

Perancangan Alat Ukur Kuat Medan Magnet Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor UGN-3503

Greity Syaloom Lumempow¹, Glladyvio Derek^{1*}, Marianus¹, Jeane Verra Tumangkeng¹ dan Ishak Pawarangan²

¹Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Manado, Jl. Kampus Unima, Tonsaru, Kec. Tondano Selatan, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara 95618

²Program Studi Fisika Universitas Negeri Manado, Jl. Kampus Unima, Tonsaru, Kec. Tondano Selatan, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara 95618

*E-mail: glladyvioderek@gmail.com

Abstrak. Pemahaman konsep medan magnet dalam pembelajaran fisika sering mengalami hambatan akibat keterbatasan alat peraga di sekolah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan alat ukur kuat medan magnet berbasis sensor UGN-3503 menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan tahapan perancangan/perencanaan, pembuatan, dan pengujian alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ukur medan magnet yang telah dirancang mampu beroperasi secara optimal pada jarak pengukuran 2–10 cm dengan tingkat akurasi secara rata-rata sebesar 97%. Hasil pengujian juga menunjukkan hubungan linier antara nilai pengukuran alat dan nilai perhitungan teoritis dengan koefisien determinasi R^2 sebesar 0,9619 hasil alat dan 0,9636 hasil teoritis. Meskipun terjadi penurunan akurasi pada jarak di atas 10 cm, secara keseluruhan alat ini dapat digunakan sebagai media praktikum fisika di sekolah. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan alat praktikum dalam memperkuat pemahaman konsep medan magnet pada peserta didik melalui pengukuran langsung secara digital.

Kata kunci: alat ukur digital, medan magnet, sensor UGN-3503

Abstract. Understanding the concept of magnetic fields in physics is often hindered by the limited availability of instructional materials in schools. To address this issue, this study aims to design and develop a magnetic field strength measurement device utilizing a UGN-3503 sensor interfaced with an Arduino Uno microcontroller. The study employed a Research and Development (R&D) methodology comprising the design, fabrication, and testing of the device. The results indicate that the designed magnetic field measurement device can operate optimally at measurement distances ranging from 2 to 10 cm, achieving an average accuracy of 97%. Furthermore, testing revealed a linear relationship between the device's measured values and teorits calculations, with coefficients of determination (R^2) of 0.9619 and 0.9636 for the device's measurements and teorits calculations, respectively. Although accuracy decreases beyond 10 cm, the device remains a viable tool for use in school physics labs. This study contributes to the development of educational laboratory equipment by strengthening students' understanding of magnetic field concepts through direct digital measurement.

Keywords: digital measuring device, magnetic field, UGN-3503 sensor

1. Pendahuluan

Fisika adalah cabang ilmu yang mempelajari tentang sifat, gejala, dan dampak berbagai fenomena beserta akibatnya di alam, baik yang bersifat nyata maupun konseptual. Dalam pembelajaran, mata pelajaran ini sering dianggap sulit oleh peserta didik [1-3]. Kondisi ini muncul karena peserta didik jarang dilibatkan secara aktif dalam membangun konsep dan tidak berkesempatan berdiskusi atau mengajukan pertanyaan atas hal yang belum dipahami, melainkan hanya mendengarkan saja [3-6]. Data lapangan menunjukkan peserta didik kesulitan dalam pemahaman konsep fisika dikarenakan pengajaran yang hanya bergantung pada teori dan persamaan dalam buku [7]. Pembelajaran fisika yang optimal sebaiknya dilakukan dengan cara yang menyenangkan dan menggunakan pendekatan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Salah satu pendekatan yang dinilai efektif adalah melalui kegiatan eksperimen atau praktikum [8,9]. Kegiatan ini melibatkan siswa secara langsung dalam praktik melalui penggunaan alat peraga. Tujuan utamanya adalah membantu siswa memahami dan menerapkan konsep-konsep fisika secara lebih mudah, serta mampu mengatasi berbagai persoalan yang berkaitan dengan materi yang telah didemonstrasikan. Pemahaman konsep secara mendalam dapat tercapai melalui pemanfaatan alat-alat praktikum. Namun, pada kenyataannya, alat-alat praktikum di sekolah masih sangat terbatas, khususnya perangkat untuk mengukur kuat medan magnet [10].

