



Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ) Universitas Papua

website: <https://journal.fkip.unipa.org/index.php/kpej>



Transformation of Learning Kinematics of Rectilinear Motion: Essential Microcontroller-Based Experimental Tools to Improve High School Students' Understanding of Concepts

Naila Fauza*, Resti Nurvana, Muhammad Nasir

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Riau, Indonesia

*Corresponding author: nailafauza@lecturer.unri.ac.id

Abstract: The transformation of kinematics learning requires innovative approaches to enhance students' in-depth conceptual understanding. This study aims to analyze the need to develop a microcontroller-based experimental tool for linear motion kinematics to overcome students' difficulties in understanding kinematics concepts. The study employs a qualitative descriptive approach, with data collected through interviews, questionnaires, and observations involving teachers and students from several high schools in Pekanbaru City. Data were obtained from 5 physics teachers and 30 high school students in grade XII who had previously studied linear motion kinematics. The findings indicate that students' understanding of linear motion kinematics concepts remains low, highlighting the need for a microcontroller-based experimental tool to support more interactive, accurate, and data-driven learning. This tool is expected to provide real-time visualization of kinematics parameters such as velocity, acceleration, time, and distance, facilitating students' comprehension of the relationships among these variables. This study recommends the development of a microcontroller-based experimental tool for linear motion kinematics as a strategic step to support the transformation of physics learning aligned with the demands of education in the digital era.

Keywords: experimental tools, kinematics, microcontrollers, rectilinear motion, requirements analysis

Transformasi Pembelajaran Kinematika Gerak Lurus: Esensial Alat Eksperimen Berbasis Mikrokontroler untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa SMA

Abstrak: Transformasi pembelajaran kinematika gerak lurus memerlukan pendekatan inovatif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa secara mendalam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan pengembangan alat eksperimen kinematika gerak lurus berbasis mikrokontroler sebagai solusi untuk mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep kinematika gerak lurus. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan pengumpulan data melalui wawancara, penyebaran angket dan observasi terhadap guru dan siswa di beberapa SMA se-Kota Pekanbaru. Data diperoleh dari 5 responden guru fisika dan 30 responden siswa SMA kelas XII yang sudah pernah mempelajari materi kinematika gerak lurus. Berdasarkan hasil penelitian, pemahaman konsep siswa terhadap materi kinematika gerak lurus masih rendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat eksperimen kinematika gerak lurus berbasis mikrokontroler sangat dibutuhkan untuk mendukung pembelajarannya yang lebih interaktif, akurat dan berbasis data. Alat ini diharapkan dapat memberikan visualisasi parameter kinematika gerak lurus seperti kecepatan, percepatan, waktu dan jarak secara real-time, sehingga memudahkan siswa dalam memahami konsep hubungan antar variabel tersebut. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan alat eksperimen kinematika gerak lurus berbasis mikrokontroler sebagai langkah strategis untuk mendukung transformasi pembelajaran fisika yang sejalan dengan kebutuhan pendidikan di era digital.

Kata kunci: alat eksperimen, analisis kebutuhan, kinematika, gerak lurus, mikrokontroler

PENDAHULUAN

Pendidikan terus mengalami perkembangan seiring waktu. Melalui ilmu pengetahuan dan pendidikan ilmiah, kita diajarkan cara beradaptasi serta hidup selaras dengan alam (Prima et al., 2024). Ilmu-ilmu alam, yang kerap disebut sebagai ilmu dasar, berfokus pada konsep dan prinsip mendasar yang menjelaskan berbagai fenomena di alam semesta (Haidir et al., 2021). Secara prinsip, Ilmu Pengetahuan Alam mempelajari sains pada aktivitas sehari-hari, termasuk di antaranya adalah fisika sebagai salah satu cabangnya (Muhammad, 2023). Pendidikan tersebut dikemas dalam suatu kegiatan pembelajaran, termasuk didalamnya pembelajaran fisika.

