

Rancang Bangun Alat Ukur Medan Magnet Dengan Metode Hukum Biot-Savart Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sumber Arus Terkontrol

Design A Magnetic Field Gauge With A Microcontroller-Based Biot-Savart Legal Method Using A Controlled Current Source

1st Jihab Tri Mardawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
jihabtm@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Nurwulan Fitriyanti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nurwulanf@telkomuniversity.ac.id

3rd Rahmat Awaludin Salam
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
awaludinsalam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk memahami tentang medan magnet yang tidak bisa kita lihat secara langsung, sehingga membutuhkan alat agar bisa memahaminya, salah satunya hukum Biot-Savart. Biot-Savart menerangkan hubungan kumparan yang dialiri listrik akan menghasilkan besar medan magnet, maka dari itu tujuan penelitian ini adalah rancang bangun alat ukur medan magnet berbasis mikrokontroler menggunakan kumparan sebagai acuan kalibrasi dengan variasi diameter, lilitan dan panjang kumparan, dengan komparasi grafik yang didapat dari setiap data, menghasilkan linear naik dengan variasi yang mempengaruhi nilai medan magnet. Arduino Uno sebagai mikrokontroler untuk memproses besar nilai arus yang diberikan oleh rangkaian CPS – CC dengan diatur oleh potensiometer untuk besar tegangannya lalu rangkaian V to I mengonversikan menjadi arus dan dideteksi oleh sensor INA219 agar memastikan nilai tegangan yang diberikan linear dengan arus yang keluar menuju kumparan, sehingga mendapat linearitas yang sangat mendekati 1 dari masing – masing variasi jumlah lilitan,

panjang kumparan dan diameter lilitan. Untuk linearitas sensor arus mendapatkan 0,9999 dan memiliki nilai eror 0,3099174% dan untuk sensor magnetometer hanya bisa didapatkan dari linearitas yaitu 0,9821 karena nilai perhitungan dan pengukuran mendapatkan perbedaan yang jauh yang dipengaruhi oleh banyaknya penyederhanaan rumus.

Kata kunci — Biot-Savart, (CPS – CC), Arduino Uno

Abstract—This study aims to understand the magnetic field that we cannot see directly, so we need tools to understand it, one of which is the Biot-Savart law. Biot-Savart explained that the connection of an electrified coil will produce a large magnetic field, therefore the purpose of this study is to design a microcontroller-based magnetic field measuring instrument using a coil as a calibration reference with variations in diameter, winding and length of the coil, with graphic comparisons obtained from each data, produces a linear rise with variations that affect the value of the magnetic field. Arduino Uno as a microcontroller to process the current value given by the CPS - CC circuit by being regulated

by a potentiometer for the amount of voltage then the V to I circuit converts to current and is detected by the INA219 sensor to ensure the voltage value given is linear with the current coming out to the coil, so that it gets a linearity that is very close to 1 from each variation in the number of turns, coil length and winding diameter. For the linearity of the current sensor it is 0.9999 and has an error value of 0.3099174% and for the magnetometer sensor it can only be obtained from the linearity of 0.9821 because the calculation and measurement values get a large difference which is influenced by the many simplifications of the formula.

Keywords— Biot-Savart, (CPS - CC), Arduino Uno

I. PENDAHULUAN

Sains adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari fenomena kehidupan, salah satunya adalah fenomena fisika. Fisika adalah cabang ilmu yang mempelajari berbagai peristiwa, gejala, maupun fenomena semesta, untuk bisa memahami apa yang sebenarnya terjadi dalam satu peristiwa, fisika dikembangkan melalui kemampuan analitis, induktif, dan deduktif untuk menyelesaikan masalah peristiwa, penggunaan, pengetahuan, dan keterampilan [1].

