

Mengungkap Rahasia Gerak: Sebuah Literatur Review Tentang Mekanika Lagrange dan Newton

Anggres Wulandari¹ Bayu Setiaji²

Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia^{1,2}

Email: anggreswulandari.2023@student.uny.ac.id¹ bayu.setiaji@uny.ac.id²

Abstract

Physics is one of the branches of natural science. Since ancient times, humans have been interested in the movement of objects around them and motion is a field studied in mechanics. This research aims to find out the principles of mechanics in lagrange and newton mechanics for solving motion problems and their applications. The method used is the literature review method. A literature is a thorough overview of previous research on a particular topic. Literature review is a systematic process to identify, evaluate, and synthesize previously published scientific works on a particular topic. There are 20 sources used, consisting of books and scientific journals. The results of the study show that motion is an object that experiences movement from one place to another. The problem of motion of objects can be solved using Newton's laws and principles of mechanics and lagrange. Lagrange mechanics is used to solve complex problems that cannot be solved with Newtonian mechanics. Lagrange mechanics focuses on the force that causes an object to move, whereas Newtonian mechanics focuses on the energy that causes an object to move.

Keywords: Mechanics, Motion, Newton's Law Of Motion, Lagrange Mechanics

Abstrak

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam. Sejak dahulu, manusia telah tertarik pada pergerakan objek di sekitar mereka dan gerak termasuk bidang yang dipelajari dalam mekanika. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prinsip mekanika dalam mekanika lagrange dan newton untuk penyelesaian permasalahan gerak dan aplikasinya. Metode yang digunakan adalah metode literatur review. Literatur adalah gambaran menyeluruh dari penelitian sebelumnya tentang suatu topik tertentu. Literatur review adalah suatu proses sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis karya-karya ilmiah yang telah diterbitkan sebelumnya tentang suatu topik tertentu. Terdapat 20 sumber yang digunakan, terdiri dari buku dan jurnal ilmiah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gerak adalah suatu benda yang mengalami perpindahan dari satu tempat ke tempat yang lain. Permasalahan gerak benda dapat diselesaikan menggunakan hukum dan prinsip mekanika newton dan lagrange. Mekanika lagrange digunakan untuk menyelesaikan permasalahan kompleks yang tidak dapat diselesaikan dengan mekanika newton. Mekanika lagrange berfokus pada gaya yang menyebabkan benda bergerak, sedangkan mekanika Newton berfokus pada energi penyebab benda bergerak.

Kata Kunci: Mekanik, Gerak, Hukum Gerak Newton, Mekanika Lagrange



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

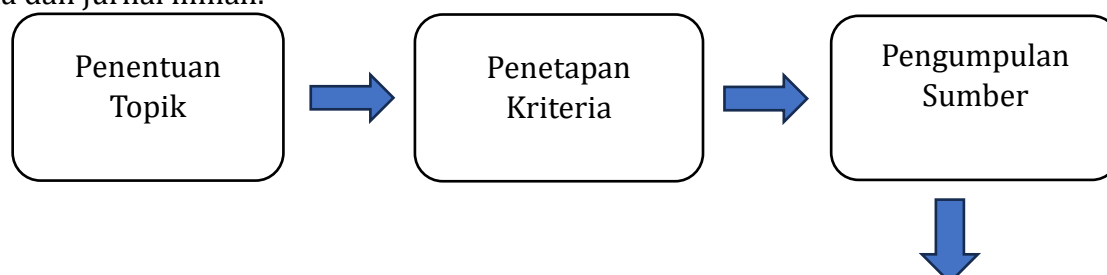
Fisika adalah ilmu yang mempelajari fenomena alam dan lingkungan sekitarnya, Oleh karena itu, fisika disebut sebagai ilmu pengetahuan alam atau salah satu cabang ilmu pengetahuan alam. Fisikawan, di sisi lain, mempelajari perilaku dan sifat materi di berbagai bidang, mulai dari partikel kecil yang menyusun semua materi (fisika partikel) hingga perilaku materi di alam semesta sebagai satu kesatuan (Festiana, 2018). Fisika klasik dimulai pada tahun 1800-an sampai 1890-an. Selama periode ini, Periode ini diformulasikan konsep-konsep fisika yang mendasar. Pada periode ini, perkembangan fisika klasik yang terlihat adalah rumusan umum mekanika klasik (hukum gerak Newton)(Vilmala, 2020), Fisika Panas, elektrodinamika