Fisika merupakan bidang ilmu yang sangat berhubungan dengan eksperimen. Pembelajaran fisika hendaknya fokus pada menemukan dan berbuat. Untuk membantu siswa memahami konsep dengan lebih mendalam (Wibowo, 2020). Oleh karena itu, ketika mempelajari fisika, penekanannya harus pada pengalaman belajar langsung yang melibatkan penggunaan dan pengembangan keterampilan berpikir (Angraini et al., 2019). Pengalaman belajar tersebut dapat dicapai melalui proses pembelajaran yang aktif, interaktif dan partisipatif (Kurniawati, 2018). Pengalaman belajar yang seperti itu didapat siswa dari melakukan kegiatan praktikum atau eksperimen. Eksperimen adalah salah satu metode pembelajaran yang memberikan peluang kepada siswa untuk terlibat langsung melatih kemampuan intelektual, keterampilan motorik, dan sikap emosional secara simultan melalui pemanfaatan alat eksperimen di laboratorium (Fauza, Syaflita, Ernidawati, et al., 2022). Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh National Training Laboratories dalam (Huriawati & Yusro, 2017) menyebutkan bahwa siswa hanya bisa mengingat 5-10% daripada hanya apa yang mereka baca, mereka dapat mengingat hingga 80% dari apa yang mereka alami dan kerjakan. Oleh karena itu, pembelajaran sains, khususnya fisika, akan lebih mudah dimengerti jika dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen (Qomariyah et al., 2019).

Alat eksperimen begitu penting dalam proses pembelajaran fisika, tujuannya agar siswa dapat memahami konsep secara konkret (Muna, 2017). Seperangkat alat eksperimen banyak ditemukan di pasaran tetapi alat tersebut masih banyak yang dioperasikan secara manual (Siregar, 2019). Kelemahan dari alat eksperimen tersebut yaitu hasil data eksperimen yang sering tidak sesuai dengan teori, pengolahan data yang cukup lama untuk menguji keabsahan data hasil eksperimen (Fauza, et al., 2022). Salah satu materi fisika yang perlu mendapatkan perhatian pada alat eksperimennya adalah materi kinematika gerak lurus (Majid, 2016). Pada saat eksperimen kinematika gerak lurus masih sering terjadi kekeliruan data yang didapat sehingga menyebabkan miskonsepsi pada siswa (Mellu & Langtang, 2023). Selain itu waktu yang dibutuhkan dalam merakit dan mengoperasikan alat eksperimen menghabiskan waktu yang lama (Shihab, 2021). Masalah lain timbul dari hasil survei oleh Rosdianto (2018) di singkawang dapat diketahui bahwa Sebanyak 65% sekolah tidak melaksanakan praktikum sama sekali selama semester, dan 83,3% guru mengajarkan konsep gerak jatuh bebas hanya melalui metode ceramah.

Seiring dengan berkembangnya teknologi informasi, dunia Pendidikan terus berkembang secara dinamis, khususnya dalam menciptakan media, metode, dan bahan ajar yang lebih menarik, interaktif, dan menyeluruh (Anwar et al., 2022). Fisika memainkan peran penting dalam membentuk masa depan teknologi (Nisa et al., 2024). Transformasi pada pembelajaran fisika khususnya pada materi kinematika gerak lurus tentunya harus dilakukan untuk mengatasi masalah miskonsepsi pada siswa SMA (Tafonao, 2018). Transformasi ini tentunya diiringi dengan pemanfaatan teknologi yang saat ini sedang marak di gunakan dalam dunia Pendidikan, salah satunya adalah penggunaan mikrokontroler pada media pembelajaran (Petrakis et al., 2021).

Pemanfaatan mikrokontroler untuk menginovasikan alat eksperimen kinematika gerak lurus akan mempengaruhi keakuratan data yang didapat (Al-Hakim et al., 2020). Mikrokontroler memiliki kemampuan untuk mengubah perangkat konvensional menjadi digital, sehingga memudahkan dalam pemakaiannya ketika melakukan eksperimen (Fauza, Ernidawati, et al., 2023). Guru memerlukan adanya bahan ajar yang terintegrasi untuk menunjang pembelajaran dalam menyampaikan serta mengkaji konsep fisika dalam aktivitas sehari-hari (Fauza, Hermita, et al., 2023).

