

Aplikasi Sensor *Smartphone* dalam Eksperimen Penentuan Percepatan Gravitasi

Aan Suciarahmat, Yudhiakto Pramudya

Program Studi Magister Pendidikan Fisika

Universitas Ahmad Dahlan

Kampus II, Jl. Pramuka 42, Sidikan, Yogyakarta 55161 Lt 3. Telp. (0274) 371120, Fax. 564604

Email : aansuciarahmat@yahoo.com

Abstrak – Telah dilakukan penelitian untuk menentukan nilai percepatan gravitasi menggunakan aplikasi sensor *Smartphone* berbasis *Android*. Analisis matematis dilakukan menggunakan teknik rata-rata dari data yang terekam oleh aplikasi sensor *Accelerometer*. Analisis data *smartphone* ini dibandingkan dengan data yang diperoleh dari video analisis program *Logger Pro*, dan untuk membantu perhitungan dilakukan analisis dengan pendekatan *Regresi Linier*. Dari hasil analisis data *smartphone*, diperoleh nilai percepatan gravitasi adalah $(9,7245 \pm 0,005) \text{ m/s}^2$.

Kata kunci : *Sensor Smartphone, Accelerometer Monitor, Percepatan Gravitasi, Android*

Abstract – It had conducted to determine the value of the gravitational acceleration using sensor of Android-based smartphones applications. Mathematical analysis performed using average of the data recorded by the accelerometer sensor applications. This smartphone data analysis compared with the data obtained from the video analysis *Logger Pro* program, and to help the calculations performed linear regression analysis approach. From the data analysis of smartphone, the value of the acceleration of gravity is $(9,7245 \pm 0,005) \text{ m/s}^2$.

Keywords: *Sensor Smartphone, Accelerometer Monitor, Acceleration of gravity, Android*

I. PENDAHULUAN

Banyak usaha yang dilakukan untuk menentukan nilai percepatan gravitasi bumi dalam pembelajaran fisika, yang biasanya menggunakan getaran bandul sederhana dan getaran pegas.

Salah satu alternatif lain yang dapat kita gunakan adalah menggunakan sensor percepatan *smartphone*. Ponsel dan *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. Karena semua sensor dapat dibaca oleh aplikasi yang diperlukan, sejumlah penelitian kuantitatif dapat dilakukan dengan *smartphone* (Kuhn dan Vogt, 2013).

Beberapa kelebihan dari penggunaan aplikasi sensor percepatan ini adalah tidak diperlukannya kabel-kabel yang menghubungkannya dengan perangkat lain misalnya komputer dan sebagai alat eksperimen yang mudah digunakan (Kuhn dan Vogt, 2014).

Oleh karena itu dalam makalah ini akan difokuskan pada *smartphone* sebagai alat percobaan yang *portable* untuk menentukan percepatan gravitasi bumi.

II. LANDASAN TEORI

A. *Sensor Accelerometer Monitor*

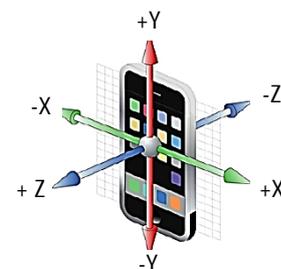
Android merupakan sistem operasi yang berbasis *Linux*, dan dapat diimplementasikan untuk telepon pintar (*Smartphone*) dan komputer tablet. *Android* menyediakan platform terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri yang digunakan oleh berbagai piranti gerak (Prabowo dkk, 2013).

Platform *Android* menyediakan beberapa sensor yang memungkinkan Anda memantau gerakan *smartphone*. Dua sensor selalu berbasis *hardware* (*Accelerometer* dan

Giroskop), dan yang ketiga dapat berbasis *software* seperti *Accelerometer* dan *magnetometer*, tapi pada perangkat lain mereka juga dapat menggunakan *giroskop* untuk mendapatkan datanya. Ketersediaan sensor berbasis *software* lebih bervariasi karena mereka sering bergantung pada salah satu atau lebih sensor *hardware* untuk menurunkan datanya.

Accelerometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (*vibrasi*), serta mengukur percepatan akibat gravitasi (*inklinasi*). Sensor *Accelerometer* mengukur percepatan akibat gerakan benda yang melekat padanya dan respon keluarannya saat terdeteksi berbentuk sinusoidal (Alma' I dkk, 2011).

Sensor *Accelerometer* yang digunakan memiliki 3 derajat kebebasan, mengukur percepatan sepanjang sumbu *x*, *y* dan *z*. Sumbu *x* adalah horizontal ke kanan, sumbu *y* adalah vertikal menunjuk ke atas dan sumbu *z* mengarah keluar permukaan depan layar. Dalam sistem ini, koordinat di belakang layar memiliki nilai *z* negatif, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi *Accelerometer*

Penelitian ini menggunakan Aplikasi *Android* yaitu *Accelerometer Monitor* ver 1.6.0 Beta. Aplikasi ini berukuran 4,90 MB dan dapat didownload secara gratis dari

Google Play store. Aplikasi ini menampilkan komponen percepatan a_x , a_y , dan a_z pada sumbu x,y dan z. resolusi sensor percepatannya $\delta a = 0.01197 \text{ m/s}^2$ dan waktu rata-rata sampelnya $\delta t = 0,02 \text{ s}$. Aplikasi ini juga dapat menyimpan data yang dalam format TXT untuk dianalisis lebih lanjut. Ketika *smartphone* digerakkan dalam arah yang tentu, kita dapat mengkombinasikan komponen percepatannya menjadi sebuah nilai percepatan dengan rumus berikut:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \tag{1}$$

Sedangkan besarnya varian dapat dihitung dengan rumus:

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \tag{2}$$

Nilai a_x, a_y , dan a_z hasil pengukuran terlihat pada gambar 2

```
# Accelerometer Values
# filename: baru30.txt
# Saving start time: Wed Dec 03 11:17:47 WIB 2014

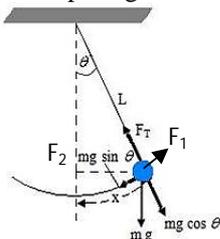
# sensor resolution: 0.009576807m/s^2
#Sensorvondor: STMicroelectronics, name: K2DH, type: 1,version : 1, range 39.2

# X value, Y value, Z value, time diff in ms
9.543    -1.029    1.039    16
9.545    -0.94     1.022    20
```

Gambar 2. Data *output* sensor percepatan

B. Ayunan Matematis

Ayunan matematis merupakan ayunan sederhana dari bandul yang diikat dengan benang yang memenuhi persamaan matematis tepatnya persamaan diferensial orde 2. Secara nyata sebenarnya ayunan ini tidaklah sepenuhnya harmonis, karena betapapun lamanya osilasi terjadi akhirnya diam juga, dengan demikian terdapat gesekan antara bandul dengan udara sekitarnya sehingga gerak bandul menjadi terhambat. Untuk mendorong terjadinya osilasi harmonis berat benang jauh lebih kecil dibandingkan dengan berat bandul, serta sudut simpangan bandul yang kecil. Ayunan sederhana dapat ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Ayunan matematis

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

$$F_1 = \frac{m d^2 s}{dt^2} \tag{11}$$

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

$$\frac{m d^2 s}{dt^2} = \frac{m d^2 l\theta}{dt^2} = \frac{ml d^2 \theta}{dt^2} \tag{4}$$

Gaya ini diimbangi oleh gaya pengembali yang ditimbulkan oleh beban yang menyimpang pada sudut θ , yaitu:

$$F_2 = -\omega \sin \theta = -mg \sin \theta \tag{5}$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa F_2 berlawanan dengan F_1 , jika sudut θ kecil (kurang dari 15^0) maka $\sin \theta \approx \theta$ sehingga persamaan (5) menjadi

$$F_2 = -mg\theta \tag{6}$$

Dalam keadaan setimbang $F_2 = F_1$ sehingga persamaan (4) sama dengan persamaan (6).

$$\frac{ml d^2 \theta}{dt^2} = -mg\theta$$

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \theta$$

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \theta = 0 \tag{7}$$

Persamaan (7) merupakan persamaan osilasi harmonis yang memiliki frekuensi:

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

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

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g} \tag{8}$$

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 *Regresi Linier*,

$$Y = ax + b$$

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

Percepatan dapat diperoleh dari slope grafik a ini sesuai persamaan

$$g = \frac{4\pi^2}{a} \tag{9}$$

Dan ralat g

$$S_g = \frac{\partial g}{\partial a} S_a \tag{10}$$

Dalam penentuan percepatan gravitasi menggunakan sensor aplikasi *Android*, dimana *Smartphone* sebagai bandulnya, perlu diperhatikan beberapa aspek berikut yaitu, jika akan menentukan periode ayunan sebaiknya menggunakan metode *stopwatch* daripada *smartphone*. Untuk mencegah terjadinya putaran *smartphone* dapat digantung dengan dua buah tali yang homogen (Kuhn dan Vogt,2013).

Dibandingkan metode konvensional, percepatan gravitasi dapat terbaca secara langsung oleh aplikasi *smartphone Android*.

III. METODE PENELITIAN

1. Alat dan bahan

1. Statif
2. Tali
3. Kamera Video
4. Mistar
5. *Smartphone Android* Samsung
6. Penjepit Tongsis

2. Prosedur Percobaan/eksperimen

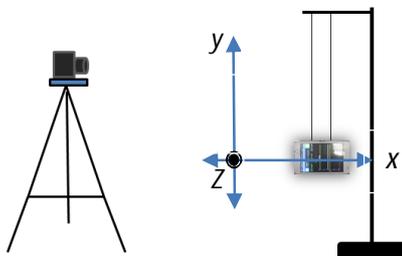
Pertama kali statif dan tali dengan panjang 30 cm dirangkai dengan *smartphone* sebagai bebannya. Kemudian aplikasi sensor percepatan dijalankan dan disimpangkan dengan sudut simpangan 10° . Saat *smartphone* diarahkan pada sumbu x, pastikan nilai-nilai pada sumbu y dan z mendekati nol kemudian tekan *start saving* pada kamera dan *smartphone* untuk memulai pengambilan data, kemudian *smartphone* diayunkan sebanyak 5 ayunan kemudian pengambilan data *smartphone* dan video kamera dihentikan.

Pada percobaan ini, untuk panjang tali yang sama dilakukan 10 kali ulangan pengambilan data, kemudian dilakukan untuk panjang tali yang berbeda 35 cm, 40 cm, 45 cm dan 50 cm.

Setelah file dari sensor *Accelerometer* dan video diperoleh, selanjutnya dengan menggunakan program *Microsoft Excel* dan *Logger Pro* data tersebut dianalisis.

3. Pengambilan data

Skema alat yang digunakan dalam pengambilan video ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skema perangkat Eksperimen

4. Analisis *Microsoft Excell*

Nilai percepatan gravitasi yang diperoleh dari *smartphone* tersimpan dalam format TXT. Data tersebut dianalisis menggunakan *MS Excel*. Data-data pada sumbu x, y, z dan waktu (satuan millidetik) dipisahkan dalam kolom yang berbeda dan dicari nilai totalnya dengan menggunakan rumus. Setelah ditampilkan grafik *g* terhadap waktu, kita ambil data-data untuk 3 kali ayunan untuk selanjutnya dicari nilai percepatan gravitasi rata-ratanya.

5. Analisis *Logger Pro*

Secara garis besar prosedur analisis data video dengan program *Logger Pro* adalah mula-mula *Logger Pro* dihidupkan dan diaktifkan dari menu *Windows*, kemudian video ayunan matematis dipanggil melalui menu *import* dan *Movie*. Setelah video muncul maka selanjutnya menu *video analysis* diaktifkan, lalu dilakukan *set coordinat* dan melakukan *set scale* untuk mengkalibrasi keadaan real ke

skala video. Kemudian *tracking* dilakukan untuk mendapatkan data simpangan vertikal beban (*x*) dan pada setiap nilai waktu (*t*).

6. Metode Analisis

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pendekatan nilai rata-rata berbobot untuk data-data yang diperoleh dari *smartphone* kemudian dibandingkan hasilnya dengan hasil analisis menggunakan *Regresi Linier* berbobot.

