

Implementasi Internet of Things pada Sistem Pengukur Kecepatan Jatuh Benda Menggunakan ESP32 dan Sensor Infrared

Rofi Yuantomo^{1*}, Domingos De Jesus R.Montiero², Yudhistira Adhiaraka³, Rudi Susanto⁴, Triyono⁵

¹Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
^{1*} rofiyuantomo@gmail.com

²Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
²230103160@mhs.udb.ac.id

³ Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
³yadhiaraka@gmail.com

⁴ Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
⁴rudi_susanto@udb.ac.id

⁵ Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
⁵triyono@udb.ac.id

Abstrak—Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) mendorong penerapan sistem pengukuran yang mampu melakukan akuisisi, pengolahan, dan pemantauan data secara otomatis. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pengukur kecepatan jatuh benda berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan tiga sensor infrared dengan hasil pengukuran yang dapat dipantau secara real-time melalui website. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Sensor A digunakan sebagai pemicu awal pengukuran waktu, Sensor B sebagai validasi lintasan benda, dan Sensor C sebagai pemicu akhir pengukuran waktu. Data waktu diproses oleh ESP32 untuk menghitung kecepatan akhir benda berdasarkan persamaan gerak jatuh bebas dengan asumsi benda dijatuhkan dari keadaan diam dan hambatan udara diabaikan. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 16×2 serta dikirim ke website menggunakan protokol MQTT. Pengujian dilakukan sebanyak enam kali menggunakan bola golf dan tutup gelas plastik dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dan metode manual menggunakan stopwatch. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pencatatan waktu, perhitungan kecepatan akhir, dan pengiriman data secara otomatis. Perbedaan hasil antara pengukuran sensor dan manual menunjukkan bahwa penggunaan sensor dapat mengurangi ketergantungan terhadap waktu respons pengguna dalam proses pengukuran. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran fisika berbasis IoT serta mendukung proses pengukuran dan pemantauan data secara otomatis dan real-time.

Kata kunci— Internet of Things (IoT), ESP32, Sensor Infrared, Gerak Jatuh Bebas, MQTT.

Abstract—The development of Internet of Things (IoT) technology has encouraged the implementation of measurement systems capable of automatically acquiring, processing, and monitoring data. This study aims to design and implement an IoT-based object fall velocity measurement system using an ESP32 microcontroller and three infrared sensors, with measurement results monitored in real time through a website. The research method consists of requirements analysis, system design, implementation, and testing. Sensor A is used to initiate time measurement, Sensor B to validate the object trajectory, and Sensor C to terminate time measurement. The recorded time data are processed by the ESP32 to calculate the final velocity of the object based on the free-fall motion equation, assuming that the object is released from rest and air resistance is neglected. The measurement results are displayed on a 16×2 LCD and transmitted to the website using the MQTT protocol. The system was tested six times using golf balls and plastic cup lids by comparing sensor-based measurements with manual measurements using a stopwatch. The results show that the system is capable of automatically recording time, calculating final velocity, and transmitting measurement data. The differences between sensor-based and manual measurements indicate that the use of sensors can reduce dependence on user response time during the measurement process. Therefore, the developed system can be used as an IoT-based physics learning medium and can support automatic and real-time data measurement and monitoring.

Keywords— Internet of Things (IoT), ESP32, Infrared Sensor, Free-Fall Motion, MQTT.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dan Internet of Things (IoT) telah memberikan dampak yang signifikan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan dan penelitian. Pemanfaatan teknologi IoT memungkinkan proses pengumpulan, pengolahan, dan pemantauan data dilakukan secara otomatis serta dapat diakses secara real-time melalui

jaringan internet. Dalam bidang pendidikan fisika, penggunaan teknologi modern pada kegiatan praktikum dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep sekaligus menghasilkan data pengukuran yang lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Salah satu materi yang sering dipelajari dalam fisika dasar adalah gerak jatuh bebas, yaitu gerakan suatu benda yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi tanpa adanya gaya

luar yang signifikan. Pada materi ini, pengukuran waktu dan kecepatan jatuh benda menjadi aspek penting untuk memahami hubungan antara jarak, waktu, dan percepatan gravitasi[1].