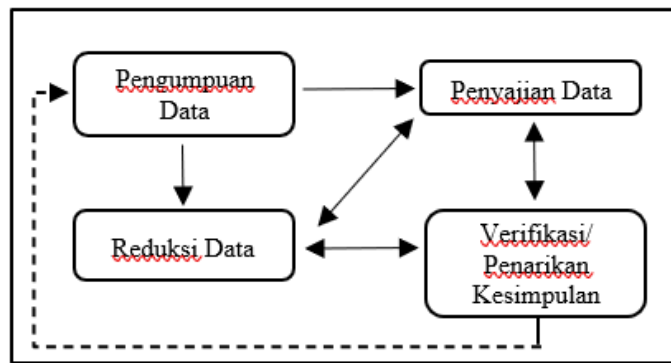
Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi sejauh mana pengembangan alat eksperimen kinematika gerak lurus berbasis mikrokontroler dapat menjadi solusi efektif dalam pembelajaran fisika di tingkat SMA. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan yang ditujukan kepada siswa dan guru terhadap alat bantu pembelajaran yang mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, menarik, dan berbasis teknologi. Pengembangan alat ini diharapkan dapat memperdalam pemahaman siswa mengenai konsep gerak lurus, yang selama ini dianggap abstrak dan sulit dipahami hanya melalui pendekatan teoritis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Penelitian deskriptif kualitatif bertujuan untuk memberikan gambaran atau penjelasan mendalam terkait fenomena yang dialami oleh subjek penelitian (Annur & Hermansyah, 2020). Penelitian ini difokuskan pada pengidentifikasian kebutuhan pengembangan alat eksperimen kinematika gerak lurus berbasis mikrokontroler, sekaligus menggali informasi mengenai permasalahan pembelajaran yang dialami siswa, media pembelajaran yang digunakan, hasil belajar siswa, serta pandangan terhadap pentingnya alat eksperimen tersebut.

Metode pengumpulan data yang diterapkan mencakup observasi, wawancara, dan distribusi angket. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk deskripsi naratif yang merangkum poin-poin penting dari hasil penelitian (Mubasir et al., 2021). Fokus penelitian ini adalah mendeskripsikan kebutuhan pengembangan alat eksperimen berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan pemahaman siswa di tingkat SMA. Penelitian diadakan di beberapa SMA negeri dan swasta di Kota Pekanbaru. Sampel ditentukan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian (Suriani & Jailani, 2023). Moleong, seperti dikutip dalam (Nurangraeni et al., 2020), menyarankan penggunaan *purposive sampling* dalam penelitian kualitatif untuk menggali informasi yang mendalam sebagai dasar penyusunan rancangan dan teori. Sampel penelitian ini melibatkan lima guru SMA dan 30 siswa kelas XII SMA. Wawancara dan observasi dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang metode pembelajaran yang umum digunakan oleh guru serta media yang diterapkan dalam pembelajaran fisika, terutama pada materi kinematika gerak lurus.

Analisis data dilakukan dengan menerapkan model Miles dan Huberman. Dalam model ini, analisis data dilakukan secara interaktif dan berkelanjutan hingga data selesai dianalisis (Sugiyono, 2019).



Gambar 1. Skema Analisis Data Miles and Huberman

Langkah-langkah analisis data dalam model Miles dan Huberman meliputi: 1) Reduksi data: Proses ini melibatkan pemadatan data, pemilihan informasi penting, dan identifikasi tema atau pola utama. 2) Penyajian data: Data disusun dalam bentuk teks naratif untuk mempermudah pemahaman informasi yang telah terkumpul. 3) Verifikasi dan penarikan kesimpulan: Kesimpulan yang diambil dalam penelitian ini merupakan temuan baru yang sebelumnya tidak diketahui, baik itu berupa deskripsi, hubungan kausal, atau teori yang terbentuk (Sugiyono, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

