

Analisis Koefisien Gesek pada Mainan Perosotan dalam Fisika yang lebih serius di Taman Bermain Anak

Azkiya Zakhrofa*, Latiifa Nur'Aini, Bayu Setiaji
Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak: Taman bermain atau *playground* merupakan tempat yang didesain untuk tempat bermain bagi anak-anak. Dalam *playground* yang menyediakan banyak wahana bermain untuk anak-anak ini ternyata dapat diteliti lebih serius dalam berbagai bidang salah satunya adalah fisika. Salah satu kasusnya yaitu konsep bidang miring dan koefisien gesekan dalam perosotan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah koefisien gesekan pada bidang miring yang ada dalam wahana perosotan dipengaruhi oleh sudut kemiringan perosotan itu sendiri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis eksperimen yang melibatkan perosotan di lima TK yang ada di Yogyakarta sebagai *sample* untuk diambil sudut kemiringannya. Kemudian, data yang diperoleh akan dianalisis lebih lanjut menggunakan metode Lagrange untuk memperoleh koefisien gesek. Analisis dilakukan hingga diperoleh kesimpulan bahwa melalui metode Lagrange, koefisien gesekan akan lebih besar ketika sudut kemiringan yang digunakan semakin kecil. Perolehan ini berbanding terbalik dengan konsep hukum Newton mengenai kemiringan yang mengatakan bahwa ketika sudut kemiringan semakin besar, maka koefisien gesekan akan semakin besar pula. Perbedaan ini dapat muncul dimungkinkan karena adanya kesalahan peneliti dalam melakukan penurunan dengan metode Lagrange. Oleh karena itu, diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar memahami lebih dalam perhitungan menggunakan metode Lagrange.

Kata Kunci: Koefisien Gesek, Fisika, Bidang Miring, Metode Lagrange, Mainan Perosotan.

DOI:

<https://doi.org/10.47134/jme.v1i2.2421>

*Correspondence: Azkiya Zakhrofa

Email:

azkiyazakhrofa.2023@student.uny.ac.id

Received: 04-02-2024

Accepted: 15-03-2024

Published: 30-04-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: A playground is a place designed for children to play. In a playground that provides many rides for children, it turns out that it can be studied more seriously in various fields, one of which is physics. One of the cases is the concept of the inclined plane and the coefficient of friction in the slide. This study was conducted with the aim of knowing whether the coefficient of friction on the inclined plane in the slide is influenced by the slope angle of the slide itself. The method used in this research is an experimental type that involves slides in five kindergartens in Yogyakarta as samples to be taken. Then, the data obtained will be further analyzed using the Lagrange method to obtain the coefficient of friction. The analysis was conducted until the conclusion was obtained that through the Lagrange method, the coefficient of friction will be greater when the angle of inclination used is smaller. This result is inversely proportional to the concept of Newton's law of slope which states that when the angle of inclination is greater, the coefficient of friction will be greater as well. This difference can arise possibly due to a researcher's error in performing the derivation with the Lagrange method. Therefore, it is expected for further research to understand more deeply the calculation using the Lagrange method.

Keywords: Coefficient of Friction, Physics, Inclined Plane, Lagrange Method, Slide Toy.

Pendahuluan

Taman bermain atau *playground* merupakan area yang dibuat sebagai tempat bermain bagi anak-anak atau tempat wisata untuk anak-anak. Dalam *playground*, umumnya disediakan banyak wahana permainan yang bisa digunakan oleh anak-anak seperti tangga, ayunan, panjatan, seluncuran, dan masih banyak lagi (Firdaus et al., 2020). *Playground* yang didesain untuk hiburan anak ini rupanya dapat diteliti lebih serius dalam berbagai bidang yang salah satunya adalah fisika (Hafizah, 2020). Jika diperhatikan lebih mendalam, wahana permainan yang disediakan dalam *playground* melibatkan banyak gaya-gaya fisika yang membuat wahana-wahana tersebut dapat berfungsi dengan semestinya. Contoh wahana yang dapat dikaji lebih lanjut adalah perosotan.