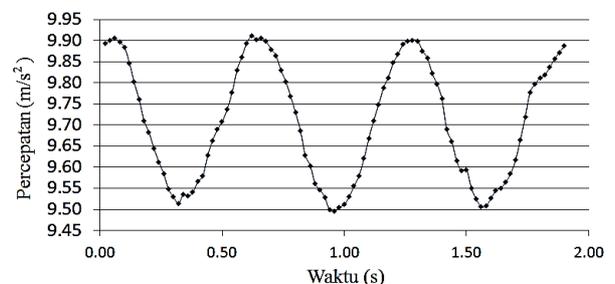
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan eksperimen menentukan percepatan gravitasi melalui ayunan matematis menggunakan sensor *Accelerometersmartphone*. Dibandingkan metode konvensional, percepatan gravitasi dapat terbaca secara langsung oleh aplikasi *smartphoneAndroid*. Ketika *smartphone* diletakkan pada sumbu x, maka nilai-nilai pada sumbu y dan z mendekati nilai nol. Nilai percepatan gravitasi yang terekam dalam selang waktu 19-20 ms sehingga sensor *Accelerometer* mampu mencatat sampai 50 data/detik. Aplikasi sensor ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Aplikasi Sensor *AccelerometerMonitor*

Untuk mendapatkan grafik yang baik, maka saat percobaan *smartphone* harus mengayun sempurna dan getaran yang dapat mempengaruhi ayunan harus dihindarkan. Grafik percepatan akan ditampilkan saat aplikasi *Accelerometer Monitor* dinyalakan (gambar 5) dan sensor akan mulai menyimpan datanya setelah tombol *start saving* ditekan. Sensor akan merekam data-datanya secara real time sampai tombol *stop saving* ditekan. Contoh tampilan data dan grafik hasil akuisi data sensor *smartphone* untuk 3 ayunan ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Percepatan gravitasi ayunan matematis ($l=35$ cm) dari *smartphone*.

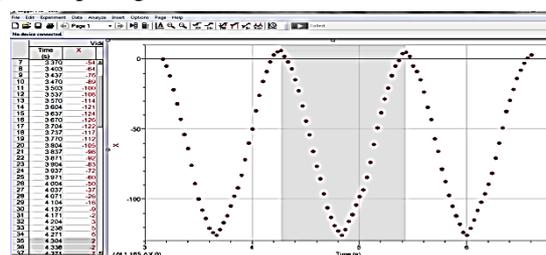
Setelah diambil data untuk 3 kali ayunan maka dengan teknik rata-rata, nilai percepatan gravitasi yang diperoleh dari eksperimen ini ditampilkan sebagaimana pada tabel 1.

Tabel 1. Percepatan gravitasi dari *smartphone*

l (m)	\bar{g} (m/s ²)	\bar{s}
0,30	9,717	0,014
0,35	9,718	0,009
0,40	9,718	0,019
0,45	9,739	0,019
0,50	9,732	0,010

Dengan menggunakan teknik rata-rata berbobot, analisis data selanjutnya diperoleh nilai percepatan gravitasi sama dengan $(9,724 \pm 0,006) \text{ m/s}^2$.

Video analisis dilakukan dengan program *Logger Pro*. Contoh tampilan data dan grafik pada *Logger Pro* ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan hasil *trackingLogger Pro*

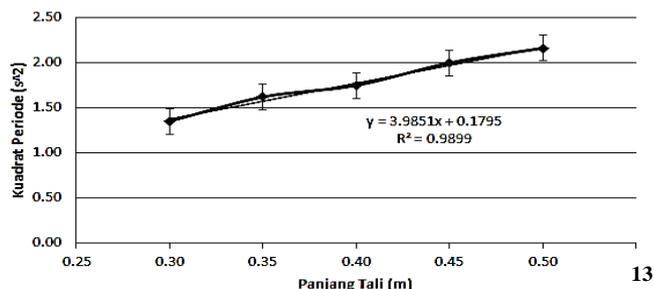
Selanjutnya diolah dengan menggunakan *Ms. Excel* diperoleh gambaran hubungan Periode ayunan dengan panjang tali. Jika nilai Periode dari eksperimen ini kita masukkan pada persamaan (8), maka nilai percepatan gravitasi secara teori dapat diperoleh sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2

Tabel 2. Persamaan hubungan Periode terhadap panjang tali

No	