

Rancang Bangun Levitasi Magnetik pada Pesawat Kertas Berbasis Prinsip Medan Magnet

Mohammad Djamil M. Nur^{1*}, Hartati², M. Jen Ismail³

¹Nama Prodi: Tadris IPA; PAI

²Nama Afiliasi: UIN Datokarama Palu; MAN 2 Kota Palu

Penulis korespondensi: Mohammad Djamil M. Nur E-mail: djamilnur@uindatokarama.ac.id

INFORMASI INFORMASI

Volume: 5

ISSN: 2962-7257

KATAKUNCI

Levitasi magnetik, medan magnet, gaya magnet, pesawat kertas, pembelajaran fisika

ABSTRAK

Pembelajaran fisika, khususnya pada materi medan magnet, sering menghadapi kendala karena sifatnya yang abstrak dan sulit divisualisasikan secara langsung. Permasalahan ini menyebabkan rendahnya pemahaman konseptual peserta didik terhadap hubungan antara gaya magnet, medan magnet, dan keseimbangan gaya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat levitasi magnetik sederhana pada pesawat kertas berbasis prinsip medan magnet sebagai media pembelajaran yang kontekstual. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan rancang bangun (*engineering design*), menggunakan magnet permanen, pesawat kertas, serta sistem penyangga. Data dikumpulkan melalui observasi dan pengukuran jarak levitasi dengan variasi massa pesawat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pesawat kertas dapat melayang pada kondisi tertentu ketika gaya magnet mampu mengimbangi gaya gravitasi. Analisis menunjukkan adanya hubungan negatif antara massa dan jarak levitasi, yang sejalan dengan teori bahwa gaya magnet menurun secara signifikan terhadap jarak. Pembahasan menunjukkan kesesuaian antara hasil eksperimen dan teori medan magnet, meskipun terdapat deviasi akibat faktor teknis. Kesimpulan penelitian ini adalah alat levitasi magnetik efektif sebagai media pembelajaran untuk memvisualisasikan konsep medan magnet secara konkret. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan alat sederhana berbasis eksperimen dapat meningkatkan kualitas pembelajaran fisika dan pemahaman konsep peserta didik secara lebih mendalam.

1. Pendahuluan

Pembelajaran fisika sering menghadapi tantangan dalam menyampaikan konsep-konsep abstrak yang tidak dapat diamati secara langsung oleh indera manusia (Fahrudin et al., 2025), salah satunya adalah konsep medan magnet. Medan magnet merupakan daerah di sekitar magnet yang masih dipengaruhi oleh gaya magnet, namun sifatnya yang tidak kasat mata membuat peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep tersebut secara mendalam. Kondisi ini menuntut adanya inovasi dalam penggunaan media pembelajaran yang mampu menjembatani konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami (Dewi & Wiarta, 2025).

Salah satu pendekatan yang efektif dalam pembelajaran fisika adalah penggunaan alat peraga berbasis eksperimen (Anisa et al., 2024). Media pembelajaran yang melibatkan pengalaman langsung dapat meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik serta mendorong keterlibatan aktif dalam proses belajar. Dalam konteks ini, fenomena levitasi magnetik dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk memvisualisasikan interaksi gaya magnet dan medan magnet secara nyata (Santos & Meneses-Claudio, 2020). Levitasi magnetik merupakan kondisi ketika suatu benda dapat melayang akibat adanya gaya magnet yang mampu mengimbangi gaya gravitasi yang bekerja pada benda tersebut.

Pemanfaatan pesawat kertas sebagai objek dalam sistem levitasi magnetik memberikan keunggulan tersendiri, karena sifatnya yang ringan, sederhana, dan mudah dimodifikasi. Dengan memanfaatkan magnet permanen yang disusun sedemikian rupa, pesawat kertas dapat dibuat melayang pada posisi tertentu sehingga memperlihatkan secara langsung keseimbangan antara gaya magnet dan gaya berat. Fenomena ini tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga memiliki nilai edukatif yang tinggi dalam menjelaskan konsep gaya, medan magnet, dan keseimbangan.

