

# DESIGN OF PRACTICUM EQUIPMENT FOR FRICTIONAL FORCE ON INCLINED PLANE WITH ARDUINO-BASED PHOTOGATE SENSORS

Beta Nur Yuliani, Alex Harijanto, Lailatul Nuraini

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jember, yulianibeta@gmail.com

## Abstrak

Umumnya pembelajaran fisika sangat penting dilaksanakannya praktikum. Namun, pada proses pembelajaran tidak semua topik fisika dilakukannya praktikum seperti pada materi gaya gesek, salah satunya karena keterbatasan alat praktikum. Seiring berkembangnya teknologi saat ini, alat praktikum banyak dikembangkan secara digital. Salah satu perangkat pengembangan alat yang cukup efektif yaitu arduino uno yang memiliki banyak kelebihan. Berbantuan dengan sensor photogate dapat mengukur waktu dan percepatan yang dapat menjadi alat praktikum gaya gesek yang lebih efektif dan efisien. Penelitian ini menggunakan metode penelitian Nieveen et.al. (2006) dengan beberapa langkah yang digunakan yaitu (1) Preliminary research, (2) Prototyping stage, dan (3) Assesment stage (summative evaluation). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil  $R$  pada uji kalibrasi di setiap sudutnya yaitu  $<1$ . Selain itu, nilai error rata-rata pada semua sudut yaitu bernilai  $<1\%$ . Hal ini menunjukkan bahwa memiliki hubungan yang sangat kuat, sehingga tingkat ketelitian rancang bangun alat praktikum gaya gesek sangat valid.

Kata kunci: arduino; gaya gesek; alat praktikum; bidang miring; sensor photogate.

## Abstract

In general, the practicum is very substantial to implement in learning physics. However, in the learning process, not all topics of physic need practicum, the friction force material, for instance, due to the limitations of practical tools. Along with the development of today's technology, many practicum tools developed digitally. One device development tool that is quite effective is the Arduino Uno which has many advantages. With the help of the Photogate sensor, it can measure time and acceleration that can be a more effective and efficient friction force practicum tool. This study uses the research method of Nieveenet.al. (2006) in several phases, namely (1) preliminary research, (2) prototyping stage, and (3) assessment stage (summative evaluation). The results of this study signify that the outcome of  $R$  on the calibration test at every angle is  $<1$ . In addition, the average error value at all angles is  $<1\%$ . This case shows that it has a powerful relationship hence the level of accuracy in the design of the friction force practicum tool is very valid.

Keywords: arduino; gaya gesek; alat praktikum; bidang miring; sensor photogate.

## Pendahuluan

Bidang ilmu alam merupakan suatu hal yang menjurus pada rumpun ilmu dengan objek pengamatannya ialah benda alam dan gejala alam dengan menggunakan ilmu pasti. Salah satunya yaitu ilmu fisika yang memiliki hakikat sebagai produk, sebagai proses, dan sebagai sikap. Berdasarkan hakikat fisika dan ilmu fisika sebagai ilmu sains, perlu dilakukan suatu percobaan atau eksperimen guna membuktikan teori yang ada. Hal ini bertujuan agar dapat lebih membantu peserta didik untuk lebih memahami teori atau konsep fisika (Nasution, 2018).

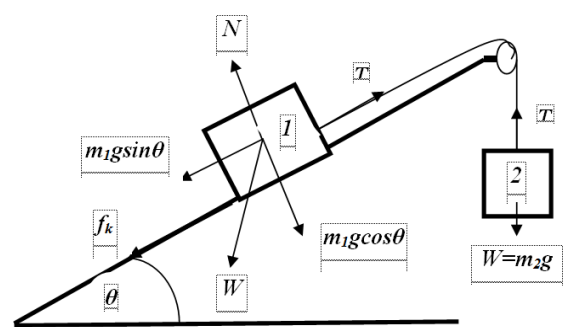
Pokok bahasan fisika sangat diperlukan praktikum salah satunya pada materi gaya gesek. Hal ini

disebabkan oleh tingginya tingkat miskonsepsi pada peserta didik. Terjadinya miskonsepsi pada peserta didik dikarenakan minimnya alat bantu mengajar dan pemberian melalui teori tanpa praktikum sebagai penunjang pengalaman belajar siswa. Selain itu, terdapat satu permasalahan lain yaitu rendahnya keterampilan proses ilmiah siswa. Hal itu sebagai akibat dari rendahnya pengalaman praktikum yang diberikan guru kepada para peserta didik. Permasalahan tersebut juga didasarkan pada tidak lengkapnya alat praktikum untuk seluruh materi fisika (Tiandho, 2018).

