

**PENENTUAN PERCEPATAN GRAVITASI BUMI MELALUI  
EKSPERIMEN AYUNAN MATEMATIS BERBANTUAN SENSOR  
ACCELEROMETER PADA SMARTPHONE**

**Khusana Niati<sup>1</sup>, Prasetyo Listiaji<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan IPA Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri  
Semarang, Indonesia

\*Email korespondensi: p.listiaji@mail.unnes.ac.id

**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 sensor *accelerometer smartphone* pada penentuan percepatan gravitasi melalui eksperimen ayunan matematis. Percobaan ayunan matematis dilakukan dengan memberikan variasi pada panjang tali yaitu sebesar 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, dan 50 cm. Analisis matematis dilakukan menggunakan teknik rata-rata dari data yang terekam oleh aplikasi sensor *accelerometer*. Hasil analisis data dari sensor *Accelerometer smartphone* kemudian dibandingkan dengan hasil percobaan menggunakan *stopwatch* (metode konvensional). Berdasarkan hasil analisis sensor *accelerometer smartphone* diperoleh percepatan gravitasi sebesar  $(9,704 \pm 0,103) \text{ m/s}^2$  dengan kesesatan 0,78% dan diperoleh percepatan gravitasi berdasarkan percobaan menggunakan *stopwatch* sebesar  $(9,428 \pm 0,530) \text{ m/s}^2$  dengan kesesatan 3,61%. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan sensor *accelerometer smartphone* pada eksperimen ayunan matematis untuk menentukan besar percepatan gravitasi lebih akurat dibandingkan dengan menghitung secara konvensional. Sehingga, penggunaan *smartphone* sebagai alat bantu eksperimen ini dapat menjadi solusi guna membantu eksperimen yang lebih maju dan mengembangkan keterampilan abad-21 peserta didik.

**Kata kunci:** percepatan gravitasi bumi, ayunan matematis, sensor *accelerometer*, *smartphone*

## **PENDAHULUAN**

Ilmu Pengetahuan Alam adalah ilmu yang mempelajari segala fenomena alam dan benda-benda yang tersusun runtut dan teratur, yang merupakan kumpulan dari hasil pengamatan dan eksperimen (Purwono, 2014). IPA merupakan pembelajaran yang menekankan proses asimilasi dan asosiasi fenomena sehingga pembelajaran IPA memiliki sifat konstruktif. Oleh karena itu, pengetahuan siswa harus selalu diperbaharui dan dikonstruksikan terus menerus (Mustikaningrum, 2015). Salah satu rumpun pembelajaran IPA adalah Fisika.

Fisika adalah bagian dari ilmu pengetahuan yang memiliki sifat proses, produk, dan nilai (Edie, et. al, 2018). Fisika dibangun berdasarkan pengalaman empiris, dimana konsep-konsep diformulasikan berdasarkan fakta dan data hasil pengamatan terhadap gejala, baik gejala alamiah maupun yang dikondisikan (Nurfadilah, et. al, 2019). Walaupun konsep fisika sebagian besar terdiri dari formula atau analisis matematis, namun pada setiap teori dapat diuji kebenarannya melalui percobaan (Darmaji, et. al, 2018). Dengan demikian, eksperimen berdasar penelitian merupakan bagian penting dalam fisika. Eksperimen dalam fisika berorientasi pada keterampilan proses sains, oleh karena itu diperlukan adanya teknik eksperimen yang memadahi dan mendukung proses pembelajaran.

Sejalan dengan revolusi industri 4.0 maka berbagai teknologi semakin berkembang begitu pesat. Perkembangan revolusi industri 4.0 ini telah mempengaruhi segala sektor, tak terkecuali pendidikan. Pemanfaatan teknologi pada sektor pendidikan dapat dengan mudah kita jumpai pada kehidupan sehari-hari, salah satunya media pembelajaran berbasis *smartphone* [Darmaji, et.al, 2019; Listiaji, et. al, 2019; Listiaji, 2015). Penggunaan *smartphone* sebagai media pembelajaran ini dapat digunakan juga sebagai alat bantu dalam eksperimen fisika.