Demonstrasi dan praktikum memberikan peserta didik peluang untuk mendalami gejala yang terjadi di alam [11,12]. Ketersediaan sarana dan prasarana percobaan memastikan pelaksanaan praktikum sesuai dengan tujuan, walaupun hanya beberapa sekolah yang memiliki fasilitas laboratorium lengkap untuk menunjang aktivitas pembelajaran di kelas. Sarana pendidikan yang diperlukan oleh sekolah sendiri adalah alat peraga yang selaras dengan konsep teoritis fisika, mudah dipahami dan digunakan serta praktis [13].

Medan magnet merupakan sebuah topik yang sering dianggap sukar oleh peserta didik dalam pembelajaran fisika. Medan magnet didefinisikan sebagai daerah di sekitar sebuah magnet di mana gaya tolak-menolak dan tarik-menarik masih dapat mempengaruhi magnet lain ataupun bahan bermaterial besi, biasanya divisualisasikan lewat garis-garis gaya di sekitar kutub magnet [14].

Untuk mendeteksi, mengukur, dan menampilkan kekuatan medan magnet secara digital, dibutuhkan perangkat khusus. Alat pengukur ini dirancang agar bersifat portabel dan mudah dioperasikan dengan memanfaatkan sensor *Hall effect* untuk mendeteksi medan magnet [15-17].

Arduino Uno adalah papan sirkuit yang memuat mikrokontroler ATmega328, sebuah chip yang berfungsi layaknya komputer mini. Papan ini dapat dipakai untuk merancang rangkaian elektronik mulai dari yang sangat sederhana hingga yang kompleks [18,19].

Berdasarkan uraian diatas bahwa masih kurang tersediannya alat praktikum digital yang dapat digunakan untuk membantu peserta didik dalam memahami konsep medan magnet melalui pengukuran langsung secara digital. Maka dipandang penting untuk merancang alat ukur kuat medan magnet dalam bentuk digital berbasis mikrokontroler Arduino uno menggunakan sensor *hall effect* UGN-3503. Alat ukur medan magnet digital ini diharapkan dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran fisika sehingga peserta didik dapat memperoleh pengalaman praktis.

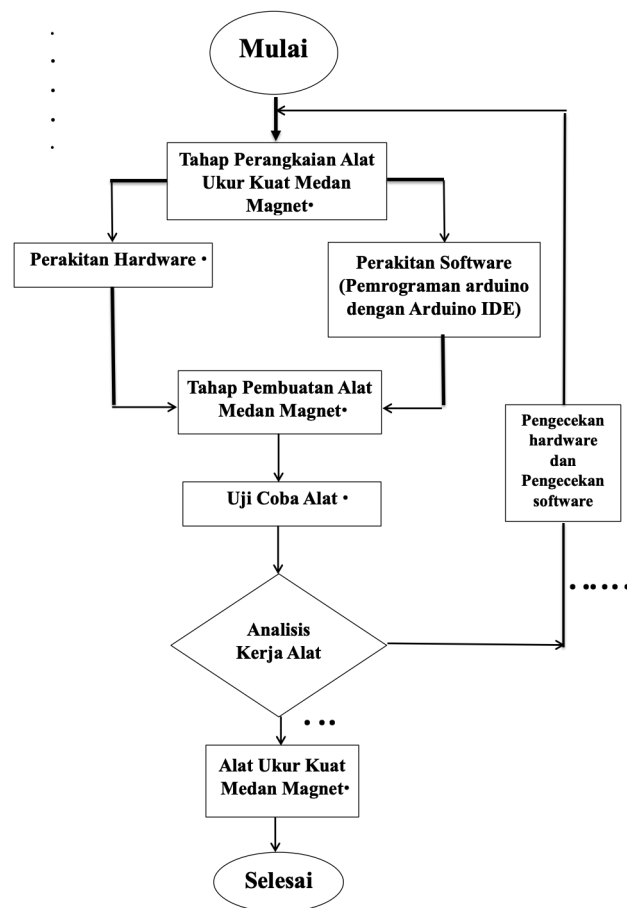
2. Metode

Penelitian pengembangan alat pengukur besar kuat medan magnet dengan sensor UGN-3503 berbasis arduino uno (mikrokontroller) dilakukan dengan metode pendekatan *Research and Development* (R&D). Metode R&D adalah sebuah metode atau pendekatan dalam penelitian yang memiliki tujuan untuk mendapatkan suatu produk dan menguji kegunaan dari produk tersebut

[20,21]. Komponen sensor dibangun dari beberapa lapisan material silikon yang bekerja sebagai penghantar arus listrik [22].

