

Analisis Percepatan Gravitasi pada Ayunan Sederhana dengan Memanfaatkan PhET (Physics Education Technology)

Diah Aryati Puji Lestari^{1*}, Andi Nurcahyo², Iryan Dwi Handayani³

^{1,2,3} Teknik, Teknik Sipil, Universitas Semarang, Indonesia

diahlestari@usm.ac.id^{1*}, andinurcahyo@usm.ac.id², iryandwi1201@gmail.com³

Alamat Kampus: Jl Arteri Soekarno-Hatta, Tlogosari, Semarang, Jawa Tengah 50191

Korespondensi penulis: diahlestari@usm.ac.id

Abstract. Physics is a part of natural science that has the properties of processes, products and values. Most of the concepts of physics are formulas, but they can be tested through experiments. Along with technological developments in experiments often used technology-based aids, for example the use of PhET (Physics Education Technology) applications to determine gravitational acceleration through simple swivel arrangements. The simple rotation experiment was performed by giving variations in rope lengths of 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, and 100 cm for each of the different bulk masses of 0.5 kg and 1 kg. The study aims to determine the value of gravitational acceleration in simple rotations using PhET applications. (Physics Education Technology). Research data is displayed in tables and graphs. The data analysis uses a linear regression equation between the length of the string (L) and the square of the period (T²). Large gravitational acceleration is obtained through the gradient of the linear equation of the longness of the rope (L). The magnitude of gravitational acceleration obtained for a 0.5 kg body mass was 9.50 m/s², for a 1 kg body weight was 9.67 m/s², and the average perception of gravity was 9.58 m/s².

Keywords: Gravity acceleration, PhET (Physics Education Technology), Simple swing

Abstrak. Fisika merupakan bagian dari ilmu pengetahuan alam yang memiliki sifat proses, produk dan nilai. Sebagian besar konsep fisika merupakan formula, namun dapat diuji kebenarannya melalui eksperimen. Sejalan dengan perkembangan teknologi dalam eksperimen sering kali digunakan alat bantu berbasis teknologi, contohnya penggunaan aplikasi PhET (Physics Education Technology) pada penentuan percepatan gravitasi melalui ekaperimen ayunan sederhana. Percobaan ayunan sederhana dilakukan dengan memberikan variasi pada panjang tali yaitu sebesar 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, dan 100 cm untuk masing-masing massa bandul yang berbeda yaitu massa 0,5 kg dan 1 kg.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai percepatan gravitasi pada ayunan sederhana dengan memanfaatkan aplikasi PhET (Physics Education Technology). Data penelitian ditampilkan dalam tabel dan grafik. Analisis data menggunakan persamaan regresi linear antara panjang tali (L) dan kuadrat periode (T²). Besar percepatan gravitasi diperoleh melalui gradien dari persamaan linear panjang tali (L) dan kuadrat periode (T²). Dengan melakukan regresi linear terhadap grafik L terhadap T², maka diperoleh gradien garis yang tidak lain adalah percepatan gravitasi. Besarnya percepatan gravitasi yang diperoleh untuk massa bandul 0,5 kg sebesar 9,50 m/s², untuk massa bandul 1 kg sebesar 9,67 m/s², dan rata-rata percepatan gravitasinya sebesar 9,58 m/s².

Kata kunci: Percepatan gravitasi, PhET (Teknologi Pendidikan Fisika), Ayunan sederhana

1. LATAR BELAKANG

Pembelajaran merupakan suatu proses yang dirancang oleh guru dalam mengembangkan kreativitas berpikir siswa. Proses pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan mengontruksi pengetahuan baru sebagai suatu upaya untuk meningkatkan penguasaan materi (Ni'mah et al., 2018). Pembelajaran didalamnya terdapat suatu kombinasi dari berbagai unsur. Unsur-unsur tersebut mulai dari unsur manusiawi, material, fasilitas serta prosedur yang saling mempengaruhi untuk mencapai suatu tujuan dari pembelajaran (Pratiwi, 2018).

Fisika adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang gejala alam secara sistematis sehingga tidak hanya menguasai suatu pengetahuan berupa fakta, konsep, atau prinsip saja tetapi juga proses penemuannya melalui suatu proses ilmiah. Siswa dituntut untuk dapat berfikir kritis, kreatif, serta bersikap ilmiah dalam pembelajaran fisika. Siswa diberi kesempatan untuk membuktikan kebenaran dari suatu teori yang ada melalui percobaan atau dengan cara berdiskusi serta penyelidikan untuk menemukan sesuatu yang baru (Damayanti, 2016).