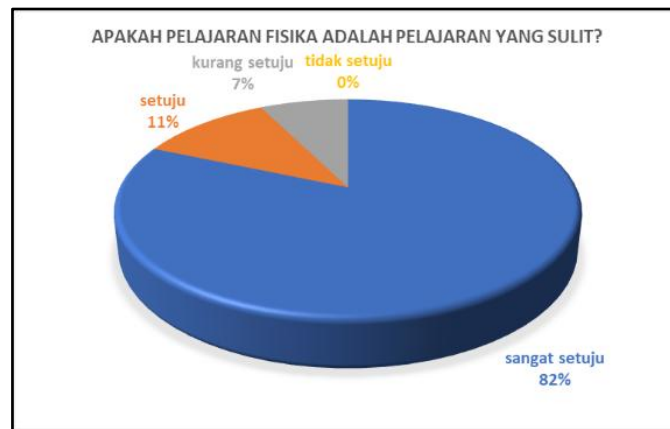
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kebutuhan pengembangan alat eksperimen kinematika gerak lurus berbasis mikrokontroler di SMA Kota Pekanbaru. Observasi dilakukan di tiga sekolah yang menunjukkan bahwa media pembelajaran yang digunakan guru umumnya terbatas pada buku teks, papan tulis, dan sesekali menggunakan PowerPoint. Alat eksperimen seperti KIT Mekanika tersedia di laboratorium sekolah, tetapi sangat jarang digunakan. Metode pengajaran yang dominan adalah ceramah, dengan alasan bahwa materi kinematika gerak lurus di kelas XI sangat padat dan memerlukan waktu yang lama untuk melakukan eksperimen. Oleh karena itu, eksperimen jarang dilakukan dalam pembelajaran.



Gambar 2. Grafik Ketertarikan Siswa Terhadap Pembelajaran Fisika

Berdasarkan Gambar 2. Terdapat 63% siswa yang tertarik pada pelajaran fisika dan 13% sangat tertarik pada pelajaran fisika, tetapi terdapat 17% kurang tertarik dan 7% tidak tertarik. Hal ini dapat dilihat bahwa siswa SMA se-Kota Pekanbaru tertarik pada pelajaran fisika. Pelajaran fisika memang disenangi oleh siswa sebab materi-materi yang diajarkan

sangat berhubungan dengan kehidupan sehari-hari dan menarik bagi siswa untuk mempelajarinya (Mesra et al., 2022).



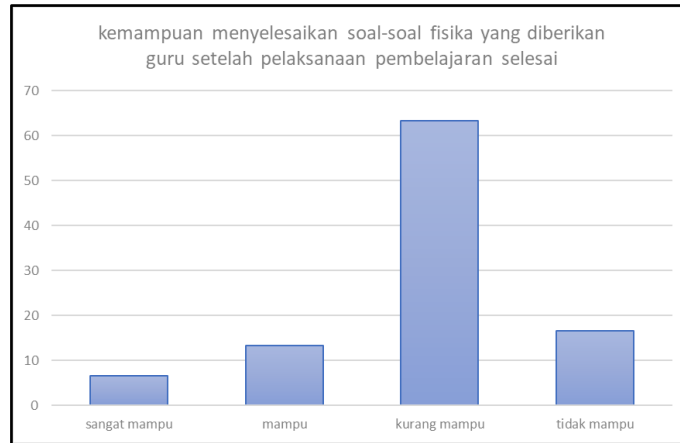
Gambar 3. Grafik Persentase Kesulitan Pelajaran Fisika

Berdasarkan Gambar 3. Ternyata walaupun banyak siswa yang tertarik dengan pembelajaran fisika tetapi masih terdapat 82% diantaranya menyatakan setuju Bahwa fisika merupakan mata pelajaran yang dianggap sulit untuk dipahami dan dipelajari.



Gambar 4. Grafik Frekuensi Belajar Materi Kinematika Gerak Lurus Menggunakan Alat Eksperimen

Berdasarkan Gambar 4. Menjawab alasan kenapa siswa mengalami kesulitan mempelajari dan memahami pelajaran fisika khususnya materi kinematika gerak lurus sebab 80% menjawab pada materi kinematika gerak lurus hanya kadang-kadang atau beberapa kali bahkan 15% menjawab tidak pernah melakukan eksperimen. Dengan tidak terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran fisika maka siswa akan mengalami miskonsepsi bahkan tidak paham sama sekali terhadap pelajaran fisika yang diajarkan oleh guru (Habibulloh et al., 2017).