Fisika mempunyai berbagai macam konsep yang bisa kita lihat secara langsung, tetapi fisika juga memiliki konsep yang *abstrak* sehingga untuk memahaminya diperlukan alat bantu untuk tersampainya konsep yang tidak bisa dilihat secara langsung, salah satunya pada fenomena medan magnet yang tidak bisa dilihat secara langsung [2]. Oleh karena itu, dibutuhkan rancang bangun alat tersebut dengan kriteria yang sesuai, salah satu fenomena fisis yang membutuhkan alat yaitu fenomena Hukum Biot-Savart.

Hukum Biot-Savart adalah salah satu fenomena fisika yang berkaitan dengan medan magnet yang menyatakan arus listrik yang mengalir pada suatu

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad (1)$$

Dimana permeabilitas ruang hampa :

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A \quad (2)$$

Untuk kumparan yang diuji pada penelitian ini adalah berbentuk solenoida, terlihat pada GAMBAR 1

penghantar dapat menghasilkan efek medan magnet [3]. Pada penelitian rancang bangun alat sebelumnya (Erwan A, 2015) dalam pembuatan alat hukum Biot-Savart menggunakan beberapa alat instrument, diantaranya, sumber tegangan DC, adaptor, multimeter digital, sensor magnet yang telah dibuat sendiri menggunakan sensor *reed switch*, dengan lilitan tunggal 200 lilitan berdiameter 7 cm [4]. Penelitian ini juga berfokus kepada bagaimana cara hukum biot savart bekerja, dengan arus terkontrol. Dalam tugas akhir yang dikerjakan akan dibuat rancang bangun alat hukum Biot-Savart, dengan arus terkontrol dan memvariasikan kumparan dengan beberapa lilitan sehingga penelitian menghasilkan nilai parameter untuk dibandingkan dan mendapatkan nilai yang optimal.

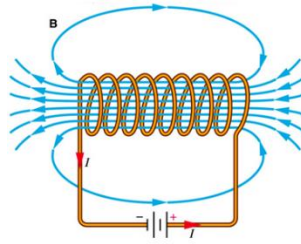
II. METODE

A. Persamaan Biot – Savart

Persamaan Setelah penemuan Oersted (1819), Jean Baptise Biot dan Felix Savart melakukan eksperimen kuantitatif pada gaya yang dikeluarkan oleh arus listrik pada magnet didekatnya. Diamati dari eksperimen tersebut bahwa (Hukum Biot Savart) kuat medan magnet disekitar kawat berarus listrik :

1. Berbanding lurus dengan arus listrik (I)
2. Berbanding lurus dengan panjang elemen kawat penghantar (a)
3. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik itu ke elemen kawat penghantar

Berbanding lurus dengan sinus sudut antara arah arus dan garis penghubung titik itu ke elemen kawat penghantar [5]. Dari hasil eksperimen diatas, mereka mendapatkan persamaan :



GAMBAR 1
KUMPARAN SOLENOIDA

Dengan pengukuran dan perhitungan disalah satu ujung solenoid, maka menggunakan persamaan

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2L} \quad (3)$$

B. Sensor Magnet

Magnetometer biasanya digunakan untuk menentukan arah sesuai dengan gaya medan magnet gravitasi bumi sehingga mampu menentukan posisi. Cara kerja Magnetometer adalah pengukuran tiga sumbu posisi yaitu X, Y, dan Z, yang dipengaruhi oleh medan magnet bumi, sensor ini juga sering digunakan dalam alat elektronik seperti fitur yang dimiliki *SmartPhone* ialah *Gyroscope* yaitu sebagai perangkat untuk mempertahankan rotasi dari sudut tetap [6]. Pada penelitian ini Sensor Magnetometer akan digunakan untuk menentukan besar medan magnet pada kawat kumparan yang telah dialiri listrik.



FIGURE 2
SENSOR MAGNETOMETER

C. Tembaga Kumparan

Tembaga adalah salah satu bahan elektronika yang sering digunakan untuk perambatan listrik, contohnya kabel, penyolderan, kumparan dan sebagainya. Karena bahan tembaga paling baik untuk dialiri medan magnet dan mudah untuk dibentuk menjadikan tembaga kumparan sebagai perambat arus yang dideteksi oleh sensor *magnetometer*. Pada penelitian ini tembaga akan digunakan untuk media perambatan arus listrik yang akan menghantarkan medan magnet dengan berbentuk solenoid dengan Variasi dari

jumlah lilitan dan diameter tembaga akan mempengaruhi nilai medan magnet [7].



