian yang sudah di PCB seperti GAMBAR 3.b. Struktur rangkain penguat AD620 merupakan rangkaian penguat instrumentasi yang dapat menguatkan tegangan 10 - 1000 kali lipat. Pada penelitian ini, penguat AD620 dirancang untuk menghasilkan penguatan 30 kali.

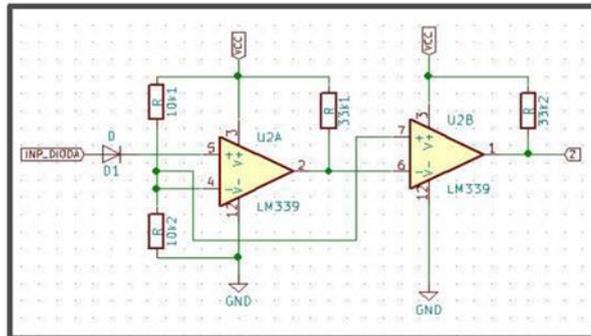


GAMBAR 3. a. Skema Rangkaian penguat, b. Rangkaian penguat tercetak di PCB

### Rangkaian Schmitt trigger

Rangkaian Schmitt Trigger berfungsi mengubah sinyal masukan berupa bentuk gelombang sembarang menjadi gelombang kotak pada sinyal keluarannya. Gelombang kotak sangat dibutuhkan dalam sistem digital karena mempunyai waktu bangkit yang cepat (sisi naik dan turunnya sangat tajam). Selain itu rangkaian ini juga dapat menghilangkan sinyal yang dapat mengganggu (noise) kerja suatu sistem digital. Sinyal pulsa diperoleh ketika medan magnet pada piringan

melewati sensor GMR. Tegangan keluaran dari sensor GMR mempunyai beberapa nilai yang fluktuatif, Oleh karena itu, untuk menyaring tegangan fluktuatif dari tegangan keluaran sensor GMR diperlukan rangkaian Schmitt trigger dengan menggunakan penguat operasional LM339. Berikut merupakan skematik rangkaian schmitt trigger yang ditunjukkan oleh GAMBAR 4.



GAMBAR 4. Skema rangkaian Schmitt trigger

### Counter dan mikrokontroler Atmega 328

Counter berfungsi menghitung pulsa yang masuk dari rangkaian sebelumnya. Counter yang digunakan yaitu dengan memanfaatkan fasilitas yang ada di dalam mikrokontroler Atmega 328. Selanjutnya mikrokontroler akan mengkonversi hasil hitungan counter menjadi kecepatan dan hasilnya ditampilkan pada layer LCD. Berikut ini adalah program yang digunakan untuk menghitung pulsa melalui mikrokontroler :

```
// konfigurasi LCD 16x2
#include <LiquidCrystal.h>
// Konfigurasi pin yang digunakan
LiquidCrystal LCD (8,9,4,5,6,7);
//Deklarasi variabel yang digunakan
int encoder_pin = 2; //Pin digital 2 sebagai encoder pin
volatile byte pulsa =0; //membaca pulsa
int rpm = 0; //membaca nilai rpm
float v1 = 0.0; //membaca nilai kecepatan (v)
float v2 = 0.0;
int pulseperturn = 1; //Jumlah pulsa per putaran
float r = 2.25; //Jari-jari roda putar
unsigned long lastmillis = 0;
```

