

Pengembangan Alat Percobaan Induksi Magnetik Pada Kawat Melingkar Berarus dengan *Hall Effect Sensor UGN3503*

Hanung Vernanda Putri^{1*}, Yohanes Radiyono², Indra Budi Setiawan³

^{1,2,3}. Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No. 36A, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, Telp/Fax (0271) 648939

*Corresponding author e-mail: hanungvputri@student.uns.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel :

Diterima 3 Januari 2022

Disetujui 8 Mei 2022

Diterbitkan 28 Mei 2022

Kata Kunci:

Induksi magnet;
Kawat berarus;
Sensor arus;
Sensor efek hall.

ABSTRAK

Artikel penelitian ini menjelaskan pembuatan alat percobaan Induksi Magnetik pada Kawat Melingkar Berarus untuk menunjukkan hubungan hubungan antara jari-jari lingkaran, banyak lilitan, dan arus listrik dengan menggunakan sensor efek hall *UGN3503* dan sensor arus ACS712. Alat ini dapat menghitung besar induksi magnetik dan arus secara otomatis. Alat percobaan induksi magnetik yang dilengkapi sensor ini merupakan modifikasi dari alat percobaan yang menjelaskan desain praktikum pembelajaran sub materi induksi magnetik di kawat melingkar berarus yang konvensional. Alat ini tersusun dari tiga bagian utama, yaitu papan utama percobaan, rangkaian sumber arus listrik dan rangkaian sensor efek hall dan sensor arus. Papan utama percobaan terdiri atas papan kayu sepanjang 1 m dan lebar 40 cm, lilitan kawat dengan 5 variasi ukuran dan jumlah lilitan, serta saklar komutator. Rangkaian sumber arus terdiri dari power supply dan adaptor, serta pada rangkaian sensor terdiri atas sensor efek hall *UGN3503* dan sensor arus ACS712 diletakkan di pada pusat lilitan. Hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui LCD. Jumlah lilitan dan diameter yang bervariasi membuktikan pengaruh banyaknya jumlah lilitan dengan gaya magnet pada pusat kawat melingkar berarus. Prinsip kerja alat sesuai dengan hukum biot-savart, sehingga dapat digunakan untuk membelajarkan konsep persamaan biot savart yang digunakan sebagai dasar percobaan praktikum induksi magnetik. Berdasarkan hasil percobaan alat percobaan induksi magnetik ini sudah mampu mendeteksi dan menghitung besar induksi magnetik menggunakan sensor efek hall dan arusnya sudah terukur menggunakan sensor arus. Kekurangan pada alat ini, sensor harus diletakkan tepat berada di tengah lingkaran kawat, agar memberikan hasil yang presisi.



© 2022 The Authors

This is an open access article under the CC BY license

PENDAHULUAN

Proses pembelajaran yang saat ini mengacu pada tuntutan yang melibatkan kurikulum yang melibatkan peserta didik dalam mengeksplorasi untuk dapat memperoleh konsep yang telah dieksperimenkan. Metode eksperimen memberi kesempatan untuk terlibat dalam pemecahan masalah dengan melakukan suatu proses atau percobaan

(Djamarah, 2006, h.196). Peserta didik diharapkan mampu menghubungkan-hubungkan hasil pengamatan, baik berupa pengamatan fenomena maupun data percobaan dengan eksperimen yang kemudian disimpulkan untuk mengkonstruksi suatu konsep. Kegiatan untuk menemukan suatu konsep secara mandiri akan memberikan hasil yang lebih optimal apabila didukung dengan ketersediaan fasilitas yang memadai.

Salah satu ilmu pengetahuan yang didasarkan melalui serangkaian proses ilmiah untuk membangun

konsep-konsepnya adalah Fisika. Fisika menjadi pengetahuan mendasar karena berhubungan dengan tingkah laku dan struktur benda (Giancoli, 2001). Menurut serway dan Jewett (2014), Fisika adalah ilmu yang didasarkan pada pengamatan eksperimental dan pengukuran kuantitatif dengan tujuan untuk mencari hukum-hukum dasar yang menjelaskan tentang suatu fenomena Fisika. Terdiri atas konsep – konsep yang bersifat abstrak, fisika terkesan sulit dipahami. Salah satu metode untuk memahami konsep – konsep abstrak adalah melalui penggunaan alat praktikum.

