

Rancang Bangun Perangkat Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Otomatis Berbasis mikrokontroler

Robin Mahendra*¹, Bintoro Siswo Nugroho², Azrul Azwar³

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

²Program Studi Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

*E-mail: h1021201020@student.untan.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.52188/jpfs.v8i2.1307>

Accepted: 19 Juni 2025 Approved: 22 Agustus 2025 Published: 30 September 2025

ABSTRAK

Gerak jatuh bebas merupakan salah satu fenomena fisika yang termasuk dalam kelompok GLBB. Gerak jatuh bebas diartikan sebagai gerak benda yang jatuh dari ketinggian tertentu tanpa adanya kecepatan awal dan hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi. Penentuan gravitasi dari gerak jatuh bebas sering kali dilakukan, sehingga penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan perangkat eksperimen berbasis mikrokontroler NodeMCU yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan sensor inframerah guna mempermudah akuisisi data waktu dan ketinggian secara otomatis. perangkat ini memungkinkan data diakses melalui alamat IP dan ditampilkan secara real-time pada halaman *website*. Kinerja perangkat eksperimen ini kemudian dibandingkan dengan metode video tracker. Hasil menunjukkan bahwa perangkat eksperimen menghasilkan nilai percepatan gravitasi sebesar 10,533 m/s² dengan %error sebesar 7,897 %akurasi sebesar 92,103% dan %presisi sebesar 1,827% berdasarkan 10 kali pengulangan. Sementara itu, nilai percepatan gravitasi yang diperoleh dari aplikasi video tracker adalah sebesar 11,322 m/s² dengan %error sebesar 15,760%, %akurasi sebesar 84,240% dengan standar deviasi 2,055. Berdasarkan hasil tersebut, perangkat eksperimen berbasis mikrokontroler dinilai lebih presisi, akurat, dan praktis dalam mengukur percepatan gravitasi melalui gerak jatuh bebas.

Kata kunci: Mikrokontroler, NodeMCU ESP8266, Gerak jatuh Bebas

ABSTRACT

Free fall motion is one of the physics phenomena included in the GLBB group. Free fall motion is defined as the motion of an object falling from a certain height without any initial velocity and is only influenced by the acceleration of gravity. Determination of gravity from free fall motion is often done, so this study aims to design and develop an experimental device based on a NodeMCU microcontroller equipped with ultrasonic sensors and infrared sensors to facilitate automatic acquisition of time and height data. This device allows data to be accessed via an IP address and displayed in real-time on a website page. The performance of this experimental device is then compared with the video tracker method. The results show that the experimental device produces a gravitational acceleration value of 10.533 m/s² with an error% of 7.897%, an accuracy of 92.103% and a precision% of 1.827% based on 10 repetitions. Meanwhile, the value of gravitational acceleration obtained from the video tracker application is 11.322 m/s² with an error% of 15.760%, an accuracy% of 84.240% with a standard deviation of 2.055. Based on these results, the microcontroller-based experimental device is considered more precise, accurate, and practical in measuring gravitational acceleration through free fall motion.

.Keyword: Microcontroller, NodeMCU ESP8266, Free fall Motion

@2025 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan terus berkembang pesat sehingga dapat mempermudah pekerjaan yang membutuhkan waktu lama. Pekerjaan dapat dilakukan dengan mudah jika dikerjakan dengan bantuan teknologi seperti komputer, sehingga muncullah teknologi baru bernama mikrokontroler [1]. Mikrokontroler adalah sebuah pengendali mikro yang dapat mengerjakan instruksi sesuai dengan programnya [2]. Mikrokontroler dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran fisika [3]. Salah satu media pembelajaran fisika yang dapat menggunakan mikrokontroler adalah gerak jatuh bebas.

Gerak jatuh bebas merupakan gerak jatuh dari ketinggian tertentu tanpa adanya kecepatan awal dan hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi [4]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat perangkat eksperimen gerak jatuh bebas berbasis mikrokontroler yang mengandalkan 2 sensor yaitu sensor inframerah sebagai penghitung waktu dan sensor ultrasonik sebagai penghitung jarak untuk mempermudah pengambilan penentuan nilai gravitasi dari eksperimen gerak jatuh bebas. Hasil yang diperoleh ditampilkan pada halaman *website* oleh sebab itu mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266 karena lebih efisien sehingga tidak perlu menggunakan modul tambahan lagi. Perangkat ini diharapkan dapat meminimalisir kesalahan yang sering terjadi saat melakukan pengukuran secara manual [5,6].

