

ALAT PENDETEKSI GERAK JATUH BEBAS PADA BENDA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN SENSOR INFRAMERAH

Reymen Maulana^{1*}, Eddy Ryansyah², Susilawati³

^{1,2,3}Program Studi Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

Keywords:

Gerak jatuh bebas, Arduino Uno, Sensor inframerah, Percepatan gravitasi.

Correspondent Email:

¹2110631170140@student.unsika.ac.id,

²eddyryansyah1612@gmail.com,

³susilawati.sobur@staff.unsika.ac.id

Abstrak. Gerak jatuh bebas merupakan salah satu konsep dasar dalam fisika yang menggambarkan pergerakan benda yang jatuh dari ketinggian tertentu tanpa kecepatan awal dan hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Namun dalam praktiknya, pengamatan dan pengukuran terhadap gerak ini masih banyak mengandalkan metode manual yang rentan terhadap kesalahan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat pendeteksi gerak jatuh bebas menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor inframerah, yang mampu mengukur waktu jatuh, kecepatan, dan percepatan gravitasi secara otomatis. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan rancang bangun alat, yang memanfaatkan dua sensor inframerah untuk mendeteksi posisi awal dan akhir benda jatuh. Hasil percobaan menunjukkan bahwa alat dapat mencatat waktu jatuh dan menghitung kecepatan serta percepatan gravitasi dari dua jenis benda yang dijatuhkan dari ketinggian tetap. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa alat yang dikembangkan mampu menjadi media edukatif dan alternatif praktikum fisika, dengan potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam bidang pendidikan dan penelitian dasar.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Free fall motion is one of the basic concepts in physics that describes the movement of an object falling from a certain height without initial velocity and is only influenced by gravity. However, in practice, observation and measurement of this motion still rely heavily on manual methods that are prone to human error. This study aims to design and implement a free fall motion detector using an Arduino Uno microcontroller and infrared sensor, which is able to measure fall time, speed, and gravitational acceleration automatically. The method used is an experiment with a tool design approach, which utilizes two infrared sensors to detect the initial and final positions of the falling object. The results of the experiment show that the tool can record the fall time and calculate the speed and gravitational acceleration of two types of objects dropped from a fixed height. The conclusion of this study is that the tool developed is able to be an educational media and an alternative for physics practicums, with the potential to be further developed in the fields of education and basic research.

1. PENDAHULUAN

Fisika adalah ilmu dasar yang digunakan untuk membahas kejadian alam sekitar, yang berperan penting dalam memahami konsep, fakta, prinsip, hukum, dan gejala alam yang dibuktikan melalui berbagai metode ilmiah [1]. Salah satu materi yang fundamental dalam

fisika klasik adalah gerak jatuh bebas, yang menjadi dasar dalam memahami konsep gerak, gaya, dan gravitasi [2].

Gerak jatuh bebas merupakan konsep dalam ilmu fisika yang menggambarkan pergerakan sebuah benda yang jatuh dari suatu ketinggian tertentu, dikatakan jatuh bebas

karena gerak ini bebas dari adanya gaya dorong [3]. Fenomena ini sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti saat buah kelapa jatuh dari pohon atau benda dijatuhkan secara vertikal dari tangan seseorang. Dalam kondisi ideal tanpa hambatan udara, semua benda yang mengalami gerak jatuh bebas akan memiliki percepatan yang sama, yaitu percepatan gravitasi bumi (g) [4]. Gravitasi menarik segala benda yang terdapat di atmosfer bumi untuk jatuh kembali ke tanah dengan nilai percepatan rata-rata sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$ [5].

Seperti banyak cabang ilmu alam lainnya, fisika paling baik dipelajari melalui pengalaman langsung dan pengamatan langsung terhadap fenomena alam [6]. Namun, pada materi gerak jatuh bebas, pengamatan dan pengukuran langsung terhadap fenomena ini masih jarang dilakukan secara praktis. Pengukuran kecepatan, waktu tempuh, dan percepatan sering kali mengandalkan *stopwatch* manual, yang rentan terhadap kesalahan manusia (*human error*), serta tidak memberikan hasil *real-time* secara otomatis [7]. Padahal penggunaan alat praktikum dalam pembelajaran dapat memberikan pengalaman belajar yang berbasis eksperimen kepada siswa sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Siswa tidak hanya mengamati fenomena fisika yang terjadi, tetapi juga mendapatkan data fisis dari fenomena tersebut [8].

