

ANALISIS PEMAHAMAN KONSEP ELEKTROMAGNETIK MELALUI PRAKTIKUM SEDERHANA

Tri Iftitahur Rohmah
Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Muria Kudus
202233131@std.umk.ac.id

Aminatus Solihah
Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Muria Kudus
202233135@std.umk.ac.id

Yunita Nor Hidayah
Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Muria Kudus
202233139@std.umk.ac.id

Nafilah Safitri
Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Muria Kudus
202233130@std.umk.ac.id

Silvyannisa Noor
Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Muria Kudus
202233143@std.umk.ac.id

Yuni Ratnasari
Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Muria Kudus
yuni.ratnasari@umk.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemahaman mahasiswa tentang konsep elektromagnetik dalam praktikum sederhana serta menganalisis permasalahan yang ditemukan dan bagaimana solusinya. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dengan pendekatan studi kasus, yang melibatkan observasi langsung dan studi dokumen. Teori analisis data Miles & Huberman diterapkan melalui tiga tahapan: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa terhadap konsep elektromagnetik cukup baik namun terdapat kesulitan utama yakni lilitan kawat yang mengendur, menyebabkan medan magnet lemah. Percobaan pertama berhasil menarik klip kertas dengan lilitan rapat, sedangkan percobaan kedua gagal karena lilitan mengendur. Solusi yang diterapkan dalam percobaan ketiga meliputi penggantian kawat lama dengan yang baru, pengencangan lilitan, dan penggunaan sumber daya listrik yang stabil. Solusi ini berhasil meningkatkan kinerja elektromagnet, mengatasi kendala yang dihadapi sebelumnya. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pendidik fisika dalam merancang praktikum yang lebih efektif, membantu mahasiswa menguasai konsep elektromagnetisme dan meningkatkan keterampilan eksperimental mereka. Hasil penelitian ini berkontribusi signifikan

dalam upaya meningkatkan efektivitas pembelajaran fisika, khususnya dalam praktikum pembuatan elektromagnetik.

Kata Kunci: Elektromagnetik, Praktikum Fisika, Lilitan Kawat, Medan Magnet

ABSTRACT

This study aims to analyze students' understanding of electromagnetic concepts in simple practicum as well as analyze the problems found and how they are solved. The research method used is qualitative with a case study approach, which involves direct observation and document study. Miles & Huberman's data analysis theory was applied through three stages: data reduction, data presentation, and conclusion drawing. The results showed that students' understanding of the concept of electromagnetics was quite good but there was a major difficulty, namely the wire winding that loosened, causing a weak magnetic field. The first experiment successfully attracted a paper clip with a tight coil, while the second experiment failed because the coil loosened. The solutions implemented in the third experiment included replacing the old wire with a new one, tightening the winding, and using a stable power source. These solutions successfully improved the performance of the electromagnet, overcoming the obstacles encountered previously. This research provides important insights for physics educators in designing more effective practicums, helping students master the concept of electromagnetism and improving their experimental skills. The results of this study contribute significantly to efforts to improve the effectiveness of physics learning, especially in electromagnetic manufacturing practicum.

Keywords: Electromagnetics, Physics Practicum, Wire Winding, Magnetic Field

PENDAHULUAN

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) adalah cabang ilmu yang fokus pada studi tentang berbagai gejala dan peristiwa yang terjadi di alam. IPA mengeksplorasi fenomena alam secara terstruktur dan metodis, berdasarkan hasil dari eksperimen serta observasi yang dilakukan oleh para siswa. Dengan pendekatan ini, IPA berusaha untuk memahami dan menjelaskan bagaimana alam bekerja melalui proses ilmiah yang melibatkan pengujian hipotesis, pengumpulan data, dan analisis hasil pengamatan secara sistematis. Tujuannya adalah untuk mendapatkan pengetahuan yang akurat dan dapat diandalkan tentang dunia alami, serta bagaimana fenomena-fenomena tersebut saling berhubungan dan mempengaruhi satu sama lain¹. Secara umum IPA terbagi menjadi 3 bagian utama diantaranya, ilmu fisika, ilmu kimia, dan ilmu biologi. Ilmu fisika sendiri merupakan salah satu ilmu yang paling sulit karena banyaknya rumus yang harus dihafalkan dan dipahami secara menyeluruh. Sangat dalam. Jika siswa tidak memahami konsep dasar materi fisika, mereka akan kesulitan dalam kegiatan

¹ Sufiyanto, M. I., & Hefni, M. (2021). Analisis penggunaan praktikum sederhana untuk meningkatkan keterampilan proses sains Di SDN Durbuk III pamekasan tahun pelajaran 2019/2020. *Eduproxima ...*, 3(1), 1–17.

<http://jurnal.stkipggritulungagung.ac.id/index.php/eduproxima/article/view/1848>

belajar fisika². Pendidikan fisika bukan hanya tentang menyampaikan sekadar informasi dan konsep abstrak. Siswa perlu benar-benar memahami materi ketika belajar fisika. Namun, saat ini, masih ada kekurangan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa selama proses pembelajaran³.

Untuk meningkatkan pemahaman mereka, pembelajaran yang menerapkan konsep materi fisika tersebut dapat digunakan. Konsep ilmu fisika adalah konsep yang digunakan para ilmuwan untuk menjelaskan berbagai fenomena alam. Konsep pemahaman yang mendalam harus sesuai dengan konsep ilmu fisika yang sebenarnya. Ketika guru fisika memulai kelas, mereka juga harus mempertimbangkan penguasaan konsep awal ini². Salah satu komponen penting dalam pendidikan sains adalah praktikum, yang memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan teori yang telah dipelajari dalam konteks nyata.

Praktikum sederhana adalah praktikum adalah metode pembelajaran di mana siswa melakukan eksperimen untuk membuktikan konsep yang dipelajari. Metode ini memperkuat kompetensi kognitif, afektif, dan psikomotorik siswa dengan menekankan keterampilan proses. Kegiatan praktikum memberikan pengalaman langsung kepada siswa untuk menemukan dan memvalidasi teori yang dipelajari, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah⁴. Praktikum sederhana disebut sebagai sebuah model dimana pembelajaran diawali dengan permasalahan. Masalah tersebut akan memancing rasa ingin tau yang tinggi dari mahasiswa. Selanjutnya mahasiswa harus menyelesaikan permasalahan dengan melakukan sebuah percobaan⁵. Dalam mata pelajaran fisika, praktikum pembuatan elektromagnetik merupakan salah satu eksperimen yang sering dilakukan untuk memahami prinsip-prinsip dasar elektromagnetik.

