

Pengukuran Medan Magnet Solenoid Menggunakan Sensor HMC 5883L Berbasis Arduino Uno

Monicha Lamia, Garend O. H. Lampus, Morientes Pakasi, Megastin Massang Lumembang, Hesky Kolibu

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

*megastinml@unsrat.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 04 December 2025

Revised 02 January 2026

Accepted 07 January 2026

Available online 15 January 2026



This is an open access article under the [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license. Copyright © 2025 by Author. Published by Physical Society Indonesia

ABSTRACT

This research investigates the measurement of the magnetic field generated by a solenoid using the HMC 5883L sensor integrated with an Arduino Uno microcontroller. The objective is to evaluate the sensor's performance in recording magnetic field changes at a fixed point as the solenoid current is varied from 0 to 1.1 A. The experimental method involves calibrating the sensor, collecting data for twelve current variations, and comparing the measured magnetic field values with theoretical calculations based on the solenoid's physical parameters. The results show that the HMC 5883L sensor accurately detects magnetic field changes in the low to moderate current range, with effective values following a linear trend as predicted by theory. However, at higher

currents, the measured field drops sharply and deviates from theoretical expectations, likely due to sensor limitations, magnetic saturation, and heating effects in the coil. This study confirms the suitability of the HMC 5883L sensor for practical magnetic field measurements in limited current ranges and highlights the need for careful sensor selection and calibration in high-field applications.

Keywords: Arduino Uno, HMC 5883L, magnetic field, measurement, solenoid

ABSTRAK

Penelitian ini menyelidiki pengukuran medan magnet yang dihasilkan oleh solenoid menggunakan sensor HMC5883L yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino Uno. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kinerja sensor dalam mencatat perubahan medan magnet pada titik tetap saat arus solenoid bervariasi dari 0 hingga 1,1 A. Metode eksperimental melibatkan kalibrasi sensor, pengumpulan data untuk dua belas variasi arus, dan perbandingan nilai medan magnet yang diukur dengan perhitungan teoritis berdasarkan parameter fisik solenoid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor HMC5883L secara akurat mendeteksi perubahan medan magnet pada rentang arus rendah hingga sedang, dengan nilai efektif mengikuti tren linear seperti yang diprediksi oleh teori. Namun, pada arus yang lebih tinggi, medan yang diukur turun tajam dan menyimpang dari harapan teoritis, kemungkinan besar disebabkan oleh keterbatasan sensor, saturasi magnet, dan efek pemanasan di kumparan. Penelitian ini mengkonfirmasi kesesuaian sensor HMC5883L untuk pengukuran medan magnet praktis dalam rentang arus terbatas dan menyoroti perlunya pemilihan sensor yang cermat dan kalibrasi dalam aplikasi medan tinggi.

Kata Kunci: Arduino Uno, HMC 5883L, magnetic field, measurement, solenoid

1. PENDAHULUAN

Pengukuran medan magnet memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi fisika modern, mulai dari karakterisasi perangkat elektromagnetik, praktikum pendidikan, hingga penelitian material. Dalam konteks pembelajaran, ketersediaan alat ukur yang murah, portabel, dan mudah dirakit sangat dibutuhkan sebagai alternatif

instrumen komersial yang harganya relatif tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengembangan alat praktikum berbasis mikrokontroler dapat menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan keterjangkauan alat pengukuran (Pratiwi, 2023). Selain itu, pendekatan berbasis simulasi juga memberikan gambaran teoretis mengenai karakter medan magnet, meskipun tetap tidak menggantikan kebutuhan pengukuran langsung (Waruwu et al., 2021). Penggunaan sensor magnetik digital seperti HMC5883L menawarkan kelebihan berupa kemampuan kalibrasi relatif mudah dan integrasi langsung dengan sistem mikrokontroler, berbeda dengan magnetometer konvensional yang cenderung lebih mahal, kurang fleksibel, dan membutuhkan perangkat pendukung tambahan. Oleh karena itu, pengembangan alat ukur medan magnet berbasis sensor digital menjadi relevan untuk menghadirkan metode pengukuran yang praktis sekaligus ekonomis.