Gaya gesek merupakan suatu gaya yang sejajar dengan bidang tetapi berlawanan arah dengan

arah pergeseran benda sehingga mengakibatkan terjadinya hambatan. Gaya gesek sendiri dipengaruhi oleh nilai dari koefisien gaya gesek suatu permukaan benda. Gaya gesek dibagi menjadi dua jenis, yaitu gaya gesek statis dan gaya gesek kinetis. Gaya gesek statis merupakan suatu gaya gesek yang terjadi pada dua permukaan yang diam satu sama lainnya, contohnya pada permukaan suatu benda yang diam dengan lantai. Sedangkan gaya gesek kinetis merupakan gaya gesek yang timbul pada dua permukaan yang mengalami pergerakan atau pergeseran, (Setyarini dan Natalisanto, 2016).

Menurut Serway (2004), untuk menentukan koefisien gesekan dapat dengan melakukan tiga macam cara. Pertama, menggunakan balok yang ditarik oleh katrol pada bidang datar. Kedua, balok yang meluncur tanpa katrol pada bidang miring. Dan ketiga, balok yang ditarik dengan katrol pada bidang miring. Sedangkan untuk penelitian ini menggunakan jenis ketiga yaitu balok yang ditarik katrol pada bidang miring. Alat praktikum gaya gesek yang biasa digunakan hanya pada kasus jenis pertama dan kedua. Untuk jenis ketiga sangat jarang dilakukan praktikum. Oleh karena itu dikembangkan alat praktikum yang mengacu pada jenis ketiga.



Gambar 1. gaya yang bekerja pada balok yang ditarik dengan katrol pada bidang miring.

Salah satu kasus benda yang ditarik dengan katrol pada suatu bidang miring dapat digunakan untuk mencari koefisien gesek kinetis berdasarkan turunan persamaan sistem yaitu sebagai berikut:

$$\bar{a} = \frac{g(m_2 - m_1(\sin\theta + \mu_k \cos\theta))}{m_1 + m_2} \quad (1)$$

$m_2$  merupakan massa benda yang digantungkan dengan satuan Kilogram (Kg), sedangkan  $m_1$  merupakan massa benda yang berada lintasan

bidang miring dengan satuan yang sama yaitu Kilogram (Kg). Kemudian untuk sudut kemiringan disimbolkan dengan teta ( $\theta$ ) dan percepatan sistem ( $a$ ) dengan satuan  $m/s^2$ . Karena panjang tali tetap dengan arah berlawanan sehingga tegangan tali dapat saling dikurangkan. Sedangkan untuk koefisien gesek tali terhadap katrol diabaikan karena memiliki nilai sangat kecil (Kurniawan dan Handayani, 2018).

Suatu percobaan atau eksperimen juga tidak lepas dari satu hal penting yaitu pengukuran. Pengukuran dapat dilakukan dengan tujuan mencari suatu besaran fisis tertentu dengan bantuan suatu alat ukur tertentu. Penggunaan media yang di terapkan pada kegiatan praktikum di sekolah pada umumnya masih bersifat manual atau menggunakan pengukuran manual. Sehingga media yang digunakan kurang akurat dalam memperoleh data dan kurang efisien dalam waktu dan proses penggunaan media praktikum tersebut. hal tersebut mengakibatkan peserta didik memiliki minat dan keterampilan proses ilmiah yang rendah serta terjadi miskonsepsi karena sulit bagi peserta didik untuk memahami dengan proses yang rumit dan kurang efisien. Pengukuran yang dilakukan secara manual hanya dapat mengukur besaran fisis tertentu, sehingga diperlukan alat bantu ukur untuk membantu dalam proses pengukuran. Alat yang sering digunakan dan dikembangkan pada kegiatan pengukuran adalah alat berbasis elektrik yang dapat ditampilkan secara digital (Jading *et al.*, 2020).