Perosotan merupakan alat sederhana yang biasa dikenali sebagai bidang miring yang mempunyai berbagai bentuk yang membuat objek dapat turun dengan mudah dari atas ke bawah (Yunirti et al., 2023). Karena wujud perosotan yang berbentuk bidang miring inilah perosotan dapat membuat objek turun dengan mudah. Dari definisi yang dijelaskan mengenai perosotan, bidang miring disinggung sebagai bentuk umum dari perosotan. Bidang miring adalah salah satu konsep fisika yang sering dimanfaatkan oleh manusia untuk mempermudah aktivitasnya (Astuti, 2016). Bidang miring sendiri dapat diartikan sebagai salah satu jenis pesawat sederhana yang memiliki permukaan datar dengan sudut yang membuat salah satu ujungnya lebih tinggi dari yang lain (Arianto, 2023; Harahap et al., 2021). Konsep bidang miring inilah yang membuat perosotan menjadi wahana menyenangkan bagi anak-anak ketika mereka dapat berseluncur atau turun dengan mudah dari bidang miring bagian atas menuju ke bawah (M. Fitri et al., 2016; Setyarini & Natalisanto, 2016; Supriyono et al., 2021).

Selain konsep bidang miring, konsep gaya gesek juga dapat ditemukan dalam permainan perosotan (Amirudin et al., 2018; Fitrianto et al., 2015; Maiza et al., 2018; Sesa et al., 2018; Wardani et al., 2024). Gaya gesek dalam permainan perosotan ini dapat ditemukan saat terjadi interaksi antara bidang datar pada bidang miring dengan objek yang sedang bergerak melalui bidang miring tersebut (Fatkhurohman, 2022; S. N. Fitri et al., 2024; Melati et al., 2023; Rohma et al., 2023; Sandra, 2021). Hernawati mengatakan bahwa gaya gesek merupakan gaya yang timbul akibat interaksi dua benda yang bergesekan serta memiliki arah gaya yang berlawanan dengan arah gerak benda namun sejajar dengan permukaan bendanya (Febriyana et al., 2022; Kua et al., 2021). Gaya gesek bergantung pada seberapa kasar permukaan kedua benda yang saling bersentuhan dan juga pada seberapa kuat kedua benda menekan satu sama lain (gaya normal) (Fuadi, 2016). Tingkat kekasaran permukaan kedua benda tersebut juga akan mempengaruhi koefisien gesekan pada bidang kontak (Andriani et al., 2021). Semakin halus atau licin suatu permukaan benda, nilai koefisien gesekannya akan semakin kecil sehingga gaya gesek yang dihasilkan juga akan semakin

kecil (Hardiansyah, 2021; Prastyo et al., 2021). Koefisien gesekan sendiri merupakan seberapa kasar suatu permukaan benda yang saling bergesekan (Prastyo et al., 2021).

Berdasarkan penjelasan teori-teori di atas, maka dapat diketahui bahwa terdapat hubungan antara bidang miring dengan gaya gesek. Hubungan antara konsep bidang miring dan gaya gesek dalam permainan perosotan ini memberikan topik yang menarik untuk dikaji lebih dalam. Mulai dari apakah sudut kemiringan yang diberikan oleh bidang miring mempengaruhi gaya gesek yang ditimbulkan, apakah massa objek yang meluncur turun pada bidang miring mempengaruhi koefisien gesekan yang muncul, dan lain sebagainya

Pertanyaan-pertanyaan mengenai gabungan konsep dari bidang miring dan gaya gesek pada wahana perosotan inilah yang membuat penelitian ini menarik untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah koefisien gesekan pada bidang miring yang diaplikasikan di wahana perosotan dipengaruhi oleh sudut kemiringan perosotan itu sendiri.

