

RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM GERAK JATUH BEBAS DIGITAL BERBASIS SENSOR INFRAMERAH

Mohammad Khafidz Hamdani, Supardiyono

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: mohammadhamdani16030184063@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Kegiatan praktikum di sekolah masih sering menggunakan alat konvensional, salah satunya adalah praktikum gerak jatuh bebas, di mana kegiatan praktikum masih menggunakan *stopwatch* dengan ditekan manual oleh tangan yang rawan akan timbulnya kesalahan pengukuran. Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan membuat rancang bangun alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah yang tidak hanya dapat menjadi media dalam menentukan percepatan gravitasi, namun juga sebagai media dalam membuktikan adanya hukum kekekalan energi mekanik pada benda yang jatuh bebas. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen pembuatan rancang bangun alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah. Alat yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler Arduino untuk mengendalikan dua buah sensor yaitu sensor inframerah yang bisa diatur ketinggiannya dan juga *push button* sebagai sensor di bagian dasar alat sekaligus sebagai penghenti waktu pada Arduino. Alat diuji coba menggunakan bola bekel yang sudah dipasang sekrup dengan massa total benda yang dijatuhkan sebesar 36 gram. Benda dijatuhkan dari ketinggian 0,5 m, 0,7 m, 1 m, dan 1,5 m. Berdasarkan data waktu jatuh benda yang didapat pada percobaan, alat praktikum yang dikembangkan mempunyai ketelitian yang sangat baik sehingga mendapatkan hasil nilai percepatan gravitasi yang mendekati nilai rata-rata percepatan gravitasi yaitu sebesar $9,65 \text{ m/s}^2$. Selain itu, alat praktikum gerak jatuh bebas yang dikembangkan tidak hanya dapat digunakan untuk mencari nilai percepatan gravitasi namun juga dapat digunakan sebagai media dalam membuktikan adanya hukum kekekalan energi mekanik pada benda yang jatuh bebas.

Kata kunci : Praktikum, sensor inframerah, percepatan gravitasi

Abstract

Practicum activities in schools often still use conventional tools, one of which is a free fall motion practicum. Practicum activities still use a manual stopwatch which pressed by a hand, that is prone to the occurrence of measurement errors. Therefore, research aimed at making the design of digital free fall based motion sensors using infrared sensors can not only be a medium in determining the acceleration of gravity, but also as a media in proving the existence of mechanical energy conservation laws on free falling objects. It uses an experimental method of making the design of digital free fall motion based on infrared sensor. The tool uses Arduino microcontroller to control two sensors. Those are the height-adjustable of infrared sensor and push button put in the bottom of the tool as time-stopper in Arduino. The instrument was tested using a bekel ball which had been installed with screws with a total mass of objects dropped by 36 gram, objects dropped from heights of 0,5 m, 0,7 m, 1 m and 1,5 m. Based on data on falling objects obtained in experiments, practicum tools had excellent accuracy and also the value of gravitational acceleration obtained was close to the average value of gravitational acceleration of $9,65 \text{ m/s}^2$. In addition, with the presence of two sensors, there were two time data that could be processed into velocity which is then processed to become kinetic energy so that the free fall motion practicum not only could be used to find the gravity's value but also can be used to be media in proving the conservation law of mechanical energy in free falling objects.

Key words: Practicum, infrared sensor, gravity

PENDAHULUAN

Media merupakan alat yang digunakan untuk menyampaikan informasi dari pengirim ke penerima (Sutikno, 2013). Dalam bidang pendidikan, media

merupakan bagian dari kegiatan belajar mengajar atau biasa disebut media pembelajaran. Media pembelajaran merupakan segala sesuatu yang dapat digunakan sebagai penyalur pesan (*message*), perangsang pikiran, perhatian,

perasaan, dan kemauan peserta didik sehingga dapat mendorong proses belajar (Asyhari dan Silvia, 2016).

Fisika merupakan pelajaran yang sangat erat kaitannya dengan media, dikarenakan fisika merupakan ilmu berdasarkan kegiatan pengamatan eksperimental untuk dapat menjelaskan tentang fenomena fisika (Maghfiroh dan Sucahyo, 2018). Selain itu, media juga diperlukan untuk membangkitkan motivasi siswa dalam kegiatan pembelajaran (Khumaidi dan Sucahyo, 2018). Salah satu media yang sering digunakan dalam pembelajaran fisika adalah dengan mengadakan kegiatan praktikum agar pembelajaran fisika menjadi menarik dan tidak membosankan sehingga peserta didik dapat lebih memahami apa yang telah diajarkan oleh guru.