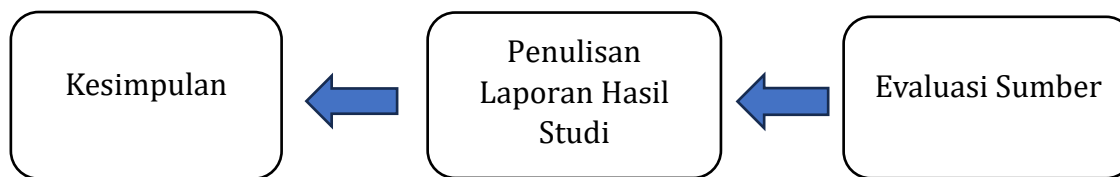
klasik, termodinamika klasik, Listrik-Magnet, dan Gelombang (Alicki & Kosloff, 2018). Gerak termasuk bidang yang dipelajari dalam mekanika, yang merupakan cabang dari fisika (Harefa *et al.*, 2020). Mekanika merupakan salah satu konsep ilmiah yang paling diminati di berbagai bidang pengetahuan. Dalam ranah ilmu fisika, peranan mekanika sangatlah signifikan bagi ilmuwan dan insinyur. Definisi mekanika menurut Knox & Wilson (2022), merujuk pada cabang ilmu fisika yang mempelajari bagaimana benda-benda bereaksi terhadap gaya atau mengalami perpindahan, serta konsekuensi yang timbul pada objek-objek di sekitarnya. mekanika Lagrange dapat digunakan untuk menentukan persamaan gerak dari berbagai jenis sistem dinamik yang ada karena merupakan perluasan dari mekanika Newton. Metode Lagrangian adalah salah satu dari sekian banyak teknik yang digunakan oleh banyak ilmuwan dan insinyur untuk menggambarkan persamaan gerak sistem mekanik (Muzakki *et al.*, 2022). Mekanika Lagrange merupakan pengembangan dari mekanika klasik Newton, menawarkan cara yang lebih ringkas dan elegan untuk menyelesaikan masalah mekanika klasik (Firdaus *et al.*, 2023). Mekanika Lagrangian dapat diperluas untuk menjelaskan fenomena fisik modern, seperti mekanika kuantum dan relativitas, dengan menggunakan metode yang lebih kompleks.

Sejak dahulu, manusia telah tertarik pada pergerakan objek di sekitar mereka. Pertanyaan tentang bagaimana objek bergerak dan apa yang memengaruhi arah serta kecepatannya telah mendorong minat para ilmuwan dalam mempelajari mekanika, cabang ilmu yang memfokuskan pada gerakan benda dan interaksinya dengan gaya. Mekanika memiliki peranan yang signifikan dalam berbagai bidang, dari fisika dan astronomi hingga teknik dan robotika. Prinsip-prinsip mekanika menjadi dasar bagi banyak teknologi modern, termasuk mesin, pesawat terbang, dan mobil. Pemahaman yang mendalam tentang mekanika sangat penting bagi ilmuwan, insinyur, dan siapa pun yang ingin memahami dunia di sekitarnya. Tujuan dari tinjauan literatur ini adalah untuk menyelami beragam konsep dasar mekanika, dengan penekanan pada hukum dan prinsip yang mengatur gerakan benda. Penelitian ini lebih berfokus pada Gerak Newton dan Mekanika Lagrange untuk mengetahui perbedaan yang digunakan oleh kedua hukum tersebut dalam menyelesaikan permasalahan gerak dan aplikasinya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prinsip mekanika dalam mekanika lagrange dan newton dalam penyelesaian permasalahan gerak dan aplikasinya. Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Literatur Review. Literatur adalah gambaran menyeluruh dari penelitian sebelumnya tentang suatu topik tertentu. Literatur review adalah suatu proses sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis karya-karya ilmiah yang telah diterbitkan sebelumnya tentang suatu topik tertentu. Metode ini digunakan untuk memperoleh landasan teori yang kuat, sehingga memudahkan dalam proses pelaksanaan penelitian. Literatur review yang dilakukan menggunakan jurnal ilmiah terkait hukum dan prinsip yang mengatur gerak benda, terutama pada gerak newton dan mekanika lagrange. Dalam penelitian ini jumlah sumber yang diteliti adalah berjumlah 20 sumber yang teridi atas buku dan jurnal ilmiah.