Selain itu, perkembangan pembelajaran di era Society 5.0 menuntut integrasi antara ilmu pengetahuan dan kreativitas dalam menciptakan media pembelajaran yang inovatif (Limbong et al., 2024). Penggunaan alat sederhana berbasis konsep fisika dasar seperti levitasi magnetik dapat menjadi solusi alternatif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya di lingkungan pendidikan yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium (Nuryantini & Wandana, 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat levitasi magnetik pada pesawat kertas berbasis prinsip medan magnet. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan media pembelajaran fisika yang efektif, kontekstual, dan mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep medan magnet secara lebih mendalam.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Konsep Medan Magnet

Medan magnet merupakan salah satu konsep fundamental dalam fisika yang menjelaskan adanya pengaruh gaya magnet di sekitar suatu magnet atau penghantar berarus listrik (Magda et al., 2024). Secara definisi, medan magnet adalah daerah di sekitar magnet di mana benda lain masih dapat merasakan gaya magnet (Song et al., 2023). Medan ini tidak dapat diamati secara langsung, tetapi dapat divisualisasikan melalui garis-garis gaya magnet yang menunjukkan arah dan kuat medan. Garis medan magnet keluar dari kutub utara menuju kutub selatan, dan kerapatan garis medan menunjukkan besar kecilnya kuat medan magnet (Samah et al., 2025).

Secara matematis, kuat medan magnet dinyatakan dalam besaran induksi magnetik (B) yang memiliki satuan Tesla (T) (SAITO et al., 2015). Besarnya medan magnet dipengaruhi oleh jarak dari sumber magnet dan jenis material magnet itu sendiri. Untuk magnet permanen sederhana, kuat medan magnet cenderung menurun seiring bertambahnya jarak dari sumbernya. Dalam pendekatan tertentu, kuat medan magnet berbanding terbalik dengan pangkat tiga jarak ($B \propto 1/r^3$) (Darvell & Dias, 2023), yang menunjukkan bahwa medan magnet melemah dengan cepat ketika jarak semakin besar.

Konsep medan magnet sangat penting dalam berbagai aplikasi teknologi modern, seperti motor listrik, generator, dan sistem levitasi magnetik (Kumar & Singh, 2023). Namun, dalam konteks pembelajaran, konsep ini seringkali sulit dipahami oleh peserta didik karena tidak dapat diamati secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan medan magnet secara nyata agar peserta didik dapat memahami konsep tersebut secara lebih mendalam.

2.2 Gaya Magnet dan Prinsip Levitasi Magnetik

Gaya magnet merupakan gaya yang timbul akibat interaksi antara dua medan magnet atau antara magnet dengan bahan feromagnetik (McHenry & Laughlin, 2022). Gaya ini dapat berupa gaya tarik-menarik maupun gaya tolak-menolak, tergantung pada orientasi kutub magnet yang berinteraksi. Kutub yang berbeda akan saling tarik-menarik, sedangkan kutub yang sama akan saling tolak-menolak (Meng et al., 2021).

Dalam konteks levitasi magnetik, gaya tolak antar magnet dimanfaatkan untuk mengangkat suatu benda sehingga dapat melayang tanpa kontak fisik dengan permukaan. Levitasi magnetik terjadi ketika gaya magnet yang bekerja pada suatu benda

mampu mengimbangi gaya gravitasi yang menarik benda ke bawah. Kondisi ini disebut sebagai keseimbangan gaya, di mana resultan gaya pada benda sama dengan nol. Secara matematis, kondisi ini dapat dituliskan sebagai:

$$F_m = mg \dots\dots\dots 1$$

di mana F_m adalah gaya magnet, m adalah massa benda, dan g adalah percepatan gravitasi (Wan Hassan, 2023).

Secara teoritis, gaya magnet memiliki hubungan dengan kuat medan magnet. Gaya magnet berbanding lurus dengan kuadrat medan magnet ($F \propto B^2$), sehingga jika dikaitkan dengan hubungan medan magnet terhadap jarak, maka gaya magnet berbanding terbalik dengan pangkat enam jarak ($F \propto 1/r^6$). Hal ini menunjukkan bahwa gaya magnet sangat sensitif terhadap perubahan jarak, sehingga kestabilan levitasi hanya dapat dicapai pada posisi tertentu.

Fenomena levitasi magnetik telah banyak diterapkan dalam teknologi modern, seperti pada kereta cepat maglev yang menggunakan gaya magnet untuk mengurangi gesekan dengan rel (Huang et al., 2024). Dalam konteks pendidikan, fenomena ini dapat disederhanakan menjadi alat peraga yang mudah dipahami, seperti levitasi pada pesawat kertas. Penggunaan sistem sederhana ini memungkinkan peserta didik untuk mengamati langsung interaksi gaya magnet dan memahami konsep keseimbangan gaya secara konkret.