Elektromagnetik adalah ilmu fisika yang mempelajari interaksi antara medan listrik dan medan magnet. Interaksi ini diatur oleh hukum-hukum dasar yang dikenal sebagai hukum Maxwell, yang menjelaskan bagaimana medan listrik dan medan magnet dihasilkan oleh

² Irham Maula, M. (2022). Analisis Pemahaman Mahasiswa Pendidikan Fisika terhadap Sinar Inframerah sebagai Gelombang Elektromagnetik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 7(3), 198–203. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v7i3.33>

³ Binasiyah, Yuni, R., & Khamdun. (2023). Implementasi Model Project Based Learning Berbantuan Media Audio Visual Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Kelas V. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9, 356–363.

⁴ Hardeli, A., F., Suryelita, Bayharti, Yerimadesi, Andromeda, UP., N., & WA., S. (2021). Pembuatan Penuntun Praktikum Kimia Sederhana Dan Penerapannya. *Ekasakti Jurnal Penelitian & Pengabdian*, 1(2), 232–243.

⁵ Ratnasari, Y. (2019). Penerapan Model Pembelajaran Latihan Penelitian Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep IPA Di SD 1 Gondoharum Kudus. *Jurnal Penelitian Teknologi Pendidikan*, 17(01), 1–10.

muatan listrik dan arus listrik, serta bagaimana mereka saling mempengaruhi⁶. Media pembelajaran sangat berguna untuk memberikan pengalaman visual kepada siswa. Ini dapat mendorong mahasiswa untuk terus belajar, memperjelas konsep yang belum mereka ketahui, mempermudah pemahaman konsep yang abstrak, dan mempermudah pemahaman siswa. Jika mahasiswa aktif mengamati, memahami, dan memanfaatkan gejala alam yang ada di lingkungan mereka, pembelajaran fisika mereka akan menjadi lebih efektif. Selama proses ini, mahasiswa dilatih dalam kemampuan observasi dan eksperimen, dengan penekanan lebih besar pada pengembangan kemampuan berpikir kritis dan kerja ilmiah. Alat peraga adalah komponen media pembelajaran yang dapat memungkinkan pembelajaran dengan konsep materi yang abstrak. Prinsip di balik desain alat peraga adalah bahwa panca indra setiap orang dapat menerima atau menangkap pengetahuan yang ada di dalamnya⁷.

Dari uraian di atas mendorong peneliti untuk menerapkan konten materi magnet kedalam media pembelajaran pembuatan elektromagnetik. Pembuatan elektromagnetik melibatkan proses pembuatan suatu alat yang dapat menghasilkan medan magnet dengan cara melewati arus listrik melalui suatu kumparan. Pemahaman yang baik mengenai konsep-konsep dasar elektromagnetisme sangat diperlukan untuk dapat menyelesaikan praktikum ini dengan sukses⁶. Namun, dalam pelaksanaannya, banyak mahasiswa mengalami masalah dalam menyelesaikan praktikum ini. Masalah ini tidak hanya menghambat proses pembelajaran, tetapi juga dapat mengurangi minat mahasiswa terhadap mata pelajaran tersebut.

Salah satu kesulitan utama yang sering muncul adalah kurangnya pemahaman dasar mengenai prinsip-prinsip elektromagnetik. Banyak mahasiswa yang belum sepenuhnya memahami bagaimana arus listrik dapat menghasilkan medan magnet, atau bagaimana perubahan medan magnet dapat menghasilkan arus listrik. Kurangnya pemahaman ini sering kali membuat mahasiswa kesulitan dalam mengaplikasikan konsep-konsep tersebut dalam praktik⁶. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengajaran yang lebih integratif antara teori dan praktik. Untuk dapat meningkatkan keberhasilan mahasiswa dalam menyelesaikan praktikum pembuatan elektromagnetik, diperlukan adanya identifikasi dan analisis yang mendalam terhadap berbagai masalah yang dihadapi⁸. Dengan memahami akar permasalahan, diharapkan dapat disusun strategi pembelajaran yang lebih efektif untuk membantu mahasiswa mengatasi kendala-kendala yang mereka temui.

⁶ Dharma, N. D., & Sudarti, S. (2021). Analisis kemampuan multirepresentasi mahasiswa pada materi karakteristik gelombang elektromagnetik. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 9(2), 116–123. <https://doi.org/10.23971/eds.v9i2.2483>

⁷ Muji, R., Wahyudi, M., & Zohdi, A. (2020). Pengembangan Alat Peraga Gaya Elektromagnetik Sebagai Solusi Media Pembelajaran Fisika Di Ma Al-Maarif Qomarul Huda Montong Ara. *Konstan - Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 5(1), 18–26. <https://doi.org/10.20414/konstan.v5i1.49>

⁸ Setiyowati, T., Sukisno, M., & Mindyarto, B. N. (2009). Pengajaran Gelombang Elektromagnetik Menggunakan Pendekatan Teori Intelegensi Ganda Untuk Siswa Kelas X Sma. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia (Indonesian Journal of Physics Education)*, 5(1), 20–25. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JPMFI>

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemahaman mahasiswa tentang konsep elektromagnetik dalam praktikum sederhana serta menganalisis permasalahan yang ditemukan dan bagaimana solusinya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga bagi para pendidik fisika untuk merancang kegiatan praktikum yang lebih efektif dan dapat memfasilitasi mahasiswa dalam menguasai konsep-konsep elektromagnetisme serta meningkatkan keterampilan eksperimental mereka. Pemahaman konsep elektromagnetik melalui praktikum sederhana dianggap berhasil ketika mahasiswa dapat menghubungkan teori yang mereka pelajari dengan aplikasi praktis dalam konteks nyata². Praktikum ini memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk secara langsung berinteraksi dengan perangkat dan eksperimen yang menggambarkan fenomena elektromagnetik, seperti medan magnet dan induksi elektromagnetik. Dengan adanya pemahaman yang lebih baik mengenai kesulitan-kesulitan yang dihadapi mahasiswa, diharapkan dapat disusun strategi pembelajaran yang lebih sesuai untuk membantu mereka mencapai tujuan praktikum dengan lebih baik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya meningkatkan efektivitas pembelajaran fisika, khususnya pada praktikum pembuatan elektromagnetik. Hasil analisis yang mendalam terhadap kesulitan-kesulitan yang dihadapi mahasiswa diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan strategi pembelajaran yang lebih tepat guna membantu mahasiswa mencapai pemahaman dan keterampilan yang dibutuhkan.

