

Analisis koefisien gesek statis dan kinetis berbagai pasangan permukaan bahan pada bidang miring menggunakan aplikasi analisis *video tracker*

S Humairo^{1,1}, R B Astro^{1,2}, D Amirudin^{1,3}, D H Mufida^{1,4} dan S Viridi²

¹Program Studi Magister Pengajaran Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 401322

²Laboratorium Fisika Nuklir, Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

E-mail: ^{1,1}sitihumairo.z@gmail.com, ^{1,2}richardobarryastro@gmail.com,
^{1,3}amirudin.dessy@gmail.com, ^{1,4}dhiahanaaa@gmail.com, ²dudung@fi.itb.ac.id

Abstrak. Penelitian dilakukan untuk menentukan nilai koefisien gesek statis (μ_s) dan kinetis (μ_k) berbagai pasangan permukaan bahan. Komponen dari sistem utama yang digunakan adalah sebuah landasan dan beban yang terdiri dari lima jenis permukaan bahan berbeda (aluminium, kayu, kaca, ubin, dan plastik). Nilai μ_s diperoleh dari eksperimen dengan mencari sudut kemiringan landasan saat benda tepat akan bergerak pada bidang miring. Sedangkan μ_k diperoleh dengan mengamati luncuran benda dari titik puncak bidang untuk kemiringan yang telah diatur besar sudutnya. Eksperimen dilakukan antar permukaan benda sejenis dan kombinasi, kemudian didokumentasikan dalam bentuk video. Data selanjutnya dianalisis menggunakan aplikasi analisis video tracker. Hasilnya diperoleh nilai μ_s terkecil diberikan oleh pasangan permukaan Ubin-Ubin (0.291 ± 0.004) dan nilai terbesar Aluminium-Kayu (0.65 ± 0.013). Untuk μ_k pasangan permukaan Plastik-Kaca (0.195 ± 0.002) memberikan nilai paling kecil sedangkan nilai terbesar oleh pasangan Aluminium – Aluminium (0.4 ± 0.003).

1. Pendahuluan

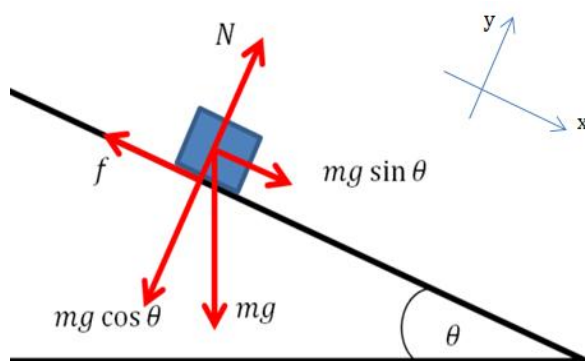
Gaya gesek dapat dinyatakan sebagai mekanisme gesekan antar dua permukaan bersentuhan, yang menimbulkan suatu gaya yang bekerja antara atom permukaan benda satu terhadap permukaan benda lainnya [1]. Benda diam memiliki gaya gesek statis yang berlawanan dengan kecenderungan arah geraknya. Ketika benda diberi gaya yang sejajar dengan landasan dan tidak bergerak maka gaya gesek bernilai lebih besar dari nol hingga mencapai nilai gaya gesek statis maksimum. Benda mulai bergerak ketika memiliki gaya penggerak yang lebih besar dari gaya gesek statis maksimum, dalam hal ini ketika benda bergerak maka gaya gesekan yang bekerja adalah gaya gesek kinetis. Perbandingan nilai gaya gesek statis maupun kinetis terhadap gaya normalnya, masing-masing disebut sebagai koefisien gaya gesek statis dan koefisien gaya gesek kinetis [2].

Gaya gesek merupakan salah satu topik yang menarik untuk dikaji dalam pembelajaran fisika. Secara teori diperoleh bahwa nilai koefisien gesek statis cenderung lebih besar dari koefisien gesek kinetis,

dan seringkali besar nilai koefisien gesek diasumsikan erat kaitannya dengan tingkat kekasaran permukaan benda. Eksperimen terkait gaya gesek banyak dilakukan dengan pengamatan secara langsung, dan menjadi lebih sulit ketika dilakukan terutama untuk menentukan nilai koefisien gaya gesek statis dan kinetis pada bidang miring. Dengan memanfaatkan aplikasi analisis video tracker, proses pengamatan eksperimen yang telah didokumentasikan dalam bentuk video selanjutnya dapat diolah secara lebih akurat hingga akhirnya diperoleh informasi berupa besaran-besaran untuk menentukan nilai koefisien gesek dari pasangan suatu permukaan bahan.