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif jenis eksperimen. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang pertama, variabel kontrol berupa aplikasi yang digunakan untuk mengukur sudut kemiringan perosotan di tiap TK yaitu aplikasi *phyphox*. Fungsinya untuk mengontrol nilai sudut kemiringan yang dihasilkan pada masing-masing perosotan yang digunakan. Variabel selanjutnya yang digunakan adalah variabel terikat berupa koefisien gesekan yang dihasilkan. Variabel terakhir yang digunakan adalah variabel bebas berupa sudut kemiringan perosotan yang berbeda di lima TK yang akan dikunjungi.

Pengambilan data dilakukan dengan aplikasi *phyphox* untuk mengetahui kemiringan perosotan yang digunakan sebagai *sample*. Pengukuran ini dilakukan sebanyak lima kali sesuai dengan jumlah perosotan yang digunakan. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk disubstitusikan ke dalam persamaan koefisien gesekan yang telah diturunkan menggunakan persamaan *Lagrange*. Persamaan *Lagrange* sendiri merupakan hasil penjumlahan dari energi kinetik (kecepatan) dan energi potensial suatu benda. Bentuk matematisnya adalah:

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

dengan:

$$L = K - U$$

menggunakan keterangan:

L = Fungsi Lagrange

K = Energi kinetik ($\frac{1}{2}mv^2$)

U = Energi potensial (mgh)

q = Koordinat umum

\dot{q} = turunan pertama dari koordinat umum terhadap waktu (t)

Melalui analisis yang akan dilaksanakan ini, hasil yang diharapkan adalah diperoleh koefisien gesekan pada masing-masing perosotan dengan perbedaan sudut kemiringan di lima TK yang dikunjungi yang nantinya dapat dibandingkan masing-masing hasil koefisiennya.

Analisis Data

Penurunan menggunakan Lagrange

Diketahui:

q_1 = beban

q_2 = gesekan yang timbul

$x = q_1 \cos \theta$

$y = -q_1 \sin \theta$

$v_y = -\dot{q}_1 \sin \theta$

$v_x = \dot{q}_1 \cos \theta + \dot{q}_2$

1. Cari K

E_K beban

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

$$K = \frac{1}{2}m[(\dot{q}_1 \cos \theta + \dot{q}_2)^2 + (-\dot{q}_1 \sin \theta)^2]$$

$$K = \frac{1}{2}m[\dot{q}_1^2 \cos^2 \theta + \dot{q}_2^2 + 2\dot{q}_1 \dot{q}_2 \cos \theta + \dot{q}_1^2 \sin^2 \theta]$$

$$K = \frac{1}{2}m[\dot{q}_1^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) + \dot{q}_2^2 + 2\dot{q}_1 \dot{q}_2 \cos \theta]$$

$$K = \frac{1}{2}m[\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + 2\dot{q}_1 \dot{q}_2 \cos \theta]$$

E_K gesekan

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

$$K = \frac{1}{2}m(\dot{q}_2)^2$$

$$K = \frac{1}{2}m\dot{q}_2^2$$

Maka,

$$K = K_{beban} + K_{gesekan}$$

$$K = \frac{1}{2}m[\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + 2q_1q_2\cos\theta] + \frac{1}{2}mq_2^2$$

2. Cari U

$$E_p = U$$

$$U = mgh$$

$$U = mgq_1\sin\theta$$

3. Fungsi Lagrange

$$\mathcal{L} = K - U$$

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}m[\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + 2q_1q_2\cos\theta] + \frac{1}{2}mq_2^2 - mgq_1\sin\theta$$

4. Fungsi E-L

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q} = \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}}$$

$$\frac{\partial [\frac{1}{2}m[\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + 2q_1q_2\cos\theta] + \frac{1}{2}mq_2^2 - mgq_1\sin\theta]}{\partial q} = \frac{d}{dt} \frac{\partial [\frac{1}{2}m[\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + 2q_1q_2\cos\theta] + \frac{1}{2}mq_2^2 - mgq_1\sin\theta]}{\partial \dot{q}}$$