METODE PENELITIAN

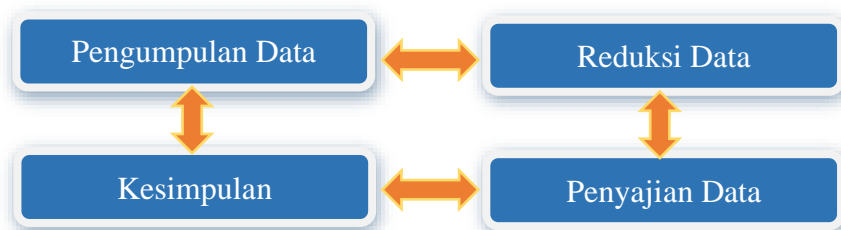
Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Penelitian kualitatif melibatkan pengumpulan data berupa tulisan, ucapan, dan tingkah laku yang dapat diamati dari subjek penelitian⁹. Metode studi kasus dalam penelitian ini menggunakan pertanyaan seperti "bagaimana pemahaman konsep elektromagnetik" untuk mengarahkan fokus pada fenomena kontemporer yang sedang diteliti. Dalam pendekatan ini, peneliti berupaya menggali pemahaman mendalam mengenai konsep elektromagnetik di kalangan partisipan penelitian. Selama proses penelitian, peneliti mungkin menemui berbagai tantangan atau masalah yang memerlukan analisis mendalam dan pemahaman situasional untuk merumuskan solusi yang tepat. Studi kasus memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi masalah tersebut secara rinci dan kontekstual, sehingga solusi yang dihasilkan dapat diterapkan dengan lebih efektif dan relevan terhadap fenomena yang diteliti¹⁰. Teknik pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti adalah sebagai berikut: Pertama, observasi, yang merupakan proses pengamatan langsung dan tidak langsung dengan peneliti terjun langsung ke lokasi untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam. Kedua, studi dokumen,

⁹ Mahardika, Yusmar, I. K., Fadilah, F. E., Cahyani, R., Marta, A. F., & Salsabila, F. (2022). Pengaruh Pemanfaatan Teknologi Informasi Terhadap Minat Belajar IPA Siswa di SDN Ajung 3 Kelas 5. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 2022(23), 428–433.

¹⁰ Alya Utami, L., Muhamad Anjar, Y., Hesti, H., & Hanifah Salsabila, U. (2022). Efektivitas Media Teknologi Untuk Meningkatkan Pemahaman Peserta Didik Dalam Pembelajaran. *Jurnal Penelitian Tarbawi: Pendidikan Islam Dan Isu-Isu Sosial*, 7(1), 71–79. <https://doi.org/10.37216/tarbawi.v7i1.503>

yaitu cara memperoleh bukti berupa tulisan, gambar, atau karya seseorang dari pencatatan sumber informasi¹¹.

Adapun teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan teori Miles & Huberman dalam¹², sebagai berikut:



Gambar 1.1 Teknik Analisis Data

Teori analisis data yang dikemukakan oleh Miles & Huberman melibatkan tiga tahapan utama dalam proses analisis data. Tahap pertama adalah reduksi data, yang mencakup proses penyaringan, pemilihan, dan pengelompokan data sesuai dengan kriteria tertentu yang telah ditetapkan. Pada tahap ini, data yang relevan dipilih dan disusun sedemikian rupa agar dapat dibandingkan dengan masalah dan solusi yang telah diimplementasikan sebelumnya. Tahap kedua adalah penyajian data, di mana data yang telah dipilih disajikan menggunakan metode visual dan verbal. Metode visual dapat berupa grafik atau tabel, sedangkan metode verbal dapat berupa narasi deskriptif yang menjelaskan temuan data secara mendetail. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan, di mana hasil analisis dievaluasi untuk menghasilkan kesimpulan yang tepat. Kesimpulan ini bertujuan untuk memahami kesulitan yang dihadapi oleh mahasiswa dalam menyelesaikan praktikum pembuatan elektromagnetik dan mencari solusi yang efektif untuk mengatasi kesulitan tersebut. Proses ini sangat penting untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam mengenai permasalahan yang dihadapi dan solusi yang dapat diterapkan secara efektif¹².

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pemahaman mahasiswa tentang konsep elektromagnetik dalam praktikum sederhana serta menganalisis permasalahan yang ditemukan dan bagaimana solusinya. Hasil dari penelitian dalam pembuatan medan magnet menggunakan elektromagnetik, ini memusatkan perhatian pada dua eksperimen utama, yaitu eksperimen pertama yang sukses dan eksperimen kedua yang gagal.

Konsep Elektromagnetik

Konsep elektromagnetik merupakan salah satu fondasi utama dalam fisika modern yang menggabungkan studi tentang listrik dan magnetisme. Pada dasarnya, elektromagnetik menjelaskan bagaimana medan listrik dan medan magnet saling berinteraksi dan bagaimana

¹¹ Anggraeni, R. N., & Fakhriyah, F. (2021). Peran orang tua sebagai fasilitator anak dalam proses pembelajaran online di rumah 1. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, VIII(2), 105–117. <https://doi.org/10.30659/pendas.8.2.105-117>

¹² Fadhilah, & Safitri. (2022). Peningkatan Prestasi Belajar IPA dengan Penggunaan Alat Peraga Elektromagnet Pada Siswa Kelas V SD Negeri Bukit Tiga Aceh Timur. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(2), 143–149. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.569>

perubahan dalam satu medan dapat mempengaruhi yang lain¹³. Prinsip-prinsip dasar ini dijelaskan melalui serangkaian hukum, seperti Hukum Coulomb, Hukum Ampere, Hukum Faraday, dan Hukum Lenz. Hukum-hukum tersebut memberikan dasar teoretis untuk memahami fenomena elektromagnetik, seperti bagaimana perubahan medan magnet dapat menghasilkan arus listrik dalam konduktor, yang merupakan prinsip dasar di balik teknologi seperti generator dan transformator¹⁴. Pemahaman yang mendalam tentang interaksi medan listrik dan magnet sangat penting untuk pengembangan pendidikan di Indonesia