Sensor *Hall effect* yang digunakan dalam penelitian UGN-3503 menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kekuatan medan magnet yang dideteksinya. Sensor ini memiliki tiga pin: Pin 1 (VCC) sebagai sumber tegangan; Pin 2 (GND) sebagai ground; dan Pin 3 (Vout) sebagai keluaran tegangan [23]. Tegangan keluaran tersebut proporsional dengan densitas medan magnet. Data yang dihasilkan kemudian diproses oleh mikrokontroler, sehingga besar medan magnet yang menjadi luaran akan ditampilkan layar LCD. Mikrokontroler yang populer dan sering digunakan dalam perancangan alat adalah Arduino Uno R3 (ATMega328) [24].

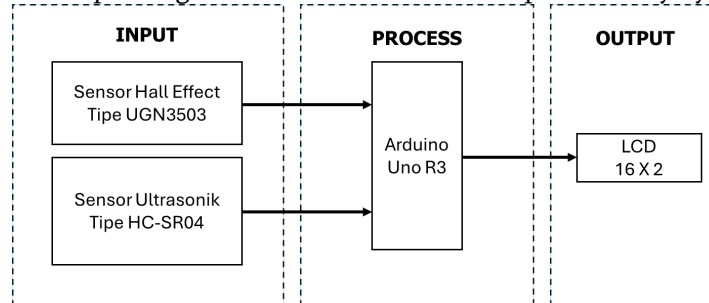
Diagram alir atau *flowchart* adalah diagram yang menunjukkan aliran proses atau algoritma dengan kotak dan tanda panah yang menghubungkan langkah-langkahnya. Diagram alir untuk penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



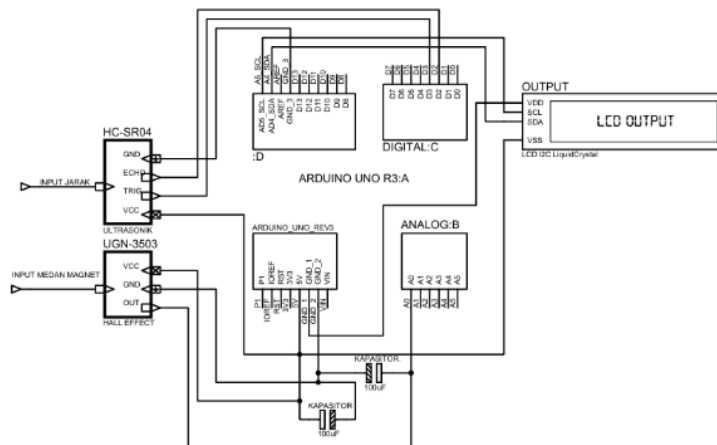
Gambar 1. Diagram alir perancangan alat ukur kuat medan magnet menggunakan sensor UGN-3503

Rancangan alat ukur kuat medan magnet dengan sensor UGN-3503 berbasis Arduino Uno secara skematik ditunjukkan oleh diagram blok alat ukur medan magnet pada Gambar 2 [25]. Selanjutnya, secara skematik desain alat ukur medan magnet ditunjukkan oleh Gambar 3. Perancangan alat ukur kuat medan magnet melibatkan integrasi beberapa komponen elektronik, di antaranya mikrokontroler Arduino uno R3 sebagai pengendali utama, LCD 16x2 karakter untuk menampilkan hasil pengukuran, serta sensor *Hall Effect* UGN-3503 dan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai

komponen input. Rangkaian ini didukung oleh breadboard sebagai media perangkaian, kabel jumper (*male-to-female* dan *male-to-male*) untuk menghubungkan komponen, dua buah kapasitor 100 μF sebagai filter tegangan, dan sumber daya berupa baterai 9V yang diatur melalui saklar on/off 2 kaki. Kabel soket dan adaptor digunakan untuk memastikan pasokan daya yang stabil ke sistem.



Gambar 2. Diagram blok alat ukur medan magnet



Gambar 3. Skematik alat ukur medan magnet menggunakan *Proteus 8*

Eksperimen oleh Jean-Baptiste Biot dan Félix Savart tahun 1820 membuktikan hubungan medan magnet dan arus listrik. Pada prinsipnya, medan magnet dan induksinya merupakan hal yang sama. Medan magnet adalah sebuah besaran vektor yang memiliki arah dan nilai, yang umumnya dilambangkan dengan B , begitu juga untuk besar medan magnetik. Besarnya medan magnet dapat diamati melalui garis-garis medan magnetik di sekitar kawat berarus. Kuat medan magnet B yang dihasilkan oleh arus listrik I yang mengalir dalam kawat lurus dengan jarak tertentu [14]. Persamaan umum untuk menentukan medan magnet pada jarak tertentu dirumuskan dalam Persamaan 1, yang menjadi prinsip dasar dalam perancangan alat [24].

