

Pengembangan Alat Praktikum Penentuan Koefisien Gesek Kinetis Menggunakan Osilasi Pegas Berbantuan Analisis *Tracker*

Nurhidayattulloh

Universitas Ahmad Dahlan

Jl. Ring Road Selatan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, Universitas Ahmad Dahlan Kampus 4

Email: dayun.orek@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengembangkan perangkat pembelajaran alat praktikum fisika untuk menentukan koefisien gesekan kinetis pada suatu benda melalui pengukuran jarak dan kecepatan pada osilasi pegas. (2) menentukan nilai koefisien gesekan kinetis melalui pengukuran jarak dan kecepatan pada osilasi pegas. (3) mengetahui kelayakan alat praktikum fisika untuk menentukan koefisien gesekan kinetis pada suatu benda melalui pengukuran jarak dan kecepatan pada osilasi pegas.

Metode pengembangan produk yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development (R&D)* dengan model ADDIE. Adapun tahapannya adalah analisis (*Analysis*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*Implementation*), dan Evaluasi (*Evaluation*). Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi dan angket. Teknik analisis data percobaan menggunakan perhitungan rata-rata indeks bias dan ralat relatif, sedangkan teknik analisis data kelayakan menggunakan persentase keidealan dengan perhitungan skor tiap butir pertanyaan.

Hasil penelitian ini menunjukkan hasil koefisien gesek kinetis kayu pada kayu ditulis $\mu_k = (0.215 \pm 0.004)$ dengan ralat relatif sebesar 7.3 %, koefisien gesek kinetis aluminium pada aluminium yang diperoleh yaitu $\mu_k = (0.315 \pm 0.003)$ dengan ralat relatif sebesar 4.6 %, koefisien gesek kinetis aluminium pada kayu yang diperoleh yaitu $\mu_k = (0.343 \pm 0.005)$ dengan ralat relatif sebesar 14.4 %.

Kata kunci: Koefisien Gesek Kinetis, Pegas, Osilasi, *tracking*

ABSTRACT

The study aims to (1) Develop a learning tool for laboratory physics to determine the kinetic coefficient of friction on an object through distance and velocity measurements on spring oscillation. (2) Determining the value of kinetic friction coefficient through distance and velocity measurements on spring oscillation. (3) Know the feasibility of a physics practice tool to determine the kinetic coefficient of friction on an object through distance and velocity measurements of the spring oscillation.

The product development methods used in this research are Research and Development (R&D) with the ADDIE model. The stages are analysis (Analysis), Design (development), development, implementation, and evaluation (assessment). The data collection techniques used are observations and polls. Experimental data analysis techniques use the average calculation of refractive indexes and relative errors, while the feasibility data analysis technique uses a percentage of ideality with the calculation of each question's score.

The results of this study showed that the result of wood kinetic friction coefficient in wood was written $\mu_k = (0.215 \pm 0.004)$ with a relative error of 7.3%, aluminum kinetic friction coefficient in aluminium obtained $\mu_k = (0.315 \pm 0.003)$ with a relative error of 4.6%, aluminum kinetic friction coefficient Timber obtained $\mu_k = (0.343 \pm 0.005)$ with a relative error of 14.4%.

Key words: Kinetic friction coefficient, spring, oscillation, tracking

I. Pendahuluan

Percobaan adalah salah satu cara yang tepat untuk memudahkan siswa memahami suatu teori. Metode percobaan bertujuan agar siswa mampu mencari dan menemukan sendiri berbagai jawaban atas persoalan-persoalan yang dihadapinya melalui percobaan yang dilakukan sendiri sehingga siswa terbiasa untuk berfikir ilmiah (Roestiyah, 2008).

Pada matakuliah Fisika Dasar I berbagai macam percobaan salah satunya tentang gesekan., Gesekan biasanya terjadi pada dua permukaan benda yang bersentuhan, baik terhadap udara, air atau benda padat. Permukaan benda yang sangat licin pun sebenarnya sangat kasar dalam skala mikroskopis.

Jika kita meletakkan buku di atas meja, kemudian kita dorong dalam arah sejajar permukaan meja maka kita akan mengamati beberapa fenomena sebagai berikut:

- Jika gaya dorongan yang diberikan tidak terlalu besar maka benda belum bergerak.
- Jika gaya semakin diperbesar maka ada nilai gaya tertentu dimana benda bergerak.

Gaya tersebut adalah gaya gesekan antar permukaan buku dengan permukaan meja. Dengan demikian untuk dua permukaan yang mengalami kontak ada nilai maksimum dari gaya gesekan yang dapat dihasilkan. Berdasarkan percobaan besarnya gaya gesekan maksimum memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$f_{s(\max)} = \mu_s N \quad (1)$$

Gaya gesekan antara permukaan-permukaan yang keras sangat sedikit bergantung pada daerah kontak permukaan total yaitu gaya gesekan pada benda tersebut hampir sama yaitu apakah diluncurkan pada sisi lebarnya atau pada pinggirnya dengan menganggap bahwa permukaan-permukaan tersebut memiliki kelicinan yang sama. Kita dapat menuliskan perbandingannya sebagai persamaan dengan memasukkan konstanta perbandingan, μ_k .

$$f_k = \mu_k N \quad (2)$$

Persamaan (2) merupakan hubungan eksperimental antara gaya gesek kinetik (f_k) yang bekerja sejajar dengan kedua permukaan dan besar gaya normal (N) tegak lurus terhadap permukaan tersebut. Koefisien gesekan kinetik (μ_k) nilainya bergantung pada jenis kedua permukaan. Nilai-nilai yang terukur untuk berbagai permukaan diberikan pada Tabel I (Atam P.Arya, 1998).

Tabel I. Nilai-nilai Koefisien Gesekan Statis dan Kinetik untuk berbagai Permukaan

Permukaan	Koefisien gesekan statis μ_s	Koefisien gesekan kinetis μ_k
Kayu pada kayu	0.4	0.2
Es pada es	0.1	0.03
Logam pada logam	0.15	0.07
Baja pada baja	0.7	0.6
Karet pada beton kering	1.0	0.8
Karet pada beton basah	0.7	0.5
Teflon pada Teflon di udara	0.04	0.04
Teflon pada baja di udara	0.04	0.04

II. Kajian Pustaka

I. Pegas

Pegas termasuk bahan elastis, yaitu bahan yang mudah diregangkan serta selalu cenderung pulih ke keadaan semula, dengan mengenakan gaya reaksi elastik atas gaya tegangan yang meregangkan. Tegangan (stress) menyatakan kekuatan dari gaya-gaya yang menyebabkan penarikan, peremasan atau pemuntiran, dan biasanya dinyatakan dalam bentuk gaya per satuan luas. Sedangkan regangan (strain) menyatakan hasil deformasinya. Perbandingan antara tegangan dan regangan (dengan syarat-syarat tertentu) disebut dengan modulus Young (Young & Freedman, 2002).

Jika gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas, maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus (sebanding) dengan gaya tariknya (Bachtiar, 2000). Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = -k \cdot \Delta x \quad (3)$$

dengan :

F = gaya yang dilakukan pegas (N)

k = konstanta pegas (N/m)

Δx = perubahan panjang pegas (m)

tanda negatif menunjukkan arah gaya berlawanan dengan jarak Δx dan k sebagai konstanta pegas. Ingat kembali hukum II Newton,

$$\sum F = ma \quad (4)$$

Sehingga berlaku persamaan:

$$-k.\Delta x = ma \quad (5)$$

Ingat juga pada materi kinematika bahwa

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (6)$$

Sehingga

$$-k.\Delta x = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (7)$$

yang merupakan persamaan diferensial osilasi harmonik sederhana.

Jika kita buat sistem koordinat dengan titik O ada di titik keseimbangan benda maka $\Delta x = x$. Sehingga persamaan osilasi harmonik sederhana (OHS) menjadi

$$-k.x = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (8)$$

Ruas kiri : posisi(x)

Ruas kanan : turunan kedua dari posisi

Fungsi apakah yang turunan keduanya sama dengan fungsi dari fungsi tersebut? Salah satu solusinya adalah

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (9)$$

Nilai frekuensi sudut bergantung pada konstanta pegas dan massa benda menurut persamaan

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (10)$$

Jika solusi ini disubstitusikan ke persamaan OHS dengan

$$\frac{dx}{dt} = \omega A \sin(\omega t + \varphi)$$

Maka

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi) \quad (11)$$

Sehingga:

$$-kA \sin(\omega t + \varphi) = m(-\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi)) \quad (12)$$

Energi benda:

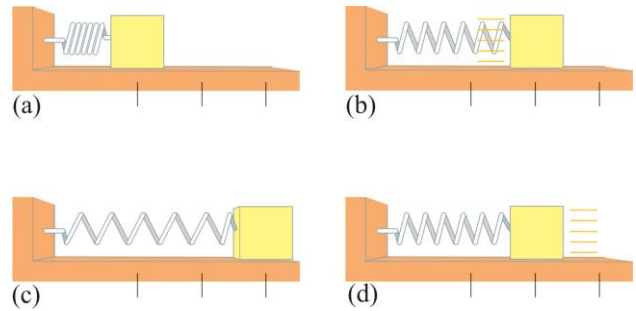
$$E = K + U$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

$$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

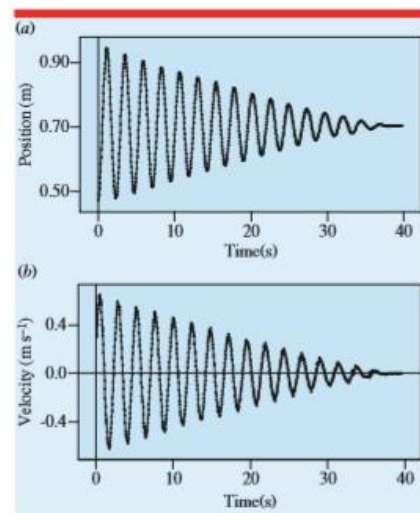
$$E = \frac{1}{2}kA^2 [\cos^2(\omega t + \varphi) + \sin^2(\omega t + \varphi)]$$

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \quad (13)$$



Gambar 1. Osilasi balok yang dikaitkan dengan pegas

Saat balok meluncur diatas permukaan bidang datar yang kasar, maka akan bekerja gaya gesek kinetis antara permukaan balok dan permukaan bidang. Gaya gesek selalu berlawanan dengan arah gerak benda, jadi bisa dikatakan gaya gesek adalah penghambat laju benda. Pada balok yang dikaitkan dengan pegas dan diberi gaya. Pada sistem tersebut terjadi osilasi yang melibatkan hambatan, disebut juga sebagai gerak harmonik teredam. Grafik yang dihasilkan adalah sebagai berikut



Gambar 2. Grafik posisi dan kecepatan terhadap waktu

Pada gambar 7.b terlihat kecepatan benda saat melewati titik 0 (v_{maks}) berkurang, ini disebabkan karena sebagian energi balok sudah dirubah menjadi energi gesek. Untuk menyelesaikan masalah dapat digunakan persamaan Hukum Newton II dengan jarak tempuh benda.

$$(\sum F)\Delta x = (ma)\Delta x \quad (14)$$

dengan

$$a = \frac{v_i - v_f}{t} \quad \text{dan} \quad \bar{v} = \frac{v_i + v_f}{2} \quad (\text{untuk } a \text{ konstan})$$

maka

$$\Delta x = \frac{v_i + v_f}{2} t$$

maka

$$\begin{aligned} (\sum F)\Delta x &= m \left(\frac{v_i - v_f}{t} \right) \left(\frac{v_i + v_f}{2} t \right) \\ (\sum F)\Delta x &= \frac{1}{2} m v_i^2 - \frac{1}{2} m v_f^2 \\ (\sum F)\Delta x &= f_k \Delta x = \frac{1}{2} m v_i^2 - \frac{1}{2} m v_f^2 = \Delta K \end{aligned}$$

sehingga

$$f_k \Delta x = \Delta K \quad (15)$$

Untuk menentukan koefisien gesekan kinetis dapat dicari menggunakan hukum kekekalan energi saat balok melewati $x=0$ dimana kecepatan balok mencapai maksimum. Dapat digunakan persamaan sebagai berikut

$$f_k \Delta x = \Delta K$$

maka

$$\mu_k m g \Delta x = \frac{m v_i^2 - m v_f^2}{2}$$

sehingga

$$\mu_k = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2gS} \quad (16)$$

Untuk mencari jarak total S dapat digunakan persamaan

$$S = \sum_{m=0}^{n+1} |(t_{m+1} - t_m) v_m| \quad (17)$$

III. Metode Penelitian/Eksperimen

Cara Kerja

Penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan gaya pada balok yang dikaitkan dengan pegas untuk menggerakkan balok. Saat balok berosilasi, akan ada hambatan yang disebabkan oleh gaya gesek. Hambatan inilah yang menyebabkan energi kinetik hilang persatuan sekon. Dari selisih energi yang hilang dapat dicari koefisien gesekan kinetik.



Gambar 3. Alat Percobaan

Dalam Analisis Data menentukan koefisien gesek kinetis, setelah melalui pengukuran jarak dan kecepatan pada osilasi pegas, koefisien gesek kinetis dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan hukum kekekalan energi pada balok melewati $x=0$ dimana kecepatan balok mencapai maksimum. Dapat digunakan persamaan (16) sebagai berikut

$$\mu_k = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2gS}$$

Menentukan rata-rata dengan persamaan

$$\bar{n} = \frac{\sum n}{N} \quad (18)$$

Menentukan nilai ralat dengan persamaan

$$\delta_n = \frac{\sum (n - \bar{n})^2}{N(N-1)} \quad (19)$$

Menentukan persentase ralat relatif dari eksperimen dengan hasil teori dengan persamaan

$$R = \left| \frac{\text{eksperimen} - \text{teori}}{\text{teori}} \right| \times 100\% \quad (20)$$

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan uji coba alat oleh peneliti, diperoleh data sebagai berikut

Tabel 2. Data eksperimen koefisien gesek kinetis kayu-kayu

No	v_i (m/s)	v_f (m/s)	S (m)	μ_k
1	1.212391	0.819613	0.195411	0.208
2	1.206602	0.78124	0.191893	0.224
3	1.178125	0.757238	0.201801	0.205
4	1.179671	0.760458	0.19015	0.218
5	1.171787	0.747364	0.190428	0.218

Tabel 3. Data eksperimen koefisien gesek kinetis aluminium- aluminium

No	v_i (m/s)	v_f (m/s)	S (m)	μ_k
1	1.164538	0.600955	0.163267789	0.310
2	1.170428	0.580537	0.16186547	0.325
3	1.163349	0.596836	0.166642	0.305
4	1.16764	0.584783	0.163513	0.318
5	1.173628	0.593541	0.165438	0.316

Tabel 4. Data eksperimen koefisien gesek kinetis kayu-aluminium

No	v_i (m/s)	v_f (m/s)	S (m)	μ_k
1	1.131449	0.437162	0.155893	0.356
2	1.101973	0.431881	0.15971	0.328
3	1.099601	0.415504	0.156232	0.353
4	1.10073	0.425671	0.156048	0.336
5	1.112317	0.418348	0.157995	0.343

Berdasarkan tabel 2 koefisien gesek kinetis kayu pada kayu yaitu 0.2 sedangkan pada jurnal penentuan koefisien gesekan kinetik kayu pada kayu dengan metode grafis oleh

Puji Hariati Winingsih tahun 2016 diperoleh nilai koefisien kinetis sebesar 0.20 ± 0.06 . Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan nilai rata-rata dari koefisien gesek kinetis yang diperoleh melalui perhitungan analisis data pada lampiran 1 yaitu 0.215 dan ralat sebesar 0.0035, perolehan perhitungan ditulis dengan ralat relatif sebesar 7.3 %. Pada jurnal penerapan metode tracking pada pengukuran koefisien gesek kinetik luncuran oleh Joko Priyono dan Suharno tahun 2014 diperoleh nilai koefisien gesek kinetis aluminium-aluminium sebesar 0.335 ± 0.002 . Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan nilai rata-rata dari koefisien gesek kinetis yang diperoleh melalui perhitungan analisis data pada lampiran 2 yaitu 0.315 dan ralat sebesar 0.0034, perolehan perhitungan ditulis dengan mengacu penelitian Joko Priyono dan Suharno sebagai referensi teoritis maka diperoleh ralat relatif sebesar 4.6 %. Pada jurnal mengetahui koefisien gesekan statis dan kinetis melalui konsep gerak melingkar beraturan oleh Hernawati tahun 2013 diperoleh nilai koefisien gesek kinetis aluminium pada triplek sebesar 0.30 ± 0.01 . Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan nilai rata-rata dari koefisien gesek kinetis yang diperoleh melalui perhitungan analisis data pada lampiran 1 yaitu 0.343 dan ralat sebesar 0.0052, perolehan perhitungan ditulis dengan ralat relatif sebesar 14.4 %.

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengembangan alat praktikum penentuan koefisien gesek kinetis menggunakan osilasi pegas yaitu modifikasi desain alat, modifikasi pegas, serta modifikasi lintasan dan balok.
2. Alat praktikum fisika untuk menentukan koefisien gesek kinetis menggunakan osilasi pegas memperoleh hasil koefisien kayu pada kayu yaitu 0.215 dan ralat sebesar 0.0035, perolehan perhitungan ditulis dengan ralat relatif sebesar 7.3 %, koefisien untuk aluminium pada aluminium diperoleh 0.315 dan ralat sebesar 0.0034, perolehan perhitungan ditulis dengan ralat relatif sebesar 4.6 %, untuk koefisien aluminium pada kayu diperoleh hasil 0.343 dan ralat sebesar 0.0052, perolehan perhitungan ditulis dengan ralat relatif sebesar 14,4 %.
3. Alat praktikum untuk menentukan koefisien gesek kinetis menggunakan osilasi pegas telah dibuat dan diuji kelayakannya oleh ahli media dan ahli materi

dengan persentase keidealan sebesar 88.43% yang termasuk kategori Sangat Baik, beserta dengan panduan praktikum juga telah dibuat dan diuji kelayakannya oleh ahli media dan ahli materi dengan persentase keidealan 82.4% yang termasuk kategori Sangat Baik, pengguna dengan persentase 89.6% yang termasuk kategori Sangat Baik. Berdasarkan hasil persentase tersebut, alat praktikum dan panduan praktikum dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk penentuan koefisien gesek kinetis menggunakan osilasi pegas.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, arahan, dan motivasi selama penulis menyelesaikan tugas ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Eko Nursulistiyono, M.Pd, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, motivasi, waktu, tenaga, dan ilmunya kepada penulis terkait pembuatan tugas ini.
2. Teman-teman yang telah memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas ini.
3. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Kepustakaan

- [1] Atam P.Arya, (1998). Introduction Classical Mechanics. Second edition, Prentice Hall
- [2] Bachtiar, J. (2000). Pintar Fisika. Jakarta: Graha
- [3] Hernawati. (2013). Mengetahui Koefisien Gesek Statik dan Kinetik Melalui Konsep Gerak Melingkar Beraturan. Jurnal Teknosains, 7(1), 55-65
- [4] Joko Priyono, S. (2014). Penerapan Metode Tracking pada Pengukuran Koefisien Gesek Kinetik Luncuran. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY.
- [5] Roestiyah. (2008). Strategi Belajar Mengajar. Jakarta: Rineka Cipta
- [6] Winingsih, P. H. (2016). Penentuan Koefisien Gesekan Kinetik Kayu Pada Kayu Dengan Metode Grafis. Jurnal SCIENCE TECH, 2(2).
- [7] Young, H. D., & Freedman, R. A. (2002). Fisika Universitas Jilid 1. Jakarta: Erlangga.