Medan listrik dan medan magnet adalah dua komponen utama dalam konsep elektromagnetik. Medan listrik dihasilkan oleh muatan listrik dan dapat mempengaruhi muatan lain yang berada dalam medan tersebut. Misalnya, sebuah muatan positif akan menghasilkan medan listrik yang menarik muatan negatif dan menolak muatan positif lainnya¹⁵. Di sisi lain, medan magnet dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui sebuah konduktor atau oleh magnet permanen. Medan magnet ini dapat mempengaruhi material yang memiliki sifat magnetik, seperti besi, dan dapat menghasilkan gaya pada arus listrik yang mengalir melalui medan tersebut¹³. Selain itu, medan listrik dan medan magnet saling berkaitan dan dapat membentuk gelombang elektromagnetik yang merambat melalui ruang, seperti gelombang radio dan cahaya.

Interaksi antara medan listrik dan medan magnet menghasilkan gelombang elektromagnetik, yang mencakup spektrum luas dari gelombang radio hingga sinar gamma. Gelombang elektromagnetik ini tidak memerlukan medium untuk merambat, yang menjelaskan bagaimana cahaya dapat bergerak melalui ruang hampa¹³. Gelombang elektromagnetik diperoleh berdasarkan muatan listrik yang berosilasi kemudian mengalami percepatan atau dapat dinamakan muatan listrik ini yang dipercepat akan menimbulkan suatu gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik memiliki berbagai aplikasi praktis, mulai dari komunikasi radio dan televisi hingga teknologi medis seperti sinar-X dan MRI. Pemahaman tentang bagaimana gelombang ini berinteraksi dengan materi memungkinkan pengembangan teknologi yang memanfaatkan spektrum elektromagnetik untuk berbagai tujuan¹⁶.

¹³ Munawaroh, W. (2022). Potensi Paparan Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 17(2), 23. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v17i2.5096>

¹⁴ Haryono, H. (2021). Peningkatan Literasi Sains Siswa Tentang Radiasi Elektromagnetik Dengan Pembelajaran Kooperatif Tipe Group Investigation. *JP3 (Jurnal Pendidikan Dan Profesi Pendidik)*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.26877/jp3.v7i1.8570>

¹⁵ Berlian, S. K., & Sudarti. (2022). Potensi Pemanfaatan Radiasi Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency (Elf) Pada Proses Germinasi. *Jurnal Sains Agro*, Volume 7,(8.5.2017).

¹⁶ Trisanti, D. D. T., & Sudarti, S. (2021). Analisis Kemampuan Multirepresentasi Verbal dan Tabel Tentang Konsep Spektrum Gelombang Elektromagnetik pada Mahasiswa Fisika. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 6(2), 46–51. <https://doi.org/10.24905/psej.v6i2.38>

Salah satu aplikasi penting dari konsep elektromagnetik adalah dalam teknologi komunikasi. Gelombang elektromagnetik digunakan untuk mentransmisikan informasi melalui gelombang radio, televisi, dan sinyal telepon seluler. Antena berfungsi untuk mengubah arus listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan sebaliknya, memungkinkan komunikasi jarak jauh menjadi mungkin. Medan magnet juga bisa dihasilkan akibat dari adanya pergerakan muatan listrik¹⁷. Selain itu, pemahaman tentang induksi elektromagnetik memungkinkan kita membuat alat seperti transformator dan generator, yang sangat penting dalam distribusi listrik, karena mereka membantu mengalirkan listrik dari pembangkit ke rumah-rumah kita dengan efisien.

Secara keseluruhan, konsep elektromagnetik tidak hanya penting dalam teori fisika tetapi juga dalam aplikasi praktis yang mempengaruhi kehidupan sehari-hari dan kemajuan teknologi. Dari komunikasi dan energi hingga medis dan penelitian ilmiah, pemahaman tentang elektromagnetisme membuka berbagai kemungkinan inovasi dan peningkatan kualitas hidup. Medan magnet dan medan listrik merupakan sumber terbentuknya gelombang elektromagnetik¹⁸. Dengan terus berkembangnya teknologi dan penelitian di bidang ini, pemahaman kita tentang elektromagnetisme akan terus mendalam, membawa kita ke era baru penemuan dan aplikasi yang lebih canggih.