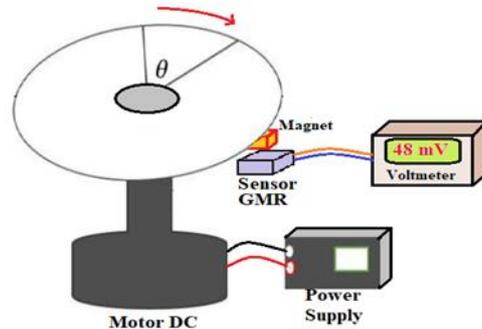
Pada program ini dimulai dengan inisialisasi pin dan jenis data yang digunakan pada masing-masing variabel. Pin 2 merupakan pin interrupt yaitu pin yang dapat memiliki nilai dari 0 menjadi 1 ketika proses interrupt terjadi. Interrupt merupakan sebuah proses pada mikrokontroler Atmega328 yang mampu menghentikan satu proses tertentu ketika ada proses lain yang masuk tanpa kehilangan waktu proses sebelumnya. Pada penelitian ini, magnet yang menjadi pemicu terjadi pulsa pada sensor GMR adalah sebanyak 1 buah. Sehingga dalam program ini dicantumkan bahwa pulse perturn adalah 1. Artinya, dalam satu kali rotasi, mikrokontroler akan merespon adanya pulsa sebanyak 1 buah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian respon sensor GMR terhadap putaran

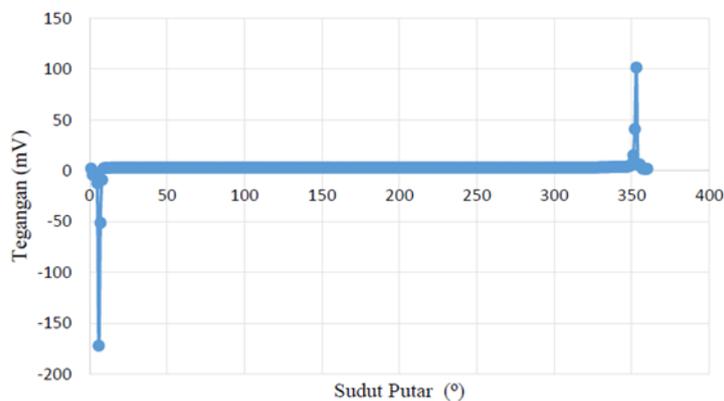
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon sensor GMR terhadap perubahan arah medan magnet dan menentukan karakteristik tegangan keluaran sensor GMR. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan magnet neodmium pada piringan yang telah diberi skala sudut dari 0 hingga 360 derajat. Sensor GMR diletakkan tepat 1mm di bawah piringan. Putaran piringan dikendalikan melalui

perubahan kecepatan putar motor DC. Power supply digunakan untuk mengendalikan laju putaran motor DC. Perubahan medan magnet terhadap sensor GMR diperoleh dengan cara memutar piringan setiap 1 derajat searah arah jarum jam. Selanjutnya dilakukan pengamatan perubahan tegangan keluar dari sensor GMR terhadap perubahan sudut piringan yang diamati menggunakan voltmeter digital. Skema pengujian seperti ditunjukkan pada GAMBAR 5.



GAMBAR 5. Skema pengujian respon sensor GMR terhadap putaran

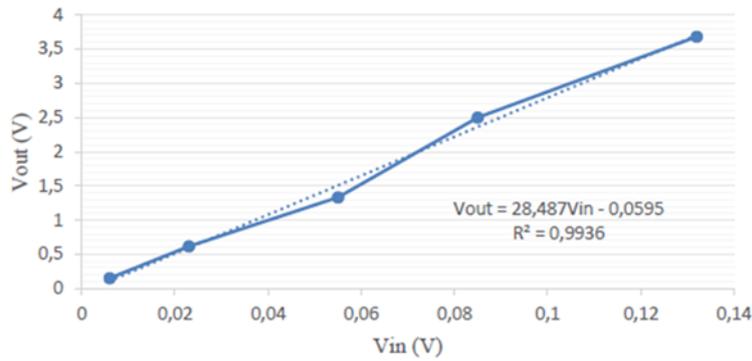
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor GMR dapat merespon perubahan sudut atau arah medan magnet terhadap sensor GMR. Sensor GMR dapat merespon perubahan arah medan magnet eksternal ketika jarak antar magnet ± 1 cm dari sumbu sensitif sensor GMR yaitu pada sudut 1° hingga 10° dan sudut 350° hingga 360° Seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 6.