Kegiatan praktikum sangat penting dalam menunjang pembelajaran fisika sehingga peserta didik tidak jenuh dalam belajar fisika. Selain itu, dengan kegiatan praktikum peserta didik akan turut berperan aktif dalam proses pembelajaran (Azhar, 2018). Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari Kustijono (2011) bahwa kegiatan praktikum harus dilakukan untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika.

Salah satu contoh materi fisika yang menggunakan praktikum sebagai media pembelajarannya adalah gerak jatuh bebas. Namun, praktikum gerak jatuh bebas yang ada di sekolah masih konvensional yaitu *stopwatch* sebagai pengukur waktu jatuh benda dengan hanya dibantu indra penglihatan manusia secara manual (Maiyena, dkk., 2017).

Mengukur waktu menggunakan *stopwatch* yang ditekan secara manual pada saat benda dijatuhkan rawan akan kesalahan pengukuran sehingga hasil data yang diperoleh menjadi kurang akurat hal ini diakibatkan oleh waktu jatuh benda sangat cepat (Ekasari, dkk., 2013). Oleh karena itu, diperlukan alat yang dapat mengukur waktu jatuh benda secara otomatis agar dapat meminimalisir kesalahan pengukuran dalam pengambilan data (Rosdianto, 2017).

Pada tahun 2017 telah ada penelitian pengembangan alat praktikum gerak jatuh bebas yang menggunakan dua buah sensor yang diletakkan pada ketinggian berbeda dan menggunakan dua buah benda bermassa berbeda sebagai manipulasinya. Alat yang dibuat menghasilkan nilai gravitasi pada benda bermassa 16,5 gram saat t_1 sebesar $9,852 \text{ m/s}^2$ dan t_2 sebesar $9,901 \text{ m/s}^2$. Sedangkan pada benda bermassa 28,7 gram saat t_1 sebesar $9,945 \text{ m/s}^2$ dan saat waktu t_2 sebesar $10,025 \text{ m/s}^2$ (Salam, 2017). Nilai percepatan gravitasi yang dihasilkan sudah bagus namun, alat yang dikembangkan masih menggunakan sensor *photodiode* yang dirangkai sendiri sehingga dirasa kurang praktis.

Sedangkan pada 2018 dilakukan penelitian serupa dan menghasilkan data waktu jatuh benda pada ketinggian 50cm sebesar $(0,332 \pm 0,163) \text{ s}$ dan pada 40cm sebesar $(3,254 \pm 0,124) \text{ s}$. Alat praktikum yang dibuat telah diuji ke siswa dapat menambah semangat belajar siswa dalam mata pelajaran fisika (Azhar, 2018). Penelitian yang dilakukan memiliki hasil data yang bagus. Namun, pada penelitian ini hanya membahas waktu jatuh dan kecepatan jatuh benda dan tidak mengolah data menjadi nilai percepatan gravitasi.

Artikel penelitian ini bertujuan membuat rancang bangun alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah yang tidak hanya dapat menjadi media dalam menentukan percepatan gravitasi, namun juga sebagai media dalam membuktikan adanya hukum kekekalan energi mekanik pada benda yang jatuh bebas.

Sensor inframerah terdiri dari LED inframerah dan *phototransistor* dimana LED akan memancarkan inframerah ke *phototransistor* sehingga akan terbaca sebagai sinyal *high* di *mikrokontroler*, sedangkan jika pancaran terhalangi maka akan menghasilkan sinyal *low* (Kause, 2019). Pemilihan sensor inframerah dilakukan karena sensor inframerah memiliki respon yang cepat dan juga sering digunakan dalam pembuatan robot (Benet, 2005).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen membuat rancang bangun alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah yang langkah penelitiannya sesuai Gambar 1:



Gambar 1. Flowchart alur pengambilan data

Alat praktikum gerak jatuh bebas digital menggunakan dua sensor yaitu sensor inframerah sebagai sensor yang akan mencatat waktu pada ketinggian yang bisa diatur, dan sensor di bagian bawah berupa *push button* sebagai penghenti dan pencatat waktu saat benda sudah mencapai dasar alat.