Penelitian mengenai pengukuran medan magnet berbasis mikrokontroler telah banyak dilakukan, termasuk perancangan instrumen berbasis Arduino yang memanfaatkan sensor digital untuk mendeteksi variasi medan magnet secara real time (Matsun et al., 2024). Selain itu, pengembangan perangkat pengukuran berbasis Arduino Uno telah dilakukan pada berbagai proyek rancang bangun alat ukur medan magnet, yang menekankan integrasi sensor, kalibrasi, serta evaluasi keakuratan hasil pembacaan (Afa et al., 2023). Pemanfaatan sensor magnet digital seperti HMC5883L juga telah dijelaskan secara teknis pada dokumen-dokumen yang membahas fitur, prinsip kerja, dan batasan teknis sensor tiga sumbu tersebut (Puaypung & Rakkapao, 2021). Sementara itu, kajian mengenai perilaku medan magnet pada material konduktor dan non-konduktor memberikan dasar teoretis tambahan mengenai bagaimana medan magnet dapat berinteraksi dengan lingkungan fisik secara berbeda (Hendri et al., 2025). Selain itu, eksperimen berbasis mikrokontroler untuk menentukan besar medan magnet pada konfigurasi elektromagnetik tertentu juga telah dikembangkan secara khusus untuk keperluan pendidikan fisika (Teeka, 2019).

Meskipun berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi penggunaan sensor digital dalam pengukuran medan magnet, masih terdapat masalah terkait akurasi pembacaan sensor pada medan magnet yang meningkat secara signifikan, terutama ketika arus yang dialirkan pada solenoid melebihi batas kerja sensor (Matsun et al., 2024). Selain itu, beberapa proyek rancang bangun alat ukur masih belum mengevaluasi secara mendalam penyebab penyimpangan nilai pengukuran, terutama pada rentang arus tinggi yang dapat memengaruhi performa sensor dan menimbulkan ketidakselarasan antara nilai teoretis dan eksperimen (Afa et al., 2023). Kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa diperlukan analisis komprehensif yang tidak hanya membangun alat, tetapi juga menguji batas kinerja sensor, memvalidasi hasil eksperimen terhadap teori, dan mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan deviasi data.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengukuran medan magnet solenoid menggunakan sensor HMC5883L berbasis Arduino Uno dengan memerhatikan perubahan arus listrik pada rentang 0 hingga 1,1 A. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi linearitas dan batas kemampuan sensor dalam merekam perubahan medan magnet serta membandingkan hasil pengukuran dengan perhitungan nilai teoretis berdasarkan parameter fisik solenoid. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih dalam mengenai keandalan sensor HMC5883L dalam aplikasi praktikum dan eksperimen fisika, sekaligus menjadi dasar pengembangan alat ukur medan magnet yang lebih akurat dan adaptif.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengukur medan magnet yang dihasilkan oleh solenoid dengan variasi arus listrik menggunakan sensor HMC 5883L yang dikendalikan oleh Arduino Uno. Desain penelitian difokuskan pada pengukuran medan magnet pada satu titik tetap di dekat lilitan solenoid yang dialiri arus bervariasi. Prosedur dan desain penelitian dipilih untuk memperoleh data yang valid dan representatif, serta memudahkan analisis langsung terhadap fenomena medan magnet terkait variasi arus.

2.1 Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Alat utama yang digunakan adalah sensor HMC 5883L sebagai magnetometer, yang dipasang berdekatan dengan lilitan solenoid. Sensor ini terhubung ke Arduino Uno yang berfungsi sebagai pengendali, pengolah data, dan pengirim data ke laptop. Solenoid dialiri arus listrik dari power supply yang dapat diatur nilai arusnya. Data berupa pembacaan medan magnet (dalam mikrotelsa) ditampilkan secara real-time pada layar LCD Arduino serta disimpan dan ditampilkan pada laptop menggunakan aplikasi PASCO interface.

Prosedur pengukuran dilakukan dengan langkah berikut:

- Rangkaian Arduino Uno dan sensor magnetik dihubungkan ke laptop.
- Sensor HMC 5883L ditempatkan di dekat lilitan solenoid yang terhubung ke power supply.
- Arus disesuaikan bertahap dari 0 A hingga 1.1 A menggunakan power supply.
- Pada setiap variasi arus, nilai medan magnet yang terbaca oleh sensor dicatat sebagai nilai B

- e. Nilai medan magnet awal B_0 (pada arus 0 A) juga diukur sebagai nilai baseline.