Ilmu pengetahuan yang selalu ada di setiap jenjang Pendidikan adalah IPA, dalam pembelajarannya memuat proses untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Setiap peserta didik diharapkan mampu menguasai dan memahaminya (Fitriana, 2019). Mata pelajaran Fisika merupakan salah satu cabang dari IPA yang memerlukan banyak pemahaman dan sering dianggap sulit serta kurang menarik oleh peserta didik (Putri et al., 2017). Konsep-konsep Fisika banyak dijumpai dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari (Sari et al., 2017).

Berdasarkan penelitian sebelumnya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis yang telah dilakukan oleh Yuyun (2016) bahwa media PhET simulation dapat membawa peserta didik dalam suasana belajar yang bermakna karena peserta didik secara aktif bekerja sama dalam menggali informasi dan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, sehingga penggunaan simulasi PhET mempengaruhi kemampuan pemecahan masalah siswa. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nefrita (2019), media PhET digunakan dalam eksperimen fisika pada percobaan pegas secara virtual dengan menggunakan massa benda yang digantungkan pada pegas untuk mencari besarnya konstanta pada pegas. Keterbaruan dalam penelitian saat ini adalah memanfaatkan penggunaan PhET pada percobaan ayunan sederhana secara virtual untuk mencari besarnya percepatan gravitasi pada variasi panjang tali dan massa benda.

2. KAJIAN TEORITIS

Bagian Untuk melaksanakan praktikum fisika gravitasi, dilakukan dengan menggunakan ayunan bandul matematis sederhana yang terdiri dari sutas tali yang dianggap tidak bermassa dengan sebuah benda bermassa m . Karakteristik dari bandul matematika sederhana ialah memiliki simpangan yang tidak terlalu besar. Bandul sederhana akan bergerak bolak balik apabila disimpangkan sejauh θ dari titik setimbang (Sitorus, 2016). Secara teori nilai gravitasi adalah $9,8 \text{ m/s}^2$ (Abdullah, 2016), untuk

membuktikan apakah nilai ini betul atau tidak maka perlu dilakukan uji coba atau eksperimen. Eksperimen merupakan bagian penting dari fisika, hal ini ditinjau dari pengertian fisika yaitu suatu ilmu pengetahuan yang eksperimental (Asrizal, 2018).

Adapun media yang dapat digunakan, seiring pesatnya perkembangan teknologi informasi yang berpengaruh pada perkembangan software pembelajaran, salah satunya adalah aplikasi PhET simulation. PhET adalah situs yang menyediakan simulasi pembelajaran antara lain Fisika, Kimia, Biologi, Matematika yang dapat diunduh untuk pembelajaran laboratorium virtual. PhET merupakan simulasi interaktif dengan gambar animasi, interaktif dan dibuat seperti permainan dimana siswa dapat belajar dengan bereksplorasi (Prima et al., 2018; Thohari et al., 2019).

Ayunan Sederhana

Salah satu bentuk gerak osilasi yang lain adalah gerak bandul matematis sederhana. Bandul tersebut diilustrasikan pada Gambar 2.1. Bandul tersebut terdiri dari seutas tali yang dianggap tidak memiliki massa dan sebuah beban diikat di ujung bawah tali. Ujung atas tali dikaitkan pada posisi tetap (seperti paku). Beban bergantung bebas dan bergerak bolak-balik akibat pengaruh gaya gravitasi bumi (Abdullah, 2016)

Sifat bandul matematis sederhana adalah simpangan tidak boleh terlalu besar. Kalau simpangan sangat besar maka gaya yang bekerja pada benda tidak lagi berbanding lurus dengan simpangan. Gaya berbanding lurus simpangan hanya untuk simpangan kecil. Pada Gambar 1 gaya penarik benda ke posisi setimbang (gaya yang menyinggung lintasan benda) adalah