Serangkaian pemrosesan waktu dan sensor terintegrasi oleh *mikrokontroler Arduino nano* dengan mengadopsi chip ATmega328P yang membutuhkan daya DC sebesar 5volt menggunakan port USB mini-B (Arduino, 2020).

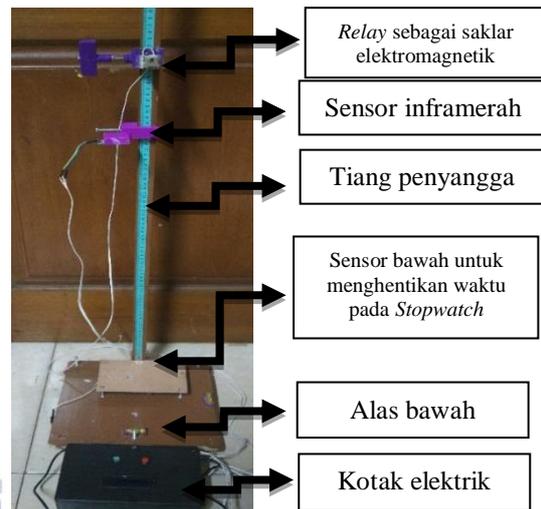
Setelah terproses, data akan tampil pada layar berupa data waktu 1 dan waktu 2 dalam satuan *millisecond*. Kemudian, data diolah sehingga didapatkan nilai percepatan gravitasi. Selain itu, data waktu pada saat benda melewati sensor inframerah dapat diolah menjadi data kecepatan sehingga dapat menentukan energi kinetik, dan energi potensial, serta dapat membuktikan adanya hukum kekekalan energi mekanik pada benda yang jatuh bebas.

Secara umum, alat praktikum yang dibuat dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian atas, bagian bawah, dan kotak elektrik.

Pada bagian atas terdapat *relay* sebagai saklar elektromagnetik yang dapat menjadi magnet bila dialiri listrik dan kehilangan kemagnetan apabila tidak dialiri listrik. Kemudian, terdapat sensor inframerah yang ketika terhalang benda, maka sensor akan bekerja dan mengirim sinyal ke arduino untuk menampilkan waktu ke LCD. Keseluruhan sistem yang ada di bagian atas disokong oleh aluminium berukuran 1x1 inci yang telah diberi meteran ukur dengan satuan centimeter sebagai pengukur jarak antara jatuh benda sampai ke kedua sensor.

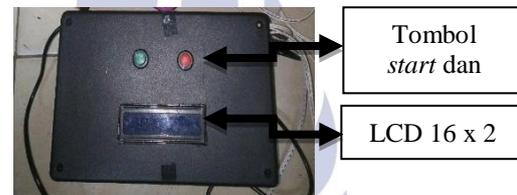
Bagian bawah alat terbuat dari papan kayu yang diberi kaki stabil dan juga *watterpass* agar alas jatuhnya benda ke sensor tepat pada posisi datar. Selain itu, pada permukaan atas alat terdapat *push button* sebagai sensor sekaligus penghenti waktu pada *arduino* sehingga waktu akan tampil ke LCD.

Pada bagian kotak elektrik terdapat LCD 16x2 dan dua *push button* sebagai tombol start dan reset. Sedangkan bagian dalam terdapat rangkaian arduino dan serangkaian komponen sehingga arduino dan sensor bisa bekerja. Semua itu ditenagai oleh listrik dari adaptor berdaya 12V/1A.



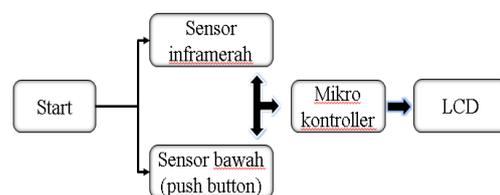
Gambar 2. Desain alat

Sumber : Dokumentasi pribadi



Gambar 3. Kotak elektrik

Alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah diprogram menggunakan aplikasi *Arduino IDE* sehingga sensor inframerah dan *push button* bisa mengirim sinyal kepada *mikrokontroler arduino* agar dapat menampilkan data waktu pada LCD seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. Alur diagram blok

Variabel operasional yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Variabel manipulasi: ketinggian jatuh dari benda.
2. Variabel kontrol: massa benda, tegangan sumber, dan tingkat kedataran alat.
3. Variabel respon:
 - ukur : waktu benda saat melewati sensor inframerah (t_1), waktu jatuh benda sampai permukaan alat (t_2)

Hitung : nilai percepatan gravitasi, nilai energi potensial benda sebelum jatuh (E_{p1}), energi kinetik benda sebelum jatuh (E_{k1}), energi potensial benda saat benda menghalangi sensor inframerah (E_{p2}), energi kinetik benda saat benda menghalangi sensor inframerah (E_{k2}), energi mekanik benda sebelum jatuh (E_{m1}), energi mekanik benda saat benda menghalangi sensor inframerah (E_{m2}).