METODE

Alat yang digunakan adalah laptop, meteran dan water pass sedangkan bahan yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266, Sensor inframerah, sensor ultrasonik, breadboard, kabel jumper, kabel mikro USB, paralon dan bola besi. Prosedur diawali dengan merangkai seluruh perangkat keras, yaitu menghubungkan sensor inframerah dan sensor ultrasonik ke mikrokontroler. Setelah seluruh sensor terhubung pada pin yang sesuai maka dilanjutkan dengan merangkai perangkat lunak menggunakan aplikasi arduino IDE. Dibuat fungsi-fungsi pengukuran waktu saat bola melewati sensor pertama dan berhenti di sensor kedua dan pengukuran jaraknya. Setelah berhasil dibuat pula fungsi untuk menampilkan hasil pengukuran pada halaman *website* menggunakan IP address.

Dilakukan kalibrasi terhadap kedua sensor untuk memastikan pengukuran dengan nilai sebenarnya. Kalibrasi sensor ultrasonik dilakukan dengan pengambilan 6 data yang kemudian diplotkan kedalam grafik. Pengolahan data dilanjutkan dengan metode regresi linear sederhana yang kemudian ditambahkan pada kodingan.

$$(c) = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$(m) = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y - \hat{y}_i)^2}{\sum (Y - \bar{y}_i)^2}$$

Sensor inframerah dikalibrasi dengan membandingkan nilai pengukuran yang terukur dengan nilai yang seharusnya. Nilai waktu sebenarnya diperoleh melalui pemisalan gravitasi adalah percepatan gravitasi pada khatulistiwa yaitu 9,7801791179 m/s². Selisih nilai yang diperoleh kemudian digunakan untuk memperbaiki kodingan pada *arduino* IDE.

Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan ketinggiannya dari tinggi ke rendah sebanyak 9 variasi. Pengukuran dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Hasil yang diperoleh pada tampilan *coolTerm* dan halaman *website* HTML kemudian dihitung linieritasnya menggunakan persamaan regresi linear, dikarenakan X dan Y telah diketahui maka diperlukan rumus untuk menentukan nilai *slope* dan ketidakpastian *sloponya* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(m) = \frac{(\Sigma XY)}{(\Sigma X)^2}$$

$$(\Delta m) = \sqrt{\frac{N}{N-2} \times \frac{\Sigma(Y - mX + c)^2}{N \times \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}}$$

Dari rumus ketidakpastian *slope* tersebut juga dapat ditentukan ketidakpastian gravitasi melalui rumus :

$$(\Delta g) = \left| \frac{-2}{m^2} \right| \times \Delta m$$

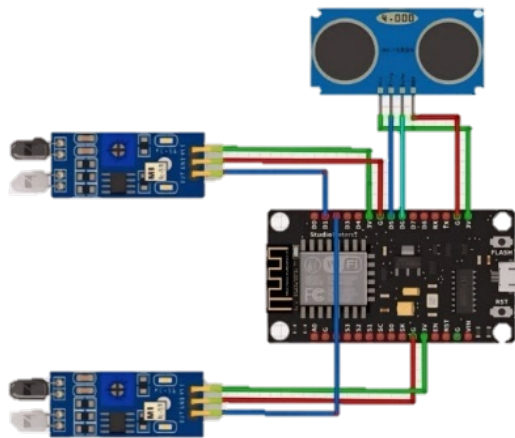
Setiap pengukuran yang dilakukan pada perangkat otomatis dibuat video menggunakan smartphone. Video itu kemudian dianalisis dengan menggunakan aplikasi video tracker. Hasil analisis dibandingkan dengan hasil pada perangkat eksperimen gerak jatuh bebas. Hasil pengukuran nilai gravitasi dengan *Video tracker* didapatkan melalui persamaan berikut:

$$gravitasi = -(slope)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gerak jatuh bebas adalah contoh gerak paling sederhana dan yang paling umum gerak jatuh bebas merupakan gerak jatuh benda dengan arah vertikal ke bawah dari ketinggian tertentu tanpa adanya kecepatan awal [7]. Gerak jatuh bebas hanya dipengaruhi oleh percepatan yang konstan yaitu percepatan gravitasi [8]. Penelitian ini dilakukan untuk mengamati dan mengetahui nilai gravitasi yang dihasilkan dari perangkat eksperimen yang dibuat dengan memanfaatkan mikrokontroler berupa Node MCU ESP8266 yaitu versi hemat dari arduino karena telah dilengkapi dengan modul Wifi sehingga tidak memerlukan modul tambahan lagi [9].