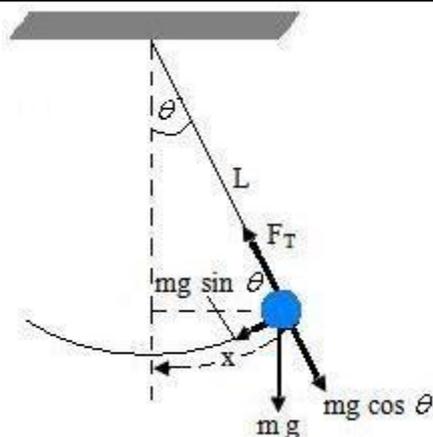
Dalam eksperimen fisika salah satu cara untuk menentukan nilai percepatan gravitasi bumi adalah dengan melakukan eksperimen menggunakan prinsip ayunan matematis (Suciarahmat, & Pramudya, 2015). Ayunan matematis merupakan ayunan sederhana dari bandul dengan massa yang diikat dengan benang yang massanya diabaikan dan panjang benang tidak dapat berubah. Secara nyata sebenarnya ayunan ini tidaklah sepenuhnya harmonis, karena betapapun lamanya osilasi terjadi akhirnya diam juga. Hal tersebut terjadi karena adanya gesekan antara bandul dengan udara sekitarnya yang menyebabkan gerak bandul menjadi terhambat. Untuk mendorong terjadinya osilasi harmonis berat benang jauh lebih kecil dibandingkan dengan berat bandul, serta bandul diberikan sudut simpangan yang kecil (Fayanto, et. al, 2016).

Selama proses eksperimen ayunan matematis dapat digunakan alternatif alat bantu sensor *accelerometer* pada *smartphone*. *Smartphone* sangat cocok sebagai alat eksperimental, karena biasanya dilengkapi dengan sejumlah sensor. Sebagai contoh, sebagian besar *smartphone* memiliki mikrofon, sensor percepatan, sensor kuatmedan magnet, sensor cahaya dan penerima GPS (Listiaji, et. al, 2020; Listiaji, et. al, 2021). Karena semua sensor dapat dibaca oleh aplikasi yang diperlukan, sejumlah penelitian kuantitatif dapat dilakukan dengan *smartphone* (Kuhn & Vogt, 2013). Oleh karena itu, dalam artikel ini bertujuan untuk mengetahui besarnya percepatan gravitasi bumi melalui eksperimen ayunan matematis menggunakan bantuan sensor *accelerometer* pada *smartphone*.

## **METODE PENELITIAN**

### **Prinsip teoritis**

Ayunan matematis merupakan ayunan sederhana dari bandul yang diikat dengan benang yang memenuhi persamaan matematis tepatnya persamaan diferensial orde 2 (Suciarahmat, & Pramudya, 2015). Ayunan matematis secara sederhana dapat ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1. Ayunan matematis

Pada saat bandul berada pada sudut simpangan  $\theta$  (simpangan maksimum) maka bekerja gaya  $F_1$  dan arah  $F_2$ . Arah  $F_1$  ke kanan dan arah  $F_2$  ke kiri.

$$F = \frac{md^2s}{dt^2} \tag{1}$$

Panjang busur  $s = l\theta$ , dengan  $l$  adalah panjang tali, sehingga

$$\frac{md^2s}{dt^2} = \frac{md^2l\theta}{dt^2} = \frac{mld^2\theta}{dt^2} \tag{2}$$

Gaya ini diimbangi oleh gaya pengembali yang ditimbulkan oleh beban yang menyimpang pada sudut  $\theta$ , yaitu:

$$F_2 = -mg \sin \theta = -mg \sin \theta \tag{3}$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa  $F_2$  berlawanan dengan  $F_1$ , jika sudut  $\theta$  kecil (kurang dari  $15^\circ$ ) maka  $\sin \theta \approx \theta$  sehingga persamaan (3) menjadi

$$F_2 = -mg\theta \tag{4}$$

Dalam keadaan setimbang  $F_1 = F_2$  sehingga persamaan (2) sama dengan persamaan (4).

$$\begin{aligned} \frac{mld^2\theta}{dt^2} &= -mg\theta \\ \frac{d^2\theta}{dt^2} &= -\frac{g}{l}\theta \\ \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l}\theta &= 0 \end{aligned} \tag{5}$$

Persamaan (5) merupakan persamaan osilasi harmonis yang memiliki frekuensi:

$$\omega^2 = \frac{g}{l}$$

dengan  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  dengan  $T$  adalah periode maka periodenya