GAMBAR 3
TEMBAGA KUMPARAN

D. Control Power Supply Constant Current (CPS – CC)

Control Power Supply Constant Current (CPS-CC) sebagai sumber arus injeksi, sehingga menjaga arus yang dialirkan tetap konstan tanpa memperhatikan tegangan yang terukur dan pada saat kondisi penginjeksian arus pada resistor, arus merupakan parameter penting karena arus yang akan dialirkan harus tetap konstan sehingga nilai resistansi dapat terukur [8]. Didalam *Control Power Supply Constant Current (CPS-CC)* terdapat sensor arus, karena arus yang terkontrol diinginkan arus langsung dihubungkan oleh kumparan, sehingga resistansi dapat terukur. Sensor arus dipasang secara seri dengan resistor yaitu input arus positif dengan input positif dan begitupun sebaliknya [8]

E. Arduino Uno

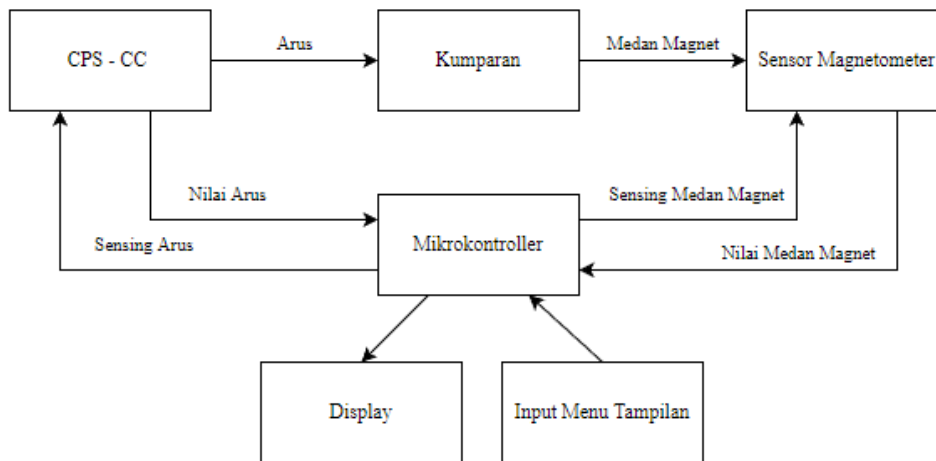
Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno untuk menunjang kebutuhan pengolahan, pemroses sensor dan penginput perintah untuk menampilkan data pada *display*.



GAMBAR 4
ARDUINO UNO

F. Diagram Blok

Berikut adalah diagram blok untuk sistem Alat ukur Medan Magnet dengan Metode Hukum Biot-Savart berbasis Mikrokontroler dengan arus terkontrol :

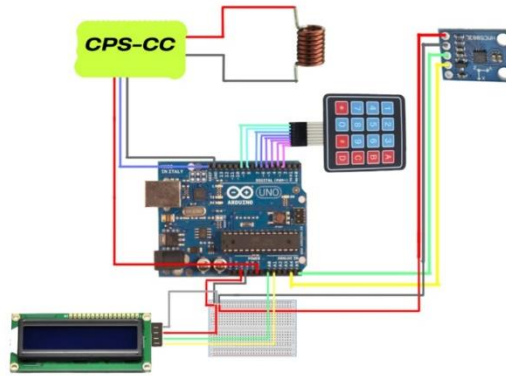


GAMBAR 5
DIAGRAM BLOK SISTEM ALAT UKUR MEDAN MAGNET DENGAN METODE HUKUM BIOT-SAVART BERBASIS MIKROKONTROLLER DENGAN ARUS TERKONTROL