2.2 Analisis Data

Data medan magnet efektif yang diperoleh dari eksperimen dianalisis dengan membandingkan nilai pengukuran dengan hasil perhitungan teori medan magnet solenoid menggunakan persamaan:

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I$$

dengan:

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ (konstanta permeabilitas udara)

$N=600$ (jumlah lilitan solenoid)

$L=0.135\text{m}$ (panjang solenoid)

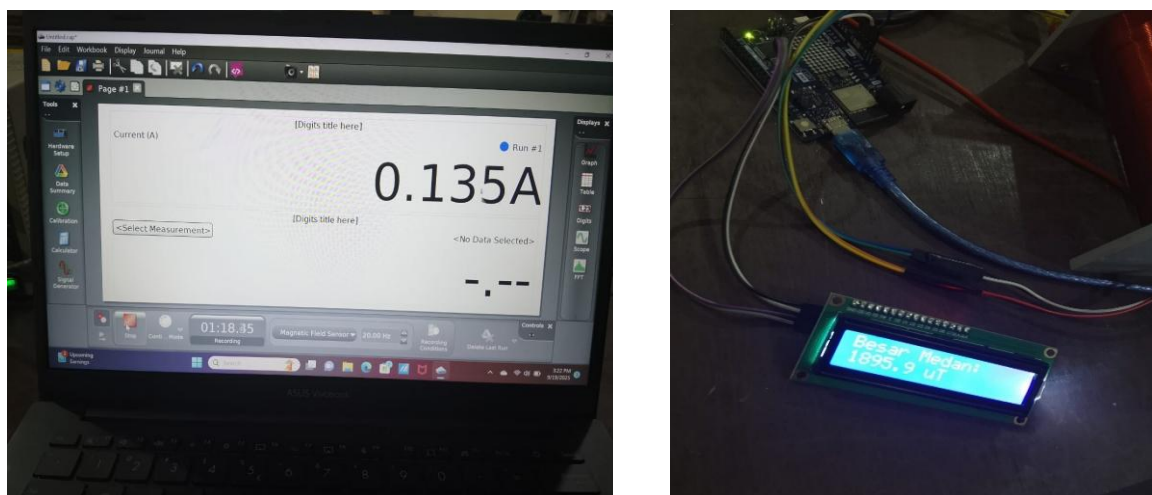
I (arus listrik dalam ampere)

Perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan teori bertujuan untuk memvalidasi performa sensor HMC 5883L dan memahami besaran medan magnet pada variasi arus yang berbeda. Hasil penurunan pembacaan pada arus tinggi juga dianalisis dengan memperhatikan fenomena saturasi magnetik, pemanasan kumparan, dan batasan sensor.

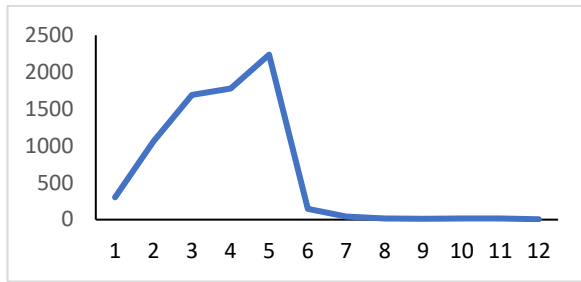
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, pengukuran medan magnet B (tesla, T) dilakukan di satu titik tetap di sekitar solenoid dengan jumlah lilitan $N=600$ dan panjang $L=0,135$ meter. Arus listrik I (ampere, A) divariasikan dari 0 hingga 1.1 A. Medan magnet diukur menggunakan sensor HMC 5883L (magnetometer digital) yang dikendalikan oleh Arduino Uno. Sebelum arus dialirkan, nilai medan magnet awal B_0 (background magnetic field) dicatat sebagai baseline. Tabel berikut menyajikan hasil pengukuran dan perhitungan medan magnet teoritis untuk setiap variasi arus.

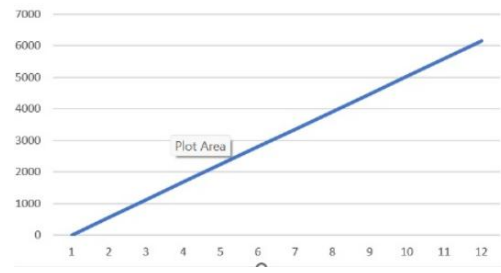
Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pola perubahan medan magnet terhadap variasi arus listrik, data pada Tabel 1 kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik (Gambar 2). Visualisasi ini membantu memperlihatkan kecenderungan linear pada arus rendah serta penyimpangan signifikan pada arus tinggi yang tidak mudah terlihat hanya melalui tabel. Grafik hasil pengukuran (Gambar 2) dan grafik perhitungan teori (Gambar 3) disajikan secara terpisah agar perbedaan keduanya dapat dianalisis dengan lebih terfokus, terutama pada titik-titik ketika respons sensor mulai melemah.



Gambar 1. Konfigurasi Eksperimen Pengukuran Medan Magnet dengan Arduino Uno dan HMC5883L.