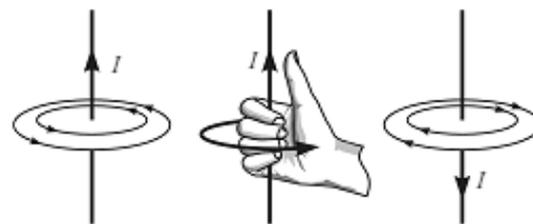
Ketersediaan fasilitas dalam kegiatan eksperimen akan mengarahkan kegiatan eksperimen dapat terlaksana sesuai tujuan yang diharapkan, akan tetapi tidak semua sekolah menyediakan fasilitas yang lengkap untuk mendukung kegiatan eksperimen pada mata pelajaran Fisika. Salah satu fasilitas pembelajaran adalah alat peraga. Hartati (2010, h.131) dalam penelitiannya menyatakan bahwa alat peraga juga mampu merangsang siswa untuk lebih aktif sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif dan tidak monoton. Dengan memperhatikan komponen kelayakan alat peraga (Afriyanto, 2015, h.1), maka perlu dibuat alat peraga yang sesuai dengan konsep fisika, mudah digunakan, mudah dipahami dan keterbacaan alat yang mudah.

Ketidakterersediaan fasilitas kegiatan eksperimen juga berlaku pada materi Induksi Medan Magnet di sekolah-sekolah pada umumnya. Selain tuntutan kurikulum 2013 yang memusatkan kegiatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan karakteristik materi yang sudah mulai abstrak di jenjang bangku SMA, keberadaan alat percobaan pada materi Induksi Medan Magnet pada jenis kawat berarus juga masih jarang diterapkan dalam proses eksperimen pembelajaran di sekolah.

Medan magnet merupakan bidang kajian yang penting untuk dipelajari. Konsep medan magnet dan arus listrik yang saling berkaitan ini pertama kali ditemukan oleh Hans Christian Oersted pada tahun 1820. Dalam percobaannya, Oersted menemukan bahwa ketika jarum kompas diletakkan di dekat kawat listrik, jarum akan menyimpang saat kawat dihubungkan ke baterai dan arus mengalir. Pada percobaan yang lain, Oersted mengembangkan bahwa sebuah kawat arus pembawa arus listrik akan memiliki akibat yang sama terhadap jarum kompas sebagai magnet. Hal tersebut menjadi satu pembuktian bahwa ada keterkaitan antara kelistrikan dan kemagnetan, yaitu arus listrik menghasilkan medan magnet. Menurutnya, perpindahan muatan listrik dapat menimbulkan medan magnet di sekitarnya (Giancoli, 2001, h.136-137).

Namun, keabstrakan yang dimiliki materi medan magnetik dan pembelajarannya yang

disampaikan secara teoritis seringkali menyebabkan materi ini sulit dipahami oleh sebagian besar peserta didik (Wulan, 2017, h.4). Medan magnet dapat didefinisikan sebagai ruang di mana suatu benda mengalami gaya magnetik yang besar dan arahnya dilukiskan sebagai garis-garis khayal yang disebut garis-garis gaya magnetik. Adanya kutub-kutub magnet yang memiliki gaya tarik menarik dan tolak menolak menimbulkan medan magnet (Ardiansyah, 2019). Konsep sub materi induksi medan magnet masih abstrak dipelajari. Dimulai ketika percobaan Oersted menunjukkan penyimpangan jarum kompas ketika didekatkan dengan kawat lurus berarus listrik, hingga merujuk menemukan bahwa di sekitar arus listrik terdapat medan magnet. Oleh Andre Marie Ampere, hubungan antara arus listrik dan kemagnetan dikembangkan dengan perhitungan matematis disertai penggambaran melalui kaidah tangan kanan.