$$F = -mg \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$

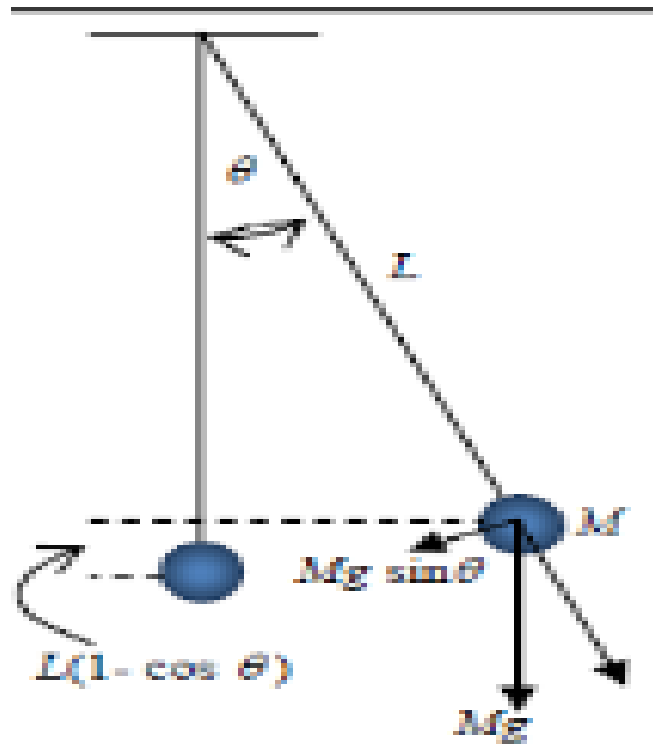
Dengan:

L = Panjang tali (meter)

T^2 = Kuadrat periode (s^2)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

θ : simpangan (derajat)



Gambar 1. Ayunan Sederhana Pada Bandul

Sumber: (Abdullah, 2016)

Secara eksperimen besarnya percepatan gravitasi bumi dapat ditentukan dengan metode ayunan matematis . Suatu benda digantungkan pada suatu titik tetap dengan seutas tali yang dianggap tidak bermassa, kemudian tali tersebut disimpangkan sebesar sudut θ terhadap garis vertikal. Kemudian diperoleh data panjang tali (L) dan periode ayunan (T), yang selanjutnya dianalisis dengan berbagai metode pengukuran seperti pengukuran yaitu pengukuran tunggal, pengukuran berulang, pengukuran berulang dengan rata-rata berbobot dan regresi linier tanpa bobot (Bevington & Robinson, 2003). Berdasarkan hal tersebut akan diteliti besarnya percepatan gravitasi di suatu tempat menggunakan ayunan matematis dengan berbagai metode pengukuran. Dengan memvariasi panjang tali L sehingga diperoleh periode yang bersesuaian dengan panjang tali ini yaitu T , maka diperoleh sekumpulan data L dan T . Dari sekumpulan data ini memungkinkan untuk membentuk persamaan

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Dengan

L = Panjang tali (meter)

T^2 = Kuadrat periode (s^2)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Data yang diperoleh berupa panjang tali (m) dan periode (s). Panjang tali (L) dan periode (T) ditampilkan dalam bentuk tabel. Data dianalisis dengan menggunakan persamaan regresi linear $Y = aX + b$ pada grafik, di mana panjang tali (L) sebagai variabel sumbu X, kuadrat periode (T^2) sebagai variabel sumbu Y, dan a sebagai gradien persamaan linearnya. Penentuan besar percepatan gravitasi dihitung dari gradien (a) persamaan linearnya, dimana $a = \frac{4\pi^2}{g}$ sehingga diperoleh besarnya percepatan gravitasi $g = \frac{4\pi^2}{a}$.

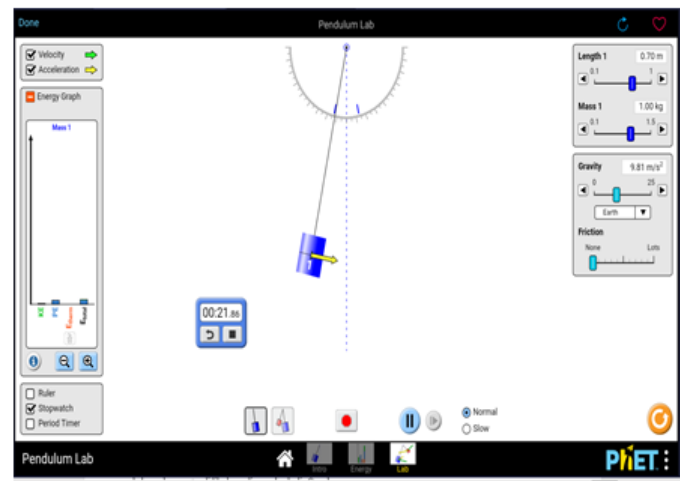
Phet (Physics Education Technology)