2. Kajian Pustaka

Benda pada bidang miring memiliki komponen gaya berat yang sejajar dengan arah luncuran benda pada bidang tersebut. Komponen gaya ini menarik benda agar meluncur, sedangkan gaya gesek akan berarah sebaliknya. Besar komponen gaya berat searah bidang ini berbanding lurus terhadap besar sudut kemiringan bidang..



Gambar 1. Diagram Gaya

2.1. Koefisien gesek statis

Ilustrasi pada gambar 1. menunjukkan bahwa ketika suatu benda yang diletakkan pada bidang dengan kemiringan θ^0 berada dalam keadaan diam, maka pada kondisi tersebut gaya gesek statis (μ_s) yang bekerja pada benda sebanding dengan komponen gaya berat benda pada arah sumbu x . Jika sudut kemiringan bidang diperbesar hingga mencapai θ^0 tertentu dan benda tepat akan bergerak, maka gaya gesek statis antar permukaan benda dan bidang mencapai nilai maksimum. Perbandingan antara gaya gesek statis terhadap gaya normalnya ini merupakan koefisien gesek statis (μ_s).

$$\vec{f}_{s \max} = \mu_s \vec{N} \quad (1)$$

Dengan \vec{N} adalah gaya normal yang diberikan permukaan bidang terhadap benda. Dengan berdasarkan hukum I Newton untuk komponen pada arah y diperoleh,

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ N &= mg \cos \theta \end{aligned} \quad (2)$$

dan komponen gaya pada arah x ,

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ mg \sin \theta - f_s &= 0 \\ mg \sin \theta &= \mu_s N \end{aligned}$$

$$mg \sin \theta = \mu_s mg \cos \theta \quad (3)$$

Dengan demikian, diperoleh persamaan untuk menentukan koefisien gesek statis (μ_s) yaitu,

$$\mu_s = \tan \theta \quad (4)$$

2.2. Koefisien Gesek Kinetis

Ketika benda (gambar 1.) kemudian meluncur dengan percepatan sebesar a , maka gaya gesek antara permukaan benda dan bidang berubah menjadi gaya gesek kinetis. Perbandingan antara gaya gesek kinetis dengan gaya normal mempunyai nilai yang relatif konstan dan disebut sebagai koefisien gesek kinetis (μ_k).

Dari hukum II Newton, komponen gaya pada arah x dapat diuraikan menjadi:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= ma \\ mg \sin \theta - f_k &= ma \\ mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta &= ma \\ g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta) &= a \end{aligned} \quad (5)$$

Jika a adalah dv/dt maka diperoleh persamaan kecepatan, yaitu:

$$\begin{aligned} \int dv &= \int g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta) dt \\ v &= (\sin \theta - \mu_k \cos \theta)gt + v_0 \end{aligned} \quad (6)$$

Persamaan (6) dapat didekati dengan regresi linear untuk grafik kecepatan benda tiap satuan waktu, dengan gradien kemiringan A .

$$v = At + B \quad (7)$$

dimana

$$A = (\sin \theta - \mu_k \cos \theta)g \quad (8)$$

Maka nilai koefisien gesek kinetis (μ_k) dapat ditentukan dari persamaan [3],

$$\mu_k = \tan \theta - \frac{A}{g \cos \theta} \quad (9)$$

3. Metode Penelitian

Tujuan utama dari eksperimen ini adalah untuk menentukan nilai koefisien gesek statis dan kinetis berbagai jenis pasangan permukaan bahan.