Gambar 1. Kaidah Tangan Kanan

Percobaan tersebut disempurnakan oleh Biot-Savart yang menemukan persamaan matematis yang memberikan nilai kuat medan magnet (induksi magnet) pada suatu titik dalam ruang dengan bentuk arus yang menghasilkan medan tersebut. Persamaan yang menggambarkan adanya medan magnetik B yang dipengaruhi oleh arus listrik I yang mengalir pada kawat melingkar dengan jari-jari a dan terdapat N lilitan pada kawat dapat dituliskan sebagai berikut :

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2a} \quad [1]$$

Besarnya kuat medan magnetik (induksi magnet) dapat diukur melalui berbagai cara, salah satunya dengan menggunakan sensor medan magnet jenis sensor Efek Hall. Penelitian terkait yang memanfaatkan sensor untuk mengukur medan magnet antara lain pada toroida, *helmholtz coil*, untuk pengukuran massa, pembuatan transduser, serta untuk mengukur kemiringan suatu bangunan (Yudhistira dkk, 2019; Waruwu dkk, 2021, Pambuka dkk, 2018; Suryono dkk, 2009; A. Ro'uf). Sensor efek hall bertipe UGN3503 merupakan jenis sensor medan magnet yang memiliki tingkat ketahanan pengukuran pada rentang suhu yang besar, berkisar antara -65°C sampai 150°C (Allegra Microsystems, 1999).



Gambar 2. Bentuk Sensor Efek Hall UGN 3503

Pemrosesan yang terjadi di dalam sensor kemudian diolah menggunakan mikrokontroler sehingga medan magnet yang terukur dapat dibaca langsung pada tampilan layar LCD. Arduino merupakan salah satu jenis mikrokontroler (Jacobus, 2014). Arduino merupakan papan elektronik yang mengaplikasikan mikrokontroler ATmega328 yang digunakan untuk membuat proyek berbasis pemrograman (Pambuka dan Rahardjo, 2018, h.34). Secara fungsi, mikrokontroler ATmega328 berperan seperti komputer. Arduino adalah perangkat kombinasi dari perangkat keras, bahasa pemrograman, dan *integrated development environment* (IDE). Arduino Uno dihubungkan menggunakan USB sebagai *interface* pemrograman atau komunikasi komputernya.



Gambar 3. Mikrokontroler Arduino Uno

Penelitian ini bertujuan untuk memaparkan tentang alat peraga percobaan induksi magnet di sekitar kawat melingkar berarus merupakan alat untuk mengetahui pengaruh jumlah lilitan terhadap besarnya medan magnet di antara kawat melingkar berarus menggunakan sensor efek hall type UGN3505. Teori yang digunakan yaitu pada Hukum Biot-Savart berkaitan dengan medan magnet.

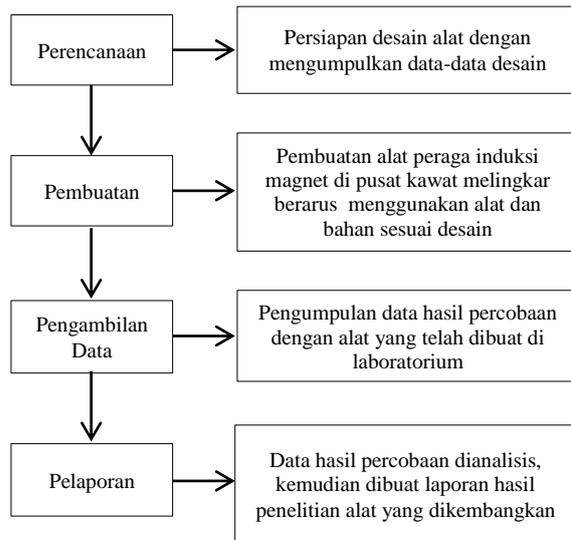
Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, peneliti tertarik untuk mengembangkan suatu alat peraga yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran Fisika. Alat peraga yang akan dikembangkan peneliti adalah alat peraga Induksi Magnetik yang dilengkapi sensor efek hall dan sensor arus.

METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode penelitian ini dipilih karena bertujuan untuk menghitung besarnya induksi magnetik berdasarkan prinsip hukum biot savart menggunakan sensor efek hall UGN3503. Alat ini modifikasi alat percobaan

induksi magnetik konvensional yang sudah dilengkapi dengan sensor efek hall UGN3503 dan sensor arus ACS712, sehingga arus dan besarnya induksi magnetik dilakukan secara otomatis, sehingga tidak perlu menggunakan amperemeter dan kompas pada terpasang sebelumnya.