Salah satu media yang dapat digunakan untuk membantu dalam proses pembelajaran fisika yaitu media *PhET Simulation*. Media *PhET Simulation* ini didalamnya menyajikan berbagai macam simulasi fisika yang dapat menjelaskan berbagai macam konsep fisika yang bersifat abstrak ataupun materi yang sulit dipraktikkan di laboratorium nyata. Media *PhET Simulation* merupakan salah satu media pembelajaran interaktif yang dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja serta bisa diakses secara offline maupun online, sehingga dapat memudahkan siswa dalam melakukan kegiatan praktikum. Media *PhET Simulation* memiliki ketertarikan sendiri sehingga diharapkan media ini dapat mengatasi kebosanan siswa selama pembelajaran di kelas dan diharapkan juga mampu meningkatkan keaktifan siswa pada pembelajaran fisika. Selain menarik, media *PhET simulation* ini juga memiliki peran dalam kemampuan pemecahan masalah.

PhET simulation (Physical Education Technology) adalah simulasi Internet interaktif menggunakan bahasa pemrograman Java dan Flash, yang dikembangkan oleh tim dari University of Colorado, AS. *PhET simulation* pengembangan simulasi interaktif yang berguna untuk mengintegrasikan teknologi komputer diterapkan ke pembelajaran. Ada lebih dari 50 simulasi berdasarkan penelitian sebelumnya yang mencakup banyak topik dalam fisika, kimia, dan bahkan matematika. *PhET Simulation* adalah situs web yang menyediakan simulasi-simulasi pembelajaran IPA yang dapat dimainkan secara online dan diunduh secara gratis untuk keperluan mengajar atau di kelas keperluan pembelajaran pribadi.

PhET Simulation membantu merangsang siswa memahami konsep mata pelajaran IPA (biologi, kimia, dan fisika), serta dapat memperbaiki konsepsi siswa yang salah atau mengurangi miskonsepsi (Atmoko & Wasis, 2015; Yanuik et al., 2017). Simulasi ini memudahkan siswa dalam mengeksplorasi konsep fisika tanpa harus melakukan

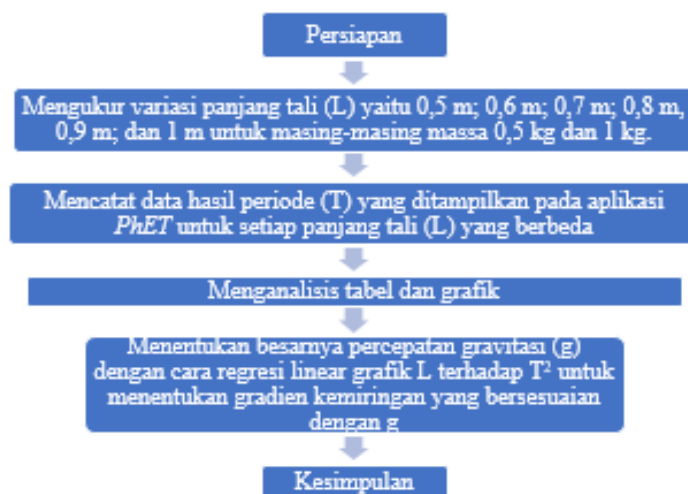
eksperimen laboratorium. Melalui *PhET* diharapkan siswa akan memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang materi yang diajarkan (Wieman, 2010). *PheT simulation* juga dapat meningkatkan aktifitas dan hasil belajar karena dapat menyajikan simulasi serta digunakan untuk penunjang percobaan secara virtual (Nefrita, 2019). Penggunaan *PhET* memberikan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan media lainnya, seperti media *powerpoint* (Oktavia, 2016).



