



ANALISIS PENGARUH VARIASI MASSA TERHADAP KOEFISIEN GESEKAN PADA MEDIA KAYU

ANALYSIS OF THE EFFECT OF MASS VARIATION ON THE COEFFICIENT OF FRICTION ON WOOD

Clara Dwipuan Munthe¹, Aliyya Layyinat Syifa¹, Bayu Setiaji¹
Universitas Negeri Yogyakarta, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jalan Colombo No. 1, Sleman-Yogyakarta

*Corresponding author: claradwipuan.2023@student.uny.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan koefisien gesekan kinetis dan statis guna mengidentifikasi area dimana kita dapat mengurangi gesekan yang tidak diinginkan, sehingga dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi dari berbagai perangkat atau mesin yang kita gunakan sehari-hari. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen atau kegiatan praktis di laboratorium atau lingkungan yang terkontrol, di mana variabel-variabel tertentu dapat diukur secara akurat. Data yang dikumpulkan akan dianalisis dalam bentuk angka atau statistik. Nilai koefisien gesek kinetis menunjukkan bahwa koefisien gesek kinetis antara kayu dan kayu adalah yang terkecil, yaitu 0,14. Nilai koefisien gesek kinetis antara logam dan kayu bervariasi antara 0,28 – 0,30. Hal ini berarti bahwa gaya gesek kinetis yang bekerja pada balok kayu dengan landasan kayu adalah yang terkecil dibandingkan dengan benda-benda lainnya. Koefisien gesek statis antara kayu dan kayu adalah yang terbesar, yaitu 0,40. Nilai koefisien gesek statis antara logam dan kayu bervariasi antara 0,23 – 0,32. Hal ini berarti bahwa gaya gesek baik kinetis maupun statis yang diperlukan untuk memulai pergerakan benda logam pada landasan kayu bervariasi tergantung pada massa logamnya.

Kata kunci: Koefisien gesekan, statis, kinetis

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the coefficients of kinetic and static friction in order to identify areas where we can reduce unwanted friction, thereby enhancing the performance and efficiency of various devices or machines we use daily. This research employs a quantitative approach with an experimental design or practical activities conducted in a laboratory or controlled environment, where specific variables can be accurately measured. The collected data will be analyzed in numerical or statistical form. The values indicate that the kinetic friction coefficient between wood and wood is the smallest, at 0.14. The kinetic friction coefficient between metal and wood ranges from 0.28 to 0.30. This means that the kinetic friction force acting on a wooden block on a wooden surface is the smallest compared to other materials. The static friction coefficient between wood and wood is the highest, at 0.40. The static friction coefficient between metal and wood ranges from 0.23 to 0.32. This indicates that the static friction force required to initiate the movement of a metal object on a wooden surface varies depending on the mass of the metal.

Keywords: Coefficient of friction, static, kinetic



1. PENDAHULUAN/ INTRODUCTION

Gesekan material menyebabkan kerusakan, keausan, dan degradasi yang signifikan dalam hampir semua sistem mekanis yang bergerak. Fenomena ini menyumbang pada pemborosan sekitar 20% dari total energi primer yang dihasilkan di dunia [7]. Bidang miring merupakan sebuah bidang datar yang memiliki suatu sudut, dimana sudutnya tidak membentuk sudut tegak lurus. Gaya gesek adalah salah satu konsep dasar dalam fisika yang berhubungan dengan interaksi antara benda dengan bidang. Koefisien gesekan μ , berhubungan langsung dengan gaya gesekan F , dan beban normal yang diterapkan L , melalui hubungan yang dikenal sebagai Hukum Amontons. $F = \mu L$. Untuk permukaan yang menempel, adhesi memberikan kontribusi pada gaya gesek yang sebanding dengan luas kontak sebenarnya [10]. Pada permukaan halus, kontribusi adhesif sangat besar karena luas kontak sebenarnya sama dengan yang terlihat. Kekasaran permukaan dan kekerasan permukaan yang bersentuhan juga mempengaruhi koefisien gesek. Permukaan kasar yang keras memiliki luas kontak sebenarnya kecil, sedangkan permukaan kasar yang lunak memiliki luas kontak sebenarnya yang lebih besar, menghasilkan gaya gesek yang tinggi [3].