Pada umumnya, praktikum gerak jatuh bebas masih dilakukan secara manual menggunakan alat sederhana seperti stopwatch. Metode tersebut memiliki beberapa keterbatasan, terutama pada ketelitian pengukuran waktu yang sangat bergantung pada kecepatan respons pengamat saat memulai dan menghentikan stopwatch. Kesalahan pengamatan yang terjadi dapat menyebabkan hasil pengukuran kurang akurat sehingga memengaruhi proses analisis dan pemahaman konsep fisika[2]. Selain itu, metode manual juga belum mampu menyediakan pencatatan data secara otomatis maupun pemantauan hasil pengukuran secara real-time. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan sistem pengukuran yang lebih modern, akurat, dan terintegrasi dengan teknologi digital.

Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik serta dilengkapi dengan fitur konektivitas WiFi[3]. Dengan memanfaatkan ESP32 dan sensor infrared, proses deteksi pergerakan benda dapat dilakukan secara otomatis sehingga mampu mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia. Sensor infrared bekerja dengan mendeteksi terputusnya sinar inframerah ketika benda melewati lintasan tertentu, sehingga dapat digunakan untuk mengukur waktu tempuh benda dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi. Data hasil pengukuran kemudian dapat diproses oleh ESP32 untuk menghitung kecepatan jatuh benda dan ditampilkan secara langsung pada perangkat display.

Selain meningkatkan akurasi pengukuran, integrasi teknologi IoT memungkinkan hasil pengukuran dikirimkan melalui protokol MQTT ke platform monitoring berbasis web[4]. Dengan adanya sistem monitoring berbasis website,

pengguna dapat memantau data kecepatan dan waktu jatuh benda secara real-time tanpa harus berada di dekat alat pengukur. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan implementasi Internet of Things pada sistem pengukur kecepatan jatuh benda menggunakan ESP32 dan sensor infrared untuk menghasilkan sistem pengukuran yang otomatis,

akurat, serta mampu menyediakan monitoring data secara real-time melalui website.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengukur kecepatan jatuh benda menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor infrared yang mampu melakukan pengukuran secara otomatis. Selain itu, penelitian ini bertujuan menerapkan teknologi Internet of Things melalui protokol MQTT untuk mengirimkan data hasil pengukuran ke platform monitoring berbasis website secara real-time[5]. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu menampilkan informasi waktu jatuh dan kecepatan benda pada LCD maupun dashboard web sehingga dapat meningkatkan akurasi pengukuran, mempermudah proses pemantauan data, serta mendukung kegiatan pembelajaran fisika berbasis teknologi digital yang lebih modern dan interaktif.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Analisis Kebutuhan

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (prototype) untuk mengembangkan sistem pengukur kecepatan jatuh benda berbasis Internet of Things. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, tiga sensor infrared, LCD 16×2 I2C, buzzer, serta platform IoT untuk monitoring data. Sensor A berfungsi sebagai pemicu awal pengukuran waktu, Sensor B sebagai validasi lintasan benda, dan Sensor C sebagai pemicu akhir pengukuran. Data waktu yang diperoleh diproses oleh ESP32 untuk menghitung kecepatan jatuh benda berdasarkan persamaan gerak jatuh bebas. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD dan dikirim melalui protokol MQTT ke website monitoring sehingga dapat dipantau secara real-time melalui jaringan internet.

Tabel 1. Komponen dan fungsi

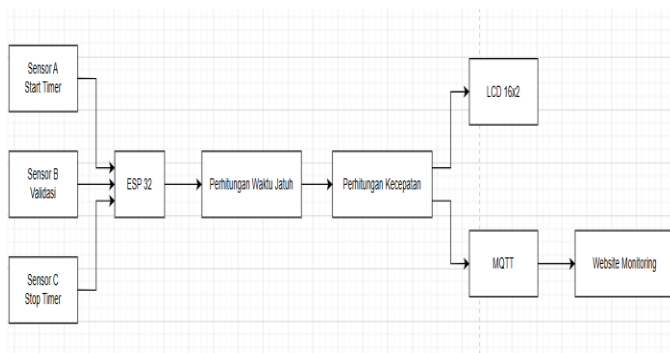
No	Komponen	Fungsi
1	ESP 32	Otak sistem
2	Sensor Infrared	Membaca pergerakan benda
3	Bread Board	Wadah perakitan
4	Kabel Jumper	Penghubung komponen
5	Buzzer	Output suara
6	Arduino IDE	Media untuk pemrograman
7	IoT Kita	Media untuk membuat MQTT