2.3 Media Pembelajaran Fisika Berbasis Eksperimen

Media pembelajaran merupakan salah satu komponen penting dalam proses pendidikan yang berfungsi untuk menyampaikan informasi dan mempermudah pemahaman peserta didik (Wulandari et al., 2023). Dalam pembelajaran fisika, media berbasis eksperimen memiliki peran yang sangat penting karena memungkinkan peserta didik untuk mengamati langsung fenomena alam yang dipelajari. Media pembelajaran yang baik adalah media yang mampu merangsang pikiran, perasaan, dan perhatian peserta didik sehingga terjadi proses belajar yang efektif (Rangkuti & Fakriza, 2024).

Pendekatan pembelajaran berbasis eksperimen sejalan dengan teori *konstruktivisme* yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman langsung (Erawati & Adnyana, 2024). Dengan melakukan eksperimen, peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga aktif dalam menemukan konsep melalui pengamatan dan analisis. Hal ini dapat meningkatkan pemahaman konseptual serta kemampuan berpikir kritis.

Penggunaan alat peraga sederhana seperti levitasi magnetik pada pesawat kertas merupakan salah satu bentuk inovasi dalam media pembelajaran fisika. Alat ini tidak hanya murah dan mudah dibuat, tetapi juga mampu menunjukkan fenomena fisika secara nyata. Visualisasi langsung dari pesawat yang melayang dapat membantu peserta didik memahami konsep gaya magnet, medan magnet, dan keseimbangan gaya dengan lebih mudah.

Selain itu, dalam *era Society 5.0*, pembelajaran dituntut untuk mengintegrasikan kreativitas dan teknologi dalam menciptakan pengalaman belajar yang bermakna. Penggunaan alat eksperimen sederhana yang berbasis konsep ilmiah menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, terutama di lingkungan pendidikan yang memiliki keterbatasan fasilitas (Sotério & Blikstein, 2025). Dengan demikian, media pembelajaran berbasis eksperimen seperti levitasi magnetik memiliki potensi besar untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran fisika.

3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan rancang bangun (*engineering design*) untuk mengembangkan alat levitasi magnetik pada pesawat kertas berbasis prinsip medan magnet (NIE et al., 2024). Penelitian dilaksanakan di lingkungan laboratorium sederhana dengan memanfaatkan bahan yang mudah diperoleh, seperti magnet permanen, pesawat kertas, rangka kayu sebagai penyangga, serta benang dan beban sebagai sistem penyeimbang.

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap perancangan alat, yaitu menyusun posisi magnet sehingga menghasilkan gaya tolak-menolak yang optimal. Selanjutnya dilakukan tahap pembuatan alat, diikuti dengan pengujian untuk mengetahui kondisi levitasi yang stabil. Variabel yang diamati meliputi massa pesawat kertas, jarak levitasi, dan tingkat kestabilan posisi melayang. Variasi massa dilakukan dengan menambahkan beban kecil pada pesawat kertas.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan pengukuran jarak menggunakan alat ukur sederhana. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan melihat hubungan antara massa dan jarak levitasi. Selain itu, dilakukan analisis regresi linear sederhana untuk mengetahui pola hubungan antar variabel. Hasil analisis digunakan untuk membandingkan fenomena eksperimen dengan teori medan magnet, sehingga diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai prinsip levitasi magnetik.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Rancang Bangun Alat Levitasi Magnetik

Alat levitasi magnetik yang dikembangkan dalam penelitian ini terdiri atas rangka penyangga berbahan kayu, magnet permanen yang ditempatkan pada bagian atas, serta pesawat kertas yang dimodifikasi dengan sistem benang dan beban penyeimbang. Magnet disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan gaya tolak-menolak yang cukup untuk menahan pesawat kertas pada posisi melayang.



Gambar 1. Alat levitasi magnetik pesawat kertas

Pesawat kertas digantung menggunakan benang tipis dengan tambahan beban di bagian bawah untuk menjaga kestabilan posisi. Konfigurasi ini memungkinkan pesawat kertas berada dalam posisi setimbang antara gaya magnet dan gaya gravitasi.