3.1. Alat dan bahan

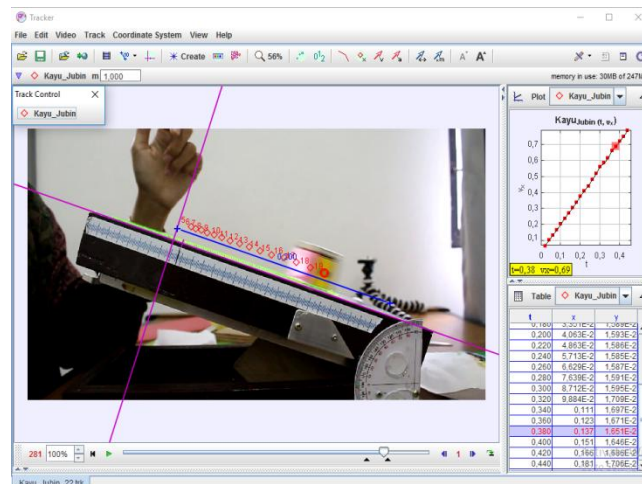
- Sistem utama berupa kotak *portable* berdimensi $30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$ dengan panjang landasan 20 cm , dilengkapi busur derajat.
- Benda (beban) berbentuk balok persegi dengan dimensi $3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ bermassa konstan (43.8 gr), terdiri dari lima permukaan bahan berbeda pada lima sisinya yaitu aluminium, kayu, kaca, plastik, dan jubin.
- Kamera *DSLR Canon EOS 1300D*.
- Aplikasi software *Tracker Video Analysis and Modeling Tool* (Ver 4.11.0).



Gambar 2. Komponen sistem

3.2. Prosedur

Prosedur utama yang dilakukan untuk eksperimen ini adalah dengan merangkai kotak *portable* seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Proses Tracking video

3.3. Koefisien gesek statis

- Beban diletakkan pada landasan mendatar atau pada kemiringan 0° .
- Kemiringan landasan diubah hingga beban tepat akan bergerak.
- Eksperimen dilakukan berulang hingga diperoleh 5 data. Dengan kombinasi jenis permukaan bahan dan landasan yang berbeda.
- Proses tersebut direkam menggunakan kamera *DSLR*, selanjutnya dianalisis menggunakan aplikasi analisis video tracker untuk memperoleh besar sudut di saat beban tepat akan bergerak. Dengan menggunakan persamaan (4) maka akan diperoleh nilai koefisien gesek statis.

3.4. Koefisien gesek kinetis

- Beban diletakkan pada area luncuran dengan kemiringan tertentu θ° .
- Eksperimen dilakukan berulang hingga diperoleh dua data dari besar kemiringan yang sama. Selanjutnya dilakukan variasi dengan memperbesar sudut kemiringan sebanyak 4 kali.
- Eksperimen dilakukan dengan mengganti jenis beban dan dan bidang luncuran.

- d. Proses tersebut juga direkam menggunakan kamera *DSLR* untuk selanjutnya dianalisis menggunakan aplikasi analisis video tracker guna memperoleh kecepatan luncuran tiap satuan waktu. Dengan menggunakan persamaan (9) akan diperoleh nilai koefisien gesek kinetis setelah sebelumnya dilakukan *fitting* data *track* untuk memperoleh gradien kemiringan grafik.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengambilan data dilakukan di laboratorium *Basic Science Center A* (BSCA-ITB). Kondisi awal kelembaban ruangan 61 % dan suhu ruangan 25,1 °C, serta kondisi akhir kelembaban ruangan 62 % dan suhu ruangan 25,6 °C.

4.1. Koefisien Gesek Statis

Berdasarkan video eksperimen yang telah dianalisis menggunakan aplikasi Tracker, maka diperoleh nilai koefisien gesek statis masing-masing pasangan permukaan bahan sebagai berikut,

Tabel 1. Nilai koefisien gesek statis

Landasan Beban	Aluminium	Kaca	Kayu	Plastik	Jubin
Aluminium	0.471±0.008	0.340±0.007	0.650±0.013	0.369±0.083	0.360±0.007
Kaca	0.404±0.009	0.308±0.007	0.541±0.006	0.441±0.008	0.425±0.095
Kayu	0.400±0.008	0.518±0.005	0.564±0.006	0.429±0.008	0.364±0.009
Plastik	0.496±0.005	0.458±0.011	0.611±0.010	0.462±0.010	0.321±0.007
Jubin	0.344±0.006	0.433±0.005	0.527±0.008	0.483±0.004	0.291±0.004