Berbantuan dengan sensor photogate sebagai pengukur waktu dan kecepatan pada alat praktikum gaya gesek pada bidang miring, maka akan jauh lebih efektif dibandingkan dengan pengukuran manual. Suatu sensor *photogate* akan mengeluarkan nilai tegangan tertentu apabila cahaya LED tepat mengenai detektor cahaya atau LDR (*Light Dependent Resistor*). Kemudian sebaliknya jika cahaya dari LED tidak tepat mengenai detektor cahaya atau LDR (*Light Dependent Resistor*) maka tegangan output yang dihasilkan oleh sensor *photogate* yaitu sebesar nol volt. Oleh karena itu, sensor *photogate* ini juga dapat dikatakan sebagai aktif LOW (Handayani *et al.*, 2019).

Penelitian Hadianti dan Sugianto (2020) mengenai analisis kebutuhan pengembangan design alat praktikum koefisien gaya gesek berbasis arduino, menunjukkan bahwa memang sangat diperlukan pengembangan alat praktikum gaya gesek secara manual menjadi berbasis arduino untuk meningkatkan pemahaman materi maupun konsep fisika pada peserta didik. Seiring berkembangnya teknologi sekarang, alat percobaan tidak hanya dikembangkan dalam alat berbasis software tetapi juga alat berbasis arduino. Arduino Uno merupakan suatu papan rangkaian elektronik atau biasa disebut dengan kit elektronik. Pada Arduino Uno sendiri terdiri dari 20 pin dengan 14 pin sebagai input/output, dan 6 pin lainnya sebagai output PWM. Selain itu terdapat 6 analog 13 input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan terakhir yaitu tombol reset. Arduino Uno merupakan modul mikrokontroler yang memiliki banyak kelebihan diantaranya harga terjangkau dan dapat bekerja dengan cukup baik atau dapat memperoleh data yang akurat. Namun, pada pengembangan alat praktikum sendiri masih sangat minim untuk pengembangan alat berbasis arduino. Padahal, Arduino Uno dapat menjadi solusi yang cukup efektif dalam pengembangan alat percobaan (Haris dan Lizelwati, 2016).

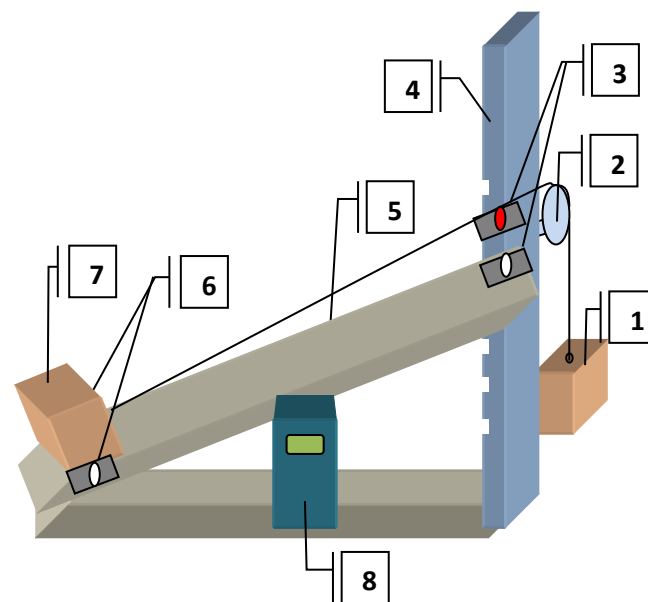
### Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan (*Research and Development*). Desain penelitian pengembangan ini menggunakan desain penelitian Nieveen *et.al.* (2006). Pada desain tersebut terdapat beberapa langkah yang digunakan yaitu (1) *Preliminary research*, (2) *Prototyping stage*, dan (3) *Assesment stage (summative evaluation)*. Pada tahap penilaian atau asesmen (*Assesment stage*) menggunakan *regresi linier* untuk validasi produk yang akan dikembangkan.

#### a. Tahap studi pendahuluan (*Preliminary research*)

Tahap studi pendahuluan yang dilakukan peneliti yaitu dengan *study literature* yang berhubungan dengan penelitian pengembangan rancang bangun alat ini. Dalam melakukan *study literature* peneliti mengumpulkan permasalahan dan data-data yang

mendasari perlunya dilakukan penelitian ini,



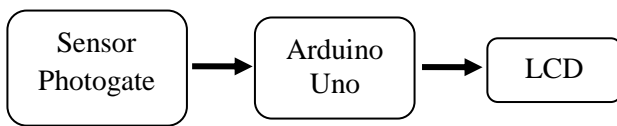
sehingga memperoleh suatu hipotesis penelitian. Kemudian dianalisis untuk memperoleh judul penelitian yang memang layak dan diperlukan adanya pengembangan penelitian.