5. Terhadap q_1

➤ Ruas kiri

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_1} = \frac{\partial (mgq_1\sin\theta)}{\partial q_1}$$

$$= -mg\sin\theta$$

➤ Ruas kanan

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_1} = \frac{d}{dt} \frac{\partial (\frac{1}{2}m\dot{q}_1^2 + \frac{1}{2}q_1q_2\cos\theta)}{\partial \dot{q}_1}$$

$$= \frac{d}{dt} (m\dot{q}_1 + m\dot{q}_2\cos\theta)$$

$$= m\ddot{q}_1 + m\ddot{q}_2\cos\theta$$

➤ ruas kiri = ruas kanan

$$-mg\sin\theta = m\ddot{q}_1 + m\ddot{q}_2\cos\theta$$

$$\ddot{q}_1 = \frac{-mg\sin\theta - m\ddot{q}_2\cos\theta}{m}$$

$$\ddot{q}_1 = \frac{-m(g\sin\theta + \ddot{q}_2\cos\theta)}{m}$$

$$\ddot{q}_1 = -(g\sin\theta + \ddot{q}_2\cos\theta)$$

$$\ddot{q}_1 = -g\sin\theta - \ddot{q}_2\cos\theta$$

6. Terhadap q_2

➤ Ruas Kiri

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_2} = 0$$

➤ Ruas kanan

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_2} &= \frac{d}{dt} \frac{\partial (\frac{1}{2}m\dot{q}_2^2 + \frac{1}{2}\dot{q}_1\dot{q}_2\cos\theta + \frac{1}{2}m\dot{q}_2^2)}{\partial \dot{q}_2} \\ &= \frac{d}{dt} (m\dot{q}_2 + m\dot{q}_1\cos\theta + m\dot{q}_2) \\ &= m\ddot{q}_2 + m\ddot{q}_1\cos\theta + m\ddot{q}_2 \\ &= 2(m\ddot{q}_2) + m\ddot{q}_1\cos\theta\end{aligned}$$

➤ ruas kiri = ruas kanan

$$\begin{aligned}0 &= 2(m\ddot{q}_2) + m\ddot{q}_1\cos\theta \\ 0 &= 2(m\ddot{q}_2) + m(-g\sin\theta - \dot{q}_2\cos\theta)\cos\theta \\ 0 &= 2(m\ddot{q}_2) - (mg\sin\theta - m\dot{q}_2\cos\theta)\cos\theta\end{aligned}$$

$$mg\sin\theta\cos\theta + m\ddot{q}_2\cos^2\theta = 2(m\ddot{q}_2)$$

$$mg\sin\theta\cos\theta = 2(m\ddot{q}_2) - m\ddot{q}_2\cos^2\theta$$

$$mg\sin\theta\cos\theta = m\ddot{q}_2(2 - \cos^2\theta)$$

$$m\ddot{q}_2 = \frac{mg \sin \theta \cos \theta}{2 - \cos^2\theta}$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{mg \sin \theta \cos \theta}{(2 - \cos^2\theta)m}$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{g \sin \theta \cos \theta}{2 - \cos^2\theta}$$

Analisis Menggunakan Data Lapangan

$$\ddot{q}_2 = \frac{g \sin \theta \cos \theta}{2 - \cos^2\theta}$$

1. Citra Bangsa

$$\theta = 51,88^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{g \sin \theta \cos \theta}{2 - \cos^2\theta}$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{(9,8) \sin(51,88) \cos(51,88)}{2 - \cos^2(51,88)}$$

$$\ddot{q}_2 = 2,93983033 = 2,94$$

2. KB Anggrek

$$\theta = 50,90^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{g \sin \theta \cos \theta}{2 - \cos^2\theta}$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{(9,8) \sin(50,90) \cos(50,90)}{2 - \cos^2(50,90)}$$

$$\ddot{q}_2 = 2,99357535 = 2,99$$

3. Masyitah 1

$$\theta = 51,03^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{g \sin \theta \cos \theta}{2 - \cos^2 \theta}$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{(9,8) \sin(51,03) \cos(51,03)}{2 - \cos^2(51,03)}$$