Pengumpulan data dilakukan dengan cara menancapkan adaptor 12V/1A pada stopkontak, kemudian menyalakan saklar pada alat, lalu meletakkan benda (bola yang sudah dipasang sekrup) pada magnet, setelah itu mengatur ketinggian jatuh benda dan ketinggian sensor inframerah sesuai kebutuhan, lalu menekan tombol start sehingga benda akan jatuh melalui sensor inframerah dan menekan sensor bawah sehingga data waktu benda melewati sensor akan tampil pada LCD.

Untuk mengolah data waktu menjadi nilai percepatan gravitasi digunakan rumus yang diadaptasi dari rumus GLBB seperti yang diungkap oleh Rosdianto (2017) yaitu :

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad \dots (1)$$

di mana y merupakan panjang lintasan yang dilalui, v_0 adalah kecepatan awal. Sedangkan " t " merupakan waktu yang dibutuhkan benda saat jatuh sampai ke permukaan tanah, dan " g " adalah percepatan gravitasi. Gerak jatuh bebas merupakan gerak jatuh benda tanpa adanya kecepatan awal sehingga v_0 bernilai 0, hal ini membuat persamaan menjadi:

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \quad \dots (2)$$

sehingga nilai percepatan gravitasi dapat dicari menggunakan persamaan

$$g = \frac{2y}{t^2} \quad \dots (3)$$

Sedangkan menurut (Munasir, dkk., 2004) untuk membuktikan hukum kekekalan energi mekanik menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E_m = E_p + E_k \quad \dots (4)$$

Dengan $E_p = mgh \quad \dots (5)$

Dan $E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad \dots (6)$

Kecepatan jatuh benda dapat dicari menggunakan persamaan pada GLBB yaitu :

$$vt = v_0 + \alpha t \quad \dots (7)$$

Dengan :

vt = kecepatan jatuh benda pada titik tertentu,

α = percepatan gravitasi

t = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah dilakukan menggunakan bola

bekel pejal yang telah dipasang sekrup sehingga massa total dari benda yang dijatuhkan sebesar 36gram dan menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Data ketinggian pertama

(h ₁) m	(h ₂) m	(t ₁) ms	(t ₂) ms	(t ₁ ²) s	(t ₂ ²) s
0,5	0,25	322	228	0,104	0,052
		321	228	0,103	0,052
		323	229	0,104	0,052
		322	228	0,104	0,052
		322	229	0,104	0,052
		Σ	Σ	Σ	Σ
		t ₁ /5=	t ₂ /5=	t ₁ ² /5=	t ₂ ² /5=
322	228	0,104	0,052		

Berdasarkan Tabel 1 didapati bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan benda saat jatuh dari ketinggian 0,5 meter sebesar 322 ms dan 0,25 meter sebesar 228 ms dengan taraf ketelitian tiap sensor sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Taraf ketelitian } \Delta t_1 &= 100\% - [1/322 \times 100\%] \\ &= 100\% - 0.31\% \\ &= 99.69\% \end{aligned}$$

Sedangkan pada sensor 2(sensor inframerah)

$$\begin{aligned} \text{Taraf ketelitian } \Delta t_2 &= 100\% - [0.5/104 \times 100\%] \\ &= 100\% - 0.48\% \\ &= 99.52\% \end{aligned}$$

Tabel 2. Data ketinggian kedua

(h ₁) m	(h ₂) m	(t ₁) ms	(t ₂) ms	(t ₁ ²) s	(t ₂ ²) s
0,7	0,35	383	271	0,147	0,073
		381	269	0,145	0,073
		381	269	0,145	0,073
		382	270	0,146	0,073
		381	269	0,145	0,073
		Σ	Σ	Σ	Σ
		t ₁ /5=	t ₂ /5=	t ₁ ² /5=	t ₂ ² /5=
382	270	0,146	0,073		

Berdasarkan Tabel 2 didapati bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan benda saat jatuh dari ketinggian 0,7 meter sebesar 382 ms dan 0,35 meter sebesar 270 ms dengan taraf ketelitian sensor bawah sebesar 99.74% dan pada sensor inframerah sebesar 99.63%.