Prosedur yang dilaksanakan untuk percobaan dalam rangka menjelaskan konsep persamaan biot savart yang digunakan sebagai dasar percobaan praktikum induksi magnetik meliputi beberapa tahapan antara lain :



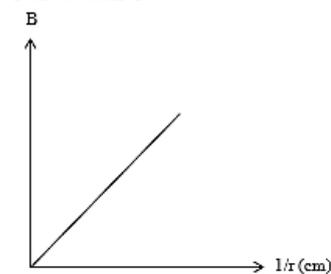
Gambar 4. Diagram alur prosedur percobaan

Dalam penelitian ini, data yang diukur secara langsung adalah arus dan medan magnet. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis kuantitatif menggunakan metode grafik dan metode analisis regresi linier :

- 1) Menghitung Hubungan antara Jari-jari Lingkaran dan Jumlah Lilitan terhadap Besar Induksi Magnet dengan Metode Grafik

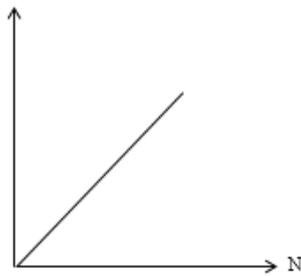
Metode grafik untuk menentukan hubungan antara dua variabel, dalam menganalisis terdapat satu variabel bebas yang dapat diubah-ubah dinotasikan huruf x dan variabel terikat diberi dinotasikan huruf y.

Percobaan 1



Gambar 5 Grafik Hubungan antara Besar Medan Magnet dengan Jari-Jari Lilitan (Lingkaran)

Percobaan 2
 B



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Besar Medan Magnet dengan Jumlah Lilitan

- 2) Menjelaskan Hubungan Variabel X dan Y melalui Persamaan Regresi Linier Sederhana
 Analisis regresi linier sederhana dapat diperoleh dengan persamaan [2]

$$y = bx + a \quad [2]$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad [3]$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad [4]$$

dimana

- a = konstanta
- b = koefisien regresi
- x = variabel bebas
- y = variabel terikat

- 3) Koefisien Korelasi

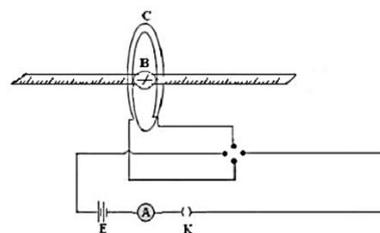
Selain kedua metode tersebut, analisis data juga dilakukan dengan mencari koefisien korelasi antara dua buah variabel. Kekuatan hubungan antara dua variabel dapat ditunjukkan melalui nilai koefisien korelasinya yang berada pada rentang +1 sampai -1. Sarwanto (2006), memberikan kriteria agar mempermudah dalam menginterpretasikan mengenai tingkat hubungan antara dua variabel, :

- 0 : Dua variabel tidak berhubungan
- >0 – 0,25 : Hubungan sangat lemah
- >0,25 – 0,5 : Hubungan cukup
- >0,5 – 0,75 : Hubungan kuat
- >0,75 – 0,99 : Hubungan sangat kuat
- 1 : Hubungan sempurna

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat percobaan induksi magnetik yang dilengkapi sensor ini merupakan modifikasi dari alat percobaan yang menjelaskan desain praktikum pembelajaran sub materi induksi magnetik di kawat melingkar berarus yang konvensional. Alat ini

tersusun dari tiga bagian utama, yaitu papan utama percobaan, rangkaian sumber arus listrik dan rangkaian sensor efek hall dan sensor arus. Papan utama percobaan terdiri atas papan kayu sepanjang 1 m dan lebar 40 cm, lilitan kawat dengan 5 variasi ukuran dan jumlah lilitan, serta saklar komutator. Rangkaian sumber arus terdiri dari power supply dan adaptor, serta pada rangkaian sensor terdiri atas sensor efek hall UGN3503 dan sensor arus ACS712 diletakkan di pada pusat lilitan. Hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui LCD. Induksi magnet menunjukkan besarnya kuat medan magnet yang berada di sekitar kawat melingkar yang dialiri arus listrik.