Dalam proses interaksi ini, dua jenis gaya gesek yang umum dikenal adalah gaya gesek statis dan gaya gesek kinetis. Koefisien gesek statis dan kinetis adalah besaran yang digunakan untuk menghitung besar gaya gesek yang terjadi pada benda. Gaya gesek statis berlangsung ketika permukaan benda tidak saling bergeser. Gaya gesek ini bekerja pada benda yang diberikan gaya luar, seperti gaya dorong atau tarik, hingga benda tersebut tepat akan bergerak [9]. Koefisien gesek statis (μ_s) didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya gesek statis dengan gaya normal (N). Sebaliknya, gaya gesek kinetis berlangsung ketika permukaan benda saling bergeser. Gaya gesek ini bekerja pada benda yang sedang bergerak. Koefisien gesek kinetis (μ_k) juga didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya gesek kinetis dengan gaya normal (N).

Koefisien gesekan statis memberi gambaran tentang seberapa sulit atau mudah bagi sebuah benda untuk mulai bergerak dari posisi diamnya [6]. Dalam kehidupan sehari-hari, ini sangat relevan misalnya ketika kita ingin memahami bagaimana roda mobil memulai gerakannya dari diam saat kita mulai mengendarai mobil. Sementara itu, gesekan kinetik menggambarkan perlawanan yang dialami sebuah benda saat sudah bergerak di atas permukaan [8]. Ini penting ketika kita ingin mengoptimalkan desain kendaraan atau mesin untuk memastikan bahwa pergerakan berlangsung secara lancar dan efisien.

Meskipun koefisien gesekan telah banyak diteliti, variasinya yang dipengaruhi oleh kondisi permukaan, bahan, dan lingkungan sering kali masih menjadi tantangan. Variabilitas ini menyebabkan kesulitan dalam memprediksi dan mengendalikan gesekan secara tepat di berbagai aplikasi. Selain itu, pengembangan material baru dan teknologi permukaan memerlukan pemahaman yang lebih baik mengenai koefisien gesekan untuk mengurangi keausan dan meningkatkan umur pakai komponen [11][12].

Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa koefisien gesekan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk material permukaan, kekasaran permukaan, dan kondisi lingkungan [3]. Penelitian oleh Jones dan koleganya (2018) menunjukkan bahwa modifikasi permukaan dapat secara signifikan mengurangi koefisien gesekan dan keausan [5]. Sementara itu, studi oleh Brown dan White (2019) menekankan pentingnya memahami interaksi molekuler antara permukaan untuk mengembangkan material dengan koefisien gesekan rendah [1]. Meskipun banyak penelitian telah dilakukan, masih ada kebutuhan untuk studi lebih lanjut mengenai mekanisme gesekan pada skala mikro dan nano, yang dapat membuka peluang baru dalam desain material dan teknologi permukaan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan koefisien gesekan kinetik dan statis guna mengidentifikasi area dimana kita dapat mengurangi gesekan yang tidak diinginkan, sehingga meningkatkan kinerja dan efisiensi dari berbagai perangkat atau mesin yang kita gunakan sehari-hari.

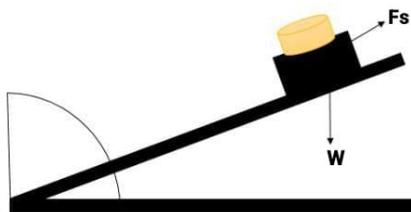
Dengan demikian, kita dapat merancang sistem atau perangkat yang dapat meminimalkan gesekan yang tidak diinginkan dan meningkatkan efisiensi gerakan. Dengan memahami dan menentukan besar koefisien gesekan statis dan gesekan kinetik, dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja berbagai sistem dan perangkat dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari kendaraan bermotor hingga mesin industri, yang pada akhirnya dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi masyarakat secara luas.

2. METODE PENELITIAN/ RESEARCH METHODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen. Data yang dikumpulkan akan dianalisis dalam bentuk angka atau statistik. Penelitian ini dirancang dan dilakukan dalam bentuk eksperimen atau kegiatan praktis di laboratorium atau lingkungan yang terkontrol, di mana variabel-variabel tertentu dapat diukur secara akurat. Dengan kata lain, penelitian ini memanfaatkan eksperimen praktis untuk mendapatkan data kuantitatif. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen untuk menguji pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Dalam percobaan ini variabel independen yang digunakan adalah massa benda dan untuk variabel dependen adalah sudut kemiringan.

Dalam eksperimen ini, menggunakan alat dan bahan yang terdiri dari papan atau bidang miring sebagai landasan, neraca pegas untuk mengukur gaya, balok atau papan tebal sebagai objek uji, dan beban tambahan untuk mempengaruhi gaya yang diberikan. Untuk mengukur sudut kemiringan, kami menggunakan busur derajat besar.