Tabel 3. Data ketinggian ketiga

(h ₁) m	(h ₂) m	(t ₁) ms	(t ₂) ms	(t ₁ ²) s	(t ₂ ²) s
1	0,5	454	321	0,206	0,103
		455	322	0,207	0,104
		455	322	0,207	0,104
		453	320	0,205	0,103
		454	321	0,206	0,103
		Σ	Σ	Σ	Σ
		t ₁ /5=	t ₂ /5=	t ₁ ² /5=	t ₂ ² /5=
454	321	0,206	0,103		

Berdasarkan Tabel 3 didapati bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan benda saat jatuh dari ketinggian 1 meter sebesar 454 ms dan 0,5 meter sebesar 321 ms dengan taraf ketelitian sensor bawah sebesar 99.78% dan pada sensor inframerah sebesar 99.69%.

Tabel 4. Data ketinggian ketiga

(h ₁) m	(h ₂) m	(t ₁) ms	(t ₂) ms	(t ₁ ²) s	(t ₂ ²) s
1,5	0,75	556	393	0,309	0,155
		560	396	0,314	0,157
		558	395	0,311	0,156
		556	393	0,309	0,155
		556	393	0,309	0,155
		Σ	Σ	Σ	Σ
		t ₁ /5=	t ₂ /5=	t ₁ ² /5=	t ₂ ² /5=
557	394	0,310	0,155		

Berdasarkan Tabel 4 didapati bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan benda saat jatuh dari ketinggian 1,5 meter sebesar 557 ms dan 0,75 meter sebesar 394 ms dengan taraf ketelitian sensor bawah sebesar 99.64% dan pada sensor inframerah sebesar 99.62%.

Dari analisis tersebut didapati bahwa tingkat ketelitian alat tergolong sangat baik. Namun, dari keempat tabel data didapati rata-rata nilai percepatan gravitasi dari alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah secara teoritis masih dibawah rata-rata percepatan gravitasi. yaitu sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai rata-rata percepatan gravitasi

(h ₁) m	(h ₂) m	(t ₁) ms	(t ₂) ms	(t ₁ ²) s	(t ₂ ²) s	(g) m/s ²
0,5	0,25	322	228	0,104	0,052	9,64
0,7	0,35	382	270	0,146	0,073	9,61
1	0,5	454	321	0,206	0,103	9,69
1,5	0,75	557	394	0,310	0,155	9,66
(Σ g/4) m/s ²						9,65

Berdasarkan Tabel 5 didapati bahwa pada saat benda dijatuhkan dari ketinggian 0,5 meter membutuhkan waktu 332 ms untuk sampai ke dasar (sensor bawah). Data yang diperoleh serupa dengan penelitian (Azhar, 2018) yaitu pada ketinggian 50 cm membutuhkan waktu sebesar 0,332 sekon, sehingga didapatkan nilai percepatan gravitasi saat benda dijatuhkan dari ketinggian 0,5 meter sebesar 9,64m/s².

Berdasarkan Tabel 5 tertera rata-rata nilai percepatan gravitasi yang diperoleh dari alat praktikum yang dikembangkan sebesar 9,65m/s² sedangkan secara teoritis rata-rata nilai percepatan gravitasi sebesar 9,83m/s² (Atani, 2019). Hal ini dikarenakan alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah tidak didesain untuk kedap udara sehingga masih memungkinkan terjadinya gaya gesek antara benda

dengan udara meskipun gesekan sudah diminimalkan dengan penggunaan benda berbentuk bola sebagai benda yang dijatuhkan. Galileo berpendapat bahwa benda yang jatuh punya percepatan yang sama apabila tidak ada gaya luar yang mempengaruhi (Dasriyani, dkk., 2014).

Selain itu, nilai percepatan gravitasi untuk tiap tempat dapat berbeda dikarenakan adanya perbedaan kerapatan massa dan jarak suatu tempat dari pusat bumi (Afifah, 2015).

