

Perancangan Alat Penentuan Koefisien Gesek Statis Menggunakan Sensor IR FC-51 dan Potensiometer Berbasis Arduino Uno

Fredrik Manuhutu^{1✉}, Noke Kesaulya², Gazali Rachman³

¹Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Pattimura, Ambon

²Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Pattimura, Ambon

³Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Pattimura, Ambon

Article History

Received June 15th, 2023

Received in revised June 17th, 2023

Accepted June 17th, 2023

Available online June 19th, 2023

✉ Corresponding author:

Fredrik Manuhutu

E-mail address:

fredmanuhutu@gmail.com

Abstrak

Telah dibuat alat penentuan koefisien gesek statis (μ_s) berbasis Arduino Uno yang dilengkapi modul sensor IR FC-51. Alat penentuan μ_s ini dibuat untuk mengurangi kemungkinan kesalahan pengamatan saat melakukan praktikum fisika. Alat penentuan μ_s terdiri dari komponen sensor IR FC-51 untuk mendeteksi tepat benda akan bergerak, potensiometer yang diaplikasikan untuk mengukur sudut permukaan landasan dan Arduino Uno perangkat untuk mengirimkan data dari perangkat keras ke komputer secara *real-time*. Uji kerja dari alat penentuan μ_s dimulai dengan permukaan landasan dengan kemiringan 0° , kemudian diletakkan benda di atas permukaan landasan dan tepat di atas permukaan sensor IR FC-51. Saat permukaan landasan dimiringkan secara perlahan-lahan maka potensiometer ikut berputar yang menunjukkan besar sudut bidang. Selama benda belum bergerak maka sensor IR FC-51 dalam kondisi *low*. Saat benda tepat akan bergerak maka sensor IR FC-51 dalam kondisi *high*. Perubahan sinyal dari *low* ke *high* menunjukkan benda tepat bergerak saat bidang mencapai kemiringan sudut dan besar kemiringan sudut menunjukkan nilai μ_s . Pengukuran μ_s dilakukan landasan kayu dengan balok kayu dan landasan dari kaca dengan balok kaca. Hasil yang diperoleh untuk landasan kayu dengan balok kayu $\mu_s = 0,73$ dengan sudut kemiringan rata-rata = $36,16^\circ$ dan landasan kaca dengan balok kaca $\mu_s = 0,4$ dengan sudut kemiringan rata-rata = $22,1^\circ$. Hasil menunjukkan tingkat μ_s permukaan kayu dengan kayu lebih besar dibandingkan μ_s permukaan kaca dengan kaca.

Kata kunci: Koefisien gesek statis (μ_s); Arduino Uno; Sensor IR FC-51; Potensiometer

Abstract

An Arduino Uno-based static friction coefficient (μ_s) determination tool equipped with an IR sensor module FC-51 has been created. This μ_s determination tool is made to reduce the possibility of observation errors when doing physics labs. The μ_s determination tool consists of an FC-51 IR sensor component to detect precisely when an object is moving. The potentiometer measures the angle of the base surface, and an Arduino Uno device transmits data from the hardware to the computer in real time. The work test of the μ_s determination tool starts with the base surface with a slope of 0° , and then the object is placed on the base surface and precisely above the surface of the FC-51 IR sensor. When the base surface is tilted slowly, the potentiometer also rotates, showing the plane

angle's size. As long as the object is not moving, the IR FC-51 sensor is in low condition. When the object moves, the IR FC-51 sensor is in high condition. The change in signal from low to high indicates that the object is moving when the plane reaches the slope angle, and the slope angle shows the value of μ_s . The μ_s are measured on a wooden base with wooden blocks and a glass base with glass blocks. The results obtained for a wooden base with wooden blocks $\mu_s = 0.73$ with an average slope angle = 36.16° and a glass base with glass blocks $\mu_s = 0.4$ with an average slope angle = 22.1° . The results show that the μ_s level of the wood surface with wood is greater than the μ_s level of the glass surface with glass.