Pada diagram blok sistem alat yang akan dikerjakan dengan diawali dari *input* berupa *Keypad* yang akan menampilkan menu pilihan pengukuran untuk melihat salah satu nilai arus atau medan magnet yang ditampilkan lewat display (LCD), jika memilih menu arus mikrokontroler akan menjalankan sensor arus yang ada pada rangkaian CPS – CC dan menampilkan nilai arus pada display sehingga dapat mengetahui besar nilai arus yang mengalir pada kumparan untuk menghasilkan medan magnet. Selanjutnya jika ingin melihat nilai medan magnet, kita harus kembali kemenu pilihan pengukuran lalu pilih untuk medan magnet, mikrokontroler akan menjalankan sensor magnetometer dan menampilkan nilai medan magnet yang ada pada kumparan, yang dapat dilihat pada display

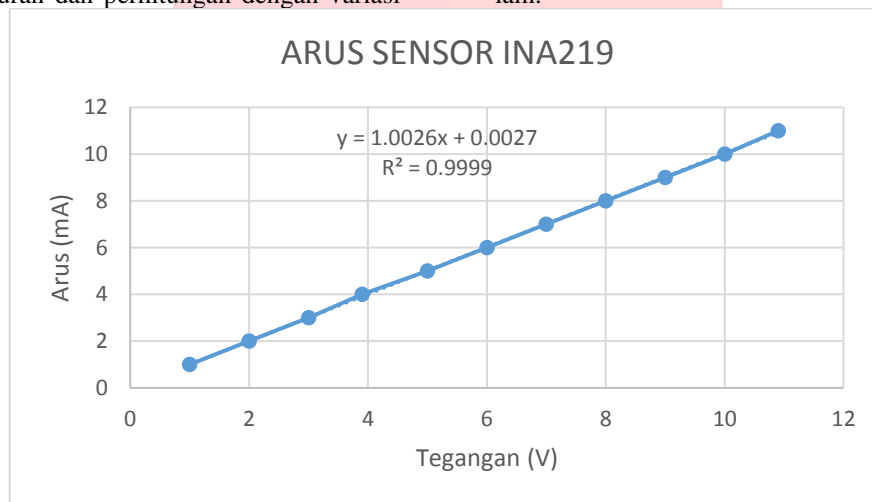
G. Desain Perangkat Keras

Alat ukur Medan Magnet ini menggunakan sensor Magnetometer (HMC5883L). Sensor tersebut dihubungkan ke Arduino UNO dan hasil dari itu akan dilihat dari display yang telah terhubung. Cara kerja Alat dimulai dari *input* dari *Control Power Supply Constant Current* (CPS-CC) untuk mengatur nilai arus yang terkontrol, dari CPS-CC arus akan mengalir ke kumparan yang akan dideteksi oleh sensor Magnetometer dan diproses pada Mikrokontroler hingga dapat menghasilkan nilai besar medan magnet pada display (LCD) yang ditampilkan. Berikut adalah desain yang akan dibuat dalam penelitian ini :



GAMBAR 6
DESAIN PERANGKAT KERAS

III. HASIL DAN PEMBAHASAN
 Hasil penelitian meliputi hasil dari pengukuran dan perhitungan dengan variasi diameter, panjang kumparan dan jumlah lilitan yang saling berpengaruh satu sama lain.