4.2 Hasil Eksperimen

Pengujian dilakukan dengan memvariasikan massa pesawat kertas untuk mengetahui pengaruhnya terhadap jarak levitasi. Hasil pengukuran disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Levitasi

No	Massa (gram)	Jarak Levitasi (cm)	Kondisi
1	5	5	Stabil
2	7	4	Stabil
3	10	2	Kurang stabil
4	12	1	Tidak stabil

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa semakin besar massa pesawat kertas, jarak levitasi semakin kecil dan kestabilan semakin menurun. Kondisi stabil terjadi pada massa yang relatif ringan, sedangkan pada massa besar, gaya magnet tidak mampu lagi mengimbangi gaya gravitasi.

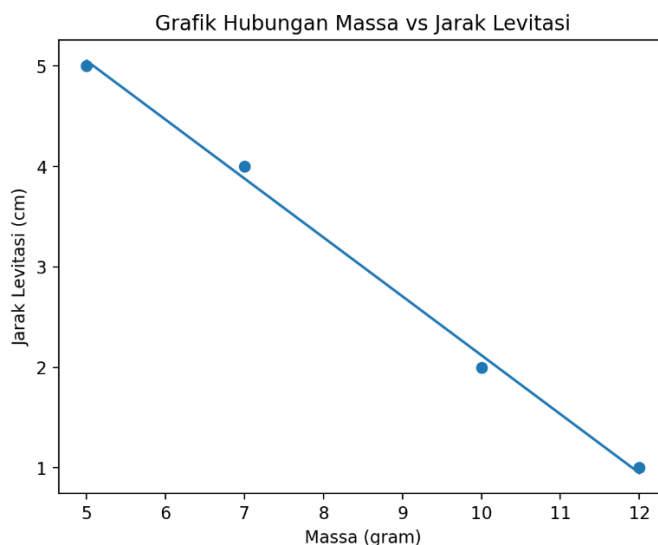
4.3 Analisis Grafik

Hubungan antara massa pesawat kertas dan jarak levitasi dianalisis menggunakan grafik regresi linear sederhana. Hasil menunjukkan adanya hubungan negatif yang kuat antara kedua variabel. Persamaan regresi yang diperoleh adalah:

$$y = -0.586x + 7.983 \dots\dots\dots 2$$

dengan koefisien korelasi sebesar $r = -0.998$, yang menunjukkan hubungan negatif sangat kuat.

Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan massa pesawat kertas secara signifikan menyebabkan penurunan jarak levitasi. Secara fisika, fenomena ini dapat dijelaskan bahwa gaya gravitasi ($F_g = mg$) meningkat seiring bertambahnya massa, sehingga membutuhkan gaya magnet yang lebih besar untuk mempertahankan kondisi levitasi.



Gambar 1. Grafik hubungan massa vs jarak levitasi

Grafik hubungan antara massa pesawat kertas dan jarak levitasi menunjukkan pola linear menurun yang signifikan. Titik-titik data hasil eksperimen membentuk tren garis lurus dengan kemiringan negatif, yang kemudian didekati menggunakan regresi linear dengan persamaan $y = -0.586x + 7.983$. Nilai gradien negatif (-0.586) menunjukkan bahwa setiap peningkatan massa sebesar 1 gram akan menyebabkan penurunan jarak levitasi sekitar 0.586 cm. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan berbanding terbalik antara massa dan jarak levitasi.

Secara fisika, fenomena ini dapat dijelaskan melalui keseimbangan gaya antara gaya magnet (F_m) dan gaya gravitasi ($F_g = mg$). Ketika massa bertambah, gaya gravitasi meningkat, sehingga diperlukan gaya magnet yang lebih besar untuk mempertahankan posisi levitasi. Karena gaya magnet berkurang secara signifikan terhadap jarak, maka sistem akan menyesuaikan dengan memperkecil jarak levitasi agar tetap mencapai kondisi keseimbangan.

Selain itu, grafik menunjukkan bahwa titik-titik data cukup dekat dengan garis regresi, yang menandakan hubungan yang kuat dan konsisten. Hal ini memperkuat bahwa model matematis yang digunakan sesuai dengan fenomena eksperimen. Dengan demikian, grafik ini tidak hanya menggambarkan hasil eksperimen, tetapi juga memvalidasi hubungan teoritis antara massa, gaya, dan medan magnet dalam sistem levitasi.