#### b. Tahap perancangan (*Prototyping stage*)

Setelah melalui proses pendahuluan, selanjutnya dilakukan tahap kedua yaitu tahap perancangan yang memiliki beberapa bagian sebagai berikut:

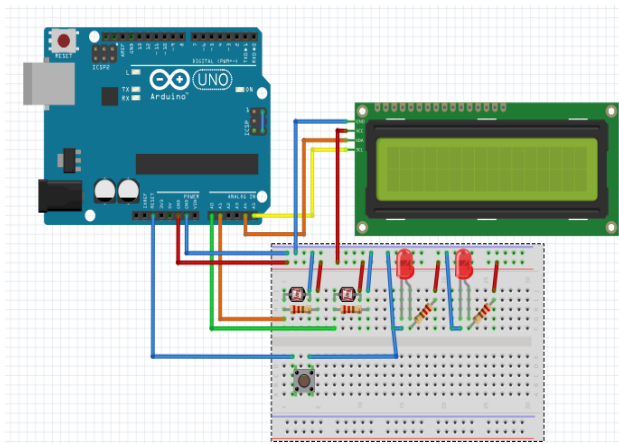
1. Alat dan bahan
  - a) Satu set rangkaian arduino disertai dengan sensor photogate
  - b) Kabel penghubung
  - c) Set bidang miring
  - d) Tali penghubung
  - e) Benda 1
  - f) Beban
  - g) Sumber tegangan (*Power Supply*)
  - h) LCD
  - i) Laptop atau PC
  - j) Software *arduino IDE*
2. Desain alat

Rancang bangun alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari sensor photogate dan arduino uno. Dengan sensor photogate sebagai pengukur waktu. Desain rangkaian alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dijelaskan pada Gambar 2. berikut.



Gambar 2. Desain blok perangkat.

Rancangan alat ukur waktu, dan percepatan dengan sensor photogate, arduino uno dan LCD I2C yaitu lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan rangkaian arduino menggunakan aplikasi fritzing

Kemudian untuk diagram rancang bangun alat praktikum gaya gesek pada bidang miring dengan sensor photogate berbasis arduino dapat dilihat pada Gambar 4.

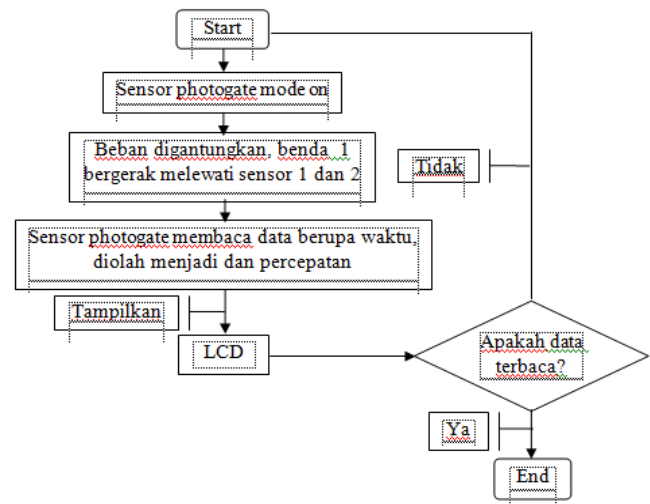
Gambar 4. Desain rancang bangun alat praktikum gaya gesek dengan sensor photogate berbasis arduino

Keterangan :

1. Benda 2 atau beban
2. Katrol
3. Sensor photogate 1
4. Penyangga dan penentu sudut bidang miring
5. Lintasan bidang miring
6. Sensor photogate 2
7. Benda 1
8. Rangkaian arduino beserta LCD

### 3. Flowchart sistem alat

Cara kerja atau proses penggunaan alat praktikum gaya gesek berbasis arduino dapat dijelaskan pada diagram Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart sistem alat

### 4. Uji coba

Langkah penting yang harus dilakukan sebelum pada tahap selanjutnya yaitu uji coba. Uji coba ini bertujuan sebagai langkah evaluasi peneliti untuk menjadi dasar perbaikan alat sebelum menjadi produk final. Langkah ini diterapkan pada bagian-bagian alat termasuk sensor dan arduino.