Gambar 5. Grafik Kemampuan Siswa dalam Menyelesaikan Soal-Soal Fisika

Berdasarkan Gambar 5. Sebanyak 63,33% siswa merasa kurang mampu dalam menyelesaikan soal-soal fisika dengan baik. Hal ini dapat terjadi karena akibat dari kurangnya motivasi siswa ketika mengerjakan soal, terdapat kekurangan pemahaman siswa terhadap materi kinematika gerak lurus serta kurangnya pengalaman atau partisipasi langsung siswa dalam proses pembelajaran fisika. Semua masalah pembelajaran fisika tersebut akan berimbas pada nilai kognitif siswa (Sari, 2016).



Gambar 6. Grafik Pendapat Responden Terhadap Perlu Adanya Alat Eksperimen Kinematika Gerak Lurus di Sekolah

Berdasarkan Gambar 6. 75% responden sangat setuju bahwa perlu adanya alat eksperimen materi kinematika gerak lurus, yang mana pada masing – masing sekolah terdapat laboratorium dan memiliki KIT MEKANIKA didalamnya. Tetapi, sangat jarang digunakan bahkan tidak pernah digunakan hingga KIT tersebut berkarat dan rusak. Perlu adanya pemeliharaan alat eksperimen yaitu dengan menggunakannya sebagai media penunjang pemahaman siswa terhadap materi yang sulit untuk dipahami (Bararah, 2020).



Gambar 7. Grafik Pendapat Responden terhadap Diadakannya Pengembangan Alat Eksperimen berbasis Mikrokontroler

Berdasarkan Gambar 7. 90% Responden sangat setuju terjadinya transformasi pembelajaran fisika dengan menginovasikan atau mengembangkan alat eksperimen kinematika gerak lurus memanfaatkan teknologi mikrokontroler. Dengan hasil data yang didapatkan membuat penulis semakin bersemangat untuk mengembangkan alat eksperimen kinematika gerak lurus berbasis mikrokontroler ini untuk dapat Memperdalam pemahaman konsep siswa mengenai materi kinematika gerak lurus.

Banyak siswa yang tertarik dengan fisika namun sayangnya mereka merasa fisika itu sulit. Solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan mengadakan transformasi pembelajaran, dengan menambahkan sentuhan teknologi didalamnya serta harus Jika siswa terlibat langsung dalam proses pembelajaran, maka pembelajaran akan menjadi lebih menyenangkan dan siswa akan lebih mudah memahami materi yang diajarkan. Bereksperimen akan membuat materi yang sulit dipahami atau abstrak menjadi sesuatu yang nyata (Wahyudi et al., 2018). Berdasarkan observasi dan wawancara dengan guru kendala dalam melaksanakan eksperimen dikelas adalah karena melakukan eksperimen membutuhkan waktu yang lama dalam pengerjaannya. Oleh sebab itu, pengembangan alat eksperimen kinematika gerak lurus dibuat menggunakan mikrokontroler yang dapat mempersingkat waktu eksperimen, memudahkan pengambilan data tetapi tidak menghilangkan tahapan metode ilmiah yang harus dilakukan siswa pada praktikum. Variabel data yang dihitung otomatis adalah data jarak tempuh benda, waktu tempuh benda bergerak, ketinggian dan waktu jatuh benda pada gerak jatuh bebas. Semua variabel ini akan dihitung secara otomatis menggunakan perangkat mikrokontroler.

SIMPULAN DAN SARAN

Menurut hasil analisis dari penelitian kebutuhan ini, dapat disimpulkan bahwa memang benar adanya masih banyak terdapat sekolah yang belum menggalakkan pembelajaran secara langsung kepada siswa atau melakukan eksperimen. Dengan segala kecanggihan teknologi saat ini perlu adanya pembelajaran yang melibatkan siswa secara langsung untuk memperoleh ilmu yang tidak salah konsep. Adapun sekolah yang melakukan eksperimen pada materi kinematika gerak lurus tetapi waktu dan alat tidak memadai untuk mendapatkan data yang sesuai dengan teori yang ada, sehingga siswa menjadi bingung dan berdampak pada kurangnya pemahaman konsep siswa terhadap materi kinematika gerak lurus yang hilirnya akan terlihat pada nilai kognitif siswa yang tidak sesuai ekspektasi guru. Disimpulkan pula bahwa perlu adanya pengembangan alat eksperimen kinematika gerak