Pembuatan perangkat eksperimen gerak jatuh bebas otomatis ini dibuat dengan menghubungkan pin-pin sensor pada mikrokontroler. Adapun penghubungan tersebut dapat dilihat melalui gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian perangkat keras

Prosedur dilanjutkan dengan memprogram NodeMCU menggunakan software arduino IDE. Software ini digunakan untuk membuat program maupun prosedur yang didalamnya terdapat kumpulan perintah yang dimengerti oleh komputer dan pengguna dalam memproses sebuah informasi [10]. Program yang dibuat adalah penghitung waktu saat bola melewati sensor IR pertama dan bersamaan menghitung jarak menggunakan sensor ultrasonik kemudian berhenti ketika melewati IR kedua. Hasil pengukuran ditampilkan pada serial monitor dan halaman *website* yang diakses menggunakan IP address apabila terhubung pada Wi-Fi.

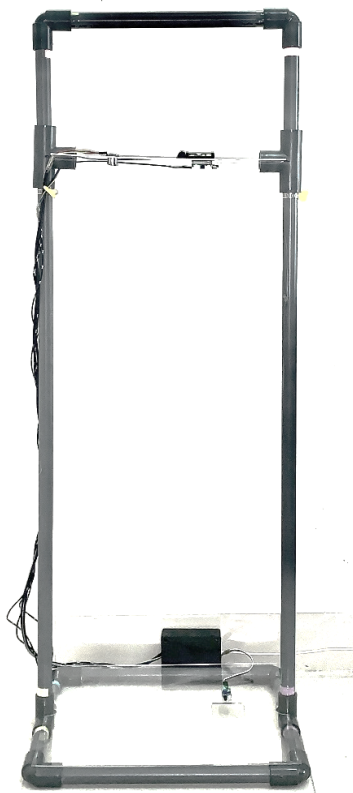


No	Jarak (m)	Waktu (s)	Waktu ² (s ²)
1	0.151	0.178	0.032
2	0.151	0.176	0.031
3	0.151	0.178	0.032

Grafik Jarak vs Waktu²
Slope = 0,210, g = 9,537 m/s²

Gambar 2. Tampilan halaman *website* HTML

Setelah semua fungsi berjalan dengan seharusnya maka, dirangkailah seluruh alat sehingga dapat diatur ketinggiannya seperti berikut:

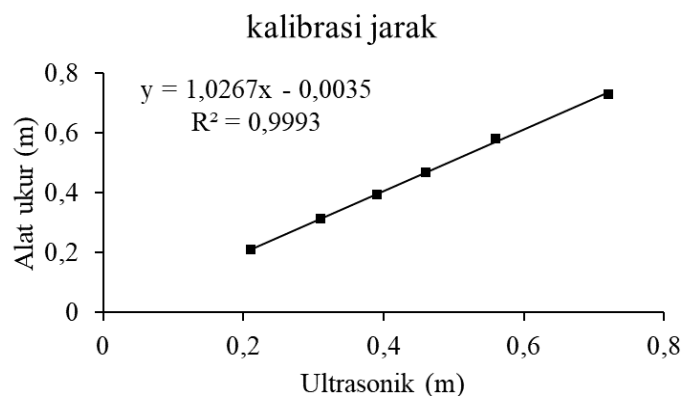


Gambar 3. Perangkat eksperimen gerak jatuh bebas berbasis mikrokontroler

Sensor ultrasonik dikalibrasi dengan membandingkan pengukuran dengan nilai sebenarnya yang kemudian di plotkan kedalam grafik untuk mengetahui persamaan liniernya. Adapun data kalibrasi didapati sebagai berikut :

Tabel 1. Data kalibrasi sensor ultrasonik

ultrasonik (m)	alat ukur (m)	selisih	<i>error</i>
0,72	0,73	0,010	1,370
0,56	0,58	0,020	3,448
0,46	0,47	0,010	2,128
0,39	0,395	0,005	1,266
0,31	0,315	0,005	1,587
0,21	0,21	0,000	0,000



Gambar 4. Grafik kalibrasi sensor ultrasonik

Persamaan linier yang didapatkan dari perbandingan ini adalah $y = 1,0267x - 0,0035$ dengan R^2 sebesar 0,9993. Hasil persamaan linier ini kemudian dimasukkan kedalam kodingan untuk mengkoreksi nilai jarak.