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (1)$$

dimana B adalah besar induksi magnet (Tesla), I adalah besar arus listrik (A), a adalah jarak titik ke sensor (m), μ_0 adalah permeabilitas magnet ($4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A}\cdot\text{m}$).

Sensor *Hall Effect* UGN-3503 dihubungkan ke Arduino Uno melalui tiga jalur: output sensor tersambung ke pin analog A0 untuk membaca sinyal magnet, VCC sensor mendapat daya dari pin 5V Arduino, dan terminal GND-nya terhubung ke ground Arduino. Sementara itu, sensor ultrasonik HC-SR04 dikonfigurasi dengan menghubungkan pin Echo ke pin digital 2 dan pin Trigger ke pin digital 3 Arduino. Sumber daya 5V dan ground sensor ultrasonik juga disinkronkan dengan Arduino untuk memastikan operasi yang selaras. Seluruh komponen dirangkai secara sistematis pada breadboard, dengan kapasitor yang berfungsi menstabilkan tegangan dan baterai 9V sebagai catu

daya portabel yang dapat diaktifkan atau dimatikan melalui saklar. Dalam perancangan alat ukur kuat medan magnet adanya komponen-komponen yang saling terhubung yaitu:

2. 1. *Sensor hall effect UGN-3503*

- Output terhubung dengan A0 pada Arduino Uno;
- VCC terhubung dengan 5 V pada Arduino Uno; dan
- GND pada sensor *hall effect* terhubung dengan GND pada Arduino Uno.

2. 2. *Sensor Ultrasonik HC-SR04*

- Pada kaki echo terhubung dengan pin digital 2 dalam Arduino Uno;
- Kaki trigger terhubung dengan pin digital 3;
- VCC terhubung dengan 5 V;
- GND terhubung dengan GND pada Arduino Uno.

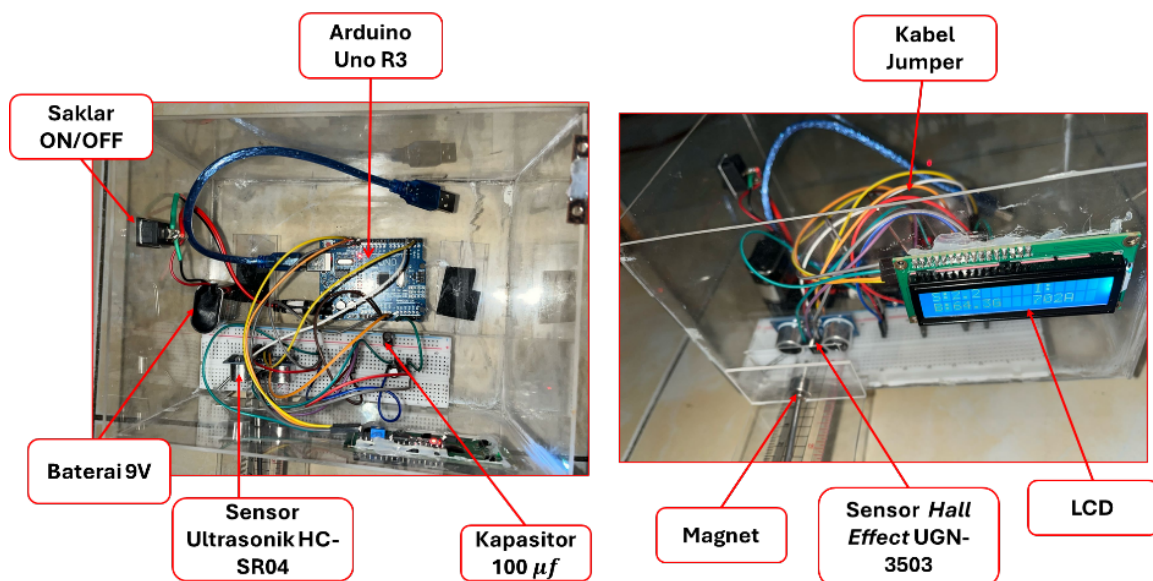
Setelah selesai merancang alat, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada alat. Pengujian dilakukan dengan mengukur medan magnet pada jarak 2-3 cm, 4-5 cm, 6-7 cm, 8-9 cm, dan 10-11 cm. Kemudian dilakukan perbandingan dengan perhitungan teoritis medan magnet dengan menggunakan Persamaan 1. Tahap selanjutnya adalah mencari taraf kesalahan dan koefisien determinasi R^2 dari alat untuk menganalisis kelayakan dari alat yang telah dirancang [27]. Taraf kesalahan dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$\text{Taraf Kesalahan} = \frac{B_{\text{Teori}} - B_{\text{Output}}}{B_{\text{Teori}}} \times 100\% \quad (2)$$