$$\ddot{q}_2 = 2,98656871 = 2,99$$

4. TK ABA Ponggok 2

$$\theta = 30,53^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{g \sin \theta \cos \theta}{2 - \cos^2 \theta}$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{(9,8) \sin(30,53) \cos(30,53)}{2 - \cos^2(30,53)}$$

$$\ddot{q}_2 = 3,40853761 = 3,41$$

5. TK PKK 10B

$$\theta = 32,14^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{g \sin \theta \cos \theta}{2 - \cos^2 \theta}$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{(9,8) \sin(32,14) \cos(32,14)}{2 - \cos^2(32,14)}$$

$$\ddot{q}_2 = 3,44075601 = 3,44$$

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis data menunjukkan bahwa terdapat sedikit perbedaan nilai koefisien gesek pada setiap TK. Pada TK yang memiliki perosotan dengan rentang kemiringan 50 derajat hingga 51 derajat didapatkan nilai koefisien gesek pada rentang 2 dan TK yang memiliki perosotan dengan rentang kemiringan 30 derajat hingga 32 derajat didapatkan nilai koefisien gesek pada rentang 3.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa nilai koefisien gesekan pada perosotan TK Citra Bangsa yang memiliki sudut kemiringan 51,88 derajat diperoleh koefisien gesekan sebesar 2,94 Newton. Kemudian, koefisien gesekan yang diperoleh pada TK Masyitah 1 dan KB anggrek menunjukkan kemiripan yaitu 2,986 Newton pada TK Masyitah 1 dan 2,993 Newton pada KB Anggrek, dimana dua hasil analisis koefisien

gesekan ini jika dibulatkan akan memperoleh hasil yang sama yaitu 2,99 Newton. Hal ini dapat terjadi karena pada perosotan di TK Masyitah 1 dan KB Anggrek memiliki sudut kemiringan yang hampir sama yaitu 51,03 derajat pada TK Masyitah 1 dan 50,90 derajat pada KB Anggrek dan jika sudut kemiringan kedua TK tersebut dibulatkan, maka akan didapatkan kemiringan sudut yang sama yaitu sebesar 51 derajat.

Hal serupa terjadi pada hasil analisis koefisien gesekan di perosotan TK PKK 10B dan TK ABA Ponggok 2. Perbedaan nilai koefisien gesekan perosotan pada kedua TK tersebut hanya sebesar 0,03 Newton, hal ini disebabkan karena TK PKK 10B memiliki sudut kemiringan perosotan 32,14 derajat yang dimana nilai tersebut lebih besar 1,61 derajat dibanding dengan sudut kemiringan perosotan di TK ABA Ponggok 2 yang hanya memiliki sudut kemiringan 30,53 derajat. Pada perosotan di TK PKK 10B diperoleh koefisien gesekan sebesar 3,44 Newton. Sedangkan, pada TK ABA Ponggok 2 diperoleh koefisien gesekan perosotan 3,41 Newton.

Hasil analisis yang diperoleh melalui persamaan lagrange ini menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan, maka akan semakin kecil koefisien gesekan yang diperoleh. Berdasarkan hal tersebut, didapatkan bahwa gaya gesek juga akan semakin kecil ketika sudut kemiringan suatu benda semakin besar karena nilai gaya gesek suatu benda akan berbanding lurus dengan nilai koefisien geseknya. Namun, hal tersebut tidak ditunjukkan pada TK PKK 10B dan TK ABA Ponggok 2. Dimana perolehan koefisien gesekan perosotan TK PKK 10B lebih besar nilainya dibandingkan nilai koefisien gesekan perosotan TK ABA Ponggok 2 dengan menggunakan sudut kemiringan perosotan milik TK PKK 10B juga lebih besar dibandingkan TK ABA Ponggok 2. Hal ini bertentangan dengan hipotesis pertama yang mengatakan bahwa semakin besar sudut kemiringan, maka akan semakin kecil koefisien gesekan yang diperoleh. Hasil perolehan melalui persamaan lagrange ini berbanding terbalik dengan teori newton yang menyatakan bahwa semakin besar sudut kemiringan suatu benda, maka akan semakin besar pula koefisien gesekannya (Prastyo et al., 2021).