Gambar 2. Pengamatan dengan *PhET* pada ayunan sederhana

Sumber: Nefrita, 2019

3. METODE PENELITIAN



Gambar 3.Diagram alir metode penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

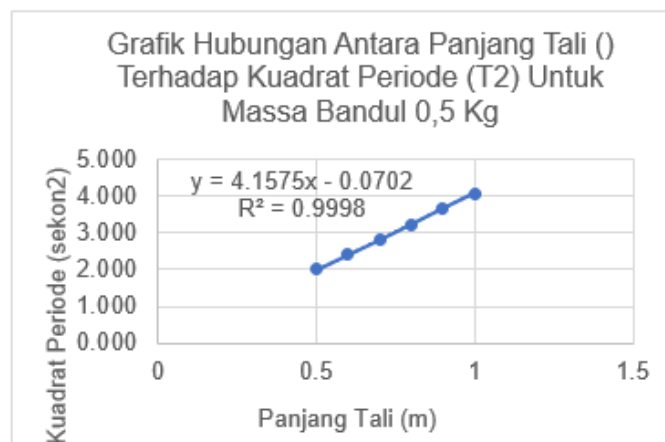
a. Percepatan Gravitasi Untuk Massa Bandul 0,5 kg

Data panjang tali dan periode ayunan untuk massa 0,5 kg dengan 10 kali ayunan pada masing-masing panjang tali ditampilkan dalam Tabel 1 berikut. Kuadrat periode dan waktu ayunan ditampilkan juga pada Tabel 1

Tabel 1 Data Panjang Tali dan Periode Ayunan Bandul Untuk Massa 0,5 kg

No.	L (m)	t (sekon)	T (sekon)	$T^2(\text{sekon}^2)$
1.	0,5	14,21	1,421	2,019
2.	0,6	15,57	1,557	2,424
3.	0,7	16,81	1,681	2,826
4.	0,8	18,02	1,802	3,247
5.	0,9	19,18	1,918	3,679
6.	1	20,23	2,023	4,093

Berdasarkan Tabel 1 di atas, tampak bahwa semakin panjang tali, maka periode dan kuadrat periode juga semakin bertambah. Hasil perhitungan percepatan gravitasi dianalisis dengan menggunakan persamaan regresi linear $Y = aX + b$, yang hasilnya ditampilkan seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 4 Grafik Hubungan Panjang Tali Terhadap Kuadrat Periode Untuk Massa Bandul 0,5 kg

Berdasarkan Gambar 1 di atas, hubungan antara panjang tali (L) dengan kuadrat periode (T^2) diatas diperoleh $Y = 4,1575X - 0,0702$ dengan gradien garis atau nilai a sebesar 4,1575 dan R^2 yang diperoleh sebesar 0,9998. Penentuan besar percepatan gravitasi, dihitung dari gradien (a) persamaan linearnya, dimana $a = \frac{4\pi^2}{g}$, sehingga diperoleh besarnya percepatan gravitasi $g = \frac{4\pi^2}{a}$. Besarnya percepatan gravitasi untuk massa bandul 0,5 kg sebesar $9,50 \text{ m/s}^2$.

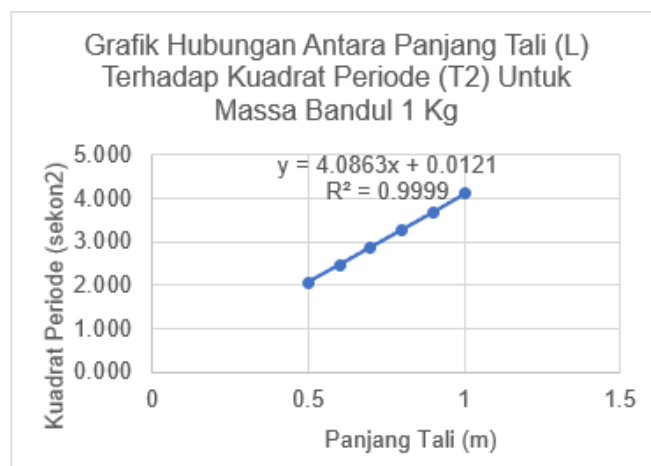
b. Percepatan Gravitasi Untuk Massa Bandul 1 kg

Data panjang tali dan periode ayunan untuk massa 1 kg dengan 10 kali ayunan pada masing-masing panjang tali ditampilkan dalam Tabel 2 berikut. Kuadrat periode dan waktu ayunan ditampilkan juga pada Tabel 2 .