Tabel 1. Langkah Penyusunan Penelitian

Penyusunan penelitian pada studi literatur review ini melalui beberapa langkah, yaitu:

1. Menentukan topik penelitian yang spesifik dan terfokus tentang materi gerak dan topik tersebut relevan dengan bidang yang akan diteliti. Sebelum menyelami dunia literatur, baik berupa buku maupun artikel penelitian, seorang peneliti diharuskan terlebih dahulu menetapkan topik yang jelas. Topik ini akan menjadi landasan utama dalam penulisan literatur review, memandu arah dan fokus pencarian informasi.
2. Menetapkan kriteria untuk jenis penelitian yang akan dimasukkan (inklusi) dalam tinjauan ini, yaitu artikel studi literatur dan hasil penelitian, dengan batas waktu publikasi maksimal delapan tahun terakhir (2017-2024).
3. Pengumpulan sumber yaitu melakukan pencarian literatur melalui basis data elektronik menggunakan mesin pencari Google Scholar. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci atau istilah terkait dengan topik penelitian.
4. Mengevaluasi literatur yang ditemukan yaitu Setelah mendapatkan berbagai referensi yang dapat digunakan dalam penyusunan literatur review, langkah terpenting adalah membaca setiap referensi (Cahyono *et al.*, 2019). Melakukan penilaian terhadap literatur yang ditemukan dengan menggunakan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya kemudian memahami artikel yang telah dikumpulkan dengan cermat dan mencatat poin – poin penting yang ada.
5. Penulisan laporan hasil studi yaitu dengan cara membuat struktur yang jelas untuk literatur review ini, kemudian memperkenalkan topik dan tujuan review, membahas sumber - sumber yang telah dikumpulkan secara sistematis. menyusun laporan hasil studi yang mencakup ringkasan tentang topik yang ditinjau, mensintetiskan temuan dan argumen dari berbagai sumber, membuat kesimpulan dari literatur review dan terakhir menyusun abstrak.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Gerak adalah proses pindah dari satu tempat ke tempat lain dalam waktu yang dinamis untuk mencapai tujuan (Mustafa & Sugiharto, 2020), gerak juga disebut fenomena kompleks yang dapat dijelaskan dengan berbagai hukum dan prinsip. Secara Sederhana, kita bisa mengatakan bahwa benda dikatakan bergerak jika posisinya berubah. Hukum Newton dan Lagrange dapat digunakan untuk mengklasifikasikan gerak berdasarkan berbagai kriteria yaitu, Berdasarkan lintasannya, gerak dibedakan menjadi gerak linier, gerak melingkar, dan gerak parabola disebut juga gerak proyektil (Pongsapan & Pawarangan, 2021). Berdasarkan kecepatannya gerak lurus dibedakan menjadi dua yaitu gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan. Titik acuan: gerak mutlak, gerak relative (Devi, 2022). Berdasarkan medianya yaitu gerak di udara, gerak di air, gerak di darat. Persamaan Lagrangian adalah persamaan yang menentukan persamaan gerak suatu sistem dinamis dengan menentukan energi kinetik dan energi potensial sistem yang dinyatakan dalam koordinat umum, mekanika lagrange menyelesaikan masalah mekanika yang tidak mudah diselesaikan dengan mekanika Newton (Ariyanti *et al.*, 2022). Persamaan lagrange merupakan hasil penjumlahan dari energi kinetik (kecepatan) dan energi potensial suatu benda (Bayu *et al.*, 2024), Persamaan ini merupakan persamaan diferensial yang menggambarkan gerak sistem mekanik dengan menggunakan energi kinetik dan energi potensialnya. Persamaan matematisnya

$$\frac{\partial L}{\partial q_k} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \right)$$

Dengan

$$L = K - U$$

L = Fungsi lagrange (selisih energi kinetik dengan potensial suatu benda)

K = Energi kinetik

U = Energi potensial

q = Koordinat umum (polar, silinder, bola, kartesius, dan lainnya)