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g} \tag{6}$$

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.

$$Y = ax + bc$$

Bilamana  $T^2 = y, l = x$  dan  $a = \frac{4\pi^2}{g}$

Percepatan dapat diperoleh dari slope grafik  $a$  ini sesuai persamaan

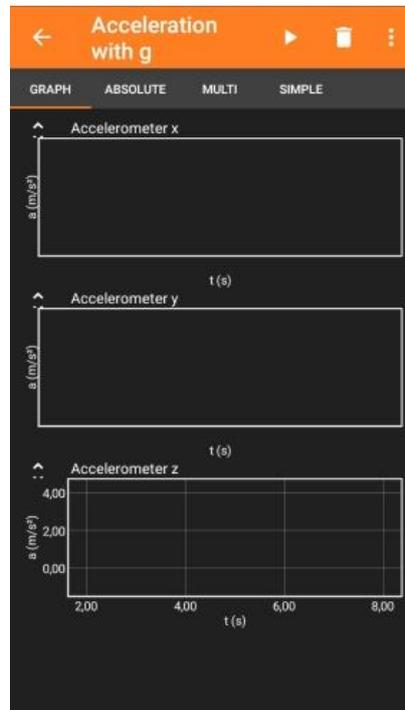
$$g = \frac{4\pi^2}{a} \tag{7}$$

Dan ralat  $g$

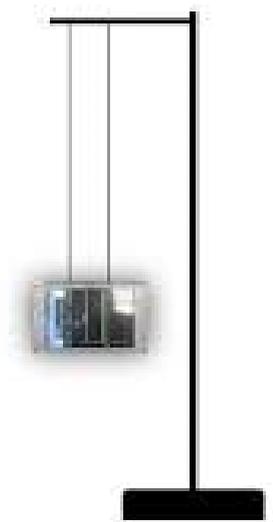
$$S_g = \sqrt{\frac{\sum_i(\delta g_i)^2}{(N-1)}} \quad (8)$$

### Prosedur Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah statif, tali, *smartphone*, dan mistar. Penelitian ini menggunakan aplikasi *Android* yaitu *Phyphox* dengan memanfaatkan fitur *acceleration with g*. Aplikasi ini menampilkan komponen percepatan  $a_x$ ,  $a_y$ , dan  $a_z$  pada sumbu  $x$ ,  $y$  dan  $z$ . Tampilan aplikasi *Phyphox* pada monitor *accelerometer* ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2. Tampilan aplikasi *Phyphox*