Untuk menjawab permasalahan tersebut, dibutuhkan pembaruan alat praktikum guna mendukung capaian pembelajaran dan kelancaran aktivitas praktikum, khususnya dalam bidang pendidikan sains [9]. Penerapan perangkat elektronik yang lebih modern dan responsif dapat meningkatkan pemahaman konsep-konsep fisika melalui eksperimen yang lebih akurat dan interaktif. Salah satu teknologi yang banyak dimanfaatkan dalam konteks ini adalah mikrokontroler Arduino Uno, yang memungkinkan perancangan alat bantu praktikum dengan presisi dan efisiensi tinggi. Dengan memanfaatkan sensor inframerah yang dapat mendeteksi pergerakan suatu benda berdasarkan sinyal pantulan cahaya *infrared* [10]. Serta Arduino sebagai unit pemroses data, dimungkinkan pengembangan alat sederhana yang mampu mengukur waktu tempuh benda, kecepatan saat mencapai dasar, serta menghitung nilai percepatan gravitasi

berdasarkan data sensorik secara otomatis dan *real-time*.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat pendeteksi gerak jatuh bebas pada benda menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor inframerah. Alat ini dapat digunakan sebagai media edukatif dalam pembelajaran fisika, sekaligus sebagai prototipe awal sistem pengukuran waktu dan kecepatan yang dapat dikembangkan lebih lanjut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu papan mikrokontroler berbasis ATmega328P, mikrokontroler ini memiliki 14 pin input/output digital [11]. Arduino ini berfungsi sebagai unit pemroses utama yang menerima sinyal dari sensor inframerah dan mengolahnya menjadi data yang dapat ditampilkan. Arduino dipilih karena fleksibel, murah, dan mudah diprogram menggunakan Arduino IDE.



Gambar 1. Arduino Uno

2.2. Sensor Infrared (IR) Proximity FC-51

Sensor *Infrared Proximity* FC-51 adalah sensor jarak berbasis cahaya inframerah yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek dalam jarak pendek [12]. Jika benda melewati garis sensor, pantulan IR akan berubah dan sensor akan mengirimkan sinyal logika ke Arduino. Dua sensor digunakan dalam alat ini: satu di titik awal jatuh, dan satu di titik akhir.



Gambar 2. Sensor Infrared (IR) Proximity FC-51

2.3. Liquid Crystal Display (LCD) I2C

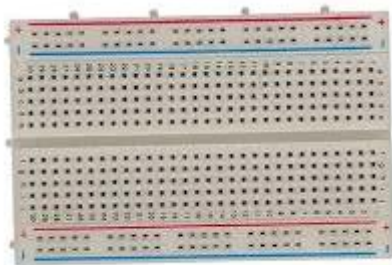
LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD bisa menampilkan suatu gambar/karakter dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai titik cahaya [13]. LCD 16×2 digunakan untuk menampilkan informasi hasil pengukuran. Modul ini menggunakan *interface* I2C, yang memungkinkan komunikasi data hanya melalui dua kabel (SCL dan SDA), sehingga lebih praktis dan hemat pin digital pada Arduino.



Gambar 3. Liquid Crystal Display (LCD) I2C

2.4. Breadboard

Breadboard merupakan papan penyusun rangkaian tanpa perlu menyolder. Komponen-komponen elektronik diletakkan dan dihubungkan melalui lubang-lubang konektor di *breadboard*. Ini memudahkan perakitan dan perbaikan saat prototipe alat sedang diuji. *Breadboard* memungkinkan komponen elektronik bekas dibongkar dan dipakai kembali untuk keperluan lain [14].



Gambar 4. Breadboard

2.5. Kabel Jumper

Kabel *jumper* adalah kabel yang lazimnya digunakan sebagai penghubung antara Arduino

Uno dengan *board* atau Arduino Uno dengan sensor yang akan digunakan [15]. Kabel *jumper* digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen pada *breadboard* dengan Arduino dan modul lainnya. Kabel ini menjadi penghubung data dan daya antar komponen rangkaian secara fleksibel.