Gambar 7. Desain Alat Percobaan Induksi Magnet

Berdasarkan data hasil percobaan menggunakan alat percobaan induksi magnet di pusat maupun di suatu titik di sekitar kawat melingkar berarus, selain diperoleh konsep juga diperoleh perhitungan besar induksi magnetik di pusat kawat melingkar berarus, sebagai berikut :

3.1. Hasil Percobaan

Data Percobaan Pertama

Tabel 1. Data Jari-Jari Lilitan terhadap besar Induksi Magnetik, dengan jumlah lilitan tetap

Jumlah lilitan	Jari-Jari (cm)	Induksi Magnetik (T) Terukur
10	6,5	0,001029
10	8	0,000944
10	9,5	0,000920
10	11	0,000840
10	12,5	0,000776

Data Percobaan Kedua

Tabel 2. Data Jumlah Lilitan terhadap besar Induksi Magnetik, dengan jari – jari kawat melingkar tetap

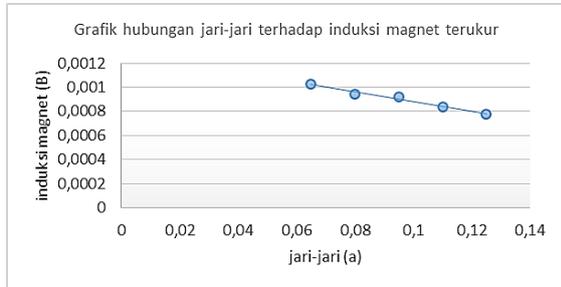
Jari-Jari (cm)	Jumlah lilitan	Induksi Magnetik (T) Terukur
9,5	2	0,000295
9,5	4	0,000513
9,5	6	0,000744
9,5	8	0,000862
9,5	10	0,000952

3.2. Analisis Data

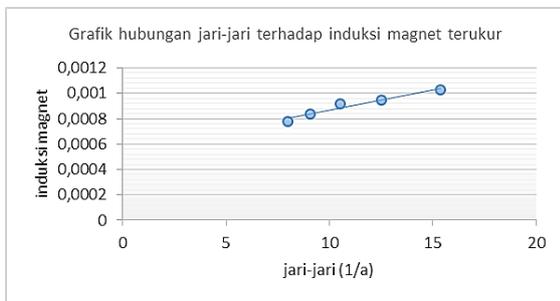
Berdasarkan data hasil percobaan maka dilakukan analisis data untuk mengetahui keterkaitan antar variabelnya. Pada percobaan pertama untuk

mengetahui hubungan antara jari-jari atau jumlah lilitan terhadap induksi magnetiknya perlu dibuat grafik yang menunjukkan korelasinya.

- 1) Menghitung induksi magnet dengan jumlah lilitan tetap



Gambar 8. Grafik Hubungan Jari-Jari Lingkaran (a) Terhadap Induksi Magnetik Terukur (B)



Gambar 9. Grafik Hubungan Jari-Jari Lingkaran (1/a) Terhadap Induksi Magnetik Terukur (B)

- 2) Menghitung induksi magnet dengan jari-jari kawat melingkar tetap



Gambar 10. Grafik hubungan Jumlah Lilitan (N) terhadap Induksi Magnetik Teukur (B)

3.3. Pembahasan

Pembuatan alat percobaan induksi magnetik dengan sensor efek hall ini bertujuan untuk mengetahui bahwa alat percobaan induksi magnetik yang dilengkapi dengan sensor efek hall dan sensor arus dapat digunakan untuk menunjukkan hubungan

antara kuat medan magnet/induksi magnetik (B) dan jari-jari lilitan kawat (a) serta jumlah lilitan kawat (N). Selain itu, alat percobaan ini dapat digunakan untuk menentukan besar induksi magnetik pada suatu titik di sumbu lingkaran.