8	VS Code	Media pemrograman web
9	Lcd	Menampilkan Data

B. Desain/Perancangan

1. Diagram blok

Diagram blok sistem menunjukkan alur kerja alat pengukur kecepatan jatuh benda berbasis IoT. Sistem menggunakan tiga sensor infrared, yaitu Sensor A sebagai pemicu awal pengukuran waktu (start timer), Sensor B sebagai validasi lintasan benda, dan Sensor C sebagai pemicu akhir pengukuran waktu (stop timer). Data dari ketiga sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menghitung waktu jatuh dan kecepatan benda. Hasil perhitungan kemudian ditampilkan pada LCD 16×2 sebagai informasi lokal dan dikirim melalui protokol MQTT ke platform IoT. Selanjutnya, data dapat dipantau secara real-time melalui website monitoring sehingga pengguna dapat melihat hasil pengukuran kapan saja dan dari mana saja selama terhubung ke internet, seperti pada gambar 1.

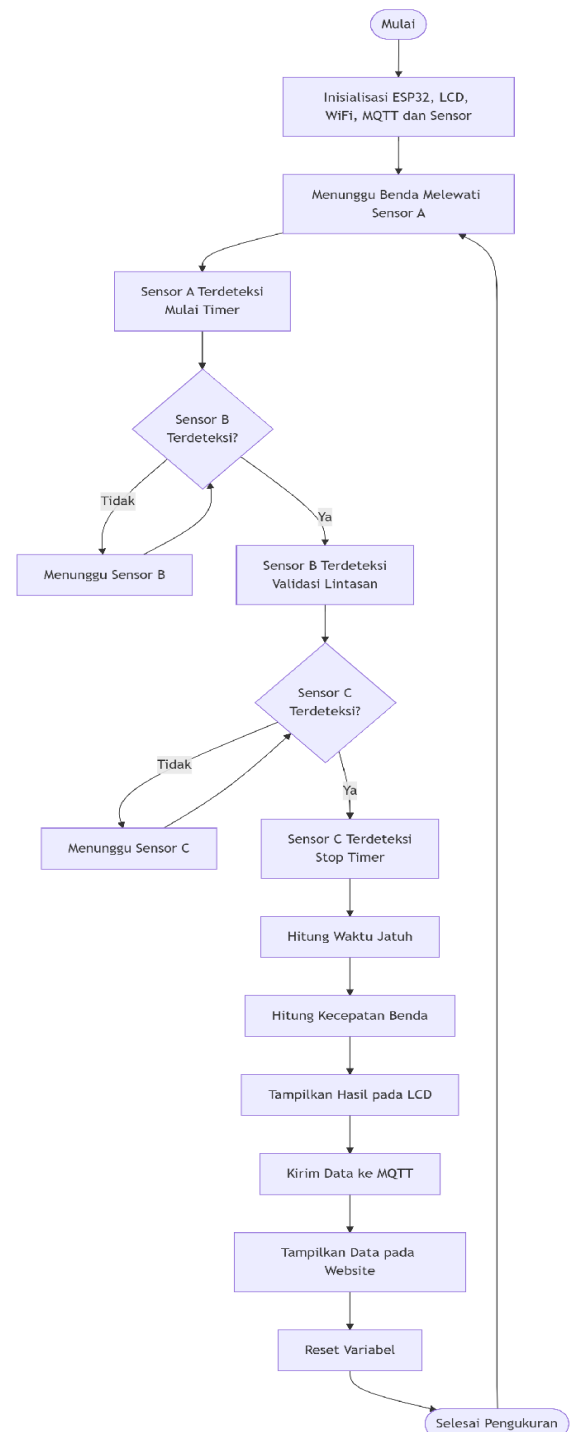


Gambar 1. Diagram Blok

2. Flowchart

Flowchart sistem dimulai dengan proses inialisasi ESP32, sensor infrared, LCD, koneksi WiFi, dan MQTT. Sistem kemudian menunggu benda melewati Sensor A untuk memulai pencatatan waktu. Setelah itu, Sensor B digunakan sebagai validasi bahwa benda melewati lintasan yang benar. Selanjutnya, ketika benda melewati Sensor C, proses pencatatan waktu dihentikan. Data waktu yang diperoleh digunakan untuk menghitung kecepatan jatuh benda. Hasil perhitungan ditampilkan pada LCD dan dikirim ke platform IoT menggunakan protokol MQTT sehingga dapat dimonitor melalui

website secara real-time. Setelah proses selesai, sistem melakukan reset variabel dan kembali ke kondisi siap untuk melakukan pengukuran berikutnya seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart

3. Persamaan Gerak Jatuh Bebas

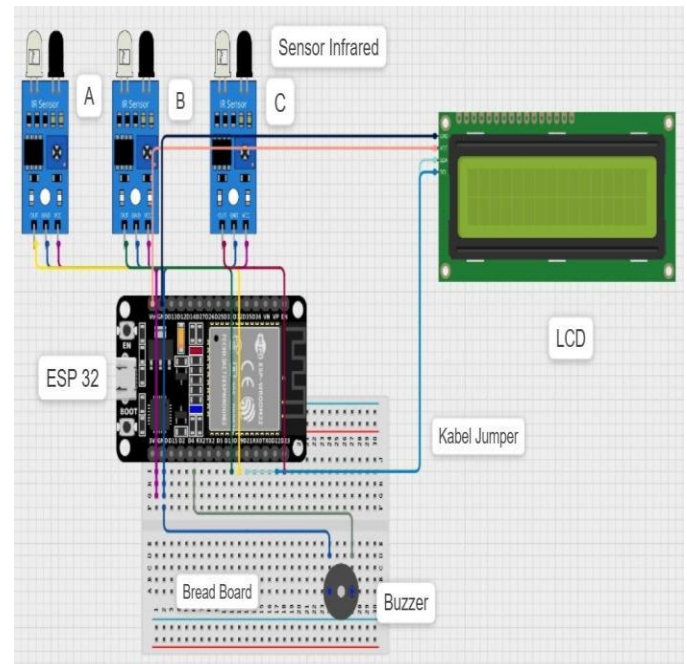
Persamaan $v = g \times t$ digunakan karena penelitian ini mengasumsikan benda dijatuhkan dari

keadaan diam ($v_0 = 0$) dan pengaruh hambatan udara diabaikan[6]. Berdasarkan persamaan tersebut, kecepatan akhir benda berbanding lurus dengan waktu jatuh, sehingga semakin lama benda mengalami gerak jatuh bebas, semakin besar kecepatan akhirnya[7]. Pada sistem yang dikembangkan, waktu jatuh dihitung secara otomatis menggunakan tiga sensor infrared, yaitu Sensor A sebagai pemicu awal (*start timer*), Sensor B sebagai validasi bahwa benda melewati lintasan yang benar, dan Sensor C sebagai pemicu akhir (*stop timer*). Selisih waktu antara Sensor A dan Sensor C diproses oleh ESP32 untuk memperoleh waktu jatuh, kemudian nilai tersebut digunakan untuk menghitung kecepatan akhir benda berdasarkan persamaan gerak jatuh bebas. Nilai kecepatan yang dihasilkan pada penelitian ini merupakan kecepatan akhir benda saat mencapai Sensor C berdasarkan persamaan gerak jatuh bebas $v = g \times t$ [8]. Nilai percepatan gravitasi yang digunakan pada penelitian ini adalah $9,8 \text{ m/s}^2$, yaitu nilai percepatan gravitasi rata-rata di permukaan bumi yang umum digunakan pada pembelajaran gerak jatuh bebas. Oleh karena itu, nilai kecepatan yang diperoleh tidak merepresentasikan kecepatan rata-rata sepanjang lintasan pengukuran, melainkan kecepatan akhir benda pada titik akhir pengukuran dengan asumsi benda dijatuhkan dari keadaan diam dan hambatan udara diabaikan. Hasil perhitungan selanjutnya ditampilkan pada LCD dan dikirim ke website melalui protokol MQTT sehingga dapat dipantau secara *real-time*.

4. Diagram Wiring

Perancangan perangkat keras menggunakan ESP32 sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan tiga sensor infrared, LCD 16×2 I2C, dan buzzer. ESP32 menyuplai tegangan 3,3 V dan GND ke breadboard sebagai sumber daya ketiga sensor infrared. Pin OUT Sensor A, Sensor B, dan Sensor C masing-masing dihubungkan ke GPIO 19, GPIO 18, dan GPIO 23, dengan fungsi sebagai start timer, validasi lintasan, dan stop timer. LCD 16×2 I2C dihubungkan ke pin VIN (5 V), GND, SDA (GPIO 21), dan SCL (GPIO 22) untuk menampilkan hasil pengukuran. Buzzer dihubungkan ke GPIO 4 dan GND sebagai indikator bahwa proses pengukuran telah selesai seperti pada gambar 3. Data dari ketiga sensor diproses oleh ESP32 untuk menghitung

waktu dan kecepatan jatuh benda, kemudian hasilnya ditampilkan pada LCD serta dikirim ke website monitoring melalui protokol MQTT secara *real-time*.