Keywords: Static friction coefficient (μ_s); Arduino Uno; FC-51 IR Sensor; Potentiometer

1. Pendahuluan

Konsep tentang gaya gesek statis (f_s) merupakan salah satu besaran fisika yang sering dibahas dalam pelajaran fisika. Peristiwa gesekan merupakan fenomena yang tak terpisahkan dalam kegiatan sehari-hari sehingga perlu dijelaskan mengenai nilai dan cara perolehannya. Gesekan antara dua permukaan yang saling diam satu terhadap yang lain disebut gaya statis (Halliday, 2010). Gaya gesek statis maksimum terjadi saat kondisi gaya terkecil yang dibutuhkan agar benda mulai bergerak. Perbandingan antara gaya gesek statis maksimum dengan besar gaya normal disebut sebagai koefisien gesek statis (μ_s).

Pembahasan tentang gaya gesek dalam pelajaran fisika sering menempatkan koefisien gaya gesek statis sebagai besaran yang telah diketahui tanpa memberikan informasi kepada pendidik mengenai proses perolehan nilai tersebut (Andriani, dkk., 2021). Penelitian menunjukkan bahwa masih banyak kesalahpahaman bahkan miskonsepsi di kalangan fisika tentang konsep gesekan, sehingga eksperimen atau praktikum perolehan nilai koefisien gesek statis secara langsung sangat perlu dilakukan (Suana, 2014; Tiandho, 2018; Mariyo, dkk., 2019). Eksperimen atau praktikum untuk perolehan koefisien gesek statis pada bidang miring perlu di dukung dengan peralatan eksperimen yang memadai sehingga perolehan nilai koefisien gesek statis yang akurat. Peralatan eksperimen berbasis sensor adalah sangat tepat untuk menjadikan eksperimen atau praktikum dalam penentuan koefisien gesek statis pada bidang miring yang menghasilkan nilai koefisien gesek yang akurat, sehingga perlu dirancang peralatan penentuan koefisien gesek statis yang dilengkapi sensor dalam mendeteksi adanya gerak balok dan sensor untuk mengukur besar sudut landasan. Kedua variabel tersebut sebagai variabel penentuan besar koefisien gesek statis pada bidang miring.

Perolehan nilai koefisien gesek statis secara eksperimen pada bidang miring cukup memerlukan pengamatan secara langsung oleh pengamat dan cara ini tidak akurat dalam melaporkan besar sudut bidang miring tepat saat benda bergerak sebagai nilai koefisien gesek statis. Koefisien gesek statis juga dapat diperoleh dengan membandingkan gaya diperlukan untuk menyelipkan sebuah balok pada permukaan dan gaya yang dibutuhkan untuk memiringkan balok (Dietz & Aguilar, 2012). Dalam perkembangannya, pengukuran koefisien gesek statis dapat menggunakan *smartphone* dan kursi sebagai bidang miring (Kapucu, 2018).

Kesulitan eksperimen perolehan nilai koefisien gesek statis pada bidang miring menggunakan *smartphone* adalah sulit menentukan sudut tepat saat benda mulai bergerak karna tidak dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi gerak benda. *Smartphone* digunakan hanya untuk mengukur kemiringan landasan. Dalam mengatasi permasalahan ini, maka digunakan sensor IR FC-51 merupakan sensor *infrared* untuk mendeteksi adanya gerak benda dan pemanfaatan potensiometer untuk mengukur sudut landasan atau bidang kemudian

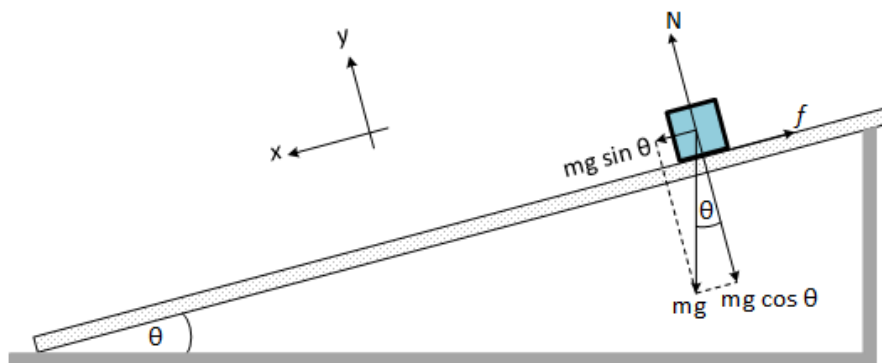
keluaran sensor IR FC-51 dan potensiometer dihubungkan ke komputer melalui Arduino Uno dan ditampilkan secara *serial monitor* program Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Komputer akan merekam data serta menampilkan perubahan sudut landasan secara *real time* dan secara otomatis komputer menghitung besar nilai koefisien gesek statis berdasarkan persamaan 6.