#### c. Tahap penilaian (Assesment stage)

Tahap penilaian (*Assesment stage*) ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat yang dikembangkan dengan mengoperasikan alat sesuai dengan langkah kerja alat. Sehingga dapat diketahui apakah saat digunakan alat praktikum gaya gesek benda pada bidang miring berbasis arduino tersebut dapat berfungsi dengan semestinya, serta menghasilkan data yang sesuai atau tidak. Apabila alat yang dikembangkan masih terdapat ketidaksesuaian pada hasil maupun alat, maka perlu dilakukan proses perbaikan untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

### Hasil dan Pembahasan

Proses pembuatan rancang bangun alat praktikum gaya gesek ini menggunakan dua pasang sensor photogate sebagai pengukur waktu yang terpasang pada ujung masing-masing lintasan bidang miring. Tahap prosedur pembuatan rancang bangun alat praktikum gaya gesek pada bidang miring berbasis Arduino melalui dua macam proses yaitu diantaranya rancangan sistem Arduino dan rancangan final alat. Rancangan sistem Arduino merupakan rancangan rangkaian

arduino beserta sensor yang digunakan dalam pengembangan alat dengan Arduino Uno sebagai kendali utama. Perancangan sistem Arduino memiliki dua sistem diantaranya sistem *hardware* (perangkat keras) yaitu Arduino Uno beserta sensor *photogate*, dan sistem software (perangkat lunak) yang menggunakan *software Arduino IDE (Integrated Development Environment)* untuk memprogram arduino pada laptop atau PC.

Berdasarkan rangkaian sistem arduino alat praktikum gaya gesek di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### a. Arduino Uno

Arduino bertugas mengolah data yang dibaca oleh sensor *photogate*. Sensor *photogate* yang terhubung pada arduino dapat memperoleh suatu data dengan memprogramnya terlebih dulu dengan koding yang sesuai pada *software Arduino IDE*. Selain itu, agar program dapat berjalan pada rangkaian sistem arduino maka sensor tersebut harus terhubung pada pin arduino dengan tepat. Berikut jenis pin arduino beserta fungsi pada rangkaian sistem arduino alat praktikum gaya gesek pada bidang miring:

##### 1. Pin power

Pin Power yang dihubungkan pada alat praktikum gaya gesek pada bidang miring berbasis arduino yaitu pada pin gnd atau ground dan 5v. Kemudian pin reset dihubungkan pada push button guna mereset ulang sensor.

##### 2. Pin analog in

Pada Alat praktikum gaya gesek pada bidang miring berbasis arduino ini pin Analog In yang digunakan yaitu pin A0 dan A1 yang terhubung pada kaki LDR bagian dari sensor *photogate* tersebut. Kemudian pin A4 dan A5 yang dihubungkan pada kaki LCD.

##### 3. Pin digital

Pin digital merupakan bagian dari arduino dengan jumlah paling banyak yaitu 14 pin. Pin digital tersebut memiliki fungsi sebagai *input* atau *output* pada Arduino Uno.

#### b. Sensor photogate

Pada penelitian ini menggunakan sensor *photogate* berbasis arduino, sehingga sumber cahaya yang digunakan yaitu laser LED dan detektor cahaya yang digunakan adalah LDR (*Light Dependent Resistor*) yang saling berhadapan lurus. Sensor *photogate* diletakkan pada ujung bawah sebagai sensor *photogate* awal dan pada ujung atas merupakan sensor *photogate* akhir. Pada kaki LDR dihubungkan kabel yang terhubung pada pin arduino yaitu pin Analog in untuk salah satu kaki. terhubung pada pin A0 sedangkan kaki lainnya terhubung pada pin A1. Sedangkan pada laser LED dua jenis kabel masing-masing terhubung pada ground dan vcc.

Rancangan final dari alat praktikum gaya gesek benda pada bidang miring berbasis arduino ini merupakan satu kesatuan dari beberapa bagian diantara yaitu rancangan sistem arduino, rancang bangun alat praktikum gaya gesek pada bidang miring, dan laptop. Alat praktikum gaya gesek pada bidang miring ini memiliki rancang bangun yang terdiri dari lintasan bidang miring dengan pembatas di kedua sisi yang bertujuan agar kayu tidak terjatuh saat ditarik oleh beban ke atas, penyangga lintasan yang dilengkapi tempat penopang di tiga macam sudut yang telah ditentukan yaitu  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ , dan  $30^\circ$ , kemudian terdapat katrol pada ujung atas lintasan bidang miring, serta balok kayu atau (objek) yang dihubungkan oleh tali terhadap beban yang digantung.