dimana B_{Teori} adalah medan magnet yang dihitung secara teoritis dengan Persamaan 1 dan B_{Output} adalah luaran medan magnet dari alat.

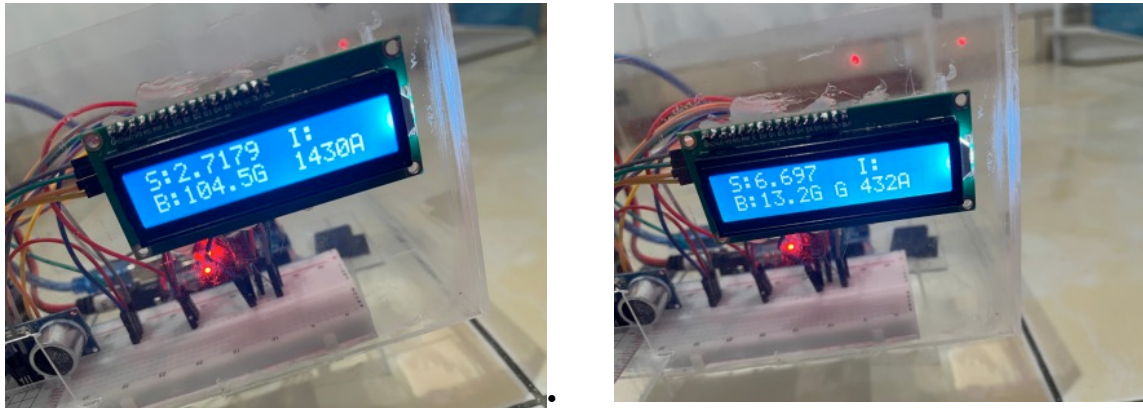
3. Hasil dan Pembahasan

Dalam perancang alat ukur kuat medan magnet berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor *Hall Effect* UGN- 3503 ini hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4 yang memperlihatkan rangkaian alat ukur medan magnet beserta komponennya.



Gambar 4. Hasil pembuatan alat ukur kuat medan magnet

Setelah alat ukur medan magnet berbasis sensor *Hall Effect* UGN-3503 berhasil dirancang, selanjutnya dilakukan serangkaian uji coba untuk memperoleh data terkait kinerja alat. Hasil perhitungan yang diperoleh akan melalui proses kalibrasi untuk memastikan akurasi dan keandalan sistem yang telah dirancang. Gambar 5 menunjukkan proses pengambilan data pada alat ukur kuat medan magnet.



Gambar 5. Dokumentasi pengambilan data pada jarak 2 dan 6

Besar arus listrik (I) yang digunakan dengan satuan ampere (A). Nilai B_{out} merupakan medan magnet yang terbaca di LCD dalam satuan G , sementara B_{Teori} adalah hasil perhitungan teoritis medan magnet menggunakan satuan Gauss. Kolom akurasi menggambarkan tingkat Akurasi data, dan taraf kesalahan ditampilkan dalam persentase (%) untuk menunjukkan selisih antara hasil pengukuran alat dengan perhitungan teoritis.

Pengujian terhadap alat ukur medan magnet yang divariasikan jarak magnet terhadap sensor *hall effect*. Jarak ukur magnet terhadap sensor dimulai dari 2 cm dikarenakan keterbatasan sensor ultrasonik yang hanya mampu mendeteksi objek pada jarak mulai dari 2 cm.

Hasil regresi linear dari luaran medan magnet (B_{output}) medan magnet yang dihitung menggunakan persamaan secara teoritis (B_{Teori}) dengan Persamaan (1). Pengujian alat dilakukan dengan mengukur arus listrik dan medan magnet pada magnet *neodymium* dengan rentang jarak tertentu dan dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis, setiap pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali. Data hasil pengukuran pengujian kuat medan magnet pada magnet *neodymium* dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil data pengukuran kuat medan magnet percobaan I dilakukan pada jarak 2–3 cm menunjukkan bahwa alat yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang baik. Secara rata-rata, akurasi alat mencapai 98,91% artinya hasil pengukuran otomatis B_{output} hampir mendekati nilai B_{Teori} .