Dalam percobaan ini data yang diambil untuk gesekan kinetis dan gesekan statis masing-masing sebanyak 5 data. Data diperoleh dengan cara sebuah objek diletakkan di atas bidang miring dengan variasi massa yang berbeda dan sudut kemiringan secara perlahan ditingkatkan sampai objek mulai bergerak. Langkah awal sebelum dimulainya eksperimen adalah balok kayu dan logam ditimbang menggunakan neraca pegas. Untuk mengukur gesekan kinetik, balok kayu diletakkan di atas bidang datar dan dikaitkan dengan neraca pegas, kemudian ditarik perlahan dengan kecepatan tetap sembari mencatat gaya tarik yang ditunjukkan pada neraca pegas. Percobaan ini diulangi dengan menambah beban di atas balok kayu. Untuk mengukur gesekan statis, balok kayu diletakkan pada bidang miring dalam keadaan mendatar, kemudian ujung bidang datar diangkat perlahan hingga balok mulai bergerak, dan sudut bidang tersebut dicatat. Percobaan ini juga diulangi dengan menambah beban di atas balok kayu. Berikut adalah desain percobaan koefisien gesekan:



Gambar 1. Pengukuran Koefisien Gesek Statis

Analisis yang digunakan untuk pengolahan data eksperimen adalah dengan menggunakan persamaan koefisien gesek kinetis dan persamaan koefisien gesek statis. Koefisien gesek kinetis adalah parameter tanpa satuan yang menunjukkan seberapa besar gaya gesek yang terjadi saat dua permukaan bergerak relatif satu sama lain. Maka koefisien gesek kinetis dapat dicari dengan persamaan berikut:



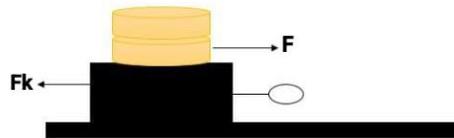
$$\mu_k = \frac{F_k}{N}$$

Dalam persamaan di atas, gaya normal N biasanya sama dengan berat benda jika bidang datar (horizontal), yaitu:

$$N = m \cdot g$$

Jadi, rumus koefisien gesek kinetis menjadi:

$$\mu_k = \frac{F_k}{m \cdot g} \tag{1}$$



Gambar 2. Pengukuran Koefisien Gesek Kinetis

Kemudian untuk persamaan koefisien gesek statis adalah sebagai berikut:

$$\mu_s = \frac{F_s}{N}$$

Dimana F_s dapat dicari dengan,

$$F_{s \max} = \mu_s \cdot N$$

Gaya normal N pada bidang datar adalah:

$$N = m \cdot g$$

Dengan demikian, rumus gaya gesek statis maksimum bisa dituliskan sebagai

$$F_{s \max} = \mu_s \cdot m \cdot g \tag{2}$$

Koefisien gesekan statis dapat dihitung menggunakan sudut kritis di mana objek mulai bergerak dengan rumus $\mu_s = \tan \theta$ dimana θ adalah sudut kemiringan. bidang pada saat balok mulai bergerak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN/ RESULT AND DISCUSSION

Dalam percobaan kali ini menentukan koefisien gesek statis (μ_s) dan koefisien gesek kinetis (μ_k) pada balok dan logam dengan landasan kayu. Pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar FMIPA UNY. Suhu, kelembaban, dan tekanan udara diabaikan dalam praktikum ini untuk menghindari faktor-faktor luar yang dapat menyebabkan variabilitas dalam gesekan antara bidang miring dan permukaan beban serta untuk menyederhanakan analisis. Dengan menganggap kondisi lingkungan konstan, dapat lebih fokus pada hubungan antara variabel independen dan variabel dependen tanpa harus memperhitungkan pengaruh dari variabel lingkungan tersebut. Hal ini membantu menjaga keakuratan dan



konsistensi hasil percobaan serta mempermudah interpretasi data. Dari hasil percobaan gesekan kinetis diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Percobaan Gesekan Kinetik

| No | Benda | m (kg) | μ_k | $F_k(N)$ |
|----|---------|-----------------|---------|----------|
| 1. | Kayu | 0.22 ± 0.05 | 0,14 | 0,3 |
| 2. | Logam 1 | 0.58 ± 0.05 | 0,28 | 1 |
| 3. | Logam 2 | 0.73 ± 0.05 | 0,30 | 1,5 |
| 4. | Logam 3 | 0.99 ± 0.05 | 0,29 | 2,2 |
| 5. | Logam 4 | 1.35 ± 0.05 | 0,25 | 2,8 |

