ANALISIS PERBANDINGAN KOEFISIEN GESEKAN KINETIK PADA PERMUKAAN KAYU DENGAN VARIASI BIDANG

Challilullah[1], Lidya Permatasari[2], Jeliana Veronika Sirait[3]

[1,2,3]*Universitas Jambi*
E-mail : jelianasirait@unja.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus untuk menentukan koefisien gesekan kinetik (μ_k) pada permukaan kayu menggunakan dua konfigurasi eksperimen, yaitu bidang datar dan bidang miring. Pada bidang datar, pengukuran dilakukan dengan memvariasikan massa penarik (m_2) untuk melihat pengaruhnya terhadap nilai μ_k pada tiga massa balok uji (m_1). Sementara itu, pada bidang miring, nilai μ_k ditentukan berdasarkan variasi sudut kemiringan, yaitu 25°, 30°, dan 35°, dengan tiga massa balok yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai μ_k pada bidang datar meningkat secara signifikan seiring bertambahnya massa penarik, dengan pola hubungan yang sangat kuat dan hampir linier. Sebaliknya, nilai μ_k pada bidang miring cenderung lebih rendah dan lebih stabil karena sistem gaya yang bekerja lebih ideal dan dipengaruhi langsung oleh komponen gravitasi. Perbandingan kedua metode menunjukkan bahwa bidang datar menghasilkan nilai μ_k yang lebih besar akibat meningkatnya gaya normal dan interaksi permukaan, sedangkan bidang miring lebih representatif untuk menggambarkan gesekan murni pada permukaan kayu. Dengan demikian, penelitian ini berhasil menggambarkan pengaruh massa penarik dan sudut kemiringan terhadap nilai μ_k serta memberikan acuan empiris yang lebih reliabel untuk studi gesekan pada material kayu.

Kata Kunci : *Koefisien, Gesekan, Kinetis, Sudut Bidang, dan Statis*.

PENDAHULUAN

Gesekan merupakan salah satu fenomena fisika paling mendasar yang terjadi ketika dua permukaan saling bersentuhan dan mengalami gerakan relatif. Fenomena ini berperan penting dalam berbagai aktivitas sehari-hari maupun aplikasi teknis seperti transportasi, mekanika, dan rekayasa material. Pemahaman mengenai karakteristik gaya gesek menjadi bagian penting dalam pembelajaran fisika karena gesekan memengaruhi bagaimana bsuatu bende bergerak atau berhenti terutama ketika mempelajari dinamika benda dan interaksi gaya pada permukaan. Namun, nilai koefisien gesekan yang sering muncul dalam buku teks atau tabel acuan biasanya tidak disertai informasi mengenai kondisi eksperimen yang melatarinya, sehingga sulit dijadikan nilai baku untuk semua situasi. Hal ini menuntut adanya pengukuran langsung melalui eksperimen agar diperoleh data gesekan yang lebih akurat dan relevan dengan kondisi nyata.

Koefisien gesekan kinetik (μ_k) menggambarkan perbandingan antara gaya gesek kinetik dan gaya normal ketika benda bergerak relatif terhadap permukaan. Nilai μ_k sangat dipengaruhi oleh sifat permukaan, tekanan kontak, kondisi lintasan, serta metode pengukuran yang digunakan. Penentuan nilai μ_k pada bidang miring telah banyak diterapkan karena prosedurnya sederhana dan mampu memberikan hasil yang cukup representatif dalam konteks eksperimen pendidikan. Menurut Andriani *et.al* (2020), pengukuran μ_k menggunakan metode bidang miring dan video tracker dapat menghasilkan nilai gesekan kayu terhadap kayu dalam rentang sekitar 0,3341 hingga 0,3561, bergantung pada massa balok dan kondisi permukaan. Perolehan nilai μ_k melalui percobaan akan dipengaruhi oleh banyak faktor dan untuk mendapatkan hasil yang akurat dibutuhkan skema percobaan yang ketat dan tidak terdapat banyak kesalahan baik dari lingkungan, alat, maupun peneliti.

Pengukuran μ_k pada metode bidang datar umumnya melibatkan variasi massa penarik (m_2) yang memberikan gaya dorong pada benda uji (m_1). Hasil penelitian Winingsih (2016) menunjukkan bahwa koefisien gesekan kinetik kayu terhadap kayu berada pada rentang tertentu dan dapat berubah ketika massa yang bekerja pada sistem diubah. Variasi massa ini memengaruhi besar gaya normal dan interaksi permukaan, sehingga nilai μ_k yang terukur juga dapat berbeda. Temuan tersebut menegaskan bahwa gesekan bukanlah nilai tetap, melainkan dipengaruhi oleh gaya yang bekerja dan kondisi permukaan saat benda bergerak.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan koefisien gesekan kinetik pada permukaan kayu melalui dua pendekatan, yaitu bidang datar dengan variasi massa penarik (m_2) dan bidang miring dengan variasi sudut kemiringan. Penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran empiris yang lebih jelas mengenai pengaruh massa dan sudut terhadap nilai μ_k dengan membandingkan kedua metode ini, sehingga hasilnya dapat dijadikan acuan ilmiah yang lebih reliabel dibandingkan penggunaan nilai acuan umum yang tidak dijelaskan kondisi eksperimennya.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai koefisien gesekan kinetik (μ_k) pada permukaan kayu melalui dua metode eksperimen, yaitu bidang datar dan bidang miring. Pada bidang datar, penelitian difokuskan untuk mengetahui perubahan nilai μ_k akibat variasi massa penarik (m_2) terhadap massa benda uji (m_1). Penelitian pada bidang miring diarahkan untuk memperoleh nilai μ_k berdasarkan variasi sudut kemiringan yang digunakan. Penelitian juga bertujuan membandingkan nilai koefisien gesekan yang diperoleh dari kedua metode tersebut. Analisis dilakukan untuk melihat bagaimana perubahan massa penarik pada bidang datar serta

variasi sudut kemiringan pada bidang miring memengaruhi nilai koefisien gesekan kinetik pada material kayu.

METODE

Metode yang digunakan berupa eksperimen dengan dua konfigurasi pengukuran, yaitu bidang datar dan bidang miring. Menurut Aziz & Rokhmat (2015), metode eksperimen adalah salah satu cara mengajar yang memfasilitasi siswa melakukan percobaan tentang sesuatu hal, mengamati prosesnya, serta menuliskan hasil percobaannya. Menurut Nurqomariah *et.al* (2015), peneliti memberikan perlakuan kepada subjek untuk menentukan apakah perlakuan tersebut memiliki dampak atau pengaruh pada variabel atau faktor hasil tertentu serta peneliti tidak memiliki keleluasaan untuk mengontrol variabel–variabel luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen. Variasi metode digunakan untuk menentukan koefisien gesekan kinetik (μ_k) pada permukaan kayu dengan variabel yang berbeda. Berikut penjelasan rinci mengenai alat, bahan, prosedur, serta teknik analisis data yang digunakan.

Penelitian menggunakan beberapa alat dan bahan utama, yaitu balok kayu sebagai benda uji (m_1) dan massa tambahan sebagai beban penarik (m_2). Percobaan dilakukan pada dua jenis permukaan, yaitu bidang kayu datar dengan kontur seragam serta bidang kayu miring yang dapat diatur sudut kemiringannya. Stopwatch digunakan sebagai alat pencatat waktu, neraca digital untuk mengukur massa benda secara akurat, serta penggaris atau meteran untuk memastikan jarak lintasan. Benang digunakan sebagai penghubung antara balok dan beban dalam prosedur pengujian gesekan.

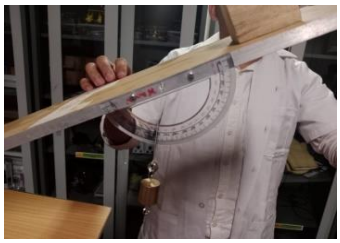
Penelitian melibatkan tiga jenis variabel, yaitu variabel beban, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel beban terdiri dari variasi massa penarik (m_2) pada pengujian bidang datar serta variasi sudut kemiringan (θ) pada pengujian bidang miring. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai koefisien gesekan kinetik (μ_k) yang diperoleh berdasarkan hasil percobaan. Variabel kontrol mencakup jenis permukaan kayu yang digunakan, massa balok uji (m_1), serta jalur lintasan yang harus tetap konsisten agar hasil pengukuran lebih akurat dan dapat dibandingkan dengan baik.

Prosedur percobaan gesekan pada permukaan datar diawali dengan menyiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan, kemudian balok kayu sebagai benda uji dihubungkan dengan beban menggunakan tali. Selanjutnya, percobaan dilakukan dengan mengukur waktu pergerakan balok kayu yang bergerak akibat gaya berat dari massa beban menggunakan stopwatch. Pengukuran waktu dilakukan secara bertahap untuk tiga variasi massa balok, yaitu 75 gram, 90 gram, dan 100 gram, masing-masing diuji dengan massa penarik 50 gram, 100 gram, dan 150 gram. Setiap percobaan dilakukan dengan mencatat waktu tempuh balok pada permukaan kayu yang sama agar diperoleh data yang konsisten. Setelah seluruh pengukuran selesai, data yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel hasil untuk dianalisis dan digunakan dalam perumusan kesimpulan penelitian.




Gambar 1. Percobaan Koefisien Gesek Pada Permukaan Datar

Prosedur percobaan pada bidang miring dimulai dengan menyiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan, kemudian balok kayu diikat menggunakan tali sebelum dilakukan pengukuran waktu pergerakannya dengan stopwatch. Percobaan dilakukan dengan mengamati waktu tempuh balok kayu ketika meluncur pada bidang miring untuk tiga variasi massa, yaitu 75 gram, 90 gram, dan 100 gram. Masing-masing massa balok diuji pada sudut kemiringan berbeda, yaitu 25° untuk massa 75 gram, 30° untuk massa 90 gram, dan 35° untuk massa 100 gram. Setiap pengukuran dilakukan dengan konsisten pada permukaan kayu yang sama untuk memastikan kesesuaian data. Setelah semua pengukuran selesai, seluruh data dicatat ke dalam tabel hasil dan digunakan untuk menyusun kesimpulan penelitian.

Gambar 2. Percobaan Koefisien Gesek Pada Bidang Miring

Besaran koefisien statis pada bidang datar didapat dengan menggunakan rumus:

$$\mu_{sn} = \frac{m_2}{m_1}$$

Besaran koefisien kinetis pada bidang datar didapat dengan menggunakan rumus:

$$\mu_{kn} = \frac{m_2.g - (m_1 + m_2)a}{m_1.g}$$

Besaran koefisien statis pada bidang miring didapat dengan digunakan rumus:

$$\mu_{sn} = \tan\theta = \frac{h}{x}$$

Besaran koefisien kinetis pada bidang miring didapat dengan menggunakan:

$$\mu_{kn} = \tan\theta - \frac{2x}{t^2.g.\cos\theta}$$

Analisis perbandingan dilakukan dengan melihat perbedaan nilai koefisien gesekan kinetik (μ_k) yang diperoleh dari dua metode eksperimen, yaitu bidang datar dan bidang miring. Perubahan μ_k pada bidang datar diamati berdasarkan variasi massa penarik (m_2) untuk mengetahui bagaimana peningkatan gaya yang bekerja memengaruhi besar kecilnya gesekan kinetik. Perubahan μ_k pada bidang miring dianalisis melalui variasi sudut kemiringan (θ) yang menentukan besar komponen gaya gravitasi sepanjang bidang. Melalui kedua pendekatan ini, dapat diamati bahwa massa penarik yang lebih besar pada bidang datar cenderung meningkatkan nilai μ_k. Sedangkan perubahan sudut pada bidang miring menunjukkan pengaruh yang berbeda tergantung massa balok

dan kondisi lintasan. Perbandingan antara kedua metode memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai karakteristik gesekan kinetik pada permukaan kayu.

Validasi hasil dilakukan dengan melaksanakan setiap percobaan sebanyak tiga kali ulangan untuk memastikan konsistensi pengukuran. Nilai koefisien gesekan kinetik (μ_k) yang digunakan dalam analisis merupakan nilai rata-rata dari ketiga ulangan pada setiap variasi massa penarik maupun sudut kemiringan. Persentase kesalahan dihitung berdasarkan deviasi hasil ulangan terhadap nilai rata-ratanya untuk menilai ketelitian dan kestabilan data. Hasil yang diperoleh dengan prosedur ini menjadi lebih akurat, reliabel, dan layak digunakan dalam perbandingan antar kondisi pengujian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Koefisien gesek pada bidang datar

Percobaan awal koefisien gesekan pada bidang datar dilakukan dengan menghubungkan massa balok kayu 75 gram dengan beban 50 g, 100 g,dan 150 g. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



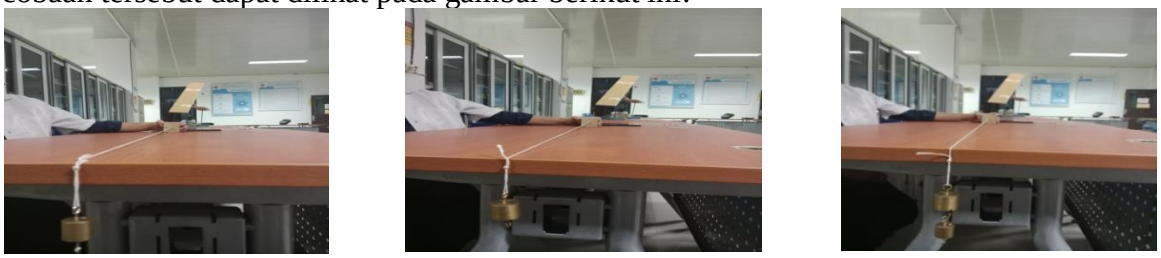
Gambar 3. Percobaan menggunakan massa 75 g dengan variasi beban (50 g, 100g, dan 150 g)

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Hasil Percobaan Gesekan Balok Kayu 75 G Pada Permukaan Kayu

m_1	m_2	x	t	μ	Keterangan
75 g	50 g	70 cm	1,22 s	0,67	Kinetis
75 g	100 g	70 cm	0,63 s	1,33	Kinetis
75 g	150 g	70 cm	0,53 s	2	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang datar selanjutnya dilakukan dengan menghubungkan massa balok kayu 90 gram dengan beban 50 g, 100 g,dan 150 g. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Percobaan menggunakan massa 90 g dengan variasi beban (50 g, 100g, dan 150 g)

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Percobaan Gesekan Balok Kayu 90 G Pada Permukaan Kayu

m_1	m_2	x	t	μ	Keterangan
90 g	50 g	70 cm	4,29 s	0,55	Kinetis
90 g	100 g	70 cm	0,69 s	1,1	Kinetis
90 g	150 g	70 cm	0,50 s	1,67	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang datar selanjutnya dilakukan dengan menghubungkan massa balok kayu 100 gram dengan beban 50 g, 100 g,dan 150 g. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Percobaan menggunakan massa 100 g dengan variasi beban (50 g, 100g, dan 150 g)

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Hasil Percobaan Gesekan Balok Kayu 100 G Pada Permukaan Kayu

m_1	m_2	x	t	μ	Keterangan
100 g	50 g	70 cm	4,36 s	0,5	Kinetis
100 g	100 g	70 cm	0,75 s	1	Kinetis
100 g	150 g	70 cm	0,66 s	1,5	Kinetis

2. Gesekan pada bidang miring

Percobaan awal koefisien gesekan pada bidang miring dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 75 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut 25° . Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Percobaan Gesekan Dengan Massa 75 G Dengan Sudut 25

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 75 G Dan Sudut 25

h	t	x	θ°	m	μ	Keterangan
25 cm	0 s	70 cm	25	75 g	0,36	Statis
25 cm	0 s	70 cm	25	75 g	0,36	Statis

25 cm	0 s	70 cm	25	75 g	0,36	Statis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang miring selanjutnya dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 75 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut $30°$. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 7. Percobaan Gesekan Dengan Massa 75 G Dengan Sudut 30

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 75 G Dan Sudut 30

h	t	x	$\theta°$	m	μ	Keterangan
30 cm	1 s	70 cm	30	75 g	0,42	Kinetis
30 cm	1 s	70 cm	30	75 g	0,42	Kinetis
30 cm	1 s	70 cm	30	75 g	0,42	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang miring selanjutnya dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 75 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut $35°$. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



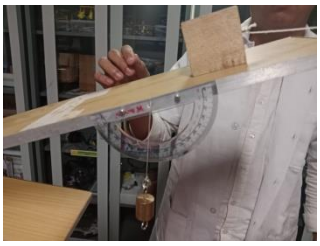
Gambar 8. Percobaan Gesekan Dengan Massa 75 G Dengan Sudut 35

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 6. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 75 G Dan Sudut 35

h	t	x	$\theta°$	m	μ	Keterangan
35 cm	0,95 s	70 cm	35	75 g	0,51	Kinetis
35 cm	0,95 s	70 cm	35	75 g	0,51	Kinetis
35 cm	0,95 s	70 cm	35	75 g	0,51	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang miring selanjutnya dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 90 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut $25°$. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 9. Percobaan Gesekan Dengan Massa 90 G Dengan Sudut 25

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 90 G Dan Sudut 25

h	t	x	$\theta°$	m	μ	Keterangan
25 cm	1 s	70 cm	25	90 g	0,47	Kinetis
25 cm	1 s	70 cm	25	90 g	0,47	Kinetis
25 cm	1 s	70 cm	25	90 g	0,47	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang miring selanjutnya dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 90 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut $30°$. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 10. Percobaan Gesekan Dengan Massa 90 G Dengan Sudut 30

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 8. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 90 G Dan Sudut 30

h	t	x	$\theta°$	m	μ	Keterangan
30 cm	0,98 s	70 cm	30	90 g	0,41	Kinetis
30 cm	0,98 s	70 cm	30	90 g	0,41	Kinetis
30 cm	0,98 s	70 cm	30	90 g	0,41	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang miring selanjutnya dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 90 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut $35°$. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 11. Percobaan Gesekan Dengan Massa 90 G Dengan Sudut 35

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 9. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 90 G Dan Sudut 35

h	t	x	$\theta°$	m	μ	Keterangan
35 cm	0,85 s	70 cm	35	100 g	0,46	Kinetis
35 cm	0,85 s	70 cm	35	100 g	0,46	Kinetis
35 cm	0,85 s	70 cm	35	100 g	0,46	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang miring selanjutnya dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 100 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut $25°$. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 12. Percobaan Gesekan Dengan Massa 100 G Dengan Sudut 25

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 10. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 100 G Dan Sudut 25

h	t	x	$\theta°$	m	μ	Keterangan
25 cm	1,98 s	70 cm	25	100 g	0,43	Kinetis
25 cm	1,98 s	70 cm	25	100 g	0,43	Kinetis
25 cm	1,98 s	70 cm	25	100 g	0,43	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang miring selanjutnya dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 100 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut $30°$. Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 13. Percobaan Gesekan Dengan Massa 100 G Dengan Sudut 30

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 11. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 100 G Dan Sudut 30

h	t	x	$\theta°$	m	μ	Keterangan
30 cm	1,20 s	70 cm	30	100 g	0,47	Kinetis
30 cm	1,20 s	70 cm	30	100 g	0,47	Kinetis

30 cm	1,20 s	70 cm	30	100 g	0,47	Kinetis

Percobaan koefisien gesekan pada bidang miring selanjutnya dilakukan dengan meluncurkan balok kayu bermassa 100 gram pada lintasan bidang dengan kemiringan sudut 35° . Besaran koefisien gesek yang didapat bergantung pada setiap komponen analsisi data yang diukur. Percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 14. Percobaan Gesekan Dengan Massa 100 G Dengan Sudut 35

Besaran koefisien gesekan yang didapat bergantung kepada data tiap komponen analisi data, dan hasil perhitungan telah dipaparkan secara jelas pada tabel berikut ini.

Tabel 12. Hasil Percobaan Pada Bidang Miring Dengan Massa 100 G Dan Sudut 35

h	t	x	θ°	m	μ	Keterangan
35 cm	0,65 s	70 cm	35	100 g	0,30	Kinetis
35 cm	0,65 s	70 cm	35	100 g	0,30	Kinetis
35 cm	0,65 s	70 cm	35	100 g	0,30	Kinetis

Pembahasan

Gaya gesekan adalah gaya yang timbul ketika dua permukaan bersentuhan, seperti gesekan antara sepatu dan lantai saat berjalan. Menurut Busyairi *et al.* (2021), gaya gesek statis bekerja pada benda diam dan dapat dihitung melalui persamaan tertentu. Sedangkan gaya gesek kinetis bekerja pada benda yang bergerak dengan perhitungan yang sedikit berbeda dengan gesekan statis. Yuningsih & Dewi (2022) menyatakan bahwa gaya gesek dapat bergantung pada kecepatan atau bahkan kecepatan kuadrat, bergantung pada kondisi sistem. Koefisien gesekan yang akurat didapat dengan menyusun percobaan dengan ketidakpastian pengukuran yang kecil. Hal ini sejalan dengan Ufriandi (2021) yang mengemukakan bahwa besarnya gaya gesek dipengaruhi oleh sifat lingkungan dan karakteristik permukaan tempat gesekan terjadi. Perbedan yang dihasilkan biasanya akan kecil dan berbanding lurus dengan ketidakpastian pengukuran.

Gaya gesek menjadi materi penting dalam pembelajaran fisika karena sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, namun kerap sulit dipahami karena tidak selalu terlihat secara langsung dan kurangnya media pembelajaran yang mendukung. Pemahaman tentang gaya gesek diharapkan meningkat karena peserta dapat mengamati langsung bagaimana gesekan bekerja pada benda yang bergerak, sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih konkret dan mudah diterapkan dalam situasi nyata.

Menurut Gusdiantini *et al.* (2017), gaya gesek sangat penting dipelajari karena hampir semua aktivitas sehari-hari seperti mencuci, menyapu, memasak, hingga berjalan melibatkan gaya gesekan. Konsep gaya gesek harus dipahami sepenuhnya untuk menghindari adanya miskonsepsi. Putri *et al.* (2021), menunjukkan bahwa gaya gesek dapat diamati pada berbagai aktivitas tradisional, salah satunya Gerak Jalan Tradisional Banyuwangi. Digunakan tali dalam percobaan ini sebagai penghubung m_1 dan m_2 pada percobaan bidang datar serta sebagai pegangan pada

bidang miring, balok kayu dengan massa 75 g, 90 g, dan 100 g sebagai benda uji, massa tambahan 50 g, 100 g, dan 150 g sebagai beban, serta stopwatch untuk mengukur waktu perpindahan benda.

Tiandho (2018) menjelaskan bahwa banyak teori fisika ideal disajikan tanpa mempertimbangkan gaya gesek, padahal fenomena nyata seperti gerak jatuh beban, pergerakan piston, dan osilasi pendulum sederhana selalu dipengaruhi gesekan. Pemahaman tentang gaya gesek melalui eksperimen sangat penting agar peserta didik menyadari bahwa hukum-hukum fisika tidak hanya berlaku pada kondisi ideal, tetapi juga menggambarkan situasi nyata yang sering ditemui sehari-hari.

Permukaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah meja dan bidang miring yang keduanya terbuat dari kayu, dengan sudut kemiringan masing-masing 25°, 30°, dan 35°. Menurut Ufriandi (2021), gaya gesek merupakan gaya yang arahnya berlawanan dengan gerak atau kecenderungan gerak suatu benda, dan muncul ketika dua permukaan saling bersentuhan, baik itu benda padat, cair, maupun gas. Karakteristik permukaan dalam percobaan gaya gesek sangat menentukan besar kecilnya hambatan yang dialami benda selama bergerak.

Menurut Sulistiawati & Prastowo (2021), permukaan yang kasar akan menghasilkan gaya gesek yang lebih besar sehingga memerlukan gaya tarik atau gaya dorong yang lebih besar pula untuk menggerakkan benda. Permukaan yang lebih halus menghasilkan gaya gesek kecil sehingga gaya tarik atau dorong yang dibutuhkan juga lebih kecil. Adanya hubungan langsung antara kondisi permukaan dan besar gaya gesek yang bekerja. Percobaan ini dilakukan untuk menentukan koefisien gesek statis dan kinetis pada bidang datar maupun bidang miring, sekaligus menghitung nilai percepatan gerak yang terjadi pada kedua jenis bidang tersebut.

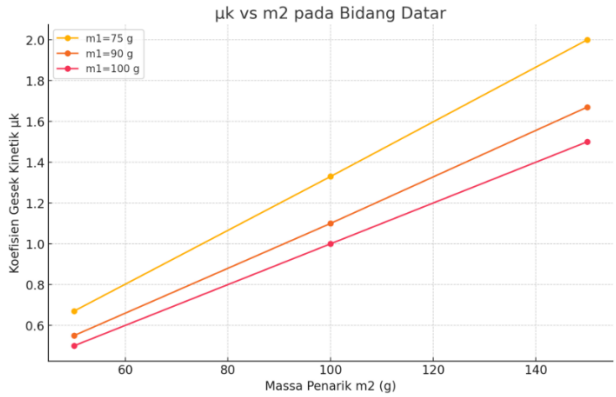
Besarnya gaya gesek sangat dipengaruhi oleh nilai koefisien gesekan karena keduanya memiliki hubungan yang berbanding lurus. Menurut Hardiansyah (2021), gaya gesek dapat terjadi pada benda dengan permukaan halus maupun kasar. Semakin halus permukaan suatu benda, semakin kecil gaya gesek yang muncul,. Sedangkan permukaan yang kasar menghasilkan gaya gesek yang lebih besar. Bahkan pada permukaan yang licin sekalipun, gaya gesek tetap dapat terjadi meskipun nilainya sangat kecil. Selain itu, Prastyo *et al.* (2021), menjelaskan bahwa benda diam dipengaruhi oleh gaya gesek statis yang arahnya berlawanan dengan kecenderungan gerak benda. Kecepatan benda dapat berkurang karena adanya gaya gesek. Abdullah (2016), menambahkan bahwa arah gaya gesekan selalu menyinggung dua permukaan yang bersentuhan dan tegak lurus terhadap garis normal permukaan. Besar gaya gesek bergantung pada besarnya gaya normal dengan dikali koefien gesekannya.

Salah satu hal yang dilakukan adalah menganalisis koefisien gesekan kinetik (μ_k) pada permukaan kayu melalui dua pendekatan, yaitu bidang datar dengan variasi massa beban dan bidang miring dengan variasi sudut kemiringan. Untuk mengetahui bagaimana besar nilai koefisien gesekan membuat percobaan ini dilakukan. Perubahan massa penarik maupun perubahan sudut kemiringan memengaruhi nilai μ_k pada material kayu. Pada bidang datar, peningkatan massa beban memberikan pengaruh langsung terhadap percepatan gerak balok, sehingga μ_k turut meningkat mengikuti kenaikan gaya yang bekerja pada sistem.

Pada balok bermassa 75 g, di mana waktu tempuh balok menurun dari 1,22 s pada beban 50 g menjadi 0,53 s pada beban 150 g, serta nilai μ_k meningkat dari 0,67 menjadi 2,00. Peningkatan μ_k yang sebanding dengan kenaikan massa beban menunjukkan bahwa sistem gesekan pada permukaan kayu bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh besarnya gaya tekan total antara balok dan permukaan papan kayu. Secara teori, gaya gesek kinetik dirumuskan sebagai $F_k = \mu_k N$, di mana $N = (m_1 + m_2)g$. Gaya normal meningkat sebanding dengan peningkatan massa total sehingga gaya

gesek yang dihasilkan pun bertambah. Sistem menjadi lebih sederhana karena tidak digunakannya katrol dalam percobaan. Gaya horizontal sepenuhnya berasal dari dorongan awal balok, bukan dari mekanisme tambahan. Perubahan nilai μ_k benar-benar menggambarkan interaksi langsung antara massa total sistem dan karakteristik permukaan kayu yang diuji.

Massa balok uji (m_1) juga berpengaruh terhadap kestabilan nilai μ_k. Dari perhitungan rata-rata, balok 75 g menghasilkan rata-rata μ_k sebesar 1,33; balok 90 g sebesar 1,11; dan balok 100 g sebesar 1,00 . Balok yang lebih berat memiliki gaya normal yang lebih besar sehingga kontak antar pemukaan menjadi lebih stabil. Menurut Nurlina & Riskawati (2017), gaya gesek merupakan gaya sentuh yang muncul jika permukaan dua zat padat bersentuhan secara fisik, dimana arah gaya gesekan sejajar dengan permukaan bidang dan selalu berlawanan dengan arah gerak relatif antara kedua benda tersebut. Permukaan yang lebih kuat menekan cenderung memiliki interaksi yang lebih konsisten, sehingga perubahan kecil gaya dorong atau ketidakteraturan permukaan tidak banyak memengaruhi nilai μ_k. Balok yang lebih ringan lebih sensitif terhadap ketidakteraturan permukaan, getaran, dan perubahan kecepatan awal, sehingga nilai μ_k dapat meningkat lebih drastis ketika massa beban ditambahkan.



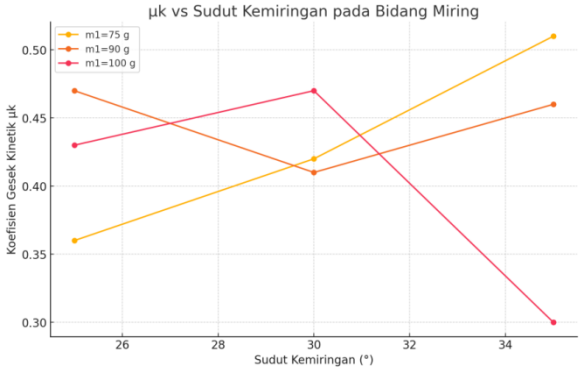
Gambar 15. Hubungan Antara Koefisien Gesekan Dan Beban

Berdasarkan gambar 15, setiap peningkatan massa beban menghasilkan kenaikan nilai μ_k yang hampir linier (lurus) untuk semua massa balok uji. Sistem gesekan pada bidang datar sangat sensitif terhadap perubahan massa total balok dan beban. Peningkatan gaya normal akibat bertambahnya massa beban membuat interaksi permukaan kayu menjadi lebih intens, sehingga gaya gesek yang terjadi semakin besar. Balok yang lebih ringan (75 g) mengalami peningkatan μ_k yang paling tajam, menunjukkan bahwa perubahan massa beban memiliki pengaruh yang lebih besar pada balok dengan gaya normal rendah. Balok yang lebih berat (100 g) menunjukkan kenaikan μ_k yang lebih landai, menandakan bahwa massa benda uji yang lebih besar memberikan stabilitas kontak yang lebih baik sehingga perubahan gesekan tidak sebesar balok ringan. Semakin besar massa total sistem, semakin besar gaya gesek yang dihasilkan dan semakin tinggi nilai μ_k yang terukur.

Balok meluncur tanpa bantuan katrol atau tali, sehingga gaya yang bekerja lebih sesuai teori, yaitu gaya gravitasi komponen sejajar bidang ($m\ g \sin\theta$) dan gaya normal ($m\ g \cos\theta$). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada massa 75 g, nilai μ_k meningkat konsisten dari 0,36 pada sudut 25° menjadi 0,42 pada sudut 30° dan 0,51 pada sudut 35°. Ketika sudut meningkat, komponen gaya penarik ($m\ g \sin\theta$) meningkat sehingga percepatan bertambah, sementara gaya normal menurun, membuat gesekan semakin kecil pada awalnya tetapi dinamika geseran lebih

aktif ketika balok bergerak lebih cepat. Pada kondisi ini, gesekan kinetik lebih mudah terukur karena balok memasuki fase geser yang stabil.

Pada massa 90 g dan 100 g, nilai μ_k tidak selalu meningkat secara linier. Untuk massa 90 g, nilai μ_k adalah 0,47; 0,41; dan 0,46, sedangkan untuk 100 g adalah 0,43; 0,47; dan 0,30 untuk sudut 25°, 30°, dan 35° . Fluktuasi ini dapat dipahami dari teori gesekan kinetik, yang menyatakan bahwa μ_k sangat dipengaruhi oleh kondisi kontak mikroskopik antar permukaan. Perubahan kecil pada permukaan kayu seperti tekstur serat, kelembaban lokal, atau titik kontak awal dapat menghasilkan variasi percepatan yang tidak sepenuhnya sebanding dengan sudut kemiringan. Balok dapat mengalami percepatan sangat tinggi ketika sudut yang digunakan besar sehingga waktu geseran menjadi singkat dan perhitungan percepatan menjadi lebih sensitif terhadap kesalahan pengukuran waktu. Hal tersebut dapat menyebabkan nilai μ_k menurun drastis seperti yang tampak pada massa 100 g, sudut 35°.



Gambar 16. Hubungan Antara Koefisien Gesekan Dengan Sudut Bidang Miring

Pola hubungan pada gambar 16 yang muncul lebih variatif dibandingkan grafik bidang datar. Untuk balok massa 75 g, grafik menunjukkan kecenderungan kenaikan μ_k seiring bertambahnya sudut kemiringan. Komponen gaya gravitasi yang menarik benda ke bawah bidang miring meningkat ketika sudut bertambah, sehingga percepatan balok lebih besar dan gaya gesek kinetik yang bekerja menjadi lebih mudah diamati. Pola grafik menunjukkan penurunan μ_k pada sudut menengah (30°) pada massa 90 g sebelum kembali meningkat pada sudut 35°, yang mengindikasikan adanya pengaruh kondisi permukaan dan distribusi gaya yang tidak sepenuhnya seragam sepanjang lintasan kayu. Variasi ini terjadi karena permukaan kayu memiliki tekstur mikroskopik yang tidak rata, sehingga gesekan dapat berubah meskipun sudut meningkat. Untuk massa 100 g, grafik menunjukkan kenaikan μ_k dari 25° ke 30°, namun turun tajam pada 35°. Penurunan besar ini dapat disebabkan oleh percepatan yang sangat cepat pada sudut besar sehingga waktu meluncur menjadi sangat pendek, membuat pengukuran μ_k lebih sensitif terhadap kesalahan pencatatan waktu. Meningkatnya sudut tidak selalu berbanding lurus dengan meningkatnya nilai μ_k, terutama pada massa yang lebih besar di mana inersia berperan dominan.

Analisis statistik dilakukan untuk memperkuat validitas hasil percobaan pada bidang datar dan bidang miring. Perhitungan statistik pada bidang datar menunjukkan bahwa nilai koefisien gesekan kinetik (μ_k) memiliki kecenderungan meningkat secara sangat kuat terhadap perubahan massa beban (m_2). Nilai korelasi Pearson yang hampir sempurna, yaitu r = 0,9999 untuk ketiga variasi massa balok (75 g, 90 g, dan 100 g). Korelasi mendekati 1 ini menandakan bahwa hubungan antara m_2 dan μ_k bersifat sangat kuat dan linier (lurus), sehingga semakin besar massa beban, semakin besar pula nilai μ_k yang dihasilkan. Regresi linear yang dihitung menghasilkan

kemiringan positif, masing-masing sekitar 0,0133 untuk m_1 = 75 g, 0,0112 untuk m_1 = 90 g, dan 0,0100 untuk m_1 = 100 g, yang menunjukkan bahwa sensitivitas μ_k terhadap perubahan massa beban semakin menurun seiring bertambahnya massa balok. Balok yang lebih berat memiliki kontak permukaan yang lebih stabil sehingga perubahan gaya beban tidak terlalu memengaruhi nilai μ_k. Nilai koefisien variasi (cv) pada bidang datar berada di kisaran 50%, meskipun hubungan m_2 dan μ_k kuat, variasi data antar kondisi masih cukup tinggi akibat sensitivitas sistem terhadap perubahan massa total dan ketidakteraturan permukaan kayu.

Analisis statistik pada bidang miring memberikan gambaran yang berbeda. Untuk massa balok 75 g, hubungan antara sudut kemiringan dan μ_k menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat (r = 0,9934), dan regresi linear menghasilkan kemiringan 0,0150, menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan, semakin besar nilai μ_k yang diperoleh. Nilai koefisien variasi untuk massa ini adalah 17,55%, jauh lebih rendah dibanding bidang datar, yang menunjukkan bahwa pengukuran pada bidang miring lebih stabil. Namun pada massa 90 g dan 100 g, nilai korelasi menjadi negatif atau sangat lemah (r = −0.1555 untuk 90 g dan r = −0.7313 untuk 100 g), dengan nilai slope regresi masing-masing −0.0010 dan −0.0130. Hubungan antara sudut kemiringan dan μ_k tidak lagi bersifat linier (lurus) untuk massa yang lebih besar. Pada massa besar, percepatan balok pada sudut besar meningkat sangat drastis sehingga waktu luncur menjadi sangat singkat, dan perhitungan μ_k menjadi sangat sensitif terhadap kesalahan pengukuran waktu. Permukaan kayu yang tidak sepenuhnya seragam dapat menyebabkan gaya gesek kinetik tidak mengikuti pola teoritis secara sempurna. Nilai koefisien variasi (cv) untuk massa 90 g sangat kecil, hanya 7,19%, menunjukkan stabilitas tinggi, sedangkan massa 100 g memiliki cv 22,22%, menandakan adanya fluktuasi yang lebih besar akibat perubahan kondisi kontak.

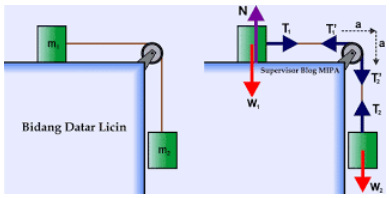
Perbandingan statistik antara kedua metode mengonfirmasi bahwa metode bidang datar memiliki variasi yang jauh lebih besar (cv sekitar 50%) dibandingkan metode bidang miring (cv rata-rata 15–20%). Metode bidang miring terbukti lebih stabil karena gaya-gaya yang bekerja lebih ideal (hanya gravitasi dan gesekan permukaan), sementara pada bidang datar, variasi massa total menghasilkan perubahan gaya gesek yang lebih besar. Korelasi tinggi pada bidang datar menunjukkan bahwa μ_k mengikuti kenaikan massa beban secara dominan, sementara korelasi pada bidang miring bergantung pada massa balok dan tingkat perubahan percepatan. Uji statistik secara keseluruhan ini memperkuat kesimpulan bahwa nilai μ_k tidak hanya bergantung pada sifat material tetapi juga sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sistem dan kondisi mekanisnya. Nilai μ_k pada bidang miring jauh lebih mendekati karakter gesekan murni antara dua permukaan kayu dibandingkan bidang datar yang cenderung memperbesar gaya gesek akibat peningkatan massa beban.

Kedua grafik memberikan gambaran penting bahwa sistem gesekan pada permukaan kayu dipengaruhi secara kompleks oleh gaya normal, percepatan, dan karakteristik permukaan. Peningkatan massa total pada bidang datar lebih berpengaruh besar terhadap peningkatan μ_k karena gaya normal meningkat secara signifikan. Perubahan sudut pada bidang miring menghadirkan dinamika yang lebih kompleks karena adanya variasi kecepatan luncur, gaya gravitasi komponen sejajar, dan kemungkinan ketidakseragaman permukaan lintasan. Grafi ini menegaskan bahwa μ_k tidak hanya ditentukan oleh jenis material, tetapi juga oleh kondisi mekanis dan geometri sistem yang digunakan.

Perbandingan antara kedua metode menunjukkan perbedaan karakter yang jelas. Nilai μ_k pada bidang datar jauh lebih besar dibanding nilai μ_k pada bidang miring untuk setiap massa balok. Pada massa 75 g, rata-rata μ_k bidang datar adalah 1,33, sedangkan bidang miring hanya 0,43. Untuk

massa 90 g, rata-ratanya adalah 1,11 (datar) dan 0,45 (miring); sedangkan untuk massa 100 g, 1,00 (datar) dan 0,40 (miring) . Perbedaan tersebut selaras dengan teori bahwa pada bidang miring, balok dipengaruhi oleh gaya gravitasi murni tanpa gangguan mekanis, sehingga μ_k yang diperoleh lebih mendekati nilai sesungguhnya untuk pasangan material kayu–kayu. Pada bidang datar, massa total sistem yang meningkat menyebabkan gaya normal meningkat secara signifikan, sehingga gaya gesek total menjadi jauh lebih besar. Gesekan statis awal yang harus diatasi di bidang datar lebih dominan dibanding pada bidang miring, karena pada bidang miring sebagian gaya penarik sudah diberikan oleh m g sinθ. Hal ini menyebabkan nilai μ_k bidang datar selalu lebih tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan massa beban pada bidang datar dan peningkatan sudut kemiringan pada bidang miring memberikan pengaruh jelas terhadap dinamika gerak balok dan nilai μ_k yang dihasilkan. Data menunjukkan bahwa bidang miring memberikan nilai μ_k yang lebih rendah dan stabil karena sistem gaya lebih ideal, sedangkan bidang datar dipengaruhi oleh interaksi gaya normal besar dan resistansi gesekan awal yang lebih tinggi. Tantangan perbedaan permukaan kayu yang ditemui serta sulit dalam mendapatkan data waktu balok bergesekan tentunya perlu diatasi dan diselesaikan. Percobaan koefisien gesekan dengan disertai katrol dapat menajadi solusi dalam mengurangi ketidakpastian pengukuran. Semua tujuan penelitian telah tercapai: μ_k berhasil ditentukan untuk kedua metode, pengaruh variasi massa dan sudut telah dianalisis mendalam, dan karakteristik perbedaan hasil kedua metode telah diperjelas secara komprehensif.



Gambar 17. Percobaan Koefisien Gesekan Dengan Menggunakan Katrol

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui dua metode eksperimen, yaitu pengukuran pada bidang datar dan bidang miring, diperoleh gambaran yang jelas mengenai perilaku koefisien gesekan kinetik (μ_k) pada permukaan kayu. Pada bidang datar, nilai μ_k terbukti meningkat seiring bertambahnya massa penarik (m_2) untuk setiap massa benda uji (m_1). Hal ini menunjukkan bahwa gaya normal dan gaya dorong yang lebih besar menghasilkan interaksi gesekan yang lebih kuat pada permukaan kayu, sehingga nilai μ_k yang terukur juga meningkat.

Nilai μ_k, pada bidang miring dipengaruhi oleh variasi sudut kemiringan, di mana sudut yang lebih besar akan membuat balok kayu lebih cepat dalam menempuh jarak lintasan miring . Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa nilai μ_k pada bidang miring cenderung lebih rendah dan lebih stabil dibandingkan pada bidang datar karena sistem gaya yang bekerja lebih sederhana dan mendekati kondisi teoritis.

Perbandingan kedua metode menunjukkan bahwa metode bidang datar lebih sensitif terhadap perubahan massa beban, sedangkan metode bidang miring lebih efektif dalam menggambarkan karakteristik gesekan murni antara dua permukaan kayu. Seluruh tujuan penelitian telah tercapai, yaitu menentukan nilai μ_k pada kedua metode, menganalisis pengaruh

massa penarik dan sudut kemiringan terhadap μ_k, serta membandingkan karakteristik gesekan yang dihasilkan untuk memahami lebih dalam perilaku gesekan kinetik pada material kayu.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. (2016). Fisika Dasar 1. Bandung : Institut Teknologi Bandung. https://www.scribd.com/document/599799265/fisika-dasar-1-itb-mikrajuddin-abdullah-2016-halaman-1-704-706

Andriani, F., Busri, S. S., Rande, W., Joni, Y. M., & Astro, R. B. (2020). Analisis Koefisien Gesek Kinetis Benda Di Bidang Miring Menggunakan Video Tracker. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, *5*(1), 74–83. https://e-journal.uniflor.ac.id/index.php/optika/index

Aziz, A., & Rokhmat, J. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Dengan Metode Eksperimen Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas X Sman 1 Gunungsari Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, *I*(3), 1–5. https://jipp.unram.ac.id/index.php/jipp/article/view/56

Busyairi, A., Rokhmat, J., & Verawati, N. N. S. P. (2021). Penggunaan Paradigma Gaya Gesek Sebagai Gaya Reaksi Untuk Mereduksi Miskonsepsi Mahasiswa Calon Guru Fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *6*(1), 66–73. Https://Doi.Org/10.29303/Jipp.V6i1.154

Gusdiantini, L., Aeni, A. N., & Jayadinata, A. K. (2017). Jurnal Pena Ilmiah: Vol 2, No 1 (2017). *Jurnal Pena Ilmiah*, *2*(1), 651–660. https://ejournal.upi.edu/index.php/penailmiah/article/view/10103

Hardiansyah, I. W. (2021). Penerapan Gaya Gesek Pada Kehidupan Manusia. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, *10*(1), 70–73. Https://Doi.Org/10.20961/Inkuiri.V10i1.44531

Nurlina, & Riskawati. (2017). Fisika Dasar I. Makassar : LPP Unismuh Makassar. https://ebook.politeknikalislam.ac.id/index.php?p=show_detail&id=11178

Nurqomariah, Gunawan, & Sutrio. (2015). Pengaruh Model Problem Based Learning Dengan Metode Eksperimen Terhadap Hasil Belajar Ipa Fisika Siswa Kelas Vii. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, *I*(3), 173–178. https://jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/JPFT/article/view/255

Prastyo, A. U., Hermawan, P., Salsabila, E., Sari, C., & Kurniawanti, D. (2021). Eksperimen Gaya Gesek Pada Bidang Miring Untuk Menguji Koefisien Gesek Statis Dan Kinetis. *JIE.UPY Journal Of Industrial Engineering Universitas PGRI Yogyakarta*, *1*(1), 1–8. https://journal.upy.ac.id/index.php/JIE/article/view/2365

Putri, E., Handono, S., Prastowo, B., & Dewi, N. M. (2021). Analisis Konsep Gaya Gesek Pada Gerak Jalan Tradisional Di Banyuwangi. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, *05*(02), 279–283. https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/eduproxima

Sulistiawati, A., & Prastowo, A. (2021). Penggunaan Phet Sebagai Media Interaktif Pembelajaran Ipa Pada Kelas Iv Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendas: Primary Education Journal*, *2*(2), 82–91. Https://Doi.Org/10.29303/Pendas.V2i2.476

Tiandho, Y. (2018). Miskonsepsi Gaya Gesek Pada Mahasiswa Frictional Force Misconceptions On Undergraduate Student. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, *4*(1), 1–9. Https://Doi.Org/10.2572/Jpfk.V4i1.1814

Ufriandi, A. (2021). Analisis Tingkat Keausan Terhadap Pemakaian Ban Merek A, B Dan C Menggunakan Ban Standar 90/90-14 46 P. *Jurnal Surya Teknika*, *8*(1), 282–288. Https://Doi.Org/10.37859/Jst.V8i1.2678

Winingsih, P. H. (2016). Penentuan Koefisien Gesekan Kinetik Kayu Pada Kayu Dengan Metode Grafis. *Jurnal SCIENCETECH*, *2*(2), 32–35. https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/sciencetech/article/view/374

Yuningsih, N., & Dewi, Y. C. (2022). Gaya Gesekan Udara Terhadap Benda Yang Bergerak Vertikal Tanpa Kecepatan Awal. *Prosiding Industrial Research …*, *1*(24), 13–14. Https://Jurnal.Polban.Ac.Id/Ojs-