Pengukuran medan magnet percobaan II dilakukan pada jarak 4–5 cm menunjukkan bahwa alat pengukur bekerja dengan baik. Rata-rata akurasi yang dicapai adalah 98,89% menandakan bahwa hasil pengukuran alat B_{output} mendekati dengan nilai perhitungan teoritis B_{Teori} .

Pengukuran medan magnet percobaan III dilakukan pada jarak sekitar 6 cm – 7 cm menunjukkan bahwa alat pengukur bekerja dengan tingkat Akurasi yang baik. Rata-rata ketepatan mencapai 99,94% menandakan bahwa hasil B_{output} hampir sama dengan perhitungan teoritis B_{Teori} .

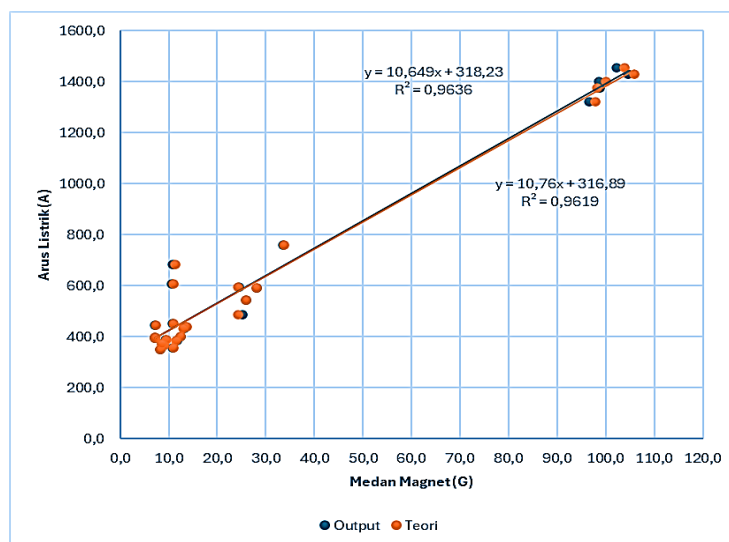
Pengukuran medan magnet pada percobaan IV dilakukan pada jarak sekitar 8 cm – 9 cm menunjukkan bahwa alat pengukur bekerja dengan Akurasi yang baik. Rata-rata akurasi mencapai 99,81% berarti hasil pengukuran alat B_{output} hampir sama persis dengan perhitungan teoritis B_{Teori} .

Tabel 1. Data pengukuran pengujian alat medan magnet

Percobaan Ke-	I (A)	B_{Out} (G)	B_{Teori} (G)	Akurasi (%)
I (Jarak 2-3 cm)	1396	100,140	101,170	98,91
II (Jarak 4-5 cm)	595	27,480	27,274	98,89
III (Jarak 6-7 cm)	401,8	12,360	12,368	99,94
IV (Jarak 8-9 cm)	385,4	9,260	9,277	99,81
V (Jarak 10-11 cm)	505	8,640	8,807	98,11

Pengukuran medan magnet pada percobaan V dilakukan pada jarak 10 cm –11 cm menunjukkan bahwa akurasi alat sedikit menurun dibandingkan dengan jarak yang lebih pendek. Rata-rata akurasi mencapai 98,11% berarti hasil masih cukup dekat dengan perhitungan teoritis .

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengujian dari percobaan I hingga percobaan IV menunjukkan tren peningkatan akurasi, yaitu dari 98,73% menjadi 99,33%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara konsisten dan semakin optimal pada setiap percobaan. Namun, pada percobaan V, terjadi penurunan akurasi menjadi 97,85%. Penurunan akurasi ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain keterbatasan deteksi alat yang digunakan serta luas medan magnet yang terdeteksi oleh sensor tidak sebesar pada percobaan sebelumnya, sehingga memengaruhi kinerja sistem dalam mendeteksi secara akurat. Dari Tabel 1 didapatkan grafik regresi linier antara hasil pengukuran medan magnet dan terhadap perhitungan teoritis seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengujian alat dengan mengukur luaran medan magnet terhadap arus listrik serta perhitungan teoritis medan magnet terhadap arus listrik.