Selain untuk menentukan nilai percepatan gravitasi, alat praktikum yang dikembangkan peneliti juga sebagai media untuk membuktikan adanya hukum kekekalan energi mekanik pada benda yang jatuh bebas. Energi mekanik sendiri merupakan jumlah dari energi potensial dan energi kinetik seperti yang dirumuskan (Halliday, dkk., 2004). Yaitu:

$$E_m = E_p + E_k \quad \dots(8)$$

Hukum kekekalan energi mekanik terjadi apabila gaya yang bekerja hanya gaya konservatif, (Giancoli, 2005) menyatakan bahwa "Jika pada suatu sistem gaya-gaya yang bekerja hanya gaya konservatif, maka energi mekanik sistem akan tetap tidak bertambah maupun berkurang(kekal). Hal ini berarti energi mekanik sistem pada posisi akhir sama dengan energi mekanik sistem pada posisi awal".

Energi mekanik benda yang jatuh bebas dapat dicari dengan mengolah data waktu dan nilai gravitasi menjadi data kecepatan jatuh benda, energi potensial, dan energi kinetik, sehingga dapat digunakan untuk membuktikan adanya hukum kekekalan energi mekanik seperti terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai E_p, E_k, dan E_m

(v ₂) m/s	(E _{p1}) Joule	(E _{p2}) Joule	(E _{k2}) Joule	(E _{m1}) Joule	(E _{m2}) Joule
2.20	0.174	0.087	0.087	0.174	0.174
2.60	0.243	0.122	0.122	0.243	0.243
3.11	0.349	0.175	0.175	0.349	0.349
3.81	0.524	0.262	0.262	0.524	0.524

Berdasarkan Tabel 6 didapati bahwa semakin besar ketinggian awal jatuh benda, maka semakin besar pula energi mekanik benda hal ini dikarenakan

$$E_m = E_p + E_k \quad \dots(9)$$

Pada ketinggian awal, benda belum jatuh (belum bergerak) sehingga E_{k1}=0, hal ini membuat persamaan Energi mekanik pada ketinggian awal menjadi

$$E_{m1} = E_{p1} \quad \dots(10)$$

$$E_{p1} = mgh_1 \quad \dots(11)$$

Sehingga semakin besar ketinggian awal maka semakin besar energi mekanik benda.

Berdasarkan Tabel 6 tertera bahwa energi mekanik pada ketinggian maksimal (awal jatuhnya benda) bernilai sama dengan energi mekanik saat benda melewati sensor inframerah (t_2). Hal ini sesuai teori bahwa energi mekanik bernilai konstan sesuai dengan persamaan

$$E_{m1} = E_{m2} \quad \dots (12)$$

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2} \quad \dots (13)$$

Berdasarkan analisis Tabel 6 yaitu Energi mekanik benda bernilai konstan, sehingga dapat menjadikan alat ini sebagai alternatif alat peraga untuk menyampaikan materi hukum kekekalan energi mekanik pada benda yang jatuh bebas.

Berdasarkan hasil data analisis yang telah dibahas, apabila alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah dibandingkan dengan penelitian yang telah ada salah satunya penelitian dari Salam (2017) yang masih menggunakan sensor berupa led dan *photodiode* yang dirangkai sendiri dengan meletakkan led tepat segaris dengan *photodiode* sehingga masih kurang praktis. Sedangkan pada penelitian ini sensor yang digunakan adalah modul sensor inframerah yang sering dipakai dalam pembuatan robot sehingga yang lebih praktis, murah, dan mudah dalam pengoperasiannya.

Penelitian serupa dilakukan oleh Azhar (2018). Alat yang digunakan masih menggunakan satu sensor dan menghasilkan data waktu yang kemudian diolah menjadi data kecepatan jatuh benda tanpa mengolah lagi menjadi nilai percepatan gravitasi. Sedangkan pada penelitian ini data yang dihasilkan merupakan data waktu yang diolah menjadi nilai percepatan gravitasi dan kecepatan jatuh benda yang diolah menjadi data energi kinetik dan energi potensial untuk membuktikan adanya hukum kekekalan energi mekanik pada benda yang jatuh bebas.

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan didapati bahwa alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah menghasilkan nilai percepatan gravitasi yang mendekati teori yaitu sebesar $9,65 \text{ m/s}^2$.