Gambar 5. Kabel Jumper

2.6. Program Arduino

Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE dilengkapi dengan *library* C/C++ yang biasa disebut *wiring* yang membuat proses input dan *output* menjadi mudah [16]. Program ini dirancang untuk mengendalikan proses pendeteksian benda jatuh dan melakukan perhitungan waktu, kecepatan, serta percepatan gravitasi berdasarkan input dari dua sensor inframerah.

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const int IR_Sensor1=2;
const int IR_Sensor2=7;
double startMillis;
double endMillis;
double free_fall_time;
double h = 1.41;
double g = 9.8;
int activate=0;

void setup() {
  //Pin 2 is connected to the output of proximity sensor
  pinMode(IR_Sensor1, INPUT);
  pinMode(IR_Sensor2, INPUT);
  // Initialize the LCD
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("T1");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("T0");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("T0");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("T0");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("T0");
}

void loop() {
  if(digitalRead(IR_Sensor1)==LOW)
  {
    //lcd.clear();
    startMillis = millis();
    activate=0;
  }
  if(digitalRead(IR_Sensor2)==LOW) //Check
  if (activate==0){
    endMillis = millis();
    free_fall_time = (endMillis-startMillis)/1000;
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print(free_fall_time);
    lcd.setCursor(6, 0);
    lcd.print("m");
    g = 2*h/pos(free_fall_time, 2);
    v = g*free_fall_time;
    lcd.setCursor(10, 0);
    lcd.print(v);
    lcd.setCursor(13, 0);
    lcd.print("m/s");
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print(g);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("m/s^2");
    activate=1;
  }
}