Gambar 3. Desain Pengkabelan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi

1. Implementasi Hardware

Perancangan prototipe dilakukan untuk membangun sistem pengukur kecepatan jatuh benda berbasis Internet of Things menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali. Sistem terdiri atas tiga sensor infrared, yaitu Sensor A sebagai pemicu awal (*start timer*), Sensor B sebagai validasi lintasan benda, dan Sensor C sebagai pemicu akhir (*stop timer*). Ketiga sensor dihubungkan ke pin GPIO ESP32 dengan jarak dari sensor A ke B yaitu 25 cm dan Sensor B ke C 25 cm sehingga totalnya 50 cm untuk mendeteksi pergerakan benda secara berurutan yang dapat dilihat seperti pada gambar 4. Data waktu yang diperoleh dari proses pendeteksian kemudian diolah oleh ESP32 untuk menghitung waktu jatuh dan kecepatan akhir benda berdasarkan persamaan gerak jatuh bebas. Hasil pengukuran ditampilkan secara langsung pada LCD 16×2 sebagai media informasi lokal dan dikirimkan melalui protokol MQTT ke platform IoT sehingga dapat dimonitor secara *real-time* melalui website[9]. Selain itu, buzzer digunakan sebagai indikator bahwa proses

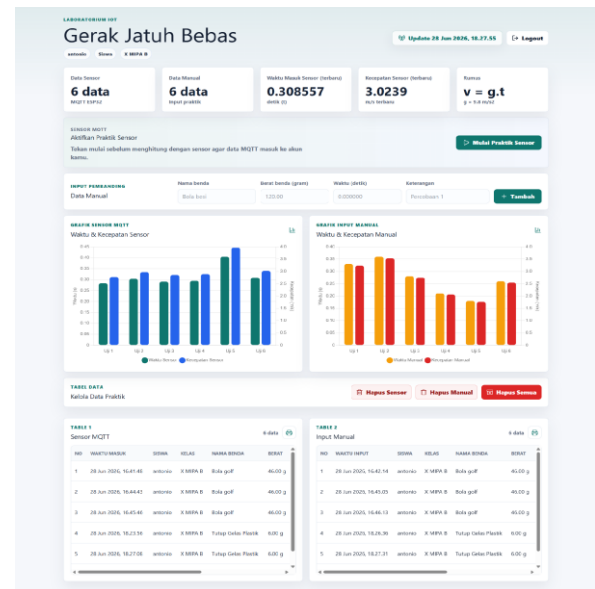
pengukuran telah selesai dilakukan. Seluruh komponen dirangkai pada breadboard dan dihubungkan sesuai dengan konfigurasi pin yang telah dirancang sehingga membentuk sebuah prototipe yang mampu melakukan pengukuran secara otomatis, menampilkan hasil pengukuran, serta mengirimkan data ke website untuk proses monitoring.



Gambar 4. Tampilan Prototipe

2. Tampilan Website

Website dikembangkan sebagai media monitoring hasil pengukuran kecepatan jatuh benda berbasis Internet of Things seperti pada gambar 5. Data yang dikirim oleh ESP32 melalui protokol MQTT ditampilkan secara real-time dalam bentuk tabel dan grafik yang memuat informasi waktu pengukuran, nama benda, massa benda, waktu jatuh, serta kecepatan hasil pengukuran[10]. Selain menampilkan data dari sensor, website juga menyediakan fitur input manual sebagai pembandingan dengan hasil pengukuran menggunakan stopwatch. Dengan adanya tampilan website ini, pengguna dapat memantau, membandingkan, dan menganalisis hasil pengukuran secara lebih mudah, cepat, dan terstruktur melalui perangkat yang terhubung ke internet.