Prinsip kerja dari alat percobaan induksi magnetik menggunakan sensor efek hall UGN3503 sesuai dengan hukum Biot-Savart. Arus yang dihasilkan oleh power supply melalui trafo yang terdapat di dalam adaptor kemudian arus listrik mengalir melewati lilitan kawat. Berdasarkan hukum Biot-Savart, kawat yang dialiri arus listrik kemudian menghasilkan medan magnet. Kuat medan magnet (induksi magnet) akan terdeteksi oleh sensor efek hall dan arus listrik yang melewati lilitan kawat akan terukur oleh sensor arus yang hasilnya tertampil di layar LCD.

Alat percobaan induksi magnetik di pusat kawat melingkar berarus terdiri dari tiga bagian, yaitu papan utama percobaan induksi magnetik di pusat kawat melingkar berarus, rangkaian sumber arus listrik, dan rangkaian sensor efek hall UGN3503 dan sensor arus ACS712. Papan utama percobaan terdiri atas papan kayu sepanjang 1 m dan lebar 40 cm, lilitan kawat dengan 5 variasi ukuran diameter (13 cm, 16 cm, 19 cm, 22 cm, dan 25 cm) dan 5 variasi jumlah lilitan (2, 4, 6, 8, 10 lilitan), *sliding track* untuk meletakkan sensor, serta saklar komutator. Rangkaian sumber arus terdiri dari power supply dan adaptor, serta pada rangkaian sensor terdiri atas sensor efek hall UGN3503 dan sensor arus ACS712 diletakkan di pada pusat lilitan. Hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui LCD.

Pada percobaan pertama bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kuat medan magnet terhadap jari-jari lilitan kawat. Dengan memvariasikan jari-jari lilitan kawat berukuran 6,5 cm; 8 cm; 9,5 cm; 11 cm; dan 12,5 cm, maka dapat terlihat perbedaan kuat medan magnetiknya pada setiap jari-jari yang terbaca oleh sensor. Pada percobaan kedua bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kuat medan magnet terhadap jumlah lilitan kawat. Dengan memvariasikan jumlah lilitan kawat dengan jumlah 2, 4, 6, 8, dan 10, maka dapat dilihat perbedaan kuat medan magnetiknya pada setiap lilitan yang terbaca oleh sensor.

Pada percobaan pertama, diberikan variasi pada jari-jari lilitan kawat. Dari data hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar jari-jari lingkaran lilitan kawat maka medan magnet yang ditimbulkan oleh kawat yang dialiri arus tersebut akan semakin kecil. Dengan kata lain, kuat medan magnet yang dihasilkan berbanding terbalik dengan jari-jari lilitan kawat.

Hal ini seperti ditunjukkan gambar 9 yang menunjukkan semakin besar jari-jari lilitan kawat, semakin kecil kuat medan magnet yang ditimbulkan oleh kawat yang dialiri arus listrik. Grafik yang dihasilkan juga membentuk garis linier yang menunjukkan nilai kesebandingan. Sehingga secara matematis dan grafis, hasil percobaan 1 sesuai teori dapat dituliskan dengan $B \sim \frac{1}{a}$. Dari analisis data juga dihasilkan nilai korelasi positif sebesar 0,98 yang berarti bahwa keterkaitan yang sangat kuat antara jari-jari lingkaran dengan kuat medan magnetiknya.

Pada percobaan kedua, diberikan variasi pada jumlah lilitan kawat. Dari data hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar jumlah lilitan kawat maka medan magnet yang ditimbulkan oleh kawat yang dialiri arus tersebut akan semakin besar juga. Dengan kata lain, kuat medan magnet yang dihasilkan berbanding lurus dengan jari-jari lilitan kawat.

Dari gambar 10 menunjukkan semakin besar jumlah lilitan kawat, semakin besar kuat medan magnet yang ditimbulkan oleh kawat yang dialiri arus listrik. Grafik yang dihasilkan juga membentuk garis linier yang menunjukkan nilai kesebandingan. Sehingga secara matematis, hasil percobaan 2 dapat dituliskan dengan $B \sim N$. Dari analisis data juga dihasilkan nilai korelasi positif sebesar 0,98 yang berarti bahwa keterkaitan yang sangat kuat antara jumlah lilitan kawat dengan kuat medan magnetiknya.