Pada percobaan pertama yaitu menentukan nilai koefisien gesek kinetis pada balok dengan landasan kayu, dimana perlakuan pertama dengan menambah beban kayu kemudian selanjutnya dengan penambahan logam. Gaya kinetik dipengaruhi oleh massa dan juga sifat permukaan benda (halus ataupun kasar). Besar gaya kinetik ini konstan dan selalu lebih tinggi dari besar gaya gesek statis maksimum, karena ketika kita menarik benda diatas permukaan kasar pada landasan kayu maka kita harus memberikan gaya tarik, kemudian pada saat massa ditambahkan maka gaya tarik yang diberikan akan lebih besar untuk membuat benda tersebut bergerak.

Koefisien gesek kinetik adalah besaran yang menyatakan besarnya gaya gesek kinetik yang bekerja pada benda yang bergerak relatif terhadap permukaan datar [2]. Koefisien gesek kinetik tidak memiliki satuan. Nilai koefisien gesek kinetik pada Tabel 3.1 menunjukkan bahwa koefisien gesek kinetik antara kayu dan kayu adalah yang terkecil, yaitu 0,14. Hal ini berarti bahwa gaya gesek kinetik yang bekerja pada balok kayu dengan landasan kayu adalah yang terkecil dibandingkan dengan benda-benda lainnya. Nilai koefisien gesek kinetik antara logam dan kayu bervariasi antara 0,28 – 0,30. Hal ini berarti bahwa gaya gesek kinetik yang bekerja pada benda logam dengan landasan kayu bervariasi tergantung pada jenis logamnya. Tabel data percobaan gesekan menunjukkan bahwa koefisien gesek kinetik antara benda dan landasan bervariasi tergantung pada jenis benda dan landasannya. Koefisien gesek kinetik antara kayu dan kayu adalah yang terkecil, sedangkan koefisien gesek kinetik antara logam dan kayu bervariasi tergantung pada jenis logamnya. Berikut data hasil percobaan gesekan statis:

Tabel 2. Hasil Percobaan Gesekan Statis

| No | Benda | Massa (kg) | Sudut (°) | μ_s | $F_s(N)$ |
|----|---------|-----------------|-----------|---------|----------|
| 1. | Kayu | 0.22 ± 0.05 | 22 | 0,40 | 0,86 |
| 2. | Logam 1 | 0.58 ± 0.05 | 15 | 0,27 | 0,95 |
| 3. | Logam 2 | 0.73 ± 0.05 | 14 | 0,25 | 1,25 |
| 4. | Logam 3 | 0.99 ± 0.05 | 13 | 0,23 | 1,74 |
| 5. | Logam 4 | 1.35 ± 0.05 | 18 | 0,32 | 3,54 |



Koefisien gesek statis adalah besaran yang menyatakan besarnya gaya gesek yang diperlukan untuk memulai pergerakan benda pada bidang datar atau bidang miring [4]. Koefisien gesek statis tidak memiliki satuan. Nilai koefisien gesek statis pada tabel di atas menunjukkan bahwa koefisien gesek statis antara kayu dan kayu adalah yang terbesar, yaitu 0.40. Hal ini berarti bahwa gaya gesek yang diperlukan untuk memulai pergerakan balok kayu pada landasan kayu adalah yang terbesar dibandingkan dengan benda-benda lainnya. Nilai koefisien gesek statis antara logam dan kayu bervariasi antara 0,23 – 0,32. Hal ini berarti bahwa gaya gesek yang diperlukan untuk memulai pergerakan benda logam pada landasan kayu bervariasi tergantung pada jenis logamnya.

Pada percobaan gaya gesek statis, sudut kemiringan kayu yang terbentuk berbeda-beda yang disebabkan oleh penambahan massa logam, kenaikan sudut kemiringan dari 0° membuat benda akan meluncur dari titik awal ke titik akhir. Sedangkan pada percobaan gaya gesek kinetis, jika massa ditambahkan, maka benda akan bergerak semakin lambat dari titik awal ke titik akhir yang membutuhkan gaya lebih besar, sehingga waktu untuk sampai ke titik akhir semakin lama.