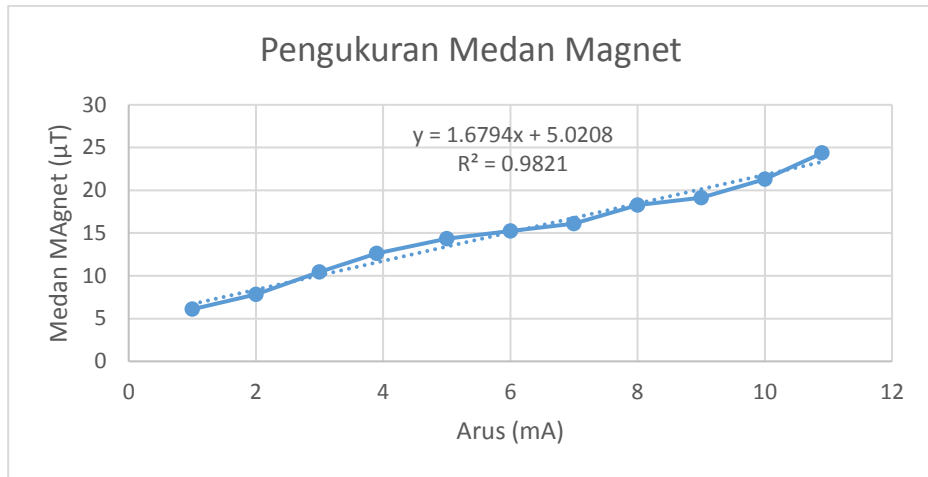


GAMBAR 7
GRAFIK HASIL PENGUKURAN DARI SENSOR ARUS

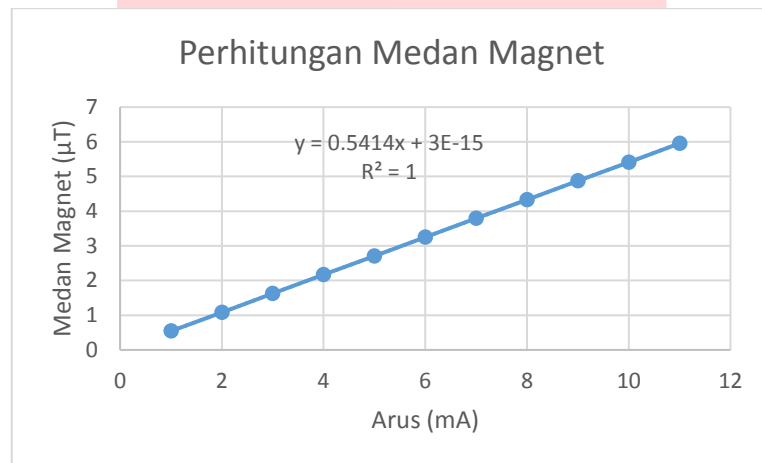
Berdasarkan dari hasil gambar diatas sensor telah mendeteksi perubahan arus yang dihasilkan dari perubahan V_{in} , yang diatur oleh modul LM2596 lalu dikonversi dari tegangan ke arus oleh rangkaian V to I. Dikaetahui dari hasil gambar tersebut semakin besar nilai tegangan maka nsemakin besar nilai arus yang mengalir.hal ini dikarenakan tegangan dapat mempengaruhi arus. Untuk mendapatkan nilai arus (mA) rangkaian V to I harus memiliki nilai resistantasi sebesar 1000Ω sehingga dalam perhitungan didapatkan $I_L = \frac{V_{in}}{R} \rightarrow I_L =$

$$\frac{1}{1000} = 0,001A \rightarrow 1mA. \text{ Untuk nilai eror pada sensor arus } 0,3\%.$$

Untuk hasil medan magnet memiliki data yang sangat jauh berbeda, karena dari sensor magnet nilai terendah diangka 243Ga atau $24300\mu T$, sedangkan pada perhitungan manual bernilai awal $0,54\mu T$. Tetapi hasil dari kadua perhitungan menunjukkan ketika arus dianikan maka medan magnet pada kumparan semakin besar.