Cara kerja alat praktikum gaya gesek pada bidang miring berbasis arduino ini dibagi menjadi dua macam cara kerja yaitu cara kerja alat dan cara kerja sistem arduino. Cara kerja alat merupakan cara kerja penggunaan alat praktikum gaya gesek tersebut, yaitu dimulai dari cara mempersiapkan alat dan bahan, menghubungkan rangkaian alat terhadap catu daya, mengkalibrasikan alat, menentukan sudut, meletakkan dan melepaskan benda melintas pada bidang miring, dan menekan tombol reset untuk melakukan percobaan kembali. Cara kerja sistem arduino merupakan cara kerja sensor *photogate* menghitung waktu dan arduino memproses data hingga dapat ditampilkan pada layar LCD. Sensor *photogate* akan membaca waktu ketika benda tersebut tidak menghalangi sumber cahaya atau LED dari sensor *photogate* awal dan selesai membaca waktu ketika

sumber cahaya atau LED dari sensor photogate akhir tertutupi oleh benda tersebut. setelah memperoleh data sensor photogate mengirimkan data pada arduino untuk diolah menjadi percepatan yaitu besaran yang diperlukan untuk mencari gaya gesek. Kemudian oleh arduino akan diinputkan pada LCD untuk ditampilkan.

Uji tingkat ketelitian alat dilakukan dengan kalibrasi sensor photogate yaitu dengan membandingkan data hasil perhitungan sensor photogate dengan alat ukur waktu pabrikan yaitu stopwatch. Pengukuran waktu beserta kecepatan oleh sensor photogate dilakukan secara berulang sebanyak 10 kali pada setiap sudut. Sudut yang digunakan adalah sudut 10°, 20°, dan 30°. Hasil data kalibrasi sensor photogate disajikan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Data hasil kalibrasi sensor photogate

No.	Sudut	Waktu (t)		Error (%)
		Stopwatch (X)	Sensor Photogate (Y)	
1.	10°	0,41	0,416	1,46
		0,43	0,432	0,46
		0,43	0,433	0,69
		0,42	0,418	0,47
		0,42	0,418	0,47
		0,44	0,446	1,36
		0,41	0,416	1,46
		0,42	0,418	0,47
		0,43	0,432	0,46
		0,42	0,418	0,47
2.	20°	0,47	0,476	1,27
		0,48	0,477	0,62
		0,46	0,462	0,43
		0,50	0,490	2,00
		0,46	0,462	0,43
		0,46	0,462	0,43
		0,50	0,492	1,60
		0,48	0,477	0,62

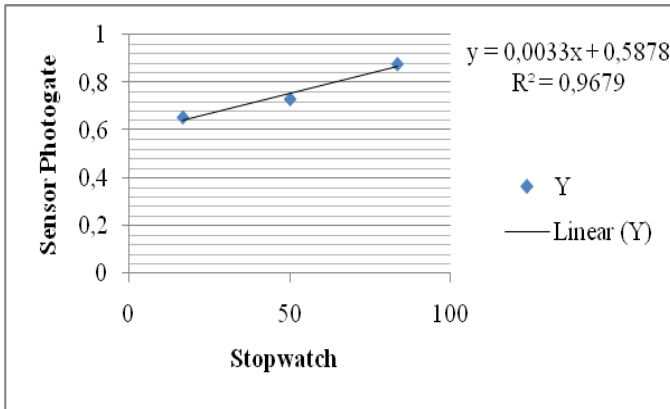
		0,46	0,462	0,43
		0,46	0,462	0,43
3.	30°	0,56	0,565	0,89
		0,50	0,506	1,20
		0,54	0,536	0,74
		0,53	0,535	0,94
		0,54	0,550	1,80
		0,52	0,521	0,19
		0,52	0,521	0,19
		0,54	0,535	0,74
		0,52	0,522	0,38
		0,52	0,521	0,19

Tabel 2. Data rata-rata hasil kalibrasi sensor photogate

No.	Sudut	X (sekon)	Y (sekon)	Error (%)
1.	10°	0,42	0,425	1,19
2.	20°	0,47	0,472	0,43
3.	30°	0,53	0,531	0,19

Hasil data rata-rata yang telah diketahui pada Tabel 2. menunjukkan nilai error hingga 1,19%, sehingga dapat diartikan bahwa sensor photogate yang digunakan sebagai alat ukur waktu pada alat praktikum gaya gesek pada bidang miring dapat berfungsi dengan baik. Berdasarkan Adhim (2015: 39) mengungkapkan bahwa apabila nilai *error* data berada dibawah 10%, maka dapat dikatakan alat tersebut valid dan dapat berfungsi dengan baik.