Tabel 2 Data Panjang Tali dan Periode Ayunan Bandul Untuk Massa 1 kg

No.	L (m)	t (sekon)	T (sekon)	T ² (sekon ²)
1.	0,5	14,36	1,436	2,062
2.	0,6	15,69	1,569	2,462
3.	0,7	16,94	1,694	2,870
4.	0,8	18,1	1,81	3,276
5.	0,9	19,19	1,919	3,683
6.	1	20,27	2,027	4,109

Berdasarkan Tabel 2 di atas, tampak bahwa semakin panjang tali, maka periode dan kuadrat periode juga semakin bertambah. Hasil perhitungan percepatan gravitasi dianalisis dengan menggunakan persamaan regresi linear $Y = aX + b$, yang hasilnya ditampilkan seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 5 Grafik Hubungan Panjang Tali Terhadap Kuadrat Periode Untuk Massa Bandul 1 kg

Berdasarkan Gambar 2 di atas, hubungan antara panjang tali (L) dengan kuadrat periode (T^2) diatas diperoleh $Y = 4,0863X + 0,0121$ dengan gradien garis atau nilai a sebesar 4,0863 dan R^2 yang diperoleh sebesar 0,9999. Penentuan besar percepatan gravitasi dihitung dari gradien (a) persamaan linearnya, dimana $a = \frac{4\pi^2}{g}$ sehingga diperoleh besarnya percepatan gravitasi $g = \frac{4\pi^2}{a}$. Besarnya percepatan gravitasi untuk massa bandul 1 kg sebesar $9,67 \text{ m/s}^2$. Berdasarkan hasil perhitungan besarnya percepatan gravitasi yang

dianalisis menggunakan persamaan regresi linear untuk massa bandul 0,5 kg dan massa bandul 1 kg, diperoleh besarnya rata-rata percepatan gravitasinya sebesar $9,58 \text{ m/s}^2$.

Pembahasan

Pengukuran percepatan gravitasi bumi mengalami perkembangan dalam hal pemerolehan data. Data eksperimen fisika dapat diperoleh dengan menggunakan alat ukur standar dan aplikasi yang berkaitan dengan eksperimen fisika yang dilakukan, salah satu aplikasi yang dapat digunakan adalah *PhET Simulation*. Pada eksperimen ayunan matematis, periode ayunan dapat diperoleh dengan menggunakan *stopwatch* yang diperoleh dari tampilan visual pada aplikasi *PhET Simulations*.

Hasil penelitian tentang percepatan gravitasi bumi menggunakan *PhET Simulations* untuk massa yang berbeda, maka akan dihasilkan besarnya percepatan gravitasi yang berbeda pula. Semakin besar massa bandul yang digunakan maka akan dihasilkan besarnya percepatan gravitasi yang semakin bertambah. Demikian pula dengan semakin panjang tali, maka periode dan kuadrat periode juga semakin bertambah.

Data yang diperoleh berupa panjang tali (m) dan periode (s). Panjang tali (L) dan periode (T) ditampilkan dalam bentuk tabel. Data dianalisis dengan menggunakan persamaan regresi linear $Y = aX + b$ pada grafik, di mana panjang tali (L) sebagai variabel sumbu X, kuadrat periode (T^2) sebagai variabel sumbu Y, dan a sebagai gradien persamaan linearnya. Penentuan besar percepatan gravitasi dihitung dari gradien (a) persamaan linearnya, dimana $a = \frac{4\pi^2}{g}$ sehingga diperoleh besarnya percepatan gravitasi $g = \frac{4\pi^2}{a}$. Besarnya percepatan gravitasi yang diperoleh untuk massa bandul 0,5 kg sebesar $9,50 \text{ m/s}^2$, untuk massa bandul 1 kg sebesar $9,67 \text{ m/s}^2$, dan rata-rata percepatan gravitasinya sebesar $9,58 \text{ m/s}^2$.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil dan pembahasan yang diperoleh, dengan menggunakan *PhET Simulations*, data hasil eksperimen ayunan bandul matematis dapat diperoleh dari tampilan visual yang ditampilkan pada *PhET Simulations* untuk mengetahui besarnya percepatan gravitasi yang dihasilkan. Data yang telah diperoleh dianalisis dengan menggunakan persamaan regresi linear $Y = aX + b$ pada grafik, di mana panjang tali (L) sebagai variabel sumbu X, kuadrat periode (T^2) sebagai variabel sumbu Y, dan a sebagai gradien persamaan linearnya untuk memperoleh besarnya percepatan gravitasi pada ayunan bandul matematis.