Gambar 5. Tampilan web

B. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem pengukur kecepatan jatuh benda berbasis Internet of Things menggunakan ESP32 dan sensor infrared. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kecepatan yang ditampilkan sistem mengikuti persamaan $v = g \times t_v$, kecepatan yang ditampilkan sistem merupakan kecepatan akhir benda saat melewati Sensor C yang dihitung berdasarkan waktu jatuh hasil pengukuran sensor, sehingga hasil pengukuran sesuai dengan konsep gerak jatuh bebas. Sehingga perubahan waktu jatuh yang terukur oleh sensor akan menghasilkan perubahan nilai kecepatan secara linier sesuai dengan konsep gerak jatuh bebas. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran yang diperoleh dari sistem sensor dengan hasil pengukuran secara manual menggunakan stopwatch. Parameter yang diamati meliputi waktu jatuh dan kecepatan benda. Data hasil pengukuran sensor ditampilkan pada website dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan proses monitoring secara real-time, sedangkan hasil pengukuran manual digunakan sebagai pembandingan untuk mengevaluasi kinerja sistem. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mendeteksi benda secara otomatis, menghitung waktu dan kecepatan jatuh, serta mengirimkan data ke website melalui protokol MQTT dengan baik. Perbandingan antara kedua metode menunjukkan bahwa sistem berbasis sensor memungkinkan pencatatan waktu secara

otomatis sehingga mengurangi ketergantungan terhadap waktu respons pengguna saat mengoperasikan stopwatch.

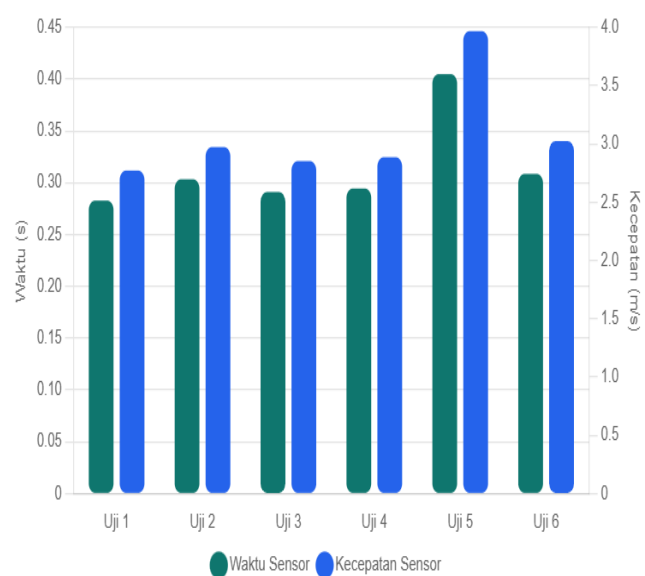
Sensor MQTT

NO	WAKTU MASUK	SISWA	KELAS	NAMA BENDA	BERAT	T (S)	V WEB	V ESP32	AKSI
1	28 Jun 2026, 16.41.48	antonio	X MIPA B	Bola golf	46.00 g	0.282779	2.7712 m/s	0.2828 m/s	
2	28 Jun 2026, 16.44.43	antonio	X MIPA B	Bola golf	46.00 g	0.303340	2.9727 m/s	0.3033 m/s	
3	28 Jun 2026, 16.45.46	antonio	X MIPA B	Bola golf	46.00 g	0.291065	2.8524 m/s	0.2911 m/s	
4	28 Jun 2026, 18.23.56	antonio	X MIPA B	Tutup Gelas Plastik	6.00 g	0.294443	2.8855 m/s	0.2944 m/s	
5	28 Jun 2026, 18.27.08	antonio	X MIPA B	Tutup Gelas Plastik	6.00 g	0.404778	3.9668 m/s	0.4048 m/s	
6	28 Jun 2026, 18.27.55	antonio	X MIPA B	Tutup Gelas Plastik	6.00 g	0.308557	3.0239 m/s	0.3086 m/s	

Gambar 6. Table input sensor

GRAFIK SENSOR MQTT

Waktu & Kecepatan Sensor



Gambar 7. Grafik input sensor

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa ketika waktu jatuh meningkat maka nilai kecepatan yang dihitung sistem juga meningkat. Hal ini sesuai dengan persamaan gerak jatuh bebas $v = g \times t$, di mana kecepatan akhir berbanding lurus terhadap waktu jatuh selama percepatan gravitasi dianggap konstan.