Adanya perbedaan hasil antara perhitungan menggunakan metode Lagrange dan teori Newton dapat disebabkan oleh beberapa hal. Salah satunya yaitu, adanya kemungkinan kesalahan penulis dalam menurunkan persamaan menggunakan metode Lagrange. Adanya perbedaan antara hasil penelitian dengan teori yang ada memunculkan harapan untuk penelitian selanjutnya agar dapat memahami lebih dalam terkait penurunan persamaan dengan menggunakan metode Lagrange sehingga diperoleh hasil yang lebih baik.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa ketika sudut kemiringan perosotan semakin kecil, maka koefisien gesekan yang diperoleh akan semakin besar. Namun, hal tersebut berbanding terbalik dengan hukum newton yang mengatakan bahwa ketika sudut kemiringan semakin kecil, maka koefisien yang diperoleh juga akan semakin kecil. Perbedaan ini dimungkinkan terjadi karena adanya kesalahan penulis dalam menurunkan persamaan menggunakan metode Lagrange. Oleh karena itu, diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar memahami lebih dalam perhitungan menggunakan metode Lagrange.

Daftar Pustaka

- Amirudin, D., Astro, R. B., Mufida, D. H., Humairo, S., & Viridi, S. (2018). Pengaruh Luas Permukaan Benda Terhadap Koefisien Gesek Statis dan Kinetis pada Bidang Miring dengan Menggunakan Video Tracker. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-JOURNAL)*, 7, SNF2018-PE.
- Andriani, F., Busri, S. S., Rande, W., Joni, Y. M., & Astro, R. B. (2021). Analisis Koefisien Gesek Kinetis Benda di Bidang Miring Menggunakan Video Tracker. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(1), 74–83.
- Arianto, M. H. S. (2023). Meningkatkan Hasil Belajar Pendidikan Jasmani Olahraga dan Kesehatan Melalui Metode Demonstrasi Berbantuan Media Bidang Miring di Kelas IV SD. *JPK, Jurnal Profesi Keguruan, LP3 UNNES*, 9(1).
- Astuti, I. A. D. (2016). Pengembangan Alat Eksperimen Penentuan Percepatan Gravitasi Bumi Berdasarkan Teori Bidang Miring Berbasis Microcomputer Based Laboratory (MBL). *Jurnal Faktor Exacta*, 9(2), 114–118.
- Fatkhurohman, F. (2022). Penggunaan Media Matras Bidang Miring untuk Meningkatkan Hasil Belajar Guling Depan pada Siswa Kelas 4 SD Negeri Plosowangi. *Elementary: Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar*, 2(4), 276–281.
- Febriyana, M. M., Fitriani, A., & Saraswati, D. L. (2022). Analisis Eksperimen Gaya Gesek Benda pada Bidang Miring Berbasis Logger Pro. *SINASIS, Prosiding Seminar Nasional Sains*, 3(1).
- Firdaus, W., Refianto, R., & Heru, A. W. (2020). Perancangan Playground untuk Sarana Bermain Anak di Taman Gasibu. *E-Proceeding of Art & Design*, 7(3).
- Fitri, M., Hufri, H., & Yohandri, Y. (2016). Pembuatan Sistem Penentuan Koefisien Gesek Statis Benda pada Bidang Miring Secara Digital Berbasis Mikrokontroler. *Sainstek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(2), 135–147.
- Fitri, S. N., Utami, T. B., & Kurniawati, W. (2024). Analisis Penerapan Gaya Gesek pada Kehidupan Manusia. *MERDEKA: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(3), 97–100.
- Fitrianto, M. B., Darmanto, D., & Syafa'at, I. (2015). Pengujian Koefisien Gesek Permukaan Plat Baja ST 37 pada Bidang Miring Terhadap Viskositas Pelumas dan Kekasaran Permukaan. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 11(1).