$\dot{q}$ = Turunan pertama dari koordinat umum terhadap (t)

Ketika suatu benda yang bergerak maka terdapat energi di dalamnya. Gerak benda disebabkan oleh gaya yang bekerja. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena geraknya (Rumiati *et al.*, 2021). Secara sistematis persamaan energi kinetik yaitu,

$$Ek = \frac{1}{2}mv^2$$

Energi potensial adalah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena kedudukan atau posisinya terhadap titik acuan. Selain dipengaruhi oleh kedudukannya, energi potensial dipengaruhi pula oleh gaya gravitasi bumi (Muhammad Fadli *et al.*, 2022). Secara matematis persamaan energi potensial yaitu,

$$Ep = mgh$$

Hukum Newton menghubungkan percepatan dari sebuah benda yang memiliki massa dan gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut. Terdapat tiga hukum Newton tentang gerak, yaitu Hukum I Newton, Hukum II Newton, dan Hukum III Newton. Hukum I Newton bisa disebut juga sebagai hukum Inersia, Hukum I Newton menyatakan "Jika resultan gaya pada suatu benda sama dengan nol, maka benda yang mula-mula diam akan terus diam. Sedangkan, benda yang mula-mula bergerak, akan terus bergerak dengan kecepatan tetap" (Satriawan, 2018). Berdasarkan hukum pertama Newton, benda terus berusaha mempertahankan keadaan dan posisinya semula. Benda yang awalnya diam akan tetap diam, dan benda yang awalnya bergerak akan terus bergerak. Menurut WILA, S. (2022) Karena kecenderungannya untuk mempertahankan kedudukan aslinya, maka hukum pertama sering disebut dengan hukum inersia atau hukum kelembaman. Pesamaan hukum I Newton dilambangkan dengan

$$\sum F = 0$$

Keterangan:

$\sum F$ = resultan gaya pada benda (N)

Hukum pertama newton bisa diterapkan dalam kehidupan seperti, ketika mobil melaju dengan kecepatan tinggi dan anda mengerem saat sedang melaju, otomatis penumpang akan terdorong ke depan. Dan ketika mobil melaju pelan lalu tiba-tiba pengemudi menginjak pedal gas, penumpang tersebut akan terdorong kebelakang. Bunyi hukum II Newton : "Percepatan dari suatu benda akan sebanding dengan jumlah gaya (resultan gaya) yang bekerja pada benda tersebut dan berbanding terbalik dengan massanya" (Yolanda, 2020). Secara matematis Hukum II Newton dinyatakan:

$$\sum F = ma$$

Di mana:

F = gaya yang bekerja pada benda (N)

m = massa benda (Kg)

a = percepatan benda (m/s^2)

Persamaan ini menyatakan bahwa gaya yang bekerja pada suatu benda sama dengan massanya dikalikan dengan percepatannya. Dengan kata lain, semakin besar gaya yang bekerja pada suatu benda, semakin besar pula percepatannya. Sebaliknya, semakin besar massa suatu benda, semakin kecil percepatannya. Hukum kedua Newton pada dasarnya terjadi ketika suatu gaya yang tidak seimbang bekerja pada suatu benda, sehingga menyebabkan benda yang semula diam, bergerak dengan kecepatan tertentu (Siregar, 2022). Seperti, pada saat sebuah bola didorong menuruni bukit, gaya gravitasi menarik bola ke bawah bukit. Gaya ini menyebabkan bola mengalami percepatan ke bawah. Dan Ketika sebuah mobil dihentikan, gaya gesekan antara ban dan jalan menyebabkan mobil mengalami percepatan ke belakang. Hukum III Newton ini menjelaskan hubungan antara dua gaya yang selalu muncul secara bersamaan saat dua benda berinteraksi. Hukum III Newton menyatakan “ketika suatu benda memberikan gaya pada benda kedua, benda kedua tersebut akan memberikan gaya yang sama besar kepada benda pertama, tetapi berlawanan arah terhadap benda pertama” (Rifa’I, 2020). Hukum ketiga Newton juga disebut sebagai hukum gaya aksi dan reaksi. Secara matematis persamaan hukum III Newton sebagai berikut