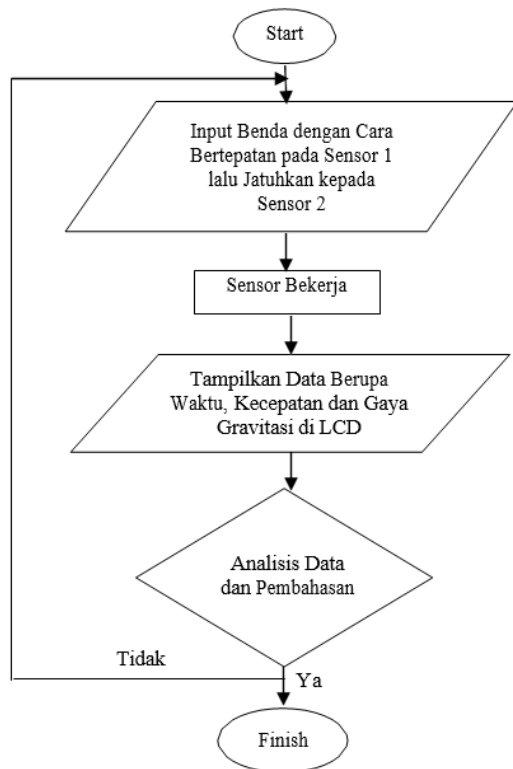
```

Gambar 6. Kode Program

3. METODE PENELITIAN

3.1. Algoritma Pemrograman

Algoritma pemrograman yang digunakan dalam alat ini mengikuti alur logika seperti pada *flowchart* yang telah dirancang, dari alat pendeteksi gerak jatuh bebas pada benda menggunakan *microcontroller* Arduino Uno dan sensor inframerah.



Gambar 7. Flowchart Sistem

Proses dimulai ketika sistem dinyalakan dan berada dalam kondisi siap (*start*). Pengguna kemudian memasukkan benda uji dengan cara meletakkannya tepat pada posisi sensor inframerah pertama, kemudian benda tersebut dijatuhkan ke arah sensor kedua. Ketika benda melewati sensor pertama, sistem mencatat waktu mulai, dan saat benda melewati sensor kedua, sistem mencatat waktu berhenti. Kedua sensor bekerja untuk memberikan input berupa sinyal digital kepada mikrokontroler Arduino Uno yang selanjutnya digunakan untuk menghitung selisih waktu jatuh benda. Data waktu tersebut diolah oleh program untuk menghitung kecepatan dan percepatan gravitasi berdasarkan rumus gerak lurus berubah beraturan (GLBB).

Hasil perhitungan kemudian ditampilkan secara otomatis pada LCD dalam bentuk informasi waktu jatuh, kecepatan saat menyentuh dasar, dan percepatan gravitasi. Setelah data ditampilkan, sistem masuk ke tahap analisis dan pembahasan oleh pengguna. Jika data dianggap valid dan analisis telah dilakukan, maka proses diakhiri. Namun jika belum, alat siap untuk digunakan kembali pada

percobaan berikutnya dengan mengulangi prosedur dari awal.

3.2. Rumus Perhitungan

Secara ilmu fisika, gerak jatuh bebas dapat dihitung menggunakan rumus-rumus dasar dari konsep gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Dalam kondisi ideal, benda yang jatuh tanpa kecepatan awal dan tanpa hambatan udara akan memiliki percepatan tetap yang disebabkan oleh gaya gravitasi bumi. Karena gerak jatuh bebas dipengaruhi oleh gravitasi bumi, maka percepatannya pun hampir sama dengan percepatan gravitasi bumi [17]. Dengan mengetahui selang waktu yang dibutuhkan suatu benda untuk jatuh dari ketinggian tertentu, maka dapat menghitung kecepatan akhir benda saat menyentuh tanah, serta memperkirakan nilai percepatan gravitasi berdasarkan hasil pengamatan tersebut.

Adapun rumus pertama yang digunakan adalah rumus kecepatan sesaat, yaitu:

$$Vt = V_0 + g \cdot t \quad (1)$$

Karena dalam gerak jatuh bebas nilai $V_0 = 0$, maka rumus ini disederhanakan menjadi:

$$Vt = g \cdot t \quad (2)$$

Selanjutnya, digunakan pula rumus untuk menghitung ketinggian atau jarak jatuh benda, yaitu:

$$h = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (3)$$

Dengan asumsi $V_0 = 0$, maka rumus ini menjadi:

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (4)$$

Untuk melengkapi perhitungan, digunakan juga hubungan antara kecepatan dan ketinggian dalam bentuk rumus:

$$Vt^2 = V_0^2 + 2 \cdot g \cdot h \quad (5)$$

Karena $V_0 = 0$, maka disederhanakan menjadi:

$$Vt^2 = 2 \cdot g \cdot h \quad (6)$$

Keterangan:

V_0 : Kecepatan awal benda (m/s)

Vt : Kecepatan saat menyentuh permukaan (m/s)

t : Waktu jatuh benda (s)

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

h : Ketinggian jatuh benda (m)

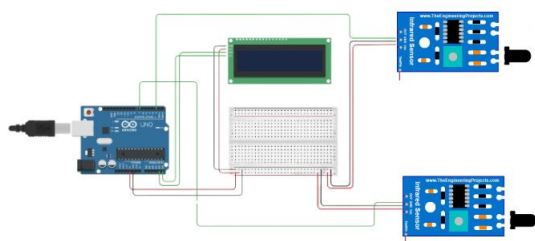
Ketiga rumus tersebut digunakan untuk menghitung nilai kecepatan sesaat, ketinggian, dan percepatan gravitasi berdasarkan hasil pengamatan waktu tempuh dan tinggi jatuh benda pada alat yang telah dirancang. Nilai-nilai ini selanjutnya digunakan untuk menganalisis validitas hasil pengukuran alat terhadap konsep gerak jatuh bebas.