GAMBAR 6 .Grafik Tegangan Keluaran Sensor GMR Terhadap Perubahan Sudut Putar

### Pengujian Penguatan

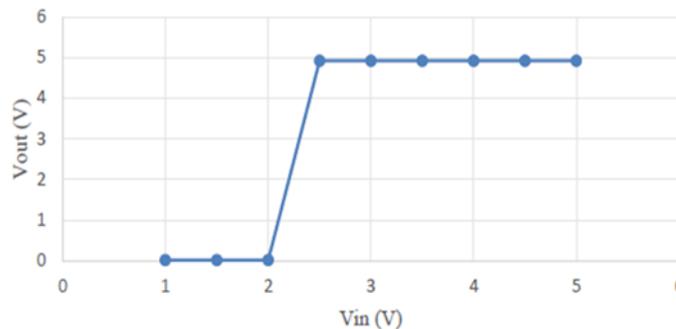
Berdasarkan grafik pada Gambar diketahui bahwa hubungan antara tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) terhadap tegangan masukan  $V_{in}$  pada penguat AD620 diperoleh linear positif, artinya semakin besar tegangan masukan pada penguat AD620 maka tegangan keluarannya akan semakin besar. Pada penelitian ini penguatan diperoleh persamaan regresi  $V_{out} = 28,487 V_{in} - 0,0595$  dengan koefisien regresi 28,487, artinya setiap perubahan tegangan masukan pada penguat AD620 maka tegangan keluarannya akan dikuatkan sebesar 28,487 kalinya. Terdapat perbedaan antara hasil pengujian dengan perencanaan sebesar 1,513.



GAMBAR 7. Hubungan tegangan keluaran terhadap tegangan masukan pada penguat AD620

### Hasil pengujian Schmitt Triger

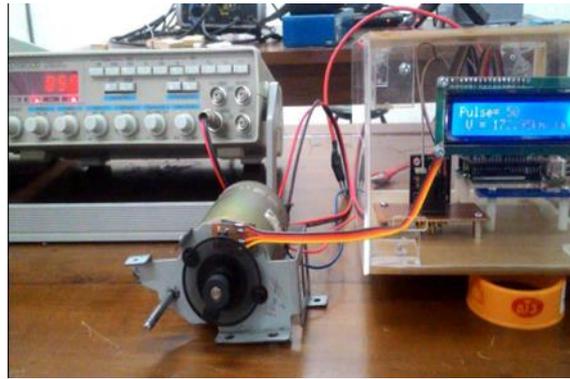
Hasil pengujian rangkaian Schmitt trigger dapat ditunjukkan pada grafik GAMBAR 8. Pada grafik diperoleh bahwa rangkaian schmitt trigger hanya mempunya dua nilai keluaran, yaitu 0,03 V dan 4,92 V. Hal ini sesuai dengan karakteristik schmitt tirgger yang hanya mempunyai dua nilai yaitu logika 0 dan logika 1. Pada rentang tegangan masukan 0 V – 2 V tegangan keluaran pada rangkaian Schmitt trigger adalah 0,03 V atau berlogika 0. Sedangkan ketika tegangan masukan tepat sesaat menuju 2,5 V – 5 V tegangan keluaran pada rangkaian schmitt trigger adalah 4,92 V atau berlogika 1. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tegangan minimal untuk mengubah logika 0 menjadi logika 1 pada schmitt trigger adalah 2,5V.



GAMBAR 8. Grafik hubungan Vout terhadap Vin rangkaian Schmitt trigger

### Pengujian Kalibrasi Alat ukur kecepatan putar

Untuk mengetahui keberhasilan alat ukur kecepatan putar, dilakukan uji kalibrasi. Uji kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran jumlah pulsa piringan encoder pada motor DC menggunakan sensor GMR dengan counter Kenwood FG-273A seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 9. Dalam 1 kali rotasi piringan encoder yang menghasilkan pulsa. Pengujian ini dilakukan selama 1 menit untuk setiap kenaikan tegangan serta perhitungan dilakukan setiap 1 detik. Hasil uji kalibrasi ditunjukkan pada TABEL 2 yaitu mengukur pulsa dengan alat yang dibuat dan bersamaam alat standar.