2. Metode

Perancangan alat penentuan koefisien gesek statis membutuhkan peralatan dan bahan, yaitu kaca dan kayu sebagai landasan dengan luas permukaan masing-masing 1628 cm² (22 cm x 74 cm), balok kaca dan balok kayu dengan luas permukaan masing-masing 28 cm² (4 cm x 7 cm). Jenis kayu yang digunakan sebagai landasan dan balok adalah kayu linggua. Komponen elektronik meliputi Potensiometer 10 kΩ, sensor IR FC-51 dan Arduino Uno. Secara teori, penentuan koefisien gesek statis dapat dituliskan sebagai $\mu_s = \tan \theta_s$ (Persamaan 6), dimana θ_s adalah sudut saat balok tepat akan bergerak. Perancangan alat penentuan koefisien gesek statis berbasis Arduino Uno yang dilengkapi sensor IR FC-51 dan potensiometer yang diaplikasikan untuk pengukuran sudut landasan, maka dibagi menjadi dua bagian perancangan yaitu perancangan mekanik dan perancangan elektronik. Setelah kedua perancangan telah dibuat, selanjutnya dilakukan kalibrasi potensiometer sebagai perubahan sudut bidang. Hal ini dilakukan untuk menkonversikan tegangan potensiometer menjadi besaran sudut dalam satuan derajat.

2.1 Koefisien Gesek Statis

Berdasarkan Gambar 1, sebuah balok diletakkan di atas bidang miring dengan sudut θ tertentu, namun balok dalam keadaan diam tidak bergerak. Karena dalam keadaan diam, maka percepatan balok $a = 0$, sehingga $\sum F_x = 0$. Dalam kondisi tersebut, gaya gesek statis atau dituliskan f_s yang bekerja sebanding dengan komponen gaya yang bekerja pada komponen x. Jika sudut θ diperbesar secara perlahan-lahan, maka pada saat θ tertentu balok akan tepat mulai bergerak. Saat balok tepat mulai bergerak maka gesek statis antara balok dengan permukaan bidang mencapai nilai maksimum atau disebut gaya gesek statis maksimum atau f_{smax} .



Gambar 1. Gaya yang bekerja pada bidang miring

Perbandingan antara gaya gesek statis dengan gaya normal adalah koefisien gesek statis. Dari penjelasan tersebut maka dapat dituliskan gaya gesek statis adalah:

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

Jika gaya-gaya diuraikan dalam komponen x, sepanjang bidang miring dan komponen y, yang tegak lurus terhadap bidang miring, maka diperoleh:

$$N - mg \cos \theta = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$f_s - mg \sin \theta = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

Jika sudut kemiringan diperbesar sedikit demi sedikit, sampai benda atau balok tepat mulai bergerak, maka pada keadaan itu sudut $\theta = \theta_s$, maka dapat digunakan persamaan 1 yang disubsitusikan ke dalam persamaan 3, sehingga:

$$N = mg \cos \theta_s \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\mu_s N = mg \sin \theta_s \quad \dots\dots\dots (5)$$