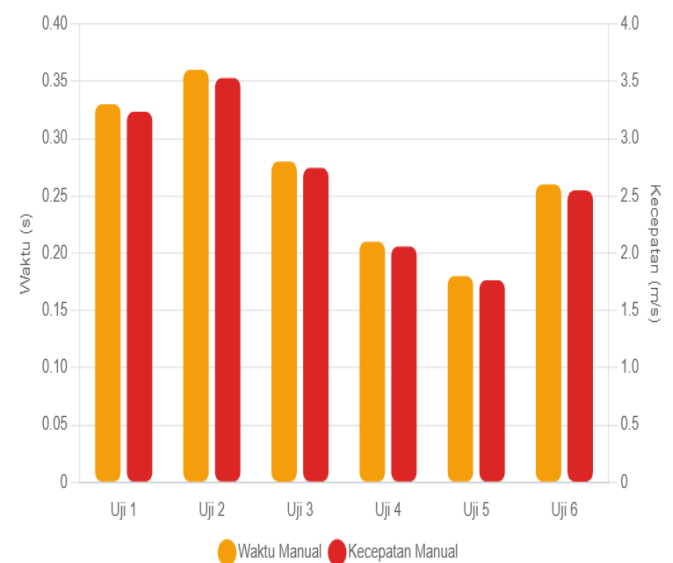
Input Manual

NO	WAKTU INPUT	SISWA	KELAS	NAMA BENDA	BERAT	T (S)	V HITUNG	KETERANGAN	AKSI
1	28 Jun 2026, 16.42.14	antonio	X MIPA B	Bola golf	46.00 g	0.330000	3.2340 m/s	Percobaan 1	
2	28 Jun 2026, 16.45.05	antonio	X MIPA B	Bola golf	46.00 g	0.360000	3.5280 m/s	Percobaan 2	
3	28 Jun 2026, 16.46.13	antonio	X MIPA B	Bola golf	46.00 g	0.280000	2.7440 m/s	Percobaan 3	
4	28 Jun 2026, 18.26.36	antonio	X MIPA B	Tutup Gelas Plastik	6.00 g	0.210000	2.0580 m/s	Percobaan 4	
5	28 Jun 2026, 18.27.31	antonio	X MIPA B	Tutup Gelas Plastik	6.00 g	0.180000	1.7640 m/s	Percobaan 5	
6	28 Jun 2026, 18.28.23	antonio	X MIPA B	Tutup Gelas Plastik	6.00 g	0.260000	2.5480 m/s	Percobaan 6	

Gambar 8. Table input manual

GRAFIK INPUT MANUAL

Waktu & Kecepatan Manual



Gambar 9. Grafik input manual

Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa hasil pengukuran menggunakan stopwatch memiliki pola yang hampir sama dengan hasil pengukuran sensor. Namun demikian, nilai yang diperoleh dari metode manual menunjukkan variasi yang lebih besar akibat adanya keterlambatan respons pengguna ketika menekan stopwatch. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem berbasis sensor infrared memungkinkan pencatatan waktu secara otomatis sehingga mengurangi ketergantungan terhadap waktu respons pengguna dalam pengoperasian stopwatch.

TABEL 2. HASIL PERBANDINGAN PENGUKURAN SENSOR DAN MANUAL

Benda	Waktu Sensor (s)	Kecepatan Sensor (m/s)	Waktu Manual (s)	Kecepatan Manual (m/s)	Selisih Waktu (s)	Selisih Kecepatan (m/s)
Bola Golf	0,2828	2,828	0,3300	3,234	0,0472	0,406
Bola Golf	0,3033	3,033	0,3600	3,528	0,0567	0,495
Bola Golf	0,2911	2,911	0,2800	2,744	0,0111	0,167
Tutup Gelas Plastik	0,2944	2,944	0,2100	2,058	0,0844	0,886
Tutup Gelas Plastik	0,4048	4,048	0,1800	1,764	0,2248	2,284
Tutup Gelas Plastik	0,3086	3,086	0,2600	2,548	0,0486	0,538

Berdasarkan Tabel 2, pengujian dilakukan sebanyak enam kali dengan menggunakan dua jenis benda, yaitu bola golf dan tutup gelas plastik. Masing-masing benda diuji sebanyak tiga kali menggunakan sistem berbasis sensor infrared dan metode manual menggunakan stopwatch. Pada pengujian bola golf, waktu yang diperoleh sensor berkisar antara 0,2828 s hingga 0,3033 s, sedangkan pengukuran manual menghasilkan waktu antara 0,2800 s hingga 0,3600 s. Selisih waktu pengukuran pada bola golf berkisar antara 0,0111 s hingga 0,0567 s, dengan selisih kecepatan antara 0,167 m/s hingga 0,495 m/s.