**GAMBAR 9.** Photo uji kalibrasi alat ukur kecepatan sudut

Berdasarkan data pada TABEL 2, menunjukkan bahwa hasil pengukuran kedua alat hampir sama. Kolom selisih terdapat ada 3 data yang tidak nol yaitu pada baris ke 1, 3 dan 12. Hal ini disebabkan Ketika kecepatannya rendah sinyal pulsanya masih terjadi fluktuatif sedangkan pada kecepatan tinggi sinyal pulsa yang terdeteksi juga melemah.

**TABEL 2.** Uji kalibrasi alat yang dibuat dengan alat standar

Tegangan (Volt)	Pengukuran putaran (rpm)		Selisih
	Alat yang dibuat	Alat standar	
1	6	10	4
2	20	20	0
3	28	30	2
4	38	38	0
5	48	48	0
6	58	58	0
7	68	68	0
8	78	78	0
9	88	88	0
10	98	98	0
11	108	108	0
12	118	120	2

**SIMPULAN**

- Sensor GMR dapat digunakan untuk mengukur kecepatan putar dengan pembentukan pulsa pada rentang tegangan masukan 0 V – 2 V tegangan keluaran pada rangkaian Schmitt trigger adalah 0,03 V, berlogika 0. Sedangkan ketika tegangan masukan tepat sesaat menuju 2,5 V – 5 V tegangan keluaran pada rangkaian schmitt trigger adalah 4,92 V, berlogika 1
- Sensitivitas sensor giant magnetoresistance (GMR) berbasis mikrokontroler Atmega328p sangat baik yaitu dapat merespon perubahan kecepatan motor DC 9,9559 pulsa/V dengan zerodrift 1,4636.

**REFERENSI**

[1] R. T. Ahmed, W. K. Ibraheem, “Computerized Speed Measurement Technique Using Magnetic Pick Up Sensor,” Eng.&Tech.Journal, vol. 27, no. 2, pp. 300-309, 2008.

[2] Peraturan Pemerintah, “Tentang Tata Cara Pemeriksaan Kendaraan Bermotor Di Jalan dan Penindakan Pelanggaran Lalu Lintas dan Angkutan jalan,” no. 80, 2012.

- [3] F. Schmeißer, K. Dietmayer, "Application Note : Rotational Speed Sensors KMI15/16," Germany : Philips, 1999.
- [4] J. E. Lenz, "A Review of Magnetic Sensors," *In Proceedings of The IEEE*, Minneapolis : Systems and Research Center, Honeywell Inc, vol. 78, pp. 973-989, 1990.
- [5] M. N. Baibich *et al.*, "Giant Magnetoresistance of (001) Fe/(001) Cr Magnetic Superlattices," *Journal Physics Review Letters*, vol. 61, pp. 2472-2475, 1988, doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.61.2472>.
- [6] M. J. Haji-Sheikh, "Compass Applications Using Giant Magnetoresistance Sensors (GMR)," *Smart Sensors, Measurement and Instrumentation*, Berlin: Springer Publisher, vol. 6, pp. 157-180, 2013, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-37172-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37172-1_7).
- [7] A. Aminudin *et al.*, "Solution Concentration and Flow rate of Fe<sup>3+</sup> -modified Porphyrin (red Blood Model) on Giant Magnetoresistance (GMR) Sensor Efficiency," *IOP Conf. Series Materials Science and Engineering*, vol. 180, 2017, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/180/1/012137>.
- [8] NVE Corporation, "NVE datasheet," [Online] diakses dari [http://www.nve.com/Downloads/analog\\_catalog.pdf](http://www.nve.com/Downloads/analog_catalog.pdf).
- [9] M. Han, D. F. Liang, L. J. Deng, "Review Paper Sensors Development Using its Unusual Properties of Fe/Co-based Amorphous Soft Magnetic Wire," *Journal of Material Science*, vol. 40, pp. 5573-5580, 2005.