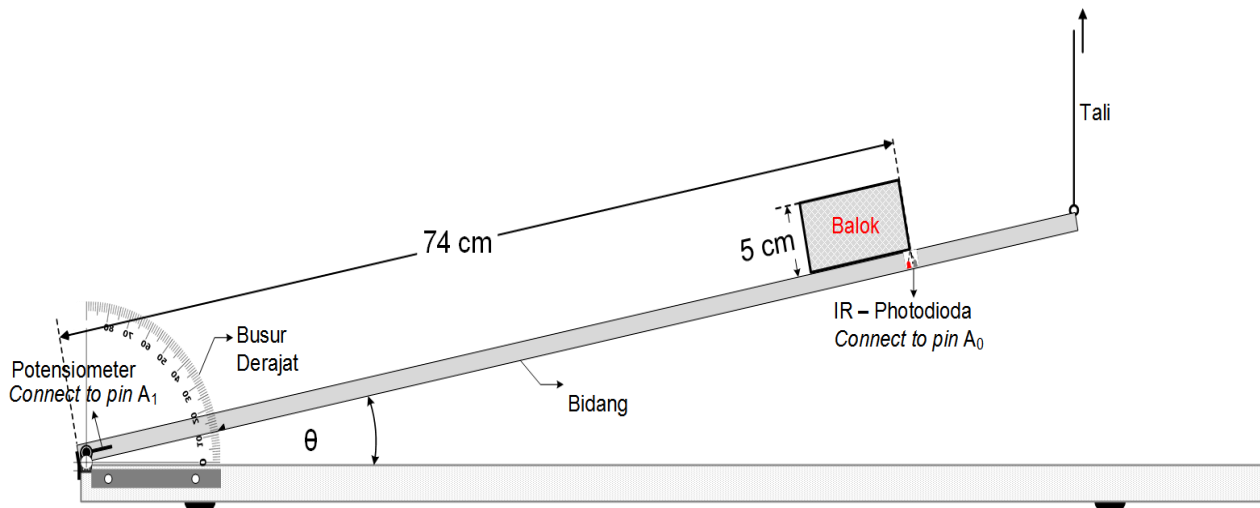
$$\mu_s mg \cos \theta_s = mg \sin \theta_s$$

Sehingga koefisien statis dapat dituliskan sebagai

$$\mu_s = \tan \theta_s \quad \dots\dots\dots (6)$$

2.2. Desain Perancangan Mekanik

Bentuk perancangan secara mekanik alat penentuan koefisien gesek statis akan didesain sesuai dengan Gambar 2 di bawah ini. Bidang pada Gambar 1 terbuat dari pipa kotak berbahan galvanis berukuran (2 cm x 2 cm) yang di atasnya akan diletakkan bahan kayu dan kaca. Ujung bidang diletakkan busur derajat, potensiometer dan ujung bidang lainnya yang berjarak 74 cm diletakkan sensor IR FC-51.