PhET Simulations juga efektif digunakan pada saat praktikum secara online untuk mempermudah proses pembelajaran.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullah, M. (2016). *Besaran-Besaran Gerak*. Fisika Dasar 1, 81–159.
- Asrizal, A., Yohandri, Y., & Kamus, Z. (2018). Studi hasil pelatihan analisis video dan tool pemodelan tracker pada guru MGMP Fisika Kabupaten Agam. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 2(1), 41. <https://doi.org/10.24036/jep/vol2-iss1/84>.
- Atmoko, P. M. S., & Wasis. (2015). Penerapan pembelajaran guided discovery dengan metode demonstrasi menggunakan PhET simulation dalam menurunkan miskonsepsi siswa pada materi listrik dinamis di kelas X SMAN 1 Tegaldlimo, Banyuwana. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (JIPF)*, 04(03), 122–126.
- Bevington, P., & Robinson, D. K. (2003). *Data reduction and error analysis for the physical sciences*. McGraw-Hill.
- Damayanti, S. Q., Mahardika, I. K., & Indrawati. (2016). Penerapan model discovery learning berbantuan media animasi Macromedia Flash disertai LKS yang terintegrasi dengan multirepresentasi dalam pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(4).
- Fitriana, F. (2019). Penerapan model discovery learning pada pembelajaran IPA materi tekanan untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian dan Kajian Kepustakaan di Bidang Pendidikan, Pengajaran dan Pembelajaran*, 5(2), 100-108. <https://doi.org/10.33394/jk.v5i2.1805>.
- Muna, A. K., Tandililing, E., & Oktaviany, E. (2023). Penerapan media pembelajaran menggunakan PhET simulation. 4(1), 15–23. <https://doi.org/10.26418/jippf>.
- Nefrita, N. (2019). Implementation of PhET learning media in efforts to improve activities and physics learning outcomes of students in class XI SMA 4 Pekanbaru. *Jurnal Geliga Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 46. <https://doi.org/10.31258/jgs.7.1.46-54>.
- Ni'mah, L., Astutik, S., & Maryani. (2018). Model collaborative creativity untuk meningkatkan penguasaan konsep fisika dan kemampuan afektif kolaboratif ilmiah siswa. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018* (Vol. 3 No. 2). ISSN: 2527–5917.
- Oktavia, F. (2016). Perbandingan hasil belajar dengan menggunakan physics education technology (PhET) interactive simulation dan Microsoft PowerPoint di SMAN 4 Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa (JIM) Pendidikan Fisika*, 1(2), 33–36.
- Pratiwi, D., Astutik, S., & Maryani. (2018). Model pembelajaran collaborative creativity (CC) berbantuan virtual laboratory pada pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(3), 229.

- Prima, E. C., Putri, A. R., & Rustaman, N. (2018). Learning solar system using PhET simulation to improve students' understanding and motivation. *Journal of Science Learning*, 1(2), 60-70. <https://doi.org/10.17509/jsl.v1i2.10239>.
- Putri, I. S., Juliani, R., Fisika, J. P., Learning, D., & Belajar, H. (2017). Pengaruh model pembelajaran discovery learning terhadap hasil belajar siswa dan aktivitas siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 91–94.
- Sari, E. R., Marungkil, P., & Sahrul, S. (2017). Pengaruh model discovery learning terhadap hasil belajar fisika pada pokok bahasan kalor di SMP Negeri 2. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 1(1), 119–126.
- Sitorus, R., Dewi, T., Wungu, K., & Hendrajaya, L. (2016). Modul praktikum fisika matematika: Mengukur koefisien gesekan pada osilasi teredam bandul. *Prosiding SKF 2016*, 383–389.
- Thohari, U. H., Madlazim, M., & Rahayu, Y. S. (2019). Developing learning tools guided discovery models assisted PhET simulations for training critical thinking skills in high school students. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 6(4), 390-397. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v6i4.1008>.
- Wieman, C., & Adam, W. K. (2010). Teaching physics using PhET simulation. *The Physics Teacher*, 48.
- Yanuike, A. W., Setyarsih, W., & Kholiq, A. (2017). Penggunaan PhET simulation dalam e-cirr untuk mereduksi miskonsepsi siswa pada materi fluida dinamis. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 5(3), 161–164.
- Yuliani, M., dkk. (2020). Pembelajaran daring untuk pendidikan teori & terapan. Yayasan Kita Menulis.