Mencari hubungan linier antara variabel dependent yaitu data hasil pengukuran waktu oleh stopwatch (X) dengan sensor photogate menggunakan uji regresi linier sederhana. Uji regresi linier sederhana ini menggunakan analisis regresi pada software Microsoft Excel. Hasil analisis regresi linier tersebut dapat dijelaskan pada gambar Grafik 1 berikut.



Gambar 6. Grafik kalibrasi waktu

Berdasarkan gambar 6. grafik data hasil kalibrasi sensor photogate menunjukkan bahwa hasil data yang diperoleh linier. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik yang menunjukkan garis normalitas berdekatan dengan garis probabilitas normal. Kemudian pada grafik tersebut juga diketahui bahwa nilai  $R^2 = 0,9679$  atau dapat dibulatkan menjadi  $R^2 = 1$ , hal tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara variabel dependent dengan variabel independent memiliki hubungan yang sangat kuat. Sehingga sensor photogate dapat dikatakan valid dan telah distandarisasi maka dapat difungsikan sebagai alat ukur waktu dengan hasil data yang akurat.

Tahap uji coba lapang rancang bangun alat ini dengan cara melakukan pengambilan data secara berulang. Data yang diperoleh tidak hanya waktu melainkan percepatan juga yang dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan data pada setiap sudut yang telah ditentukan. Data hasil uji coba terbatas alat praktikum gaya gesek pada bidang miring berbasis arduino dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil uji coba terbatas

No.	Sudut	Waktu (t)		Percepatan (m/s <sup>2</sup> )
		Stopwatch (X)	Sensor Photogate (Y)	
1.	10°	0,41	0,416	3,90
		0,43	0,432	3,62
		0,43	0,433	3,60
		0,42	0,418	3,86
		0,42	0,418	3,86

2.	20°	0,44	0,446	3,39
		0,41	0,416	3,90
		0,42	0,418	3,86
		0,43	0,432	3,62
		0,42	0,418	3,86
		0,47	0,476	2,98
		0,48	0,477	2,97
		0,46	0,462	3,16
		0,50	0,490	2,81
		0,46	0,462	3,16
3.	30°	0,46	0,462	3,16
		0,50	0,492	2,79
		0,48	0,477	2,97
		0,46	0,462	3,16
		0,46	0,462	3,16
		0,56	0,565	2,15
		0,50	0,506	2,64
		0,54	0,536	2,35
		0,53	0,535	2,36
		0,54	0,550	2,23
0,52	0,521	2,49		
0,52	0,521	2,49		
0,54	0,535	2,35		
0,52	0,522	2,48		
0,52	0,521	2,49		

Berdasarkan Tabel 3. yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari koefisien gesek kinetis benda pada bidang miring dengan persamaan (1) pada koding. Pengambilan data koefisien gesek tersebut sesuai dengan data waktu dan percepatan oleh sensor photogate yang dihitung secara rata-rata. Sehingga data tersebut dapat disajikan seperti Tabel 4.

Tabel 4. Data perhitungan koefisien gesek kinetis

Sudut	Waktu sensor photogate	Stopwatch (sekon)	Percepatan (m/s <sup>2</sup> )	Koefisien Gesek
-------	------------------------	-------------------	--------------------------------	-----------------

	(sekon)			Kinetis
10°	0,425	0,42	3,75	0,231
20°	0,472	0,47	3,03	0,235
30°	0,531	0,53	2,40	0,236