lurus berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa tingkat SMA. Setelah analisis kebutuhan ini maka penulis menyarankan untuk melanjutkan penelitian untuk melakukan pengembangan alat eksperimen kinematika gerak lurus berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada penelitian skema penelitian fundamental – Reguler (PFR) tahun anggaran 2024 dengan judul Pengembangan Alat Eksperimen Kinematika Menggunakan Sensor dalam Pembelajaran Fisika sumber dana dari DIPA DRTPM dengan no Kontrak 20640/UN19.5.1.3/AL.04/2024 dan Nomor kontrak induk penelitian 083/E5/PG.02.00.PL/2024 sebagai bentuk apresiasi kepada lembaga yang telah mendukung dari segi materil yang tidak bisa masuk sebagai penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hakim, Y., Istiqomah, & Kurniawan, E. (2020). Gerak Lurus Berbasis Arduino Uno: Alat Peraga Fisika Alternatif Menggunakan Linear Air Track. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Sains*, 1(3), 1–7.
- Angraini, L. M., Wirawan, R., & Qomariyah, N. (2019). Penerapan Metode Eksperimen Berbasis Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Keterampilan Mengajar Guru Fisika SMA Se-Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Warta Desa (JWD)*, 1(2).
- Annur, M. F., & Hermansyah, H. (2020). Analisis Kesulitan Mahasiswa Pendidikan Matematika dalam Pembelajaran Daring pada Masa Pandemi Covid-19. *Paedagogia: Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Kependidikan*, 11(2), 195–201.
- Anwar, F., Pajarianto, H., Herlina, E., Raharjo, T. D., Fajriyah, L., Astuti, I. A. D., Hardiansyah, A., & Suseni, K. A. (2022). *Pengembangan Media Pembelajaran “Telaah Perspektif pada Era Society 5.0.”* Tohar Media.
- Bararah, I. (2020). Pengelolaan Sarana dan Prasarana Pendidikan dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran. *Jurnal MUDARRISUNA: Media Kajian Pendidikan Agama Islam*, 10(2), 351–370.
- Fauza, N., Ernidawati, E., Zulhelmi, Z., Rahim, F. R., Riwardi, F. O., Latif, A. A., & Mathluba, K. (2023). Microcontroller-Based Mechanics Experiments in Physics Learning: Systematic Literature Review Using PRISMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 558–568.
- Fauza, N., Hermita, N., & Afriyani, E. (2023). Need Analysis to Develop a Physics Module Integrated Natural Disaster and Mitigation. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1024–1029.
- Fauza, N., Syaflita, D., Ernidawati, E., Dipuja, D. A., Isjoni, M. Y. R., & Oksaviona, V. (2022). Analisis Awal Akhir untuk Merancang Penuntun Praktikum Berbasis Guided Inquiry. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 6(3).
- Fauza, N., Syaflita, D., Yunilita, W., & Seciowati, H. (2022). Persepsi Peserta Didik Penggunaan Aplikasi Quizizz sebagai Media Evaluasi Hasil Belajar Siswa di SMK Taruna Satria Pekanbaru. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 8(1), 37–44.
- Habibulloh, M., Jatmiko, B., & Widodo, W. (2017). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Guided Discovery Berbasis Lab Virtual untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa SMK Topik Efek Fotolistrik. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 7(1), 27–43.
- Haidir, M., Farkha, F., & Mulhayatiah, D. (2021). Analisis Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Video Pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 81–89.