Gambar 2. Hasil Pengukuran



Gambar 3. Hasil Perhitungan

Tabel 1. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Medan Magnet

Arus (A)	B_{awal} (μ T)	B (μ T)	$B_{efektif}$ (μ T)	B_{Teori} (μ T)
0.0	304	304	0	0
0.1	304	1061	757	559
0.2	304	1691	1387	1117
0.3	304	1779	1475	1675
0.4	304	2236	1932	2234
0.5	304	147	-157	2792
0.6	304	42	-262	3351
0.7	304	18	-286	3909
0.8	304	12	-292	4468
0.9	304	16	-288	5026
1.0	304	15	-289	5585
1.1	304	5	-299	6143

Gambar 2 merupakan grafik hasil pengukuran memperlihatkan bahwa peningkatan arus hanya menghasilkan pertambahan medan magnet yang konsisten pada rentang hingga sekitar 0,4 A, sedangkan setelah titik tersebut kurva justru berbalik menurun hingga bernilai negatif. Pola ini menegaskan bahwa respons sensor tidak lagi merepresentasikan kondisi fisik ketika medan yang terukur mendekati atau melebihi batas kerja perangkat. Kemerosotan kurva tersebut menandai titik di mana pembacaan sensor tidak stabil, sehingga grafik lebih mencerminkan keterbatasan alat dibanding perubahan medan magnet solenoid yang sebenarnya.

Berbeda dengan grafik pengukuran, grafik hasil perhitungan teori menunjukkan kurva linear yang terus meningkat seiring bertambahnya arus, mencerminkan hubungan proporsional antara arus dan medan magnet pada solenoid ideal. Tren yang bersih dan stabil ini menjadi acuan utama dalam menilai deviasi data eksperimen, karena garisnya menggambarkan kondisi tanpa pengaruh saturasi sensor ataupun gangguan eksternal. Dengan demikian, perbedaan mencolok antara grafik teori dan grafik pengukuran pada arus tinggi menjadi indikator jelas bahwa anomali berasal dari keterbatasan alat, bukan dari perilaku medan magnet solenoid.

Berdasarkan data hasil pengukuran, pada rentang arus 0 hingga 0,4 A, nilai $B_{efektif}$ meningkat seiring bertambahnya arus listrik. Hal ini sesuai dengan teori dasar medan magnet pada solenoid, di mana kuat medan magnet B di dalam solenoid sebanding secara linear dengan arus listrik I yang mengalir melalui kumparan. Kecenderungan linear ini juga didukung oleh berbagai hasil penelitian dan praktikum lain, yang menunjukkan bahwa semakin besar arus listrik dan jumlah lilitan, maka semakin besar pula medan magnet yang dihasilkan oleh solenoid.

Mulai arus 0,5 A ke atas, hasil pengukuran menunjukkan nilai $B_{efektif}$ yang menurun drastis dan bahkan menjadi negatif, sangat berbeda dari nilai teoritis yang terus meningkat. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor:

- Saturasi Magnetik:** Jika solenoid menggunakan inti feromagnetik, pada arus tinggi dapat terjadi saturasi, sehingga penambahan arus tidak lagi meningkatkan medan magnet secara proporsional. Akibatnya, hubungan linear antara arus dan medan magnet tidak lagi berlaku pada arus besar.
- Limitasi Sensor:** Sensor HMC 5883L memiliki batas maksimum pembacaan. Jika medan magnet yang dihasilkan melebihi rentang kerja sensor, maka sensor tidak dapat merekam nilai sebenarnya dan hasil pengukuran menjadi tidak akurat atau bahkan menurun.
- Efek Pemanasan:** Arus besar dapat menyebabkan kenaikan suhu kawat solenoid, meningkatkan resistansi, dan menurunkan efisiensi pembangkitan medan magnet. Hal ini dapat menyebabkan nilai medan magnet

- yang terukur lebih kecil dari nilai teoritis.
- d. Gangguan Elektromagnetik: Pada arus tinggi, kemungkinan muncul noise atau gangguan elektromagnetik yang mempengaruhi akurasi pembacaan sensor.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sensor HMC5883L hanya mampu memberikan pembacaan medan magnet yang sesuai dengan teori sampai pada arus sekitar **0,4 A**. Pada rentang ini, sensor masih bekerja secara linier, sehingga kuat medan magnet yang terukur meningkat sebanding dengan arus listrik sesuai dengan hukum Ampere. Namun, ketika arus melebihi 0,4 A, hasil pengukuran mulai menyimpang drastis dari nilai teoritis, bahkan terjadi penurunan dan pembacaan negatif. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor sudah berada di luar rentang kerjanya sehingga tidak lagi dapat merepresentasikan kondisi sebenarnya.