Kalibrasi sensor inframerah dilakukan dengan menghitung waktu secara manual dengan memisalkan gravitasinya adalah 9,7801791179 m/s² (gravitasi pada kahtulistiwa). Dengan demikian persamaan yang digunakan adalah :

$$t^2 = \frac{2}{g} h$$

Tabel 2. Data kalibrasi sensor inframerah

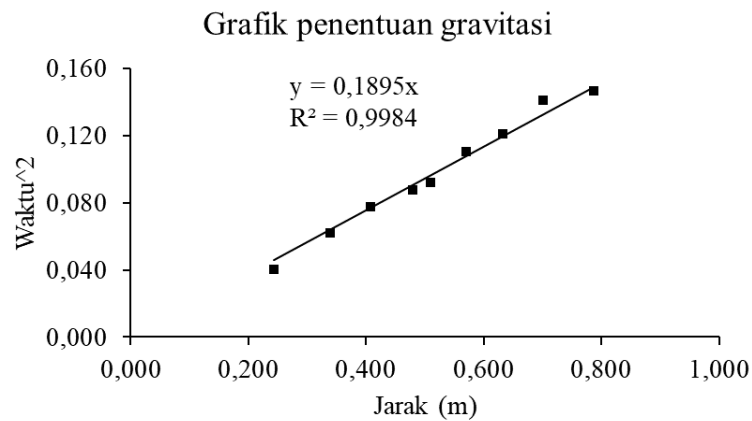
Perangkat eksperimen	perhitungan	selisih
0,412	0,443	0,03
0,395	0,427	0,03
0,381	0,404	0,02
0,343	0,374	0,04
0,311	0,336	0,03
0,291	0,316	0,04
0,270	0,299	0,03
0,249	0,270	0,03
0,203	0,052	0,02
Rata-rata		0,03

Dari persamaan tersebut maka diketahui bahwa waktu delay selama 0,03 detik. Hasil ini kemudian ditambahkan pada kodingan. Pengambilan data dilanjutkan setelah proses kalibrasi. Sebanyak 9 variasi ketinggian dengan pengulangan 3 kali setiap variasinya.

Tabel 3. Hasil pengukuran perangkat eksperimen

h	t ²
0,787	0,147
0,702	0,141
0,633	0,121
0,571	0,110
0,510	0,092
0,479	0,088
0,407	0,078
0,339	0,062
0,243	0,040

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan guna mendapatkan data yang lebih baik dan lebih akurat. Berdasarkan hasil yang diperoleh dianalisis kembali menggunakan regresi linier.



Gambar 5. Grafik penentuan Gravitasi

Hasil R^2 menunjukkan tingkat linieritas suatu data. Linearitas yang baik ditunjukkan oleh nilai $0,997 \leq R^2 \leq 1$ atau dengan nilai R^2 mendekati 1 [11]. Berdasarkan nilai R^2 yang diperoleh yaitu 0,9984 maka dapat dikatakan terdapat hubungan antara jarak dan waktu kuadrat berbanding lurus. Nilai *slope* yang diperoleh dari grafik adalah 0,1895 dengan nilai ketidakpastian *slopenya* 0,0046 yang digunakan untuk menghitung ketidakpastian gravitasi. Adapun persamaan gravitasi dapat dihitung melalui persamaan gerak jatuh bebas dengan menggunakan metode regresi linier sederhana sebagai berikut [12]:

$$h = v_0 + \frac{1}{2}gt^2$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$t^2 = \frac{2}{g}h$$

$$b = \frac{2}{g}$$

$$g = \frac{2}{m}$$

Hasil gravitasi yang diperoleh dari perangkat eksperimen adalah $10,533 \pm 0,257 \text{ m/s}^2$. %error dari perangkat eksperimen adalah sebesar 7,897% sehingga nilai akurasi sebesar 92,103%. Nilai presisi dari perangkat eksperimen diukur dengan metode pengulangan yaitu dengan melakukan pengukuran pada ketinggian yang sama sebanyak 9 kali. Nilai presisi dilakukan untuk mengetahui kedekatan nilai antar pengukuran satu dengan pengukuran yang lainnya [13,14].