- Fuadi, Z. (2016). Analisis Pengaruh Perbedaan Koefisien Gesekan Statis dan Kinetis Terhadap Gerakan Stick-Slip Menggunakan Bahan Viskoelastis. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 11(1), 51–55.
- Hafizah, S. (2020). Penggunaan dan Pengembangan Video dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 225–240.
- Harahap, H. M., Siregar, N., & Nasution, N. F. (2021). Pengaruh Pemanfaatan Lingkungan Alam Sekitar Sebagai Sumber Belajar Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas VII di Desa Pargarutan Julu. *Jurnal Edugenesi*, 4(2), 39–46.
- Hardiansyah, I. W. (2021). Penerapan Gaya Gesek pada Kehidupan Manusia. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 10(1).
- Kua, M. Y., Maing, C. M., Tabun, Y. F., Jibril, A., Setiawan, J., Heriyanto, L., & others. (2021). *Teori dan Aplikasi Fisika Dasar*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Maiza, R., Kurniasih, N., & Fisika, M. P. (2018). *Analisis Gerak Benda pada Bidang Miring dengan Menggunakan Air Track*. Institut Teknologi Bandung.
- Melati, D. S., Lira, F., & Lubis, N. A. (2023). Analisis Penerapan Konsep Fisika Terintegrasi Kearifan Lokal Permainan Tradisional Aceh Tarek Siteuk. *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 6(1), 32–37.
- Prastyo, A. U., Hermawan, P., Salsabila, E., Sari, F. C., & Kurniawanti, K. (2021). Eksperimen Gaya Gesek pada Bidang Miring untuk Menguji Koefisien Gesek Statis dan Kinetis. *Journal of Industrial Engineering UPY*, 1(1).
- Rohma, S. A., Lorensia, S. L., Friselya, E. Y., Putri, E. E., Prastowo, S. H. B., & Dewi, N. M. (2023). Analisis Konsep Gaya Gesek pada Gerak Jalan Tradisional di Banyuwangi. *EDUPROXIMA (Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA)*, 5(2), 279–283.
- Sandra, E. (2021). Perbandingan Gaya Gesek Fluida/Stokes antara Pelumas Baru dan Pelumas Bekas. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 8(1), 85–91.
- Sesa, E., Ulum, M. S., Farhamsa, D., & Samsul, S. (2018). Penentu Kecepatan dan Percepatan Benda Berbasis Mikrokontroler Arduino pada Percobaan Benda Menggelinding pada Bidang Miring. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 7(2).
- Setyarini, F., & Natalisanto, A. I. (2016). Analisis Kaitan Koefisien Gesek dan Peluang Pembersihan Pipa dengan Foam Pig. *Prosiding Seminar Sains Dan Teknologi FMIPA Unmul*, 1(1), 18–23.
- Supriyono, R., Santoso, B. W. B., Safrudin, R., & Wibowo, M. (2021). Pengaruh Sudut Kemiringan Luncur Bebas pada Unit Cutting Terhadap Kelancaran Produksi dari Rancangan Mesin Pengolahan Jerami Menjadi Biofoam. *IMDeC*, 363.
- Wardani, A. H., Ilyas, M. N., Nurdiyani, K., & Ahsani, R. K. (2024). Studi Eksperimental: Pengaruh Sudut Kemiringan dan Massa Terhadap Gerak Liner Kereta Dinamika. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA)*, 3(1), 219–227.
- Yunirti, T., Agustin, T., Tebun, J., Endarwari, M. C., & Reza, M. (2023). Pengembangan Wisata Boonpring Berbasis Edutourism di Kabupaten Malang. *SEMSINA 2023, Sinergitas Era Digital 5.0 Dalam Pembangunan Teknologi Hijau Berkelanjutan*.