Selain dapat digunakan untuk mencari nilai percepatan gravitasi, alat praktikum gerak jatuh bebas digital berbasis sensor inframerah juga dapat digunakan sebagai media dalam membuktikan hukum kekekalan energi mekanik pada benda yang jatuh bebas.

DAFTAR PUSTAKA

Afifah, D. N., Yulianawati, D., Agustina, N., Lestari, R. D., & Nugraha, M. G. (2015). Metode Sederhana Menentukan Percepatan Gravitasi Bumi Menggunakan Aplikasi Tracker Pada Gerak Parabola Sebagai Media dalam Pembelajaran Fisika Sma. *Simposium Nasional Inovasi dan*

Pembelajaran Sains 2015 (SNIPS 2015) (pp. 305-308). Bandung: Departemen Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia.

Arduino. (2020, februari 12). Arduino Nano. Retrieved from <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>.

Asyhari A., & Silvia H. (2016). Pengembangan Media Pembelajaran Berupa Buletin dalam Bentuk Buku Saku untuk Pembelajaran Ipa Terpadu. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*. IAIN Raden Intan Lampung. Vol 5, No. 1. ISSN: 2303-1832.

Atani, O. A., Laura, A., S., Lapono, Andreas, C., L., (2019). Rancang Bangun Alat Peraga Praktikum Gerak Jatuh Bebas. *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, 33-39. Vol. 4 No. 1. ISSN: 2503-5274.

Azhar, Z. (2018). Pembuatan Alat Praktikum Digital pada Konsep Gerak Jatuh Bebas Sebagai Media Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan*, 1. Vol. 4 No. 1. ISSN : 2461-1247.

Benet, G., Blanes, F., Perez, P., Simo, J., E. (2000). *Map Building In An Autonomous Robot Using Infrared In Mobile Robots Sensors*. Nova Science Publisher, Inc. Departamento de Informatica de Sistemas y Computadores Universidad Politecnica de Valencia. ISBN 1-59454-593-6.

Dasriyani, Y., Hufri, Yohandri. (2015). Pembuatan Set Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler Dengan tampilan PC. *Pillar Of Physics*, 89-96. Vol. 5. ISSN: 2337-9030.

Ekasari, D., Suyatna, A., Feriansyah, & Sesunan. (2013). Pengembangan Alat Gerak Jatuh Bebas Sebagai Media Pembelajaran Konsep Gerak Jatuh Bebas. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 113. Vol. 1 No. 4. ISSN: 2302-0105

Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. *Fundamental of Physics 7th Edition*. New York. John Willey & Sons Inc. 2004

Kause, M.,G., Boimau, I. (2019). Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas). *CYCLOTRON*. Vol. 2 No.1. ISSN: 2614-5499.

Khumaidi, A., dan Sucahyo, I. (2018). Pengembangan *Mobile Pocket Book* Fisika Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Momentum dan Impuls. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 154-158. Vol. 07. No. 02. ISSN: 2302-4496.

Kustijono, R. 2011. Implementasi *Student Centered Learning* Dalam Praktikum Fisika Dasar. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya*. Universitas Negeri Surabaya. Vol. 1, No. 2. ISSN: 2087-9946.

Maghfiroh, E., N., dan Sucahyo, I. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Hukum Lenz pada Materi Induksi Elektromagnetik di MBI Amanatul Ummah. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 143-138. Vol. 07. No. 02. ISSN: 2302-4496.

Maiyena, S., Imammora, M., Ningsih, F. (2017). Pengembangan Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas Menggunakan Sensor Phototransistor untuk Pembelajaran Fisika pada Materi Gerak Jatuh Bebas. *Journal of Sainstek*, 54-67. IAIN Batusangkar. Vol. 9, No. 1. ISSN: 2085-8019.

Munasir, Jatmiko, B, dan Supardiono. (2004). *ENERGI KINETIK DAN ENERGI POTENSIAL Kode FIS.10*. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Direktorat Jendral Pendidikan Dasar Dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.

Rosdianto, H. (2017). Rancang Bangun Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas dengan Stopwatch Otomatis Sederhana. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 1. Vol. 3, No. 1. ISSN: 24477-5959.

Salam, Y. A. (2017). Alat Praktikum Beserta LKS Pada Materi Gerak Jatuh Bebas untuk Meningkatkan Keterampilan Sains Siswa SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 143-138. Vol. 6. No. 1. ISSN: 2302-4496.

Sutikno. (2013). *Belajar dan Pembelajaran*. Lombok: Holistica.