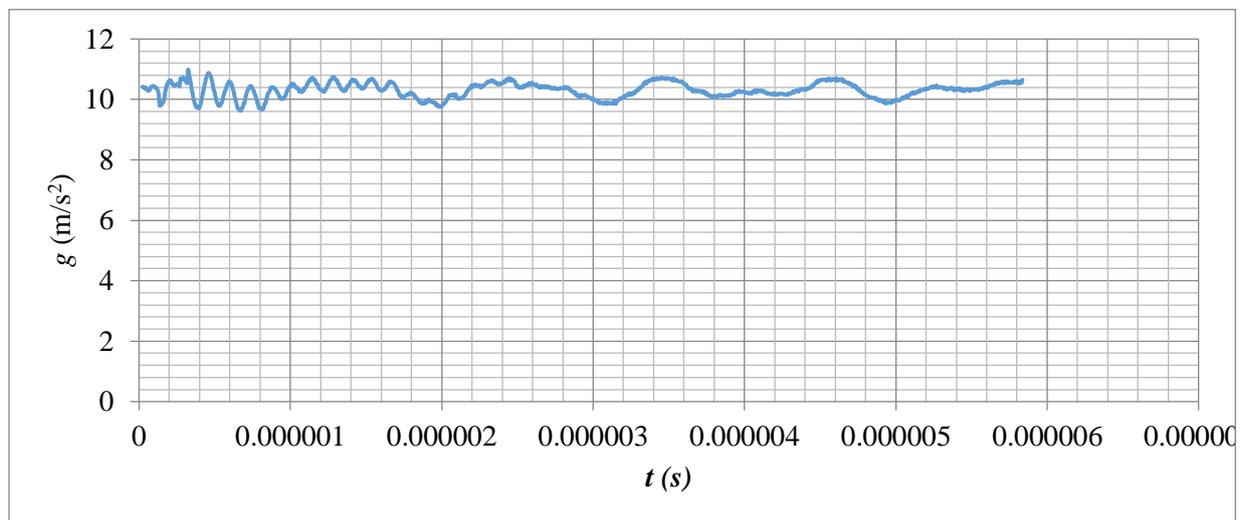
Gambar 3. Skema perangkat eksperimen

Alat disusun secara vertikal seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Pada percobaan ini digunakan tali sepanjang 30 cm. Kemudian aplikasi sensor percepatan dijalankan dan disimpangkan dengan sudut simpangan  $10^\circ$ . Saat *smartphone* diarahkan pada sumbu  $x$ , pastikan

nilai-nilai pada sumbu y dan z mendekati nol kemudian tekan *start* pada *Phyphox* untuk memulai pengambilan data, kemudian *smartphone* diayunkan sebanyak 5 ayunan kemudian pengambilan data *smartphone*. Pada percobaan ini, untuk panjang tali yang sama dilakukan 3 kali ulangan pengambilan data, kemudian dilakukan variasi untuk panjang tali yang berbeda, yaitu 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm dan 50 cm. Setelah *file* dari sensor *accelerometer* diperoleh, selanjutnya dengan menggunakan program *Microsoft Excel* data tersebut dianalisis.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penentuan besar percepatan gravitasi melalui eksperimen ayunan matematis dengan *accelerometer* dapat diketahui besarnya percepatan setiap komponen ( $a_x$ ,  $a_y$  dan  $a_z$ ) dan besar percepatan gravitasi keseluruhan. Untuk mendapatkan grafik yang baik, maka saat percobaan *smartphone* harus mengayun sempurna dan tidak ada getaran yang dapat mempengaruhi ayunan sehingga tidak mempengaruhi hasil yang diperoleh. Grafik percepatan gravitasi dapat ditampilkan ketika sensor *accelerometer* diaktifkan dan sensor mulai menyimpan data ketika ditekan *start* dan akan berhenti menyimpan data jika sudah ditekan *stop*. Contoh tampilan grafik pada *Accelerometer* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik percepatan gravitasi ayunan matematis ( $l= 30$  cm) pada *accelerometer*.

Setelah diambil data 3 kali pengulangan pada setiap variasi panjang tali, maka dengan teknik rata-rata nilai percepatan gravitasi pada setiap variasi panjang tali ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Percepatan gravitasi pada sensor *accelerometer smartphone*.

$l$ (m)	n	$\bar{g}$ ( $m/s^2$ )	$\bar{T}$ (s)
0,300	5	9,787	1,099
0,350		9,530	1,203
0,400		9,693	1,276
0,450		9,747	1,349
0,500		9,763	1,421

Setelah mengetahui data hasil percobaan dapat dilakukan perhitungan nilai percepatan gravitasi dengan analisis sehingga diperoleh percepatan gravitasi sebesar  $(9,704 \pm 0,103) m/s^2$ . Selain itu, berdasarkan data pada tabel dapat dilakukan percobaan menggunakan metode konvensional (*stopwatch*). Hasil percobaan menggunakan metode konvensional ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2. Hasil percepatan gravitasi menggunakan metode konvensional

$l$ (m)	$g(m/s^2)$	$\bar{T}$ (s)
0,300	8,470	1,201
0,350	7,007	1,406
0,400	8,140	1,392
0,450	11,202	1,257
0,500	12,325	1,262

Sehingga dengan metode konvensional, nilai percepatan gravitasi adalah  $(9,428 \pm 0,530) m/s^2$ . Dari analisis yang dilakukan berdasarkan hasil percobaan, diperoleh hasil yang berbeda antara percepatan gravitasi dengan metode konvensional dan percepatan gravitasi secara praktik. Nilai percepatan gravitasi ditunjukkan tabel 3. Nilai percepatan gravitasi yang diperoleh dibandingkan dengan nilai percepatan gravitasi referensi pada tempat dilakukan percobaan (*Latitude*  $-7,05^0$  dan *longitude*  $194,5$  m).

Tabel 3. Nilai percepatan gravitasi.