Pada pengujian tutup gelas plastik, waktu yang diperoleh sensor berkisar antara 0,2944 s hingga 0,4048 s, sedangkan pengukuran manual menghasilkan waktu antara 0,1800 s hingga 0,2600 s. Selisih waktu pengukuran berkisar antara 0,0486 s hingga 0,2248 s, dengan selisih kecepatan antara 0,538 m/s hingga 2,284 m/s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan hasil pengukuran pada tutup gelas plastik lebih besar dibandingkan bola golf. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik gerak tutup gelas plastik selama proses jatuh serta waktu respons pengguna ketika mengoperasikan stopwatch.

Secara keseluruhan, sistem sensor mampu melakukan pencatatan waktu dan perhitungan kecepatan secara otomatis sehingga mengurangi ketergantungan terhadap respons pengguna dalam proses pengukuran.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pengukur kecepatan jatuh benda berbasis Internet of Things menggunakan ESP32 dan sensor infrared telah berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sistem mampu mendeteksi pergerakan benda melalui tiga sensor infrared, menghitung waktu dan kecepatan jatuh secara otomatis, serta menampilkan hasil pengukuran pada LCD dan website secara real-time melalui protokol MQTT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dalam melakukan pengukuran dan pengiriman data ke website, sehingga memudahkan proses monitoring dan penyimpanan data. Selain itu, dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan stopwatch, sistem berbasis sensor memungkinkan pencatatan waktu secara otomatis sehingga mengurangi ketergantungan terhadap waktu respons pengguna dalam proses pengukuran. Dengan demikian, sistem yang

dikembangkan dapat menjadi alternatif media pembelajaran fisika sekaligus mendukung penerapan teknologi Internet of Things dalam proses pengukuran secara otomatis.

REFERENSI

- [1] 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 Berdasarkan penelitian Zul Azhar (2018) dengan judul " Pembuatan Alat Angket yang diperoleh dari siswa pada penggunaan alat praktikum," *GRavitasiJurnal Pendidik. Fis. dan Sains*, vol. 4, no. 01, pp. 23–32, 2021, [Online]. Available: <https://ejurnalunsam.id/index.php/JPPFS>
- [2] Mila Rosa Angraini, S. Suprianto, Nur Fadilah, Yasmin Sabrina Nur Islami, and Mubayyinah Mulyadi, "Analisis Keterampilan Penggunaan Alat Ukur terhadap Pemahaman Konsep pada Materi Besaran dan Satuan," *DIAJAR J. Pendidik. dan Pembelajaran*, vol. 3, no. 2, pp. 196–201, 2024, doi: 10.54259/diajar.v3i2.2416.
- [3] H. Kusumah and R. A. Pradana, "Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing," *J. CERITA*, vol. 5, no. 2, pp. 120–134, 2019, doi: 10.33050/cerita.v5i2.237.
- [4] F. Fauzi and A. Amarudin, "Integrasi Internet of Things dan Web untuk Monitoring Kendali Irigasi Tates Secara Real Time: Internet of Things and Web Integration for Real-Time Monitoring and Control of Tates Irrigation," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 4, pp. 1481–1489, 2025.
- [5] I. M. Aryanto, E. Fadilah, R. Putri, and Z. Firmansyah, "IMPLEMENTASI PROTOKOL MQTT PADA SISTEM MONITORING SMART," vol. 10, no. 2, pp. 3461–3468, 2026.
- [6] J. D. Walecka, "Introduction To Classical Mechanics," *Introd. to Class. Mech.*, pp. 1–169, 2020, doi: 10.1142/11750.
- [7] F. M. Bara, M. I. Mako, A. Eku, and M. A. Pau, "Phyphox Pada Gerak Jatuh Bebas," *J. Lumin.*, vol. 2, no. 2, pp. 11–17, 2021.
- [8] H. Rosdianto, "Penentuan Percepatan Gravitasi Pada Percobaan Gerak Jatuh Bebas Dengan Memanfaatkan Rangkaian Relai," *SPEKTRA J. Fis. dan Apl.*, vol. 2, no. 2, p. 107, 2017, doi: 10.21009/spektra.022.03.
- [9] A. A. Ritonga, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Protokol MQTT dan Platform Cloud ThingSpeak," no. 1, pp. 74–80, 2025.
- [10] F. A. AHMAD, "Sistem Informasi Berbasis Web Untuk Pemantauan Kondisi Tanah (Kelembaban Dan Suhu) Terintegrasi Iot," 2025.