Menurut spesifikasi teknis, sensor HMC5883L memiliki **rentang pengukuran medan magnet ± 8 gauss ($\pm 800 \mu\text{T}$)** dengan resolusi sekitar **$0,5 \mu\text{T}$** . Ketika medan magnet solenoid yang dihasilkan pada arus lebih besar dari 0,4 A melebihi batas ini, sensor tidak dapat lagi memberikan data yang valid. Kondisi ini menyebabkan fenomena saturasi pada sensor, sehingga hasil yang ditampilkan tidak linier dan menyimpang dari teori.

Keterbatasan sensor ini menjadi faktor kunci yang memengaruhi kualitas data pada arus tinggi, terutama karena rentang maksimal pembacaan medan magnetnya tidak dirancang untuk kondisi yang menghasilkan nilai di atas ratusan mikrottesla. Ketika medan magnet yang diterima sensor mendekati ambang batas kerjanya, respons magnetoresistif internal mulai kehilangan linearitas, sehingga pembacaan tidak lagi proporsional dengan medan yang sebenarnya. Selain itu, sensitivitas sensor terhadap perubahan suhu memperparah penyimpangan data karena peningkatan arus pada solenoid menyebabkan pemanasan lokal yang turut memengaruhi kestabilan komponen sensor. Akibat gabungan faktor tersebut, sensor tidak mampu lagi merekam dinamika medan magnet secara akurat pada arus di atas titik kritis, sehingga hasil pengukuran menunjukkan tren menurun yang tidak mencerminkan kondisi fisik sistem.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengukuran medan magnet solenoid menggunakan sensor HMC 5883L berbasis Arduino Uno menunjukkan bahwa sensor ini mampu merekam perubahan medan magnet secara akurat pada rentang arus rendah hingga sedang. Nilai medan magnet yang diukur pada arus hingga 0,4 A memiliki kecenderungan linear dan sesuai dengan perhitungan teori, sehingga metode ini efektif untuk karakterisasi medan magnet solenoid dalam batas kerja sensor. Namun, pada arus di atas 0,4 A, hasil pengukuran mengalami penurunan drastis dan tidak lagi merepresentasikan nilai teoritis, yang diduga disebabkan oleh saturasi magnetik, keterbatasan rentang sensor, serta efek pemanasan pada solenoid.

Berdasarkan temuan tersebut, disarankan agar penggunaan sensor HMC 5883L difokuskan pada pengukuran medan magnet dengan arus rendah hingga sedang, dan untuk aplikasi dengan arus tinggi atau medan magnet besar, sebaiknya dipertimbangkan penggunaan sensor dengan rentang pengukuran yang lebih luas atau metode kalibrasi tambahan.

Misalnya Sebagai alternatif, penggunaan sensor linear Hall effect seperti CYLF50 lebih disarankan dibanding HMC5883L, karena memiliki rentang ukur hingga $\pm 100 \text{ mT}$ (setara $100.000 \mu\text{T}$) yang jauh lebih besar daripada batas $\pm 800 \mu\text{T}$ pada HMC5883L, sehingga mampu mengukur medan magnet pada arus di atas 0,4 A dengan lebih akurat dan stabil. Selain itu, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor lingkungan dan karakteristik fisik solenoid agar hasil pengukuran lebih akurat dan dapat diandalkan.

REFERENSI

- Pratiwi, A. S. P. (2023). Designing a magnetic field practicum tool on Arduino Uno-based toroid-solenoid material using a Hall Effect sensor. *Fidelity: Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 142–148.
- Waruwu, L. Y., Rahmi, A., & Anaperta, M. (2021). Rancang bangun alat ukur medan magnet berbasis Arduino Uno menggunakan sensor efek Hall. *Semesta Teknika*, 24(2), 129–139.
- Matsun, M., et al. (2024). Magnetic measuring instrument based on Arduino Uno microcontroller and its implementation as a learning medium. *Kappa Journal*, 8(1), 34–38.
- Afa, A. N., et al. (2023). Efektivitas media pembelajaran magnetic field meter berbasis Arduino untuk meningkatkan hasil belajar fisika siswa SMA/MA. *Karats: Jurnal Pendidikan*, 6(2), 156–171.
- Puaypung, W., & Rakkapao, S. (2021). A low-cost Arduino microcontroller for measuring magnetic fields in a solenoid. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1850(1), 012042.
- Hendri, M., et al. (2025). Integration of Arduino Uno and IoT concepts in the development of teslameter as a

learning medium for magnetic field concepts. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 11(8), 785–797.

Teeka, C. (2019). Magnetic field strength measurement by using smartphone magnetometer sensors. In *INNODOCT/20 Proceedings* (pp. 63–70).