3.3. Prosedur Pengambilan Data

Data didapat dengan melakukan eksperimen, yaitu menjatuhkan dua jenis botol (botol kosong dan botol berisi setengah air) dari ketinggian tetap 1 meter. Setiap jenis botol dijatuhkan untuk mendapatkan rata-rata waktu jatuh yang akurat. Data waktu yang ditampilkan oleh LCD kemudian dicatat secara manual, dan digunakan untuk menghitung kecepatan serta percepatan gravitasi menggunakan rumus yang telah ditentukan.

3.4. Rancangan Alat

Alat dirancang dengan dua sensor inframerah yang dipasang sejajar secara vertikal pada tiang dengan jarak tertentu. Arduino dihubungkan dengan sensor IR sebagai input dan LCD sebagai *output*. Ketika benda jatuh dan melewati sensor pertama, Arduino mulai mencatat waktu. Saat benda melewati sensor kedua, pencatatan waktu berhenti, lalu kecepatan dan percepatan gravitasi dihitung dan ditampilkan pada LCD.

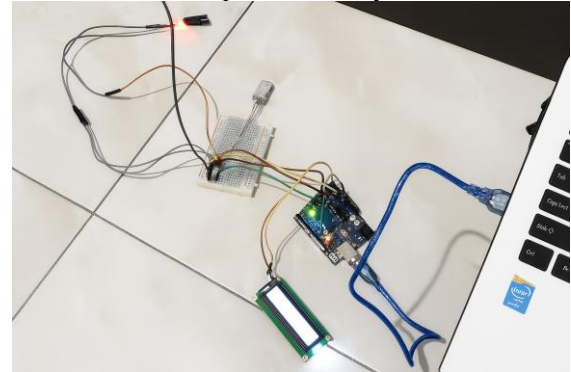


Gambar 8. Skema Rangkaian Elektronik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat yang telah dirancang dan dibangun dalam penelitian ini berfungsi untuk mendeteksi gerak jatuh bebas suatu benda, menghitung waktu jatuh, kecepatan saat menyentuh dasar, serta percepatan gravitasi benda secara otomatis. Sistem ini memanfaatkan dua buah sensor inframerah

yang diletakkan secara vertikal dengan jarak tertentu. Ketika benda melewati sensor pertama, Arduino Uno mencatat waktu mulai, dan saat benda melewati sensor kedua, waktu berhenti dicatat. Dari data selisih waktu tersebut, alat akan menghitung nilai kecepatan dan percepatan gravitasi berdasarkan rumus gerak lurus berubah beraturan (GLBB), kemudian menampilkan hasilnya melalui LCD.



Gambar 9. Penerapan Alat

Sumber: Dokumentasi Penulis

4.1. Hasil Pengamatan

Untuk menguji keakuratan alat, dilakukan percobaan terhadap dua jenis benda, yaitu botol plastik kosong dan botol plastik berisi air setengah penuh. Kedua benda dijatuhkan dari ketinggian tetap sebesar 1 meter. Masing-masing percobaan dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian diambil nilai rata-rata waktu jatuhnya. Hasil pengamatan waktu jatuh, kecepatan, dan percepatan gravitasi ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Menggunakan Alat

Uji ke	1	2
Benda	Botol plastik kosong	Botol plastik berisi air setengah
Ketinggian (h)	1 meter	1 meter
Waktu (t)	0,81 s	0,35 s
Kecepatan (Vt)	3,4 m/s	8,1 m/s
Percepatan Gravitasi (g)	4,20 m/s ²	23,5 m/s ²

Hasil percobaan menunjukkan bahwa waktu tempuh botol kosong lebih lama dibandingkan botol berisi air. Hal ini menghasilkan nilai kecepatan dan percepatan

gravitasi yang berbeda pula. Untuk memastikan bahwa alat menghitung dengan benar, maka akan dilakukan perhitungan secara manual.

4.2. Hasil Perhitungan Manual

Perbandingan hasil perhitungan manual dan otomatis oleh alat menunjukkan bahwa sistem mampu menghitung nilai-nilai fisis secara mandiri dengan akurasi yang relatif baik, meskipun masih terdapat deviasi dari nilai teoritis $9,8 \text{ m/s}^2$. Deviasi tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kecepatan respon sensor inframerah, pantulan cahaya yang tidak stabil, hingga gangguan pada permukaan benda yang jatuh.

Secara umum, hasil menunjukkan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik sebagai media praktikum fisika untuk mengamati dan mengukur gerak jatuh bebas. Alat ini juga memberikan pengalaman eksperimen langsung yang lebih interaktif dan bebas dari kesalahan pencatatan manual. Untuk peningkatan lebih lanjut, akurasi alat dapat ditingkatkan melalui kalibrasi waktu internal Arduino serta penyesuaian letak dan sensitivitas sensor.