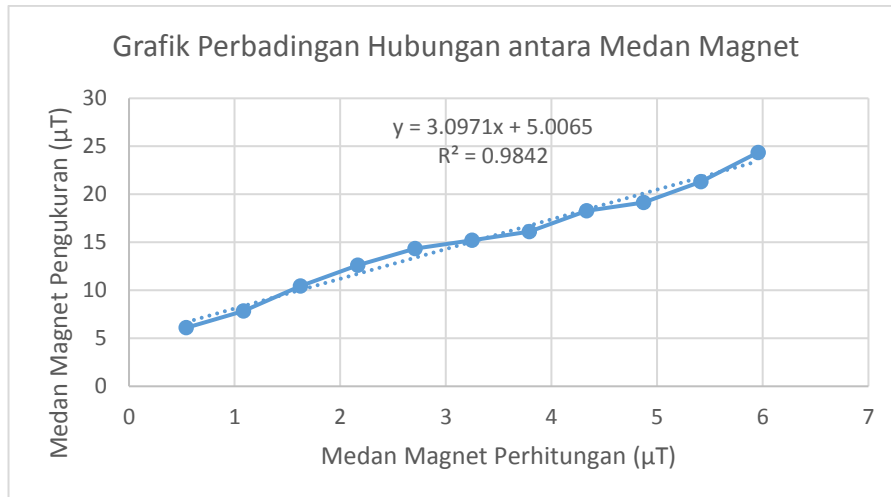
GAMBAR 8
DATA HASIL PENGUKURAN SENSOR MEDAN MAGNET



GAMBAR 9
DATA HASIL PERHITUNGAN MEDAN MAGNET

Dari kedua gambar tersebut, membuktikan bahwa jika arus yang diberikan semakin tinggi, maka medan magnet yang dihasilkan akan semakin besar. R square pada sensor hampir sama dengan R square pada perhitungan manual yang sudah ideal. Pada sensor ada sedikit terjadi fluktuatif karena arus yang mengalir tidak terus konstan, tetapi

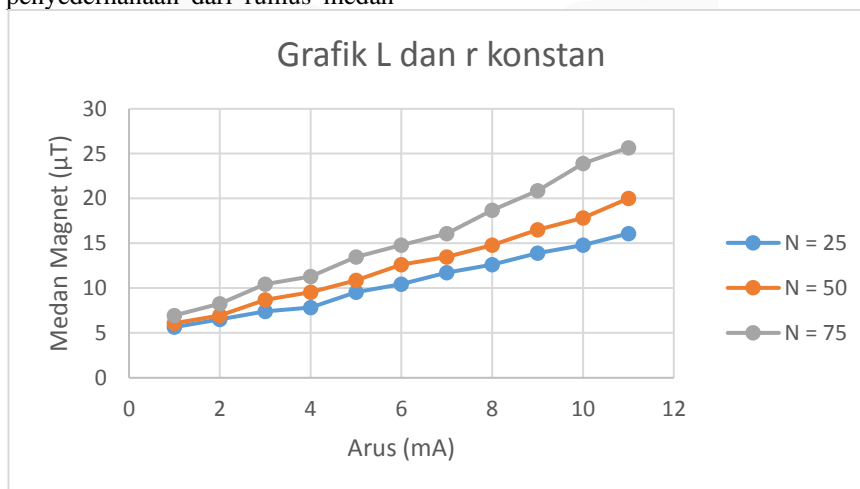
perubahan tidak terlalu jauh, menyebabkan nilai linieritas tidak ideal dan ketika pengambilan data terkadang sering menggeser tiang sensor. Grafik pengukuran dan perhitungan medan magnet memiliki pola yang sama, searah dengan naiknya arus yang berikan, sehingga memiliki persamaan garis linier pada GAMBAR 10.



GAMBAR 10
GRAFIK HUBUNGAN MEDAN MAGNET PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN

Dari GAMBAR 10 grafik antara pengukuran dan perhitungan linear naik dengan R square = 0,9842, untuk pengukuran diawali dengan nilai 6,09 μT untuk arus bernilai 1 mA dan untuk perhitungan dimulai dari 0,541379 μT untuk arus bernilai 1 mA. Banyak penyederhanaan dari rumus medan