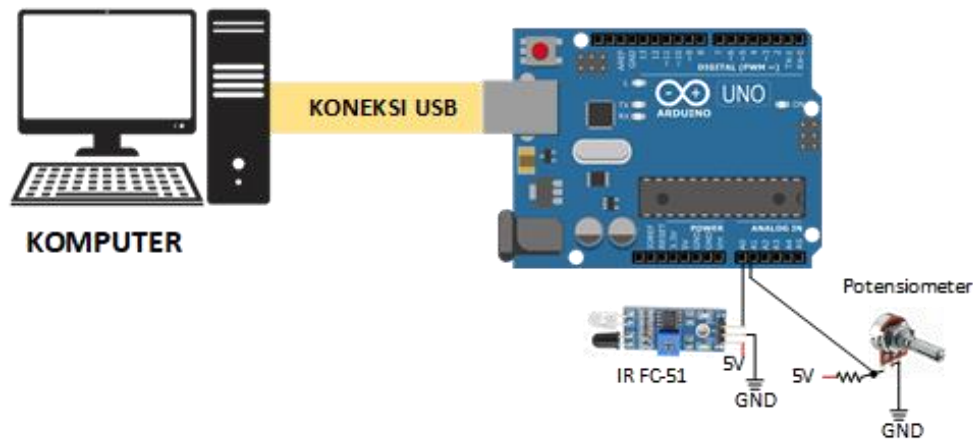


Gambar 2. Bentuk desain alat penentuan koefisien gesek statis

2.3. Desain Perancangan Elektronik

Perancangan elektronika ditunjukkan seperti pada Gambar 3 di bawah ini. Keluaran sensor IR FC-51 dan potensiometer terhubung dengan pin analog Arduino Uno yaitu A0 dan A1. Sensor IR FC-51 dan potensiometer diberikan catu daya sebesar 5V. Saat balok berada depan sensor IR FC-51 maka keluaran sensor IR FC-51 adalah *high* dan saat tidak terdapat balok di depan sensor IR FC-51 maka keluaran sensor adalah *low*. Keluaran dari sensor IR FC-51 dan

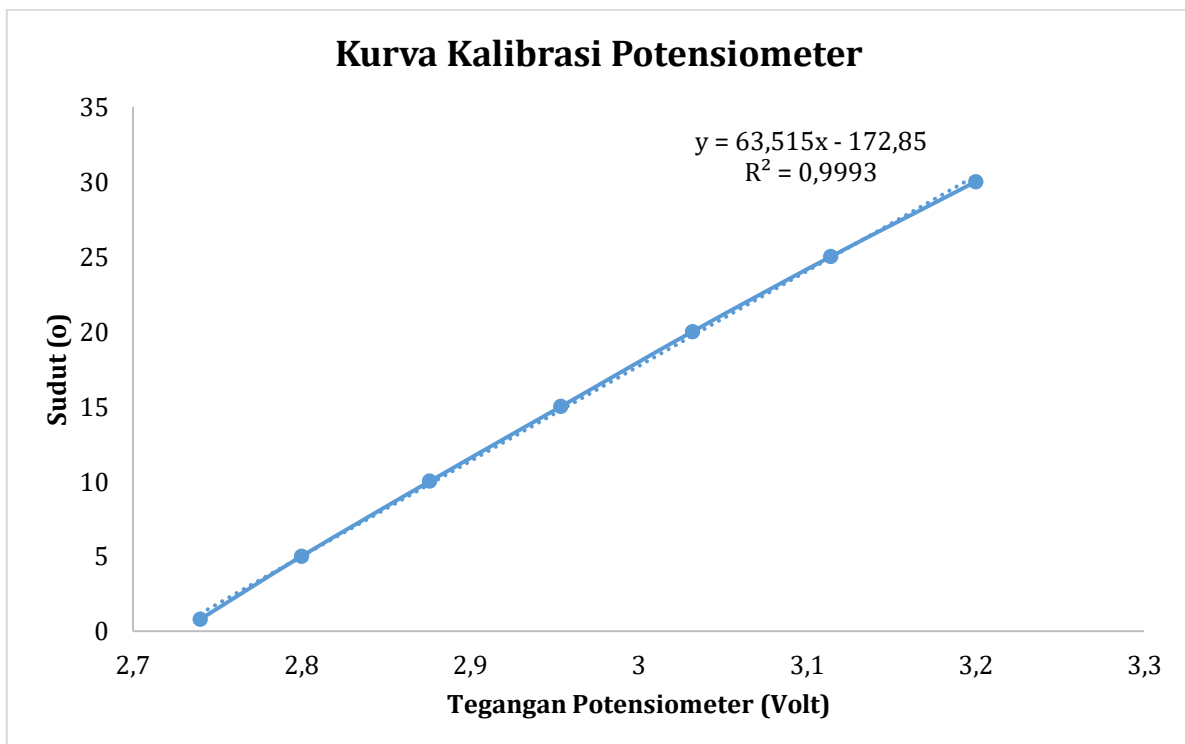
potensiometer akan dikirim ke komputer melalui Arduino Uno dan ditampilkan melalui *serial monitor* program Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).