Perhitungan dilakukan dengan cara menggunakan rumus kecepatan sesaat berikut:

$$Vt = V_0 + g \cdot t \quad (7)$$

Dengan asumsi gerak jatuh bebas ($V_0 = 0$), maka:

$$g = \frac{Vt}{t} \quad (8)$$

1. Botol Plastik Kosong

Diketahui:

$$h = 1 \text{ m}$$

$$t = 0,81 \text{ s}$$

$$V_0 = 0 \text{ m/s}$$

$$Vt = 3,4 \text{ m/s}$$

Substitusi ke dalam rumus:

$$g = \frac{Vt}{t} = \frac{3,4}{0,81} = 4,20 \text{ m/s}^2 \quad (9)$$

2. Botol Plastik Berisi Air Setengah

Diketahui:

$$h = 1 \text{ m}$$

$$t = 0,35 \text{ s}$$

$$V_0 = 0 \text{ m/s}$$

$$Vt = 8,1 \text{ m/s}$$

Substitusi ke dalam rumus:

$$g = \frac{Vt}{t} = \frac{8,1}{0,35} = 23,14 \text{ m/s}^2 \quad (10)$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat pendeteksi gerak jatuh bebas pada benda berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan sensor inframerah dapat berfungsi dengan baik dalam mengukur waktu jatuh, menghitung kecepatan akhir, serta memperkirakan percepatan gravitasi benda secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu membedakan waktu jatuh dari dua jenis benda bermassa berbeda, serta menghitung parameter fisis gerakan dengan hasil yang relatif akurat.

Meskipun terdapat deviasi antara hasil perhitungan alat dengan nilai teoritis percepatan gravitasi, alat ini tetap menunjukkan potensi besar sebagai media edukatif dalam pembelajaran fisika. Alat ini juga memberikan alternatif praktikum yang lebih efisien dibandingkan metode manual seperti *stopwatch*, karena mampu mencatat data secara otomatis dan *real-time*. Untuk pengembangan ke depan, disarankan dilakukan kalibrasi lebih lanjut pada sistem sensor dan penambahan fitur penyimpanan data digital agar hasil pengukuran dapat direkam secara sistematis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Susilawati, M.Si. sebagai Dosen Pengampu Mata Kuliah *Embedded Intelligent System* (EIS) di Program Studi Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan dan pelaksanaan penelitian ini. Dukungan dan ilmu yang diberikan sangat berarti dalam menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. D. Handayani, F. Ahmad, and D. Aryati P.L, "Efektivitas Tracker Video Analysis Dalam

- Praktikum Fisika Untuk Menentukan Percepatan Gravitasi,” *ORBITA J. Pendidik. dan Ilmu Fis.*, vol. 8, no. 2, p. 328, Nov. 2022, doi: 10.31764/orbita.v8i2.10766.
- [2] Muhamad Taufiq and Ida Kaniawati, “Mekanika Newtonian dan Signifikansi Filosofisnya,” *J. Filsafat Indones.*, vol. 6, no. 2, pp. 246–257, Jun. 2023, doi: 10.23887/jfi.v6i2.53649.
- [3] S. Humairoh, M. Yakob, N. A. Lubis, and R. A. Putra, “Perancangan Alat Praktikum Berbasis Arduino Untuk Menentukan Waktu Dan Kecepatan Secara Otomatis Pada Gerak Jatuh Bebas,” *GRAVITASI J. Pendidik. Fis. dan Sains*, vol. 4, no. 01, pp. 23–32, Jun. 2021, doi: 10.33059/gravitasi.jpfs.v4i01.3482.
- [4] A. Nurrahmadani, N. Anjarwati, D. Anggraini, and W. Kurniawati, “Pengenalan Mengenai Gerak Vertikal Kebawah dengan Mengamati Media Mainan Terjun Payung,” *J. Pendidik. Guru Sekol. Dasar*, vol. 1, no. 2, p. 11, Dec. 2023, doi: 10.47134/pgsd.v1i2.240.
- [5] D. R. B. Haryadi, E. Sofyan, and E. Eko Prasetyo, “Aerodynamic Analysis Of Folding Fin Aerial Rocket 70 Mm On Incompressible Flow Using Cfd-Based Simscale,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 9, no. 1, pp. 82–93, Jul. 2023, doi: 10.56521/teknika.v9i1.844.