4.4 Perbandingan dengan Teori Medan Magnet

Secara teoritis, kuat medan magnet (B) dari magnet permanen berbanding terbalik dengan pangkat tiga jarak:

$$B \propto \frac{1}{r^3} \quad (\text{Hey, 2021}) \dots\dots\dots 3$$

Gaya magnet yang bekerja pada benda berhubungan dengan kuadrat medan magnet:

$$F_m \propto B^2 \quad (\text{Hessel et al., 2025}) \dots\dots\dots 4$$

Sehingga diperoleh hubungan:

$$F_m \propto \frac{1}{r^6} \text{ (Liboff, 1992).....5}$$

Dalam kondisi levitasi, berlaku keseimbangan gaya:

$$F_m = mg \text{6}$$

Berdasarkan teori tersebut, gaya magnet akan menurun sangat cepat terhadap jarak. Oleh karena itu, levitasi hanya dapat terjadi pada posisi tertentu yang memenuhi keseimbangan antara gaya magnet dan gaya gravitasi. Hasil eksperimen menunjukkan kesesuaian dengan teori tersebut, di mana pesawat kertas hanya dapat melayang stabil pada jarak tertentu. Ketika massa bertambah, jarak levitasi harus semakin kecil agar gaya magnet tetap cukup besar untuk mengimbangi gaya gravitasi. Hal ini sesuai dengan hubungan matematis bahwa gaya magnet sangat sensitif terhadap perubahan jarak. Namun demikian, terdapat beberapa deviasi antara hasil eksperimen dan teori. Deviasi ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti ketidaksempurnaan posisi magnet, pengaruh getaran lingkungan, serta keterbatasan alat ukur. Selain itu, medan magnet yang dihasilkan tidak sepenuhnya ideal karena adanya distribusi medan yang tidak homogen.

4.5 Implikasi Pembelajaran

Penggunaan alat levitasi magnetik pada pesawat kertas memberikan implikasi positif dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi medan magnet dan gaya. Alat ini mampu memvisualisasikan konsep abstrak menjadi lebih konkret sehingga memudahkan peserta didik dalam memahami hubungan antara gaya magnet dan gravitasi. Selain itu, pembelajaran menjadi lebih menarik dan interaktif karena melibatkan eksperimen langsung. Media ini juga mendorong keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui pengamatan dan analisis fenomena. Dengan demikian, alat ini dapat dijadikan alternatif media pembelajaran inovatif yang efektif, terutama di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang alat levitasi magnetik sederhana pada pesawat kertas berbasis prinsip medan magnet. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pesawat kertas dapat melayang pada kondisi tertentu ketika gaya magnet mampu mengimbangi gaya gravitasi. Terdapat hubungan negatif yang kuat antara massa dan jarak levitasi, di mana peningkatan massa menyebabkan penurunan jarak levitasi. Temuan ini sesuai dengan teori medan magnet yang menyatakan bahwa gaya magnet sangat dipengaruhi oleh jarak. Selain itu, alat yang dikembangkan terbukti efektif sebagai media pembelajaran fisika karena mampu memvisualisasikan konsep medan magnet secara konkret dan meningkatkan pemahaman peserta didik.

Referensi

- Anisa, T., Herlina, K., & Viyanti, V. (2024). Practicality and Effectiveness of Activity-based Worksheets with the ExPRession Learning Model to Train Hands-on Activities on Newton's Law. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(2). <https://doi.org/10.20527/jipf.v8i2.11704>
- Darvell, B. W., & Dias, A. P. (2023). Force-Distance Relation for Dental Magnets – Fitted Equation. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 31(2). https://doi.org/10.1922/EJPRD_2440Darvell19
- Dewi, N. K. A. T. S., & Wiarta, I. W. (2025). Interactive Multimedia "Porogapit Math" Based on Bar Diagrams in Mathematics Content on Structured Division for Elementary School Students. *Jurnal Edutech Undiksha*, 13(1).
- Erawati, N. K., & Adnyana, P. B. (2024). IMPLEMENTATION OF JEAN PEAGET'S THEORY OF CONSTRUCTIVISM IN LEARNING: A LITERATURE REVIEW. *Indonesian Journal of Educational Development (IJED)*, 5(3). <https://doi.org/10.59672/ijed.v5i3.4148>
- Fahrudin, A., Rohman, F., & Maryam, E. (2025). DEVELOPMENT OF METAVERSE LEARNING SPACE TO IMPROVE THE VISUALIZATION OF ABSTRACT CONCEPTS IN PHYSICS LEARNING. *Cakrawala Pedagogik*, 9(1). <https://doi.org/10.51499/cp.v9i1.750>
- Hessel, R., Yoshida, M., Freschi, A. A., & Mesquita, A. (2025). Força magnética num condutor retilíneo percorrido por uma corrente elétrica: uma verificação experimental. *A Física Na Escola*, 23. <https://doi.org/10.59727/fne.v23i1.238>