- Huriawati, F., & Yusro, A. C. (2017). Pengembangan Odd" Osilator Digital Detector" Sebagai Alat Peragapraktikum Gerak Harmonik Sederhana. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 4(1), 1–10.
- Irma Yanti Siregar. (2019). *Penerapan Metode Eksperimen dalam Pembelajaran Sains untuk Anak Usia Dini di TK Siti Al-Hasan Kecamatan Batang Kuis Kabupaten Deli Serdang Ta. 2018/2019*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Kurniawati, I. D. (2018). Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa. *DoubleClick: Journal of Computer and Information Technology*, 1(2), 68–75.
- Majid, M. S. (2016). Pembelajaran Fisika dengan Pendekatan Kontekstual Melalui Metode Eksprerimen dan Demonstrasi Diskusi pada Materi Kinematika Gerak Lurus. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 3(2), 92–106.
- Mellu, R. N. K., & Langtang, D. (2023). Profil Miskonsepsi Peserta Didik pada Materi Kinematika Gerak dan Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(2), 170–184.
- Mesra, R., Marleni, M., Wenno, Y. H., & Haumahu, C. P. (2022). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Online pada Mata Pelajaran IPS di SMA Negeri 2 Tondano. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 8(3).
- Mubasir, Y., Supriyadi, S., & LIA, R. M. (2021). Developing Physics Graph Learning Media in The Concept Of Kinematics and Its Assessment Using Tug-K (Test Of Understanding Graphs in Kinematics). *Periódico Tchê Química*, 18(38).
- Muhammad, N. H. (2023). *Creative Box Sebagai Proyek dalam Project Based Learning (Pjbl) Materi Klasifikasi Makhluk Hidup untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kreatif pada Mata Pelajaran IPA*. Institut Agama Islam Negeri Kudus.
- Muna, I. A. (2017). Model pembelajaran POE (predict-observe-explain) dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses IPA. *El-Wasathiya: Jurnal Studi Agama*, 5(1), 73–92.
- Nisa, P. K., Makida, Z., Liana, N., Ernasari, E., Mahardika, I. K., & Handono, S. (2024). Peran Pembelajaran Fisika dalam Transformasi Sains dan Teknologi. *Phydagogic: Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, 7(1), 63–68.
- Nuranggraeni, E., Effendi, K. N. S., & Sutirna, S. (2020). Analisis Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Ditinjau dari Kesulitan Belajar Siswa. *JP3M (Jurnal Penelitian Pendidikan dan Pengajaran Matematika)*, 6(2), 107–114.
- Petrakis, K., Wodehouse, A., & Hird, A. (2021). Physical Prototyping Rationale in Design Student Projects: An Analysis Based on The Concept of Purposeful Prototyping. *Design Science*, 7, e7.
- Prima, W. A. P., Khusaini, K., & Hidayat, A. (2024). Analysis of Student Learning Needs in the Differentiated Learning Review of Merdeka Curriculum in Physics Learning. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 7(1), 227–235.
- Qomariyah, N., Wirawan, R., & Angraini, L. M. (2019). Peningkatan Kompetensi Guru dalam Pembelajaran Fisika Berbasis Metode Eksperimen. *WIDYABHAKTI Jurnal Ilmiah Populer*, 1(2), 93–99.
- Rosdianto, H. (2018). Rancang Bangun Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas dengan Stopwatch Otomatis Sederhana. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 3(1), 20–23.
- Sari, H. K. (2016). Peningkatan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Fisika Siswa pada Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Student Team Achievement Division. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*, 1(1), 15–22.
- Shihab, N. (2021). *Teknologi untuk Masa Depan Hadir di Pembelajaran Masa Kini*. Lentera Hati.

- Sugiyono, S. (2019). *Metode Penelitian & Pengembangan (Research and Development)*. Alfabeta.
- Suriani, N., & Jailani, M. S. (2023). Konsep Populasi dan Sampling Serta Pemilihan Partisipan Ditinjau dari Penelitian Ilmiah Pendidikan. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 24–36.
- Tafonao, T. (2018). Peranan Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(2), 103–114.
- Wahyudi, E. E., Aminah, N. S., & Sukarmin, S. (2018). Pembelajaran Optika Geometri Melalui Problem Based Learning (PBL) Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA Kelas X Tahun 2014/2015. *Inkuiri: Jurnal Pendidikan IPA*, 6(3), 49–60.
- Wibowo, H. (2020). *Pengantar Teori-Teori Belajar dan Model-Model Pembelajaran*. Puri Cipta Media.