Tabel 4. tersebut menunjukkan bahwa nilai koefisien gesek kinetis pada sudut 10° memperoleh nilai sebesar 0,231. Pada sudut 20° didapatkan nilai yaitu 0,235, dan pada sudut 30° yaitu sebesar 0,236. Hal ini menunjukkan bahwa nilai koefisien gesek kinetis memiliki nilai yang hampir sama meski pada sudut yang berbeda, sehingga sesuai dengan konsep fisika. Oleh sebab itu, alat praktikum gaya gesek pada bidang miring dengan sensor photogate berbasis arduino ini dapat dikatakan valid dan dapat digunakan karena telah menghasilkan data yang akurat.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data serta pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa Serangkaian proses pembuatan alat praktikum gaya gesek pada bidang miring berbasis arduino ini terdiri dari persiapan alat dan bahan, pembuatan desain produk, uji coba terbatas, revisi atau perbaikan dan hasil akhir rancang bangun alat praktikum yang telah terkalibrasi. Kemudian, cara penggunaan alat praktikum gaya gesek ini dibagi menjadi dua jenis cara kerja yaitu cara kerja alat dan cara kerja sistem arduino. Cara kerja alat yaitu meliputi cara penggunaan alat diawali dengan mempersiapkan alat praktikum, menghubungkan arduino pada sumber listrik, mengkalibrasi alat sebelum digunakan, menyesuaikan sudut yang digunakan, meletakkan objek yang telah dihubungkan beban tepat menutupi sinar LED pada sensor photogate 1, menekan tombol reset, dan melepaskan benda agar bergerak melewati sensor. Sedangkan pada cara kerja sistem arduino antara lain sensor photogate akan mulai membaca data ketika benda bergerak dan tidak menutupi sumber cahaya photogate 1 dan akan berhenti membaca ketika benda menutupi sumber cahaya photogate 2. Selanjutnya data akan dikirimkan pada arduino untuk diolah menjadi besaran lainnya dan

diinputkan pada LCD 16x2 untuk ditampilkan pada layar. Hasil uji coba rancang bangun alat praktikum gaya gesek pada bidang miring berbasis arduino ini memperoleh hasil R pada uji kalibrasi di setiap sudutnya yaitu untuk memiliki nilai R sebesar 0,9679. Selain itu, nilai error rata-rata memiliki nilai untuk sudut 10° yaitu 1,19%, sudut 20° yaitu 0,43%, dan sudut 30° yaitu 0,19%. Hal ini menunjukkan bahwa memiliki hubungan yang sangat kuat, sehingga tingkat ketelitian rancang bangun alat praktikum gaya gesek sangat valid dan dapat digunakan atau berfungsi dengan baik. Namun, untuk perhitungan koefisien gesek kinetis masih melalui proses perhitungan manual. Sehingga saran dari penulis untuk peneliti berikutnya dapat mengembangkan alat yang dapat mengukur koefisien gesek kinetis benda pada bidang miring meski memiliki sudut yang berbeda-beda.

### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih ditujukan kepada Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember yang telah membimbing serta membantu dalam proses penelitian ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel dengan cukup baik. Semoga artikel ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta peneliti lain.

### Daftar Pustaka

- Aker, V. D. A., Branch, R. M, Nieveen, N., Plomp, T. (1999), *Design Approac es and Tools in Education and Trining*. Netherlands, University of Twente
- Deliana, H., dan Sugianto. (2020). *Analisis Kebutuhan Pengembangan Design Alat Praktikum Koefisien Gaya Gesek Berbasis Arduino*. PROSIDING Seminar Nasional Pendidikan Fisika FITK UNSIQ 2020, 2(1), 254-255.
- Handayani, L., Yulkifli, dan Yohandri. (2019). *Pembuatan Set Eksperimen Gerak Harmonis Sederhana pada Bandul Berbasis Sensor Ping dan Sensor Photogate dengan Tampilan PC*. *Pillar of Physics*, 12(1), 54-61.



- Haris, V., dan Novia, L. (2016). *Pembuatan Set Eksperimen untuk Menentukan Koefisien Kinetik dan Koefisien Restitusi*. *Journal of Sainstek*, 8(1), 28-49.
- Jading, A., Reniana, dan B. O. Paga. (2020). *Pengukuran dan Instrumentasi*. Yogyakarta: BUDI UTAMA.
- Kurniawan, W., dan Diana. E. H. (2018). *Pengembangan Alat Peraga Fisika pada Materi Gaya Gesek Berbasis Sensor Ultrasonik*. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 2(2), 49-52.
- Nasution, S. W. R. (2018). *Penerapan Model Inkuiri Terbimbing (Guided Inquiry) dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Pembelajaran Fisika*. *Jurnal Education and Development Institut Pendidikan Tapanuli Selatan*, 3(1), 1.
- Serway, R. A., dan J. J. W. (2004). *Physics for Scientists and Engineers*. California: Thomson Brooks.
- Setyarini, F., dan Adrianus. I. N. (2016). *Analisis Kaitan Koefisien Gesek dan Peluang Pembersihan Pipa dengan Foam Pig*. *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FMIPA Unmul*, 1(1), 18-23.
- Tiandho, Y. (2018). *Miskonsepsi Gaya Gesek pada Mahasiswa*. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 4(1), 1-9.