- [6] M. A. S. Anggraini, U. Uswatun, S. I. N. J. Tiara, S. Sudarti, and S. Subiki, “Hubungan Motivasi Belajar Mahasiswa Pendidikan Fisika Angkatan 2022 Universitas Jember Terhadap Pemahaman Konsep Pada Materi Gerak Lurus Berubah Beraturan,” *J. Sains Ris.*, vol. 13, no. 2, pp. 443–449, Sep. 2023, doi: 10.47647/jsr.v13i2.1592.
- [7] W. Sutanto, M. Zaki, and Akhdan Nadhif Maulana, “Pengaruh Alat Bantu Kalibrasi Stopwatch Menggunakan Metode Totalize terhadap Waktu Reaksi Operator,” *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 340–349, Jul. 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i2.5529.
- [8] Muarif Islamiah, R. Rostati, and Neneng Triyunita, “Pengembangan Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas Menggunakan Phyphox Berbasis Smartphone untuk Siswa Kelas X,” *J. Pendidik. MIPA*, vol. 13, no. 3, pp. 887–892, Sep. 2023, doi: 10.37630/jpm.v13i3.1203.
- [9] A. Agustian, A. A. Anas, R. Wilza, and A. Junaidi, “Perancangan Alat Praktikum Fisika Gerak Jatuh Bebas Berbasis Internet Of Things,” *Mach. J. Teknol. Terap.*, vol. 5, no. 3, pp. 212–221, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/machinery/article/view/10142>
- [10] I. W. Suparno and A. Jalil, “Sensor Multi-Modal Untuk Deteksi Gerak Objek Pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis Komunikasi Node Robot Operating System,” *J. Elektro Luceat*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2021, [Online]. Available: <https://www.poltekstpaul.ac.id/jurnal/index.php/jelekn/article/view/339>
- [11] M. Iqbal and A. U. Rahayu, “Alat Pengusir Hama Tikus Sawah Berbasis Arduino Uno Dan Gelombang Ultrasonik,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/view/5620>
- [12] M. R. Ariwibowo, J. Juhaeriyah, E. A. Nugroho, and R. Mutaqim, “IoT- Based Smart Security System Using Infrared Sensor as Motion Detector,” *ITEJ (Information Technol. Eng. Journals)*, vol. 8, no. 1, pp. 42–48, Jul. 2023, doi: 10.24235/itej.v8i1.109.
- [13] Kurniawan, D., Sulistiyanti, S. R., & Murdika, U. (2023). Sistem pemantau gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO2) menggunakan sensor MQ7 dan MQ-135 terintegrasi telegram. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(2).
- [14] K. A. Prasetya, Y. Sumaryana, and A. Sudiarjo, “Sistem Monitoring Temperatur Pada Inkubator Penetas Telur Bebek Menggunakan Modul Nodemcu 8266 Yang Terintegrasi Dengan Aplikasi Blynk,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, pp. 1154–1162, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4146.
- [15] A. Hermawan, D. A. Andrian, Harahap, I. K. Daging, P. Dewi, R. Z. Ridhwan, and M. Qadri, “Design of a Web-based Cold Storage Temperature Monitor with Arduino Uno for Fish Quality Maintenance: Sensor-based Methodology and Innovative Contribution,” *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 17, no. 2, p. 161, Dec. 2023, doi: 10.24853/sintek.17.2.161-170.
- [16] K. Kartika, A. Asran, H. Erawati, E. Ezwarsyah, R. Putri, and S. Salahuddin, “Pelatihan Platform Arduino Bagi Siswa SMA Negeri 1 Baktiya Alue Ie Puteh Aceh Utara,” *J. Solusi Masy. Dikara*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2022, [Online]. Available: <https://jsmd.dikara.org/jsmd/article/view/13>
- [17] Marsya Indah Yunita, Nurul Maharani, Dimas Raskian Aji, and Wahyu Kurniawati, “Meningkatkan Minat Belajar menggunakan Model Pembelajaran Demonstrasi pada Materi Gerak Vertikal ke Atas, Gerak Vertikal ke Bawah, dan Gerak Jatuh Bebas,” *Inspirasi Dunia J. Ris. Pendidik. dan Bhs.*, vol. 3, no. 1, pp. 115–124, Dec. 2023, doi: 10.58192/insdun.v3i1.1790.