$$F_{Aksi} = -F_{Reaksi}$$

Dari persamaan, diketahui bahwa ketika suatu benda memberikan aksi kepada benda kedua, maka benda kedua akan memberikan reaksi pada benda pertama dengan besar yang sama, tapi arahnya berlawanan. Seperti ketika kita berjalan, kaki kita mendorong tanah ke belakang (aksi), dan tanah mendorong kaki kita ke depan (reaksi). Gaya reaksi inilah yang membuat kita bisa bergerak maju. Dan ketika menendang dinding menggunakan kaki, kaki akan memberikan gaya aksi pada dinding. Setelah menendang dinding, ada reaksi yang terjadi yaitu kaki akan terasa sakit, semakin kuat menendang dinding maka rasa sakit yang dirasakan akan semakin meningkat.

Aplikasi Konkret Hukum Newton dan Lagrange

Hukum Newton dan Lagrange merupakan fondasi penting dalam mekanika klasik yang memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang, seperti teknik, fisika, dan robotika.

1. Dalam dunia Teknik, hukum newton biasanya digunakan untuk menghitung gaya-gaya yang bekerja pada jembatan, seperti gravitasi, gaya angin, dan beban kendaraan. Memahami kekuatan-kekuatan ini memungkinkan para insinyur merancang jembatan yang cukup kuat untuk menahan tekanan tanpa runtuh.
2. Sebagai Pengendalian robot, dengan menggunakan hukum Lagrange, Anda dapat mengendalikan gerak robot dengan lebih efisien dan stabil. Hal ini memungkinkan robot untuk melakukan tugas-tugas kompleks dengan presisi dan presisi yang lebih tinggi.
3. Pada analisis Gelombang hukum lagrange dapat digunakan untuk menganalisis gelombang seperti gelombang laut dan gelombang elektromagnetik. Hal ini membantu para ilmuwan memahami perilaku gelombang dan memprediksi perambatannya.

Tabel 2. Perbandingan dan Kontras

No	Aspek Fokus	Mekanika Newton Gaya	Mekanika Lagrange Energi
1			

2	Analisis	Langsung analisis gaya	Analisis energi dan prinsip kerja virtual
3	Kelebihan	Mudah dipahami dan diterapkan	Efisien untuk system gerak dengan banyak derajat kebebasan
4	Kekurangan	Kurang efisien untuk system kompleks	Memerlukan informasi matematika

Dalam penyelesaian suatu permasalahan gerak benda, mekanika newton lebih berfokus pada gaya yang disebabkan dan dianalisis secara langsung, sedangkan mekanika lagrange lebih berfokus pada energi penyebab benda bergerak, seperti energi kinetik dan energi potensialnya serta dianalisis menggunakan persamaan diferensial. Dalam sistem benda sederhana, hukum Newton dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan tentang gerak benda. Namun, jika kita menghadapi sistem benda yang kompleks, seperti banyak benda, maka akan sulit untuk hanya menggunakan hukum Newton. Langkah yang dilakukan yaitu dengan menggunakan persamaan lagrange, persamaan Lagrange dapat digunakan untuk memecahkan masalah dinamika suatu benda dengan sistem kompleks.