Tabel 4. Hasil pengukuran berulang pada perangkat eksperimen

Pengulangan	h	t^2	gravitasi
1	0,787	0,162	9,692
2	0,797	0,161	9,913
3	0,787	0,162	9,740
4	0,787	0,157	10,037
5	0,787	0,164	9,596
6	0,797	0,158	10,114
7	0,797	0,160	9,963
8	0,797	0,162	9,815
9	0,797	0,158	10,063
Rerata			9,881
Standar Deviasi			0,1805
%RSD			1,827

Nilai presisi yang diperoleh dari pengukuran berulang tersebut adalah sebesar 1,827% yang berarti dapat diterima dikarenakan masih di bawah 2%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perangkat eksperimen gerak jatuh bebas ini menghasilkan data yang presisi namun kurang akurat.

Hasil dari analisis menggunakan video tracker didapatkan nilai gravitasi sebesar $11,322 \text{ m/s}^2$ dengan rata-rata R^2 sebesar 0,861. %error dari analisis data dengan video tracker ini adalah sebesar 15,760% dengan akurasi 84,240%.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian disajikan secara singkat, naratif, dan konseptual yang menggambarkan temuan penelitian dan dampaknya. Hindari menggunakan penomoran dan simbol (*bullet* dan *numbering*). Perangkat eksperimen dapat dibuat dengan menggunakan 2 buah sensor pada mikrokontroler. Sensor yang digunakan adalah sensor inframerah untuk menghitung waktu dan sensor ultrasonik untuk menghitung jarak. Adapun hasil pengukuran gravitasi dengan menggunakan perangkat eksperimen ini menghasilkan nilai $10,533 \pm 0,25 \text{ m/s}^2$ dengan error 7,897%, akurasi 92,102% dan presisi 1,827% yang lebih baik dibandingkan dengan analisis dengan menggunakan video tracker.

REFERENSI

- Ainiyah, K., 2018, Bedah Fisika Dasar, Yogyakarta, Deepublish.
- Christian, G.D., 1986, Analytical Chemistry. Ed ke-4., New York, John Wiley dan Sons, Inc.
- Giancolli, D.C., 2001, Fisika Jilid 2 edisi kelima, Jakarta, Erlangga.
- Ibrahim, A.M. and Setiyadi, D., 2021, Prototype Pengendalian Lampu dan Ac Jarak Jauh dengan Jaringan Internet Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis Nodemcu ESP8266, *Infotech: Journal of Technology Information*, 7 (1), 27–34.
- Kause, M.C. and Boimau, I., 2019, Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas), *Cyclotron*, 2 (1), 13–19.
- Masyaruhan, M., Pratiwi, U., and Hakim, Y.A., 2020, Perancangan Alat Peraga Hukum Hooke Berbasis mikrokontroler Arduino Sebagai Media Pembelajaran Fisika, *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 6 (2), 134–145.
- Maulani, N., Setiawan, D., Supriyadi, S., and Sulhadi, 2022, Pengembangan Alat Praktikum Digital Gerak Jatuh Bebas Sebagai Media Pembelajaran Fisika, *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 7 (2), 169–176.
- Muchlis, F. and Toifur, Moh., 2017, Rancang Bangun Prototype Media Pembelajaran Fisika Berbasis Micro Controller NodeMCU, *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 4 (1).
- Prasetyawan, P., Samsugi, S., and Prabowo, R., 2021, Internet of Thing Menggunakan Firebase dan Nodemcu untuk Helm Pintar, *Jurnal ELTIKOM: Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi dan Komputer*, 5 (1), 32–39.
- Riyanto, Ph.D., 2013, Validasi dan Verifikasi Metode Uji, *J Chem Inf Model*, 53 (9).
- Rohman, A., 2014, Validasi dan Penjamin Mutu metode Analisis Kimia, Yogyakarta, Gajah Mada University Press.
- Shodiq, A., Baqaruzi, S., and Muhtar, A., 2021, Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Daya Berbasis Internet Of Things, *ELECTRON: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2 (1).
- Swara, G.Y. and Pebriadi, Y., 2016, Rekayasa Perangkat Lunak Pemesanan Tiket Bioskop Berbasis Web, *Jurnal TEKNOIF*, 4 (2).
- Toda, S.Y.G., Tati, M.Y.M., Bhoga, Y.C., and Astro, R.B., 2020, Penentuan Percepatan Gravitasi Menggunakan Konsep Gerak Jatuh Bebas, *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4 (1), 30–37.