Tampak pada Gambar 6 diperoleh hasil pengujian alat yang masih sangat signifikan yaitu nilai R^2 sangat baik, sebesar 0.9636 untuk medan magnet yang dihitung secara teoritis (B_{Teori}) dan

0.9619 untuk luaran medan magnet (B_{out}) dengan titik potong pada sumbu-y sangat kecil dibandingkan dengan besaran arus dan medan magnet yang diperoleh yaitu 318,23 untuk medan magnet yang dihitung secara teoritis dan 316,89 untuk luaran medan magnet. Hasil ini mengindikasikan bahwa alat pengukur kuat medan magnet yang telah dikembangkan itu memiliki tingkat akurasi yang baik terhadap nilai teoritis.

4. Simpulan

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan alat pengukur kuat medan magnet berbasis mikrokontroler Arduino Uno menggunakan sensor *Hall Effect* UGN-3503 dan telah dapat beroperasi dengan sangat baik untuk mengukur medan magnet pada kisaran jarak 2–10 cm. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat akurasi rata-rata di atas 97%, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9619 untuk hasil alat dan 0,9636 untuk perhitungan teori, yang menandakan korelasi yang sangat kuat antara hasil pengukuran alat dan perhitungan teoritis. Alat ini mampu memberikan hasil pengukuran yang konsisten dan mendekati nilai referensi, meskipun pada jarak di atas 10 cm terjadi sedikit penurunan akurasi dikarenakan keterbatasan kedua sensor dalam menentukan jarak, arus listrik, dan medan magnet.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan optimasi pada rentang pengukuran jarak di atas 10 cm menggunakan sensor *Hall Effect* dengan sensitivitas lebih tinggi atau menambahkan sistem penguatan sinyal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus ditujukan kepada dosen-dosen di Jurusan Fisika Universitas Negeri Manado atas segala bimbingan, arahan, serta dukungan yang sangat berarti selama proses penyusunan artikel ini. Penulis juga berterima kasih kepada kedua orang tua tercinta atas doa dan motivasi yang tiada henti selama penelitian ini berlangsung. Penghargaan yang tulus diberikan kepada Igreya serta rekan-rekan Mahasiswa Pendidikan Fisika UNIMA angkatan 2022 atas kontribusi dan kerja samanya dalam proses pembuatan serta penyempurnaan alat ukur kuat medan magnet berbasis arduino uno menggunakan sensor UGN-3503. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Jurusan Fisika Universitas Negeri Manado atas segala fasilitas dan dukungan yang telah diberikan selama pelaksanaan kegiatan ini.

References

- [1] Nurhaniah A, Kaharuddin K and Ali M S 2022 Diagnosis Kesulitan Materi Fisika Pada Peserta Didik Kelas Xi Ipa Sma Negeri 3 Baru *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika* **18** 161-170
- [2] Puri P R A and Perdana R 2023 Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik SMA Di Bantul Pada Materi Fluida Statis Dan Upaya Peningkatannya Melalui Model Pembelajaran Visualization Auditory Kinesthetic. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika UNWIRA* **1** 93-101
- [3] Chyta A, Budiharti R, and Rahardjo D T 2019 Penerapan model pembelajaran AIR (auditory , intellectually, and repetition) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI MIA 1 SMAN 2 Karanganyar pada materi suhu, kalor dan perpindahan *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika (JMPF)* **9** 132-137
- [4] Fitria E 2024 Peningkatkan Minat Dan Hasil Belajar Fisika Melalui Pendekatan Inkuiri Berwawasan Lingkungan *Kuantum: Jurnal Pembelajaran dan Sains Fisika* **5** 106-122