KESIMPULAN

Dari hasil yang telah didapatkan, disimpulkan bahwa benda dikatakan bergerak jika mengalami perubahan posisi dari satu tempat ke tempat yang lain. Gerak adalah konsep fundamental yang mendasari banyak fenomena di alam semesta. Aplikasi gerak banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari, masalah tentang gerak dapat diselesaikan dengan menggunakan Hukum Newton dan Lagrange, namun metode lagrange digunakan untuk menyelesaikan sistem benda kompleks yang tidak bisa diselesaikan oleh hukum Newton. Mekanika Newton berfokus pada gaya-gaya yang bekerja pada benda dan bagaimana gaya-gaya tersebut menyebabkan benda bergerak sedangkan mekanika Lagrange berfokus pada energi potensial dan kinetik benda serta bagaimana energi tersebut berubah seiring waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R. I. (2020). Pengaruh Pembelajaran Vark Berbasis Gaya Belajar Kolb Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Pada Materi Hukum Newton (Quasi Eksperimen di MA Pembangunan UIN Jakarta) (Bachelor's thesis, Jakarta: FITK IIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Alicki, R., & Kosloff, R. (2018). Introduction to quantum thermodynamics: History and prospects. *Thermodynamics in the Quantum Regime: Fundamental Aspects and New Directions*, 1-33.
- Ariyanti, Y., Subekti, P., & Syahropi, H. (2022). Studi Literatur: Mekanika Lagrange. *Aptek*, 55-58.
- B. K. Vilmala. (2020). Revolusi Saintifik dalam Perkembangan Mekanika," *J. Filsafat Indones.*, vol. 3, no. 1.
- Cahyono, E. A., Sutomo, N., & Hartono, A. (2019). Literatur review; panduan penulisan dan penyusunan. *Jurnal Keperawatan*, 12(2), 12-12.
- Fadli, M., Insani, A. K., Delima, K., & Mahfud, T. A. R. (2022). Kajian Mekanika pada Materi Pesawat Sederhana: Review Publikasi Ilmiah. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, dan Terapan Teknologi*, 1(2), 171-190
- Firdaus, R. A., Rahmatulloh, M. A., & Khoiro, M. (2023). Analisa Lagrange pada Dinamika Stroller Non-Holonomic Berbasis Komputasi Fisika. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(7), 749-756.
- Harefa, D., Telaumbanua, T., Ge'e, E., Ndururu, K., Hulu, F., Marsa Ndraha, L. D., ... & Sarumaha, M. (2020). Pelatihan Menendang Bola Dengan Konsep Gerak Parabola. *Kommas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(3), 75-82.

- I. Festiana. (2018). Perkembangan Eksperimen Fisika Ditinjau dari Filsafat Sains. JIPFRI J. Inov. Pendidik. Fis. dan Ris. Ilm., vol. 2, no. 1, pp. 14–20.
- Knox, E., & Wilson, A. (Eds.). (2022). *The Routledge Companion to Philosophy of Physics*. Routledge.
- Mustafa, P. S., & Sugiharto, S. (2020). Keterampilan motorik pada pendidikan jasmani meningkatkan pembelajaran gerak seumur hidup. *Jurnal Sporta Saintika*, 5(2), 199-218.
- Muzakki, A., Ramadhanti, I. N., Alifiyan, I. N., & Ayu, T. S. (2022). Kajian Model Pembelajaran Fisika SMA pada Topik Kinematika Gerak Lurus. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, Dan Terapan Teknologi*, 1(2), 85-98.
- Pongsapan, F. P., & Pawarangan, I. (2021). Penggunaan Bahasa Pemrograman Maple untuk Menyelesaikan Masalah Mekanika Gerak dalam Fisika. *Journal Dynamic Saint*, 6(1), 31-35.
- Rumiati, R., & Mahardika, I. K. (2021). Analisis konsep fisika energi mekanik pada permainan tradisional egrang sebagai bahan pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 131-146.
- Sari, D. M. (2022). Analisis Kecepatan Awal Peluru Pada Pistol Mainan Anak-Anak Analysis Of The Initial Velocity Of The Projectile In A Children's Toy Gun (Doctoral dissertation, Universitas PGRI Semarang).
- Satriawan, M. (2018). Kajian Aksiologi: Elaborasi Nilai-Nilai Moral Dalam Konsep Mekanika Sebagai Upaya Untuk Membentuk Generasi Emas Yang Berkarakter.
- Setiaji, B., Purwoko, H. S., Hanifah, N. T., & Nia, F. M. (2024). Mekanika Lagrange dan Hamilton
- Siregar, D. A. (2022). Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think Pair-Share Terhadap Hasil Belajar Fisika Materi Pokok Hukum Ii Newton Siswa SMP Negeri Siabu. *Jurnal Physedu (Physics Education)*, 4(3), 44-44.
- WILA, S. (2022). Pengembangan Modul Berbasis Android Pada Materi Hukum Newton Tentang Gerak Untuk Siswa Kelas VIII SMP Negeri 16 Pontianak (Doctoral Dissertation, IKIP PGRI Pontianak).
- Yolanda, F. (2020). Penggunaan handout bermuatan kecerdasan komprehensif pada model generative learning dalam pembelajaran hukum newton siswa kelas X di SMAN 5 Padang. *Pillar Of Physics Education*, 13(1).