Berdasarkan percobaan tersebut dapat diketahui bahwa koefisien gesek yang dilakukan antara balok dengan kayu memiliki gaya statis maksimum. Karena semakin kasar permukaan benda atau permukaan landasan meluncur, semakin besar pula gaya gesek statis maksimumnya dan semakin besar pula gaya gesek kinetisnya. Koefisien gesek statis dan sudut kemiringan memiliki hubungan dimana koefisien gesek statis berbanding lurus dengan massanya. Hal ini menunjukkan semakin besar massa beban, semakin besar pula gaya gesek statis yang diperlukan untuk benda bergerak. Dari hasil yang didapatkan, dapat diketahui bahwa koefisien gesek statis antara kayu dan kayu adalah yang terbesar, sedangkan koefisien gesek statis antara logam dan kayu bervariasi tergantung pada jenis logamnya. Koefisien gesek statis berbanding lurus dengan massanya.

4. SIMPULAN/ CONCLUSION

Dapat disimpulkan bahwa Koefisien gesekan kinetis dan statis dapat membantu memahami dan menentukan besar gesekan pada berbagai material. Dengan memahami nilai Koefisien gesekan, kita dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem dan perangkat, seperti kendaraan bermotor dan mesin industri lainnya dimana manfaatnya dapat dirasakan dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari.

Dari analisis data percobaan dapat kita ketahui bahwa koefisien gesekan kinetis terkecil adalah antara kayu dan kayu yaitu 0,14. Kemudian koefisien gesekan statis terbesar adalah antara kayu dan kayu yaitu 0,40. Sedangkan Koefisien gesekan kinetik dan statis antara logam dan kayu bervariasi tergantung massa logamnya. Dalam memahami koefisien gesekan dapat membantu dalam bidang apapun untuk mengurangi gaya gesekan yang cukup merugikan.

Dengan menghitung gesekan kinetis dan gesekan statis dapat diketahui cara mengurangi kerugian akibat dari gesekan. Salah satu caranya adalah jika benda memang berat kita dapat memberikan lapisan kayu yang sudah di modifikasi pada alat pengangkut, contoh lainnya adalah karet yang diberi tekstur. Kayu yang memiliki tekstur juga dapat mengurangi gaya gesekan.

Penelitian ini juga memberikan informasi penting untuk merancang sistem dan perangkat yang lebih efisien dan hemat energi serta meningkatkan daya tahan komponen mekanis. Pemahaman tentang koefisien gesekan dapat membantu dalam berbagai bidang, seperti manufaktur, konstruksi, dan transportasi. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil Koefisien gesekan statis dan kinetis.



5. DAFTAR PUSTAKA/ REFERENCES

1. Brown, H., & White, R. (2019). *Molecular interactions at the interface and their impact on friction*. Tribology International, 133, 284-290.
2. Gao, H., et al. (2022). *Investigation on the Friction Coefficient and Wear Mechanism of Hybrid Bearings under Different Lubrication Conditions*. Tribology International, 171, 107551.
3. Johnson, C., & Williams, D. (2016). *Environmental influences on the friction coefficient of various materials*. Wear, 364-365, 85-90.
4. Jonathan, G.; Cyrielle, G.; Véronique, C.; Do, M.T. *Modelling of aircraft braking coefficient from IMAG friction measurements*. In Proceedings of the Airports in Urban Networks, Paris, France, 15–16 April 2014.
5. Jones, M., Smith, L., & Brown, K. (2018). *Surface modification techniques for reducing friction in mechanical systems*. Surface Coatings Technology, 344, 142-148.
6. Kim, K. S., et al. (2018). *The Effect of Graphene Oxide on the Friction and Wear Behavior of Lubricants*. Wear, 396-397, 124-135.
7. Liu, H.; Yang, B.; Wang, C.; Han, Y.; Liu, D. (2023). *The mechanisms and applications of friction energy dissipation*. Friction, 11, 839–864.
8. Li, S., et al. (2016). *Friction and Wear Characteristics of a Lubricated Sliding Contact under Different Surface Textures*. Tribology International, 94, 79-87.
9. Liu, Y.H.; Li, T.; Yang, Y.Y.; Ji, X.W.; Wu, J. (2017). *Estimation of tire-road friction coefficient based on combined APF-IEKF and iteration algorithm*. Mech. Syst. Signal Process, 88, 25–35.
10. Smith, J. A., & Jones, F. R. (2002). *Adhesion and Friction on Polyethylene Surfaces*. Journal of Adhesion Science and Technology, 16(12), 1553-1566.
11. Véronique, C.; Gerthoffert, J.; Bouteldja, M.; Do, M.T. (2015). *A modelling-based approach to relate ground friction measurements to aircraft braking performance*. J. Aircr, 53, 1–11.
12. Zhang, X., et al. (2015). *Influence of Surface Roughness on the Friction Coefficient during Metal Forming Processes*. Journal of Manufacturing Processes, 20, 73-80.