- [5] Isnawati N, Harjono A and Gunada I W 2020 Hasil Belajar Fisika Dengan Model Discovery Learning Ditinjau Dari Motivasi Peserta didik Kelas XI *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Fisika Indonesia* **2** 11–15
- [6] Rahmawati K M, Prastowo S H B and Bektiarso S 2019 Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbasis Scientific Approach untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Medan Magnet di SMA *Jurnal Pembelajaran Fisika* **8** 80–86
- [7] Yovan R A R and Kholiq A 2021 Pengembangan Media Augmented Reality Untuk Melatih Keterampilan Berpikir Abstrak Siswa SMA pada Materi Medan Magnet *PENDIPA Journal of Science Education* **6** 80–87
- [8] Murnilasari Y, Widyasari O A, Oktaviani R, Fitriyani Q and Kusumawati P R 2021 Efektivitas Pengembangan Metode Eksperimen berbasis Laboratorium Virtual PhET dalam Pembelajaran IPA Materi Rangkaian Listrik pada Masa Pandemi *Prosiding SEMAI: Seminar Nasional PGMI* (Pekalongan: UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan) pp 428–45
- [9] Kurniawati D, Hidayati L and Prihanto J 2024 Efektivitas Metode Praktik pada Pembelajaran Fisika dalam Meningkatkan Kemampuan Siswa SMK Mengukur Kalor yang Diterima Oleh Sebuah Bahan *JiIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)* **7** 8696–701
- [10] Anugrah M I, Serevina V and Nasbey, H 2015 Pengembangan alat praktikum medan magnet sebagai media pembelajaran fisika SMA *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* **4** 125–130
- [11] Ibrahim M, Usman and Ahsan M 2023 Efektivitas Metode Pembelajaran Demonstrasi Berbantuan Geogebra Dalam Meningkatkan Kemampuan Kognitif Siswa *Journal of Mathematics Learning Innovation (Jmli)* **2** 39–5
- [12] Wibowo H A C 2018 Rancang Bangun Simulasi Komputer untuk Pembelajaran Fisika pada Topik Selektor Kecepatan dengan Metode Numerik Euler *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)* **2**, 141-148
- [13] Arafah A L 2023 Analisis Standar Laboratorium Fisika dalam Meningkatkan Hasil Praktikum Siswa di SMAN 1 Banyuwangi *Paedagogi: Jurnal Kajian Ilmu Pendidikan* **9** 279–290
- [14] Ningsih E S 2018 Magnet, Jenis Magnet dan Peruntukannya dalam Pembelajaran. *Ilmu Pendidikan*
- [15] Hari P and Stephan S. A. 2019 Rancang Bangun Alat Pengukuran Kuat Medan Magnetik Digital Berbasis Arduino Uno *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis* 270–276
- [16] Harijanto A, Febriyanti M P, Mashitoh N N, Ningrum T W, Rahmawati E and Anindy R S 2023 Perancangan Alat Peraga Medan Magnet Disekitar Kawat Berarus dengan Hall Magnetik Sensor Bipolar Analog sebagai Demonstrasi dalam Pembelajaran Fisika *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* **9** 9–18
- [17] Hidayatie N 2017 Pengembangan Prototipe Pendeteksi Material Magnetik Menggunakan Sensor Hall Effect Ugn3503 Dengan Sistem Kendali Android *Universitas Negeri Jakarta*
- [18] Pambuka R N and Rahardjo D T 2018 Pembuatan Alat Eksperimen Induksi Magnet Pada Toroida Menggunakan Arduino dan Hall Effect Sensor *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika* **2** 33– 38
- [19] Nurhalim, A (2024). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Stem Berbantuan Arduino Uno Pada Materi Induksi Magnet Bermuatan Keterampilan Proses Sains *Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung*.
- [20] Sindim Deo E, Makahinda T, Rampengan A. M. and Setiawan K 2025 Rancang Bangun Alat

- Demonstrasi Tesla Coil Dalam Pembelajaran Medan Magnet *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika* **6** 159–165
- [21] Ayaa W, Rahmi A and Anaperta M 2024 Development of E-LKPD Based on Somatic Auditory Visualization Intellectually Using Live Worksheets on Caloric Material *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)* **8** 127–136
- [22] Waruwu L Y, Rahmi A and Anaperta M 2021 Rancang Bangun Alat Ukur Medan Magnet Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Efek Hall *Semesta Teknik* **24** 129–139
- [23] Budiarti A R 2017 Desain Alat Pengukuran Sifat Magnetik Material Dengan Sensor Efek Hall UGN3503 *Universitas Negeri Jakarta*
- [24] Putri H V, Radiyono Y and Setiawan I B 2022 Pengembangan Alat Percobaan Induksi Magnetik Pada Kawat Melingkar Berarus dengan Hall Effect Sensor UGN3503. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika* **12** 44-50
- [25] Majdi L M, Kumendong I M, Muhammad I H and Aziz, F.A 2024 Pemanfaatan Termokopel sebagai Sensor Suhu untuk Analisis Kelarutan Zat Terlarut *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya* **5** 85–92
- [26] Walker J, Halliday D and Resnick R 2014 Fundamentals of Physics Halliday & resnick 10ed Wiley
- [27] Sugiyono 2019 Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (23rd ed.) *Alfabeta*