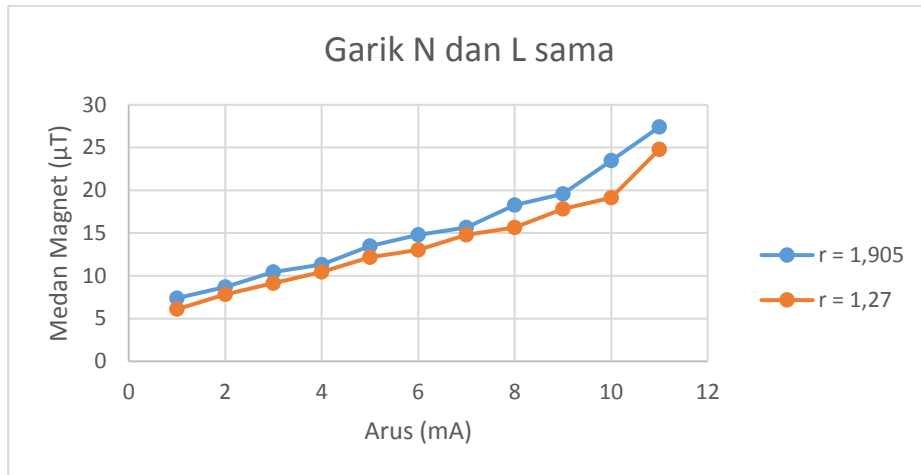
magnet, mengakibatkan nilai dari perhitungan rumus hukum Biot – Savart sangat jauh dengan pengukuran, tetapi dari keduanya menunjukkan dari variasi pengaruh yang terjadi, menghasilkan nilai medan magnet yang berbeda.



GAMBAR 11
GARFIK MEDAN MAGNET DENGAN PANJANG DAN DIAMETER SAMA

Terlihat dalam GAMBAR 11 ada 3 garis yang nilainya sangat berbeda, 3 garis tersebut adalah nilai medan magnet dari variasi pengaruh jumlah lilitan dengan panjang kumparan dan diameter kumparan yang sama atau konstan. Terlihat pada N atau jumlah lilitan yang paling sedikit yaitu N = 25, memiliki data awal yang paling rendah

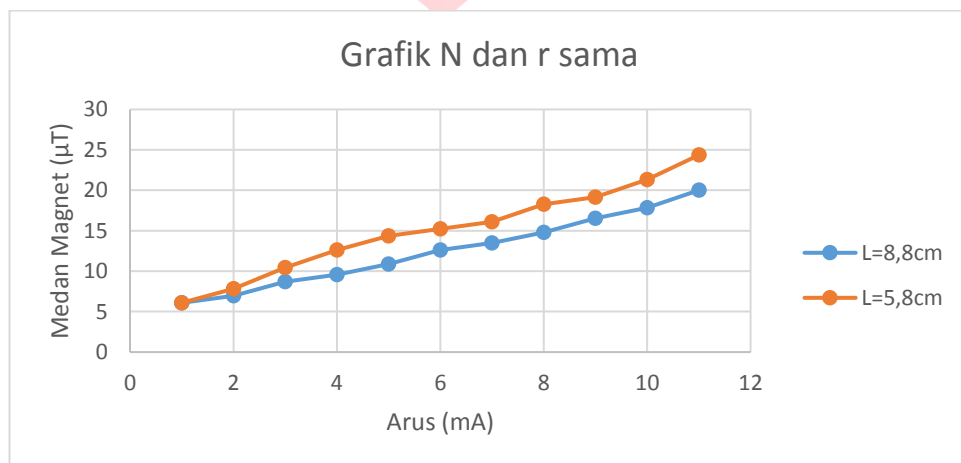
dan data akhir paling rendah dari kedua data lainnya, untuk N = 75 memiliki data awal dan data akhir paling tinggi dari kedua data lainnya dan dari kedua data tersebut jumlah lilitan sangat berpengaruh terhadap nilai medan magnet dengan dikuatkan data tengah yang berjumlah lilitan N = 50 yang berada diantara kedua data lainnya.



GAMBAR 12
GRAFIK MDAN MAGNET DENGAN LILITAN DAN PANJANG SAMA

Pada variasi ini hampir bernilai sama dari kedua medan magnet, karena variasi diameter dalam solenoid bernilai

kecil, mengakibatkan grafik dari keduanya hampir sama dan alasan mengapa diameter diabaikan pada kumparan solenoid.