- Hey, J. D. (2021). On the Biot-Savart law of electromagnetism applied to the atomic circulation current. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 54(16). <https://doi.org/10.1088/1751-8121/abe832>
- Huang, H., Li, H., Sun, Y., & Hu, X. (2024). *Development and Challenges of Maglev Transportation*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1007211>
- Kumar, R., & Singh, J. (2023). An Improved Analysis of Magnetic Force Role in the Modern Electronics Circuits using Improved Fuzzy Logic Control. *2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems, ICICACS 2023*. <https://doi.org/10.1109/ICICACS57338.2023.10100187>
- Liboff, R. L. (1992). Generalized Newtonian force law and hidden mass. *The Astrophysical Journal*, 397. <https://doi.org/10.1086/186547>
- Limbong, E. E. S., Pasaribu, S. D., Tampubolon, Y. B. S., & Lubis, R. H. (2024). The Relevance of The Independent Learning Curriculum to the 21st Century Learning Model in Development of Society Era 5.0. *EDUCTUM: Journal Research*, 3(3). <https://doi.org/10.56495/ejr.v3i3.606>
- Magda, G., Charkaluk, E., & Triantafyllidis, N. (2024). Forces in interacting ferromagnetic conductors subjected to electrical currents and magnetic fields. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 480(2292). <https://doi.org/10.1098/rspa.2023.0691>
- McHenry, M. E., & Laughlin, D. E. (2022). Ferrite Magnetism. In *Modern Ferrites*. <https://doi.org/10.1002/9781118971499.ch4>
- Meng, H., Tang, G., Shen, A., Qian, M., Wei, Q., Mizzell, G., & Chen, C. H. (2021). Revealing the mystery of the cases where Nd-Fe-B magnetic like poles attract each other. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91969-8>
- NIE, B., ZHAO, Z., LUO, Y., WANG, Z., MENG, X., HUI, W., QIAN, J., & WANG, J. (2024). RESEARCH ON NEW MAGNETIC LEVITATION EXPERIMENTAL DEVICE. *Physics and Engineering*, 34(4). <https://doi.org/10.26599/phys.2024.9320425>
- Nuryantini, A. Y., & Wandana, I. A. P. (2018). *The Utilization of Low-cost and Simple Materials on Physics Learning*. <https://doi.org/10.5220/0007092200270031>
- Rangkuti, M. I. P., & Fakriza, M. (2024). Development Of Interactive Learning Applications For English Subjects. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 3(2). <https://doi.org/10.47709/brilliance.v3i2.3569>
- SAITO, N., TOMINAGA, H., KAWASHIMA, R., MORITA, T., YAMAMOTO, N., NAKASHIMA, H., FUJIOKA, S., SUNAHARA, A., MORI, Y., & JOHZAKI, T. (2015). Acceleration of Miniature Targets by Kilo-Tesla Magnetic Field. *TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, AEROSPACE TECHNOLOGY JAPAN*, 13(0). <https://doi.org/10.2322/tastj.13.17>
- Samah, A. A. I., Yunita, Y., & Amnie, E. (2025). Analisis Pola Garis Gaya Medan Magnet di Sekitar Magnet Batang dan Magnet U menggunakan Serbuk Besi. *Invention: Journal Research and Education Studies*. <https://doi.org/10.51178/invention.v6i3.3007>
- Santos, Z. T., & Meneses-Claudio, B. (2020). Implementation of a levitation system for the visualization of the magnetic phenomenon. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5(5). <https://doi.org/10.25046/AJ050538>
- Song, W., Shuai, C., & Zhai, Q. (2023). A magnetic field model of rectangular permanent magnets in a magnetic pendulum array. *AIP Advances*, 13(10). <https://doi.org/10.1063/5.0145976>
- Sotério, C., & Blikstein, P. (2025). Lab-on-a-Book. *Constructionism Conference Proceedings*, 8. <https://doi.org/10.21240/constr/2025/105.x>
- Wan Hassan, W. M. S. (2023). General Laws of Gravity. In *Physics—Problems, Solutions, and Computer Calculations*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42678-0_12
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2). <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>