Gambar 3. Perancangan elektronika IR FC-51 dan potensiometer yang terhubung Arduino Uno

2.4. Kalibrasi Potensiometer Sebagai Perubahan Sudut Bidang

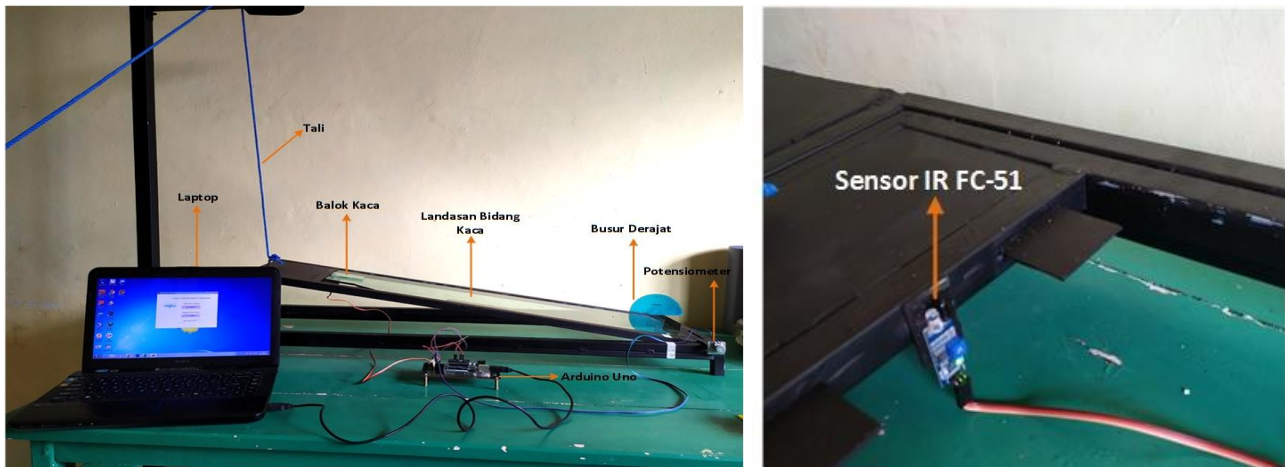
Proses kalibrasi dilakukan dengan cara menarik ujung landasan mulai dari 0° sampai 30° . Perubahan sudut dicatat setiap perubahan 5° dan dilakukan perulangan sebanyak 5 kali. Dari hasil kalibrasi yang dilakukan, diperoleh kurva linear (Gambar 4) antara perubahan sudut yang menghasilkan perubahan tegangan potensiometer. Kurva tersebut di *fitting* secara linear dan diperoleh persamaan linear, yaitu $y = 63,515x - 172,85$. Persamaan ini kemudian digunakan untuk mengonversikan tegangan potensiometer menjadi besaran sudut.



Gambar 4. Grafik kalibrasi tegangan potensiometer (v) vs perubahan sudut ($^\circ$)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perancangan alat penentuan koefisien gesek statis secara mekanik dan elektronik ditunjukkan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik kalibrasi tegangan potensiometer (v) vs perubahan sudut ($^{\circ}$)

Setelah hasil perancangan mekanik dan elektronik telah dibuat, selanjutnya melakukan eksperimen dalam penentuan koefisien gesek statis pada landasan kayu dengan balok kayu dan landasan kaca dengan balok kaca. dari kedua bahan tersebut ditunjukkan sesuai Tabel 1 di bawah ini. Pengujian koefisien statis pada kedua bahan masing-masing dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali perulangan kemudian dirata-ratakan.

Tabel 1. Hasil penentuan koefisien gesek statis pada bahan kayu dan kaca

Percobaan	Kaca		Kayu	
	θ ($^{\circ}$)	μ_s	θ ($^{\circ}$)	μ_s
1	21,48	0,39	35	0,7
2	20,86	0,38	36,69	0,74
3	24,89	0,46	37,62	0,77
4	22,72	0,41	37,62	0,77
5	20,55	0,37	33,89	0,67
Rata-rata	22,1	0,4	36,16	0,73

Arduino telah diprogramkan sehingga dapat menerima sinyal keluaran dari sensor IR FC-51 dan potensiometer, kemudian arduino mengirimkan kedua sinyal masukan tersebut tersebut ke komputer secara *real time* melalui serial USB port. Hasil pengujian alat yang dirancang menunjukkan sensor IR FC-51 telah mampu mendeteksi balok yang akan tepat bergerak secara otomatis dengan memberikan perubahan sinyal dari sinyal *high* menjadi *low* sebagai indikasi balok telah bergerak. Demikian juga potensiometer mampu membaca besar kemiringan landasan yang sudah di konversikan ke dalam satuan derajat.