Dari hasil percobaan maka peserta didik akan menemukan hubungan antara jari-jari kawat melingkar dengan besar induksi magnetik, serta jumlah lilitan terhadap besar induksi magnetik maka diperoleh hubungan bahwa $B \sim \frac{1}{a}$ dan $B \sim N$, hal ini sesuai dengan diharapkan dapat diarahkan untuk menemukan konsep induksi magnetik sesuai hukum Biot-Savart pada persamaan

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2a} \quad [5]$$

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian pembuatan alat percobaan induksi magnetik pada kawat melingkar berarus listrik dengan sensor efek hall UGN3503 dan sensor arus ACS712 dapat digunakan untuk menunjukkan hubungan antara besar induksi magnetik, jari – jari kawat melingkar, dan jumlah lilitan kawat. Berdasarkan data dan grafik dalam percobaan didapatkan kesimpulan bahwa besar induksi magnet kawat melingkar berarus berbanding terbalik dengan jari – jari ($B \sim \frac{1}{a}$) dan berbanding

lurus dengan jumlah lilitan kawat ($B \sim N$). Hubungan antara jari – jari kawat melingkar, jumlah lilitan, dan induksi magnet pada kawat melingkar berarus dapat dibuat persamaan matematis yaitu $B = \frac{\mu_0 NI}{2a}$.

Saran pada alat percobaan induksi magnetik pada kawat melingkar berarus listrik dengan sensor efek hall UGN3503 dan sensor arus ACS712 diperlukan ketelitian dalam mengukur induksi magnet (kuat medan magnet) dan arus serta meletakkan sensor tepat pada pusat kawat melingkar berarus agar didapatkan data yang valid. Selain itu diperlukan pengkajian lebih lanjut mengenai jenis sensor yang digunakan agar lebih presisi untuk pengukuran obyek yang masih abstrak seperti kuat medan magnet.

Daftar Pustaka

- Afriyanto, E. (2015). Pengembangan media pembelajaran alat peraga pada materi hukum bit – savart di sma negeri 1 prambanan klaten. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika 2* (1) : 20 – 24
- Allegro MicroSystems, I. (1999). Ratiometric, linear hall-effect sensors (p. 1). Retrieved from www.pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/allegromicrosystems/3503.pdf
- Ardiansyah, A., Ardianti, R., Nana, N. (2019). Medan magnet pada solenoida. doi:https://doi.org/10.31227/osf.io/f4ykh
- Djamarah, Syaiful Bahri, (2006). *Strategi belajar mengajar*. Jakarta : PT Rineka Cipta
- Giancoli, Douglas C. (2001). *Fisika jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hartati, B. (2010). Pengembangan alat peraga gaya gesek untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sma. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia 6* (2) :128-132. doi: https://doi.org/10.15294/jpfi.v6i2.1125
- Jacobus, Liefson, dan Dewi Kristina Gulo. (2014). Rancang bangun teslameter dengan metode induksi. *JTI UKRIM, 6* (2) : 42-47
- Pambuka, R.N, dan Rahardjo, D.T. (2018). Pembuatan alat eksperimen induksi magnet pada toroida menggunakan arduino dan hall effect sensor. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika (JMPF) 2* (8) : 33-38
- Ro'uf, A. Z. S. (2011). Karakterisasi sensor efek hall ugn3503 untuk mengukur kemiringan. *IJEIS 1*(1) : 25–30
- Serway, Raymond A dan J.W. Jewett. (2010). *Fisika untuk sains dan teknik*. Jakarta: Salemba Teknik.

- Suryono, Riyanti,A., dan Suseno, J.E. (2009). Karakterisasi sensor magnetik efek hall ugn3503 terhadap sumber magnet dan implementasinya pada pengukuran massa. *Jurnal Berkala Fisika 12* (1) : 1-8
- Waruwu, L.Y, Rahmi, A., dan Anaperta, M. (2021). Rancang bangun alat ukur medan magnet berbasis arduino uno menggunakan sensor efek hall. *Jurnal Semesta Teknik 24* (2) : 129-139. doi <https://doi.org/10.18196/st.v24i2.12938>
- Yudhistira, dan Wibowo. (2019). Pengukuran medan magnetik helmholtz coil melalui konversi tegangan efek hall. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2019, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 16 Oktober 2019. Prosiding Jurnal UMJ* : 1-6