	$g$ ( $m/s^2$ )	Kesesatan (%)
<i>Smartphone</i>	9,704	0,78
<i>Stopwatch</i>	9,428	3,61
Referensi	9,781	

Berdasarkan tabel 3, hasil dari analisis yang dilakukan, dari data sensor *accelerometer smartphone* memiliki nilai yang paling rendah tingkat kesalahannya. Hal tersebut menunjukkan sensor *accelerometer smartphone* memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan *stopwatch*. Keunggulan lain saat *smartphone* sebagai alat eksperimen ini adalah data yang terekam adalah nilai dari percepatannya.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh besarnya nilai percepatan gravitasi melalui sensor *Accelerometer smartphone* sebesar  $(9,704 \pm 0,103) m/s^2$  dengan kesesatan 0,78% dan diperoleh percepatan gravitasi berdasarkan pengukuran konvensional sebesar  $(9,428 \pm 0,530) m/s^2$  dengan kesesatan 3,61%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa penggunaan sensor *accelerometer smartphone* pada eksperimen ayunan matematis untuk menentukan besar percepatan gravitasi lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional, karena hasil data dari sensor *accelerometer smartphone* memiliki nilai kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan *stopwatch*. Sehingga, penggunaan *smartphone* sebagai alat bantu eksperimen ini dapat menjadi solusi guna membantu eksperimen yang lebih maju dan mengembangkan keterampilan abad-21 peserta didik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Darmaji., Astalini., Rahayu, A., & Maison (2018). Pengembangan Penuntun Praktikum Fisika Berbasis Keterampilan Proses Sains Menggunakan Model Problem Solving. *Journal Edusains*, 10(1).
- Darmaji, D., Kurniawan, D. A., & Suryani, A. (2019). Effectiveness of Basic Physics II Practicum Guidelines Based on Science Process Skills. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 4(1), 1.

- Edie, S. S., Safitri, H. N., Alighiri, D., Sari, L. M. E. K., Marwoto, P., & Iswari, R. S. (2018, March). The effect of using bomb calorimeter in improving science process skills of physics students. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 983, No. 1, p. 012205). IOP Publishing.
- Fayanto, S., Yanti, S. P., Suwardi, E., Afiudin, A., Uleo, H. H., Ningsih, S. A., & Undu, A. A. 2016. Determination The Acceleration Of Gravity Earth Using Simple Pendulum. *Jurnal Praktikum Mekanika Analitik*.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013). Applications and examples of experiments with mobile phones and smartphones in physics lessons. *Frontiers in Sensors*, 1(4), 67-73.
- Listiaji, P., Subhan, S., & Daeni, F. (2021). Error analysis in measuring physical quantities using various sensors on a smartphone. *Physics Education*, 56(4), 043006.
- Listiaji, P., Darmawan, M. S., & Daeni, F. (2020). Comparison between the use of acceleration sensor and video tracker on smartphone for spring oscillation experiment. *Physics Education*, 56(1), 013001.
- Listiaji, P. (2015). Pengembangan Aplikasi Mobile Learning sebagai Penunjang Pembelajaran Fisika pada Materi Hukum Gravitasi Newton untuk Siswa SMA. *Semarang: Universitas Negeri Semarang*.
- Listiaji, P., & Maryamto, H. (2019). Sugiyanto, dan H. Susanto, "Pengembangan aplikasi mobile smartphone berbasis android sebagai penunjang pembelajaran Fisika SMA materi Hukum Gravitasi Newton". *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 4(2), 216-223.
- Mustikaningrum, I. (2015). Peng-aruh Model Pembelajaran Pro-ject Based Learning Berbantuan Fotonovela Terhadap Hasil Bel-ajar Dan Sikap Sains Siswa SMP. *Semarang. UNNES*.
- Nurfadilah, N., Ishafit, I., Herawati, R., & Nurulia, E. (2019). Pengembangan Panduan Eksperimen Fisika Menggunakan Smarthphone dengan Aplikasi Phyphox Pada Materi Tumbukan. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 10(2), 101-107.
- Purwono, J. (2014). Penggunaan media audio-visual pada mata pelajaran ilmu pengetahuan alam di Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Pacitan. *Jurnal teknologi pendidikan dan pembelajaran*, 2(2)..
- Suciarahmat, A., & Pramudya, Y. (2015). Aplikasi Sensor Smartphone dalam Eksperimen Penentuan Percepatan Gravitasi (Halaman 10 sd 13). *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55).