Penelitian dilakukan pada kondisi kelembaban ruangan 62% dan suhu ruangan 26,2 $^{\circ}$ C. Untuk permukaan kayu linggua hanya di amplas sedikit tanpa dilumuri dengan cat untuk memperoleh nilai koefisien murni dari kayu linggua. Hasil eksperimen penentuan koefisien gesek statis antara balok kaca dengan landasan kaca menunjukkan balok kaca akan tepat bergerak di atas permukaan kaca rata-rata saat mencapai sudut 22,1 $^{\circ}$, sedangkan balok berupa

kayu akan tepat bergerak diatas permukaan kayu rata-rata mencapai sudut $36,16^\circ$. Perolehan sudut kedua jenis bahan tersebut dimasukan ke dalam persamaan koefisien gesek statis, maka diperoleh μ_s yaitu untuk kaca rata-rata 0,4 dan untuk kayu 0,73.

Perancangan alat penentuan koefisien gesek statis berbasis Arduino yang dilengkapi sensor IR FC-51 dan potensiometer sebagai komponen yang diaplikasikan untuk mengukur sudut landasan terbukti dapat membantu dalam memberikan nilai koefisien gesek statis yang lebih akurat jika dibandingkan dengan pengamatan secara langsung. Keakuratan nilai koefisien gesek statis terletak pada keakuratan sudut yang diukur oleh potensiometer tepat saat benda bergerak.

Kesimpulan

Berdasarkan uji alat penentuan koefisien gesek statis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sensor IR FC-51 dan potensiometer yang dihubungkan dengan Arduino, dapat digunakan dalam penentuan koefisien gesek statis. Koefisien gesek statis yang diperoleh dalam penelitian ini adalah untuk landasan kayu dengan balok kayu sebesar 0,73 dan untuk landasan kaca dengan kaca sebesar 0,4. Dari kedua nilai koefisien gesek statis menunjukkan tingkat kekasaran kayu lebih besar dibandingkan kaca.

Ucapan Terima Kasih

Puji dan syukur dinaikkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga artikel ini dapat diselesaikan. Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Dasar Program Studi Pendidikan Fisika Unpatti, Dr. A. Latununuwe, M.Si., yang telah mendukung kami selama proses perancangan alat di laboratorium serta mahasiswa Pendidikan Fisika yang juga telah terlibat dalam proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Andriani, F., Busri, S. S., Rande, W., Joni, Y. M., & Astro, R. B. (2021). Analisis Koefisien Gesek Kinetis Benda Di Bidang Miring Menggunakan Video Tracker. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(1), 74-83. <https://doi.org/10.37478/optika.v5i1.980>.
- Dietz, E., & Aguilar, I. (2012). Slipping and Tipping: Measuring Static Friction With a Straightedge. *The Physics Teacher*, 50(8), 475-476. <https://doi.org/10.1119/1.4758147>.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fundamental of Physics*. USA: John Willey & Sons.
- Kapucu, S. (2018). A Simple Experiment to Measure The Maximum Coefficient of Static Friction With a Smartphone. *Physics Education*, 5(3), 053006. <https://doi.org/10.1088/1361-6552%2Faad0da>.
- Mariyo, H., & Islami, N. (2019). The Development of Sound Wave Experimentation Tools Which Influenced by Relative Humidity Using Audacity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351, 1-4.
- Suana, W. (2014). Mengungkap Miskonsepsi Mekanika Mahasiswa Calon Guru Fisika Semester Akhir Pada Salah Satu Universitas di Lampung. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 15(1), 1-8.
- Tiandho, Y. (2018). Miskonsepsi Gaya Gesek Pada Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan*, 4(1), 1-9. <http://doi.org/10.25273/jpfk.v4i1.1814>.