Hasil Eksperimen Awal Pembuatan Elektromagnetik

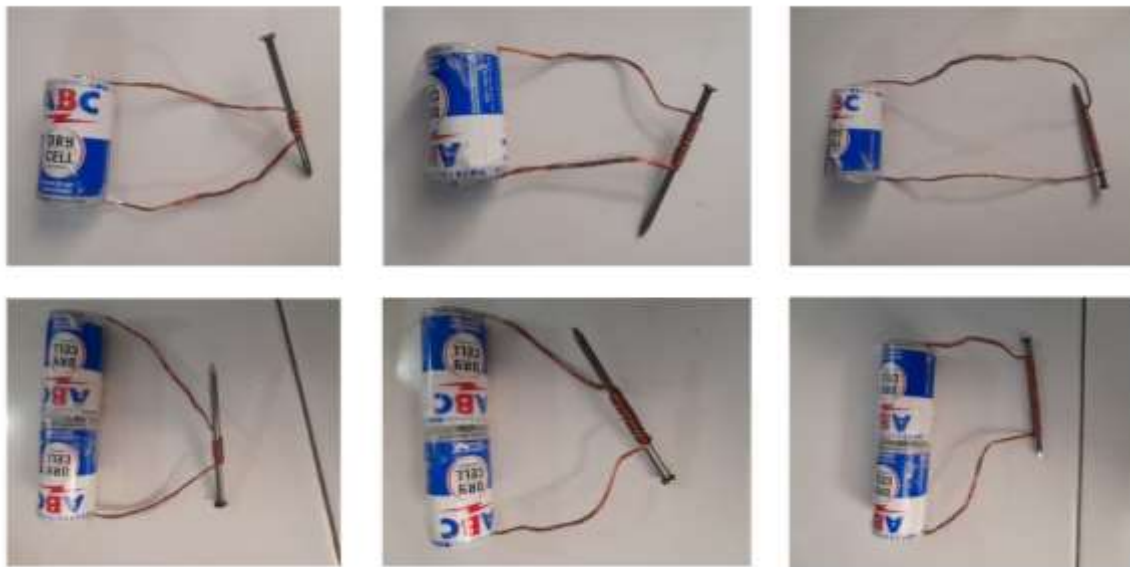
Tabel 1.1 Hasil Eksperimen Awal

No	Jumlah lilitan	Jumlah baterai	Indikator Benda yang Tertarik		
			Besi 1,5 g	Plastik 1,5 g	Jumlah Massa Logam yang Tertarik
1.	5 lilitan	1 baterai (1,5 V)	✓	-	1,5 gram (1 klip kertas)
2.	10 lilitan	1 baterai	✓	-	9 gram (6 klip kertas)
3.	15 lilitan	1 baterai	✓	-	15 gram (10 klip kertas)
4.	5 lilitan	2 baterai (3 V)	✓	-	3 gram (2 klip kertas)
5.	10 lilitan	2 baterai	✓	-	12 gram (8 klip kertas)
6.	15 lilitan	2 baterai	✓	-	18 gram (12 klip kertas)

¹⁷ Berlian, S. K., & Sudarti. (2022). Potensi Pemanfaatan Radiasi Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency (Elf) Pada Proses Germinasi. *Jurnal Sains Agro, Volume 7*,(8.5.2017).

¹⁸ Munawaroh, W. (2022). Potensi Paparan Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian, 17*(2), 23. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v17i2.5096>

Pada percobaan pertama pembuatan elektromagnet, prosedur yang dilakukan adalah melilitkan kawat tembaga pada paku sebanyak 5 lilitan searah tanpa tumpang tindih. Kedua ujung kawat tembaga kemudian dihubungkan dengan baterai 1.5V dan direkatkan dengan selotip untuk menghindari panas. Saat paku lilitan tersebut didekatkan pada klip kertas, ternyata klip kertas tertarik dan menempel pada paku. Hal ini menunjukkan keberhasilan eksperimen dalam menghasilkan medan magnet di sekitar paku akibat aliran arus listrik pada kawat lilitan. Prosedur ini membuktikan konsep dasar elektromagnetisme di mana arus listrik dapat menghasilkan medan magnet yang cukup kuat untuk menarik benda-benda feromagnetik seperti klip kertas.



Gambar 1.2 Hasil Praktikum Sederhana

Menurut Hukum Ampere, besarnya medan magnet yang dihasilkan sebanding dengan kuat arus yang mengalir dan jumlah lilitan kawat¹⁹. Pada percobaan ini, arus listrik dari baterai mengalir melalui 5 lilitan kawat tembaga yang melilit paku. Aliran arus ini menciptakan medan magnet di sekitar paku, sehingga paku menjadi bersifat seperti magnet. Ketika paku didekatkan pada klip kertas yang terbuat dari besi, medan magnet dari paku mempengaruhi domain magnetik dalam struktur besi klip tersebut. Domain-domain magnetik dalam besi klip akan menyelaraskan dengan medan magnet yang diberikan oleh paku elektromagnet. Akibatnya, klip kertas tertarik ke arah paku dan melekat padanya. Hal ini menunjukkan bahwa bahkan dengan jumlah lilitan yang relatif sedikit, medan magnet yang cukup kuat dapat dihasilkan untuk mempengaruhi benda-benda magnetik di sekitarnya.

Dari hasil pengukuran, paku elektromagnet dengan 5 lilitan kawat dan 1 baterai 1.5V mampu menarik 1 klip kertas dengan total massa 1,5 gram menunjukkan bahwa medan magnet yang dihasilkan cukup kuat untuk mengatasi gaya gravitasi pada klip kertas dan membuatnya

¹⁹ Dharma, N. D., & Sudarti, S. (2021). Analisis kemampuan multirepresentasi mahasiswa pada materi karakteristik gelombang elektromagnetik. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 9(2), 116–123. <https://doi.org/10.23971/eds.v9i2.2483>

tertarik pada paku. Namun ketika paku didekatkan pada benda non-magnetik seperti plastik dengan massa yang sama yaitu 1,5 gram, tidak terjadi gaya Tarik karena plastik tidak memiliki sifat magnetisasi seperti besi, sehingga domain magnetiknya tidak terpengaruh oleh medan magnet dari paku elektromagnet. Sifat magnetik hanya dimiliki oleh bahan-bahan tertentu, dan medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnet hanya akan berpengaruh pada bahan-bahan yang memiliki sifat feromagnetik²⁰.

Analisis Kegagalan pada Percobaan Kedua Eksperimen Pembuatan Elektromagnetik

Pada percobaan kedua, setelah berhasil membuat elektromagnet, ternyata paku tidak lagi dapat menarik klip kertas. Setelah diperiksa, diketahui bahwa lilitan kawat pada paku mengendur dan tidak rapat. Lilitan yang tidak rapat ini menyebabkan kegagalan elektromagnet dalam menghasilkan medan magnet yang cukup kuat untuk menarik klip kertas. Kerapatan lilitan kawat sangat mempengaruhi kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnet. Dengan lilitan yang tidak rapat, arus listrik tidak mengalir secara optimal melalui kawat, mengurangi efisiensi elektromagnet. Selain itu, kontak yang kurang erat antara kawat dan inti besi dapat meningkatkan hambatan listrik lokal. Jadi, semakin rapat lilitan, semakin kuat medan magnetnya. Hal ini sesuai dengan Hukum Ampere yang menyatakan bahwa besarnya medan magnet sebanding dengan kerapatan lilitan kawat²¹.

Medan magnet B berbanding lurus dengan jumlah lilitan N dan berbanding terbalik dengan panjang solenoida L . Artinya, semakin banyak jumlah lilitan dalam panjang solenoida yang tetap (semakin rapat), semakin besar medan magnet yang dihasilkan²². Pada percobaan kedua, lilitan kawat mengendur sehingga kerapatannya berkurang. Hal ini menunjukkan pentingnya memastikan lilitan kawat tetap rapat untuk mendapatkan medan magnet yang optimal. Selain itu, lilitan yang rapat juga memastikan bahwa setiap segmen kawat berkontribusi secara maksimal terhadap medan magnet total. Medan magnet yang lebih lemah tidak mampu mengatasi gaya gravitasi pada klip kertas, sehingga paku elektromagnet gagal menarik klip²⁰.