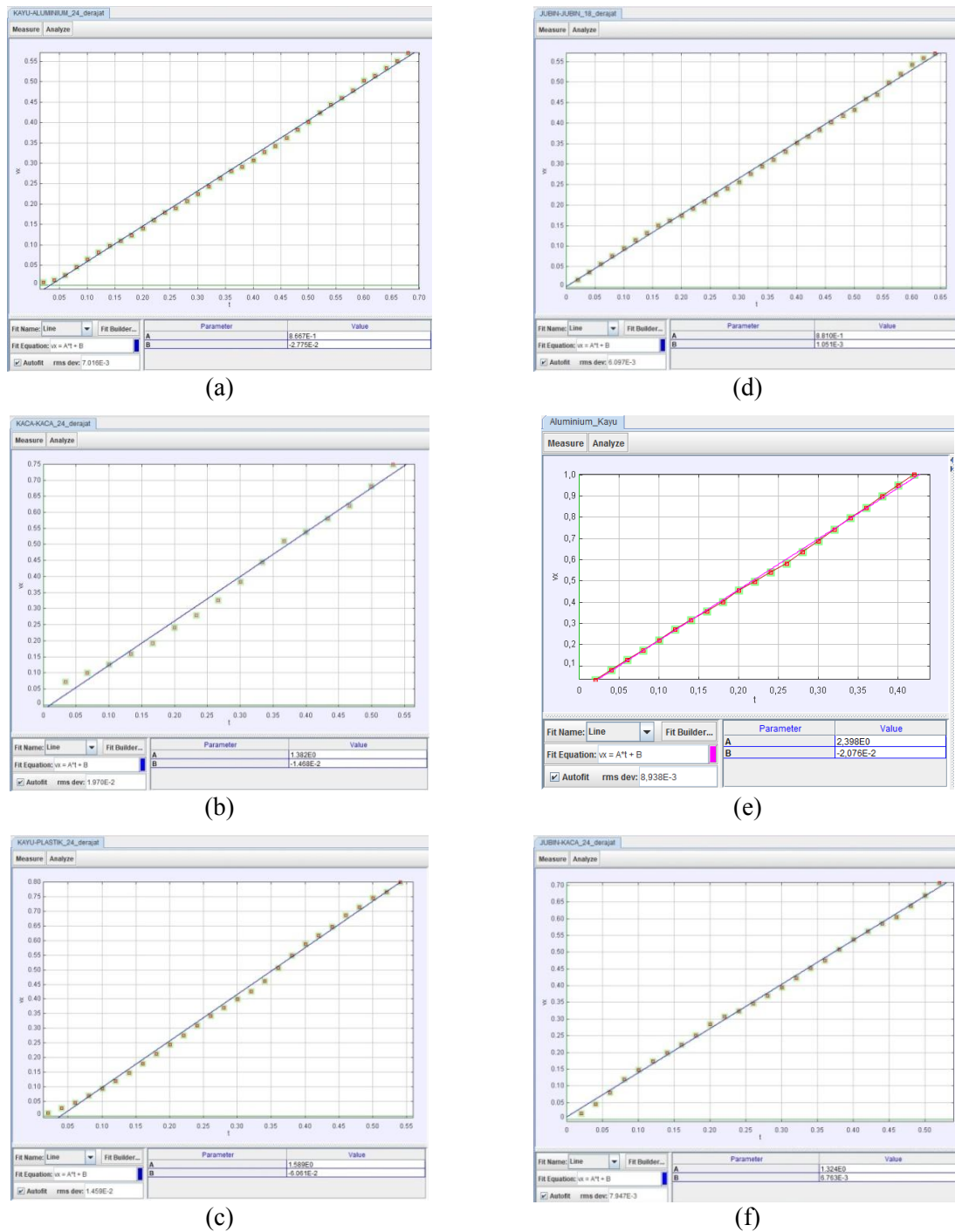
Data pada tabel di atas memperlihatkan μ_s berbagai pasangan bahan yang jika di urutkan dari nilai paling besar hingga paling kecil menjadi, Aluminium-Kayu > Plastik-Kayu > Kayu-Kayu > Kaca-Kayu > Jubin-Kayu > Kayu-Kaca > Plastik-Aluminium > Jubin-Plastik > Aluminium-Aluminium > Plastik-Plastik > Plastik-Kaca > Kaca-Plastik > Jubin-Kaca > Kayu-Plastik > Kaca-Jubin > Kaca-Aluminium > Kayu-Aluminium > Kaca-Kaca > Aluminium-Plastik > Kayu-Jubin > Aluminium-Jubin > Jubin-Aluminium > Aluminium-Kaca > Plastik-Jubin > Jubin-Jubin.

4.2. Koefisien Gesek Kinetis

Pada eksperimen ini pengambilan data dilakukan untuk empat sudut berbeda, dengan dua kali perulangan di tiap sudutnya. Hasil data berupa video selanjutnya dianalisis menggunakan aplikasi *Tracker*. Proses *tracking* berfungsi untuk menentukan posisi benda pada tiap *frame*, kecepatan benda per satuan waktu serta menampilkan grafik seperti yang terlihat pada gambar 3.