GAMBAR 13
GRAFIK MEDAN MAGNET DENGAN LILITAN DAN DIAMETER SAMA

Untuk panjang kumparan, jika jumlah lilitan bertambah dan panjang kumparan bertambah, maka medan magnet juga ikut bertambah tetapi jika hanya panjang kumparan bertambah dan jumlah lilitan tidak bertambah terjadi kerenggangan dan nilai medan magnet berkurang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- A. Telah terbuatnya Rancang Bangun Alat ukur Medan Magnet berbasis Mikrokontroler menggunakan

- kumparan sebagai acuan kalibrasi dengan variasi diameter kumparan, panjang kumparan dan jumlah lilitan dengan lineraitas $R^2 = 0,9842$.
- B. Setiap variasi menunjukkan pengaruh satu sama lain dengan perbandingan grafik yang didapatkan antaranya:
 - 1. Medan magnet dengan variasi arus, variasi ini yang sangat berpengaruh dengan nilai medan magnet pada kumparan, semakin tinggi nilai arus yang diberikan maka semakin besar nilai medan magnet yang dihasilkan.

2. Medan magnet dengan variasi banyak lilitan, semakin banyak lilitan pada sebuah kumparan dengan diameter dan panjang yang sama maka semakin besar nilai medan magnet pada kumparan tersebut.
3. Medan magnet dengan variasi panjang kumparan, jika semakin panjang kumparan tetapi jumlah lilitan dan diameter tidak bertambah sehingga kumparan merenggang mengakibatkan nilai medan magnet mengecil.
4. Medan magnet dengan variasi diameter kumparan, untuk variasi ini bisa disimpulkan homogen, karena kumparan yang digunakan berbentuk solenoida sehingga pengaruh diameter kecil dan dikatakan homogen.

REFERENSI

- [1] D. R. Desy, "PENGEMBANGAN ALAT PERAGA FISIKA MATERI GERAK MELINGKAR UNTUK SMA," *Prosiding Sminar Nasional Fisika*, vol. IV, 2015.
- [2] M. Gulo, "MENINGKATKAN HASIL BELAJAR FISIKA DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PERAGA SEDERHANA PADA MATERI GERAK MELINGKAR DI KELAS X-5 SMA NEGERI 3 GUNUNGSITOLI SEMESTER GANJIL TAHUN PELAJARAN 2014/2015," *WAHANA INOVASI*, vol. VI, 2017.
- [3] LABORATORIUM FISIKA DASAR FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS TELKOM, MODUL PRAKTIKUM FISIKA DASAR 1, BANDUNG, 2021.
- [4] E. Afriyanto, "Pengembangan Media Pembelajaran Alat Peraga Materi Hukum Biot Savart di SMA Negeri 1 Prambanan Klaten," vol. II, 2015.
- [5] J. W. J. Raymond A. Serway, *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, USA: Thomson Brooks/Cole, 2008.
- [6] R. H. G. D. A. N. Dinar Winia Mahandhira, "Penggunaan Accelerometer dan Magnetometer pada Sistem Real Time Tracking Indoor Position untuk Studi Kasus pada Gedung Teknik Informatika ITS," *Jurnal Teknik ITS*, vol. V, pp. 2337-3539, 2016.
- [7] Y. Y. S. U. B. A. H. M. R. G. Sidik Susilo, "Pengaruh Variasi Diameter dan Jumlah Lilitan Tembaga terhadap Tegangan Listrik yang," *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, vol. V, pp. 25-31, 2021.
- [8] D. H. S. M. S. D. B. I. M. Gusti Rana Fahlevi Sudenasahaq, "Rancang Bangun Catu Daya dengan Sumber Arus Konstan untuk Geolistrik Resistivitas Meter," *JURNAL TEKNIK POMITS*, vol. I, pp. 1-6, 2012.
- [9] L. N. D. S. F. I. Melda Taspika, "Using a smartphone's magnetic sensor in a low-cost experiment to study the magnetic field due to Helmholtz and anti-Helmholtz coil," *Physics Education*, 2019.
- [10] H. A. N. Ahmad Ghozali, "Rancang Bangunproton Precession Magnetometerberbasis Mikrokontroler," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2019 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, pp. 2407-1846, 2019.