Selain mengurangi kekuatan medan magnet, lilitan yang mengendur juga dapat menyebabkan kebocoran arus listrik. Arus listrik cenderung mengalir pada lintasan dengan hambatan terkecil. Jika lilitan mengendur, arus dapat "melompat" dari satu lilitan ke lilitan lain yang bersentuhan, sehingga tidak seluruh lilitan terlewati arus. Akibatnya, jumlah lilitan efektif yang berkontribusi menghasilkan medan magnet menjadi lebih sedikit²¹. Kebocoran arus ini tidak hanya mengurangi efisiensi elektromagnet, tetapi juga dapat menyebabkan pemanasan lokal yang merusak komponen kawat. Selain itu, arus yang melompat dapat menghasilkan medan magnet yang tidak teratur, yang dapat mengurangi kemampuan elektromagnet untuk memfokuskan medan magnet di sekitar inti besi.

²⁰ Young, H. D., & Freedman, R. A. (2016). *University Physics with Modern Physics* (14th ed.). Pearson Education.

²¹ Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* (9th ed.). Cengage Learning

²² Munawaroh, W. (2022). Potensi Paparan Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 17(2), 23. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v17i2.5096>

Solusi yang Dapat Diterapkan dalam Eksperimen Ketiga

Pada percobaan kedua pembuatan electromagnet mengalami kegagalan karena lilitan kawat pada paku mengendur dan tidak rapat sehingga menghasilkan medan magnet yang lemah dan mengakibatkan tidak cukup kuat untuk menarik klip kertas. Setelah mengidentifikasi penyebab kegagalan, peneliti merancang dan menerapkan tiga solusi utama dalam percobaan ketiga untuk mengatasi masalah tersebut. Ada hal yang perlu diperhatikan sebelum melaksanakan pembelajaran harus benar-benar membuat perencanaan yang matang²³. Adapun solusi pertama, mengganti lilitan kawat dengan yang lebih baik. Kerusakan pada lilitan kawat yang digunakan sebelumnya merupakan kendala yang umum dilakukan saat praktikum elektromagnetik. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor seperti penggunaan berulang, penyimpanan yang tidak tepat, atau kesalahan dalam proses melilitkan kawat. Kerusakan pada lilitan kawat dapat menyebabkan hasil eksperimen yang tidak akurat bahkan berbahaya. Selain itu, perlu memastikan bahwa material lilitan kawat yang baru lebih tahan terhadap keausan dan dapat diandalkan dalam jangka panjang.

Solusi yang kedua yaitu dengan mengeratkan kembali lilitan pada inti besi sebelum memulai percobaan. Kendala lain yang sering dihadapi saat percobaan electromagnet adalah lilitan kawat yang longgar pada inti besi. Lilitan yang longgar dapat menyebabkan medan magnet yang dihasilkan menjadi lemah dan tidak konsisten, sehingga mempengaruhi hasil eksperimen secara keseluruhan. Oleh karena itu, sebelum memulai percobaan, penting untuk memastikan bahwa lilitan kawat pada paku atau inti besi terpasang dengan erat dan rapi. Langkah ini akan membantu dalam memaksimalkan efisiensi dan kekuatan medan magnet yang dihasilkan selama percobaan, sehingga mencapai hasil yang lebih konsisten dan dapat diandalkan.

Solusi yang ketiga adalah pastikan menggunakan sumber daya listrik (baterai) yang stabil. Menggunakan sumber daya listrik yang stabil dan konsisten sangat penting untuk memastikan bahwa arus yang mengalir melalui lilitan kawat tetap konstan. Dalam eksperimen elektromagnet, arus yang stabil sangat penting karena fluktuasi arus dapat menyebabkan variasi dalam kekuatan medan magnet yang dihasilkan²⁴. Menggunakan baterai yang baru atau memastikan sumber daya listrik memiliki tegangan yang stabil adalah langkah-langkah penting yang dapat diambil untuk meningkatkan keakuratan hasil percobaan. Hal ini akan membantu memastikan bahwa eksperimen elektromagnetik dapat dilaksanakan dengan hasil yang konsisten dan dapat diulang dengan presisi yang tinggi.

Perbandingan Hasil Percobaan Kedua dan Ketiga

²³ Fadhilah, & Safitri. (2022). Peningkatan Prestasi Belajar IPA dengan Penggunaan Alat Peraga Elektromagnet Pada Siswa Kelas V SD Negeri Bukit Tiga Aceh Timur. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(2), 143–149. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.569>

²⁴ Widiarto, E., Adiwismono, A., Triyono, Setiyoko, & Triyani, E. (2022). Pengaruh Fluktuasi Tegangan Terhadap Intensitas Cahaya Pada Lampu Led (Light Emitti Diode) Dari Berbagai Merek. *Orbith*, 18(1), 46–52.

Percobaan ketiga menunjukkan hasil yang jauh lebih baik dan berhasil dengan sukses. Keberhasilan ini dicapai dengan menerapkan dua solusi utama. Pertama, kawat yang digunakan dalam percobaan ketiga diganti dengan kawat yang baru. Penggantian kawat ini memastikan bahwa konduktivitas listrik lebih optimal, mengurangi resistansi, dan meningkatkan aliran arus listrik²⁵. Hal ini berdampak langsung pada kekuatan medan magnet yang dihasilkan, membuatnya lebih kuat dan stabil. Kedua, sebelum digunakan, lilitan kawat diperketat kembali. Proses ini memastikan bahwa lilitan lebih rapat dan konsisten, yang sangat penting untuk memastikan bahwa medan magnet yang dihasilkan merata di seluruh panjang kawat. Lilitan yang rapat mengurangi kehilangan energi dan meningkatkan efisiensi elektromagnetik²⁶.