Berikut beberapa grafik kecepatan terhadap waktu serta regresi linear untuk pasangan beban dan landasan yang digunakan dalam eksperimen ini,

Analisis koefisien gesek statis dan kinetis berbagai pasangan permukaan bahan pada bidang miring menggunakan aplikasi analisis *video tracker*



Gambar 4. Pasangan bahan, (a)Kayu-kayu 24°, (b)Kaca-kaca 24°, (c) Kayu-plastik 24°, (d) Jubin-jubin 18° (e) Aluminium-kayu 34°, dan (f) Jubin-kaca 24°

Dari regresi linear grafik untuk tiap pasangan balok dan landasan dengan menggunakan persamaan(10), maka diperoleh koefisien gesek kinetis (μ_k) sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai koefisien gesek kinetis

Landasan Beban	Aluminium	Kaca	Kayu	Plastik	Jubin
Aluminium	0.400±0.003	0.204±0.003	0.375±0.002	0.242±0.001	0.293±0.002
Kaca	0.299±0.003	0.295±0.002	0.395±0.003	0.202±0.002	0.226±0.001
Kayu	0.353±0.002	0.304±0.002	0.345±0.002	0.265±0.002	0.205±0.001
Plastik	0.356±0.002	0.195±0.002	0.383±0.002	0.250±0.001	0.245±0.002
Jubin	0.274±0.001	0.297±0.003	0.365±0.001	0.200±0.001	0.234±0.001

Nilai μ_k pasangan suatu bahan cenderung bernilai konstan meskipun dengan adanya variasi sudut kemiringan. Urutan nilai μ_k terbesar hingga terkecil mengacu pada tabel 2. adalah, Aluminium-Aluminium > Kaca-Kayu > Plastik-Kayu > Aluminium-Kayu > Jubin-Kayu > Plastik-Aluminium > Kayu-Aluminium > Kayu-Kayu > Kayu-Kaca > Kaca-Aluminium > Jubin-Kaca > Kaca-Kaca > Aluminium-Jubin > Jubin-Aluminium > Kayu-Plastik > Plastik-Plastik > Plastik-Jubin > Aluminium-Plastik > Jubin-Jubin > Kaca-Jubin > Kayu-Jubin > Aluminium-Kaca > Kaca-Plastik > Jubin-Plastik > Plastik-Kaca.

Dengan membanding nilai koefisien gesek dari tabel 1. dan tabel 2., μ_s memiliki nilai yang cenderung lebih besar dibanding μ_k untuk kombinasi berbagai pasangan bahan yang sama. Akan tetapi urutan pasangan bahan dengan nilai μ_s paling besar hingga paling kecil tidak menunjukkan bahwa urutan nilai tersebut berlaku serupa untuk nilai μ_k .

Metode analisis video menggunakan aplikasi *Tracker* dalam eksperimen untuk penentuan koefisien gesek statis dan kinetis berbagai pasangan bahan (balok-landasan) sangat lah membatu, terutama ketika menggunakan lintasan dengan panjang relatif pendek. Selain itu informasi yang diberikan akan lebih akurat jika dibandingkan terhadap pengamatan secara langsung.

5. Kesimpulan

Dari penelitian pada eksperimen ini dapat disimpulkan bahwa hasil analisis untuk nilai μ_s maupun μ_k , baik untuk pasangan bahan sejenis maupun kombinasi, μ_s memiliki nilai lebih besar dibanding μ_k . Nilai μ_s terkecil diberikan oleh pasangan Jubin-Jubin dan nilai terbesar oleh Aluminium-Kayu. Untuk μ_k pasangan Plastik-Kaca memberikan nilai paling kecil dan nilai terbesar oleh pasangan Aluminium-Aluminium.

6. Daftar Pustaka

- [1] Halliday, Resnick and Walker 2010 *Fisika Dasar Jilid 1 Edisi 7* (Jakarta: Erlangga)
- [2] Abdullah M 2016 *Fisika Dasar 1* (Bandung: Penerit ITB)
- [3] Priyono J 2014 *Penenerapan Metode Video Tracking pada Pengukuran Koefisien Gesek Kinetis Luncuran: Pros. Pertemuan Ilmiah XXVIII (Yogyakarta, 26 April 2014)* (Yogyakarta: Himpunan Fisika Indonesia) pp 50-53