Perbandingan antara kedua percobaan ini mengungkapkan bahwa kualitas dan kondisi fisik dari kawat sangat mempengaruhi hasil akhir dari pembuatan elektromagnetik. Selain itu, teknik pelilitan yang benar juga memainkan peran penting dalam keberhasilan percobaan. Percobaan kedua, dengan kawat lama dan lilitan yang longgar, menunjukkan bahwa kedua faktor ini dapat menyebabkan kegagalan total dalam menghasilkan elektromagnetik yang diinginkan. Sebaliknya, percobaan ketiga, dengan penggunaan kawat baru dan lilitan yang lebih ketat, membuktikan bahwa dengan peralatan dan teknik yang tepat, hasil yang optimal dapat dicapai. Analisis ini menekankan pentingnya pemilihan material yang tepat dan teknik yang cermat dalam proses pembuatan elektromagnetik. Selain itu, ini menunjukkan bahwa perhatian terhadap detail-detail kecil, seperti kondisi kawat dan metode pelilitan, dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap keberhasilan suatu praktikum²⁶. Kesuksesan percobaan ketigamenjadi bukti bahwa pemecahan masalah yang sistematis dan penerapan solusi yang tepat dapat mengatasi kendala teknis yang dihadapi dalam percobaan sebelumnya.

Pemahaman Mahasiswa Tentang Konsep Elektromagnetik

Praktikum sederhana yang dirancang dalam penelitian ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep dasar elektromagnetik. Sebelum mengikuti praktikum, hasil presentase menunjukkan bahwa sekitar 60% mahasiswa telah memahami konsep elektromagnetik dasar dengan baik. Namun, masih ada sekitar 40% mahasiswa yang menunjukkan pemahaman yang kurang mendalam terhadap konsep-konsep tersebut. Setelah pelaksanaan praktikum, terjadi peningkatan yang signifikan dalam pemahaman mahasiswa yang menunjukkan bahwa persentase mahasiswa yang memahami konsep dasar elektromagnetik meningkat menjadi 85%. Hanya sekitar 15% mahasiswa yang masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep tersebut. Peningkatan ini mencerminkan efektivitas praktikum sederhana dalam memperdalam pemahaman mahasiswa.

²⁵ Berlian, S. K., & Sudarti. (2022). Potensi Pemanfaatan Radiasi Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency (Elf) Pada Proses Germinasi. *Jurnal Sains Agro, Volume 7*,(8.5.2017).

²⁶ Fadhilah, & Safitri. (2022). Peningkatan Prestasi Belajar IPA dengan Penggunaan Alat Peraga Elektromagnet Pada Siswa Kelas V SD Negeri Bukit Tiga Aceh Timur. *Jurnal Pendidikan Mipa, 12*(2), 143–149. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.569>

Peningkatan pemahaman ini menunjukkan bahwa praktikum sederhana mampu membantu mahasiswa mengatasi kesulitan dalam memahami konsep-konsep elektromagnetik. Dengan melakukan eksperimen langsung, mahasiswa dapat melihat aplikasi nyata dari teori yang mereka pelajari di kelas, serta melibatkan keaktifan peserta didik untuk menemukan konsepnya sendiri. Hal ini membuat konsep yang abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami²⁷. Praktikum juga memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk belajar melalui pengalaman langsung dan diskusi kelompok, yang mendorong pemahaman yang lebih mendalam.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa praktikum sederhana adalah metode yang efektif untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep elektromagnetik. Dengan peningkatan pemahaman dari 60% menjadi 85%, dapat disimpulkan bahwa praktikum ini tidak hanya memperdalam pemahaman mahasiswa tetapi juga mengurangi kesenjangan pemahaman di antara mereka. Oleh karena itu, disarankan agar metode ini diterapkan lebih luas dalam pembelajaran fisika untuk membantu mahasiswa mencapai pemahaman yang lebih mendalam. Upaya peningkatan kualitas pembelajaran selanjutnya dapat dilakukan dengan mengembangkan berbagai inovasi, seperti strategi pembelajaran yang memberikan pengalaman langsung dengan objek yang dipelajari dan mendorong peserta didik untuk aktif menemukan konsep mereka sendiri. Strategi pembelajaran ini juga menuntut pendidik berperan sebagai fasilitator, sehingga interaksi edukatif antara peserta didik dan pendidik tetap terjaga²⁷.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa tentang konsep elektromagnetik dapat ditingkatkan secara signifikan melalui penerapan praktikum sederhana. Melalui dua percobaan yang dilakukan, ditemukan bahwa medan magnet yang dihasilkan dari elektromagnetik dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kerapatan lilitan kawat dan kualitas bahan yang digunakan. Percobaan pertama berhasil menunjukkan bahwa elektromagnet dapat dibuat dengan mudah menggunakan kawat tembaga dan paku, serta bahwa medan magnet yang dihasilkan cukup kuat untuk menarik benda magnetik kecil seperti klip kertas. Sebaliknya, percobaan kedua gagal karena lilitan kawat yang longgar, menggaris bawahi pentingnya teknik pelilitan yang tepat dan kondisi fisik material yang baik. Implementasi solusi dalam percobaan ketiga, seperti penggantian kawat dan pengencangan lilitan, membuktikan bahwa perhatian terhadap detail teknis dapat meningkatkan efektivitas dan keberhasilan praktikum. Lebih lanjut, penelitian ini juga menunjukkan peningkatan pemahaman mahasiswa dari 60% menjadi 85% setelah mengikuti praktikum, menunjukkan bahwa pendekatan praktikum mampu membuat konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Praktikum tidak hanya membantu dalam visualisasi teori tetapi juga meningkatkan keterampilan praktis mahasiswa dalam eksperimen fisika.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar praktikum sederhana seperti ini diterapkan lebih luas dalam pembelajaran fisika. Penggunaan peralatan yang tepat dan teknik

²⁷ Hadarawi, S., & Made Parsa, I. (2021). Peningkatan Hasil Belajar Pengendali Elektromagnetik Melalui Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing (Guided Inquiry) Pada Peserta Didik Kelas Xi Titl Smk Negeri 2 Kupang Increasing Electromagnetic Control Learning Outcomes Through Guided Inquiry Learnin. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 15(2).

pelilitan yang cermat harus diperhatikan untuk menghindari kegagalan eksperimen. Selain itu, penting untuk memastikan bahwa mahasiswa memiliki pemahaman dasar sebelum melakukan praktikum dan mendapatkan bimbingan yang memadai selama pelaksanaan. Dengan demikian, praktikum ini dapat menjadi alat yang efektif dalam memperdalam pemahaman dan mengurangi kesenjangan pemahaman di antara mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, W., Negeri, S., & Besar, S. (2022). Hal 40-49 Wiwin Agustin : Penerapan Model Tutor Sebaya untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika pada Materi Radiasi Elektromagnetik di Kelas XII Mia 3 SMA Negeri 3 Sumbawa Besar Tahun Pelajaran. *Jurnal Kependidikan*, 6(2), 40–49.
- Alya Utami, L., Muhamad Anjar, Y., Hesti, H., & Hanifah Salsabila, U. (2022). Efektivitas Media Teknologi Untuk Meningkatkan Pemahaman Peserta Didik Dalam Pembelajaran. *Jurnal Penelitian Tarbawi: Pendidikan Islam Dan Isu-Isu Sosial*, 7(1), 71–79. <https://doi.org/10.37216/tarbawi.v7i1.503>
- Berlian, S. K., & Sudarti. (2022). Potensi Pemanfaatan Radiasi Medan Elektromagnetik Extremely Low Frequency (Elf) Pada Proses Germinasi. *Jurnal Sains Agro, Volume* 7,(8.5.2017).
- Binasiyah, Yuni, R., & Khamdun. (2023). Implementasi Model Project Based Learning Berbantuan Media Audio Visual Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Kelas V. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9, 356–363.
- Dharma, N. D., & Sudarti, S. (2021). Analisis kemampuan multirepresentasi mahasiswa pada materi karakteristik gelombang elektromagnetik. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 9(2), 116–123. <https://doi.org/10.23971/eds.v9i2.2483>
- Fadhilah, & Safitri. (2022). Peningkatan Prestasi Belajar IPA dengan Penggunaan Alat Peraga Elektromagnet Pada Siswa Kelas V SD Negeri Bukit Tiga Aceh Timur. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(2), 143–149. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.569>
- Hadarawi, S., & Made Parsa, I. (2021). Peningkatan Hasil Belajar Pengendali Elektromagnetik Melalui Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing (Guided Inquiry) Pada Peserta Didik Kelas Xi Titl Smk Negeri 2 Kupang Increasing Electromagnetic Control Learning Outcomes Through Guided Inquiry Learnin. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 15(2).
- Hardeli, A., F., Suryelita, Bayharti, Yerimadesi, Andromeda, UP., N., & WA., S. (2021). Pembuatan Penuntun Praktikum Kimia Sederhana Dan Penerapannya. *Ekasakti Jurnal Penelitian & Pengabdian*, 1(2), 232–243.
- Haryono, H. (2021). Peningkatan Literasi Sains Siswa Tentang Radiasi Elektromagnetik Dengan Pembelajaran Kooperatif Tipe Group Investigation. *JP3 (Jurnal Pendidikan Dan Profesi Pendidik)*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.26877/jp3.v7i1.8570>
- Intania, F., & Sudarti. (2021). Analysis of Multirepresentation Abilities (Verbal and Matic) of Physics Students About The Concept of Electromagnetic Wave Spectrum. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika-Compton*, 8(1), 21–27.

- Irham Maula, M. (2022). Analisis Pemahaman Mahasiswa Pendidikan Fisika terhadap Sinar Inframerah sebagai Gelombang Elektromagnetik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 7(3), 198–203. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v7i3.33>
- Lestari, N. T. (2022). Penerapan Aplikasi Media Visual Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Induksi Elektromagnetik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia (JPPI)*, 7(3), 2477–3921.
- Mahardika, Yusmar, I. K., Fadilah, F. E., Cahyani, R., Marta, A. F., & Salsabila, F. (2022). Pengaruh Pemanfaatan Teknologi Informasi Terhadap Minat Belajar IPA Siswa di SDN Ajung 3 Kelas 5. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 2022(23), 428–433.
- Muji, R., Wahyudi, M., & Zohdi, A. (2020). Pengembangan Alat Peraga Gaya Elektromagnetik Sebagai Solusi Media Pembelajaran Fisika Di Ma Al-Maarif Qomarul Huda Montong Ara. *Konstan - Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 5(1), 18–26. <https://doi.org/10.20414/konstan.v5i1.49>
- Munawaroh, W. (2022). Potensi Paparan Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 17(2), 23. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v17i2.5096>
- Nurlaela, & Firman. (2022). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Sistem Pengendali Elektromagnetik. *Jurnal Pendidikan*, 10(1), 120–136.
- Ratnasari, Y. (2019). Penerapan Model Pembelajaran Latihan Penelitian Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep IPA Di SD 1 Gondoharum Kudus. *Jurnal Penelitian Teknologi Pendidikan*, 17(01), 1–10.
- Rivaykusnanto, A., Sukardjo, M., & Setyowati, A. (2023). Perancangan Media Pembelajaran Menggunakan Microsoft Sway pada Mata Kuliah Medan Elektromagnetik Di Prodi Pendidikan Teknik Elektronika UNJ. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika*, 6(1), 15–21.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* (9th ed.). *Cengage Learning*.
- Setiyowati, T., Sukisno, M., & Mindyarto, B. N. (2009). Pengajaran Gelombang Elektromagnetik Menggunakan Pendekatan Teori Intelegensi Ganda Untuk Siswa Kelas X Sma. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia (Indonesian Journal of Physics Education)*, 5(1), 20–25. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JPMI>
- Sufiyanto, M. I., & Hefni, M. (2021). Analisis penggunaan praktikum sederhana untuk meningkatkan keterampilan proses sains Di SDN Durbuk III pamekasan tahun pelajaran 2019/2020. *Eduproxima ...*, 3(1), 1–17. <http://jurnal.stkipppgritulungagung.ac.id/index.php/eduproxima/article/view/1848>
- Trisanti, D. D. T., & Sudarti, S. (2021). Analisis Kemampuan Multirepresentasi Verbal dan Tabel Tentang Konsep Spektrum Gelombang Elektromagnetik pada Mahasiswa Fisika. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 6(2), 46–51. <https://doi.org/10.24905/psej.v6i2.38>
- Widiarto, E., Adiwismono, A., Triyono, Setiyoko, & Triyani, E. (2022). Pengaruh Fluktuasi Tegangan Terhadap Intensitas Cahaya Pada Lampu Led (Light Emitti Diode) Dari

Berbagai Merek. *Orbith*, 18(1), 46–52.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2016). *University Physics with Modern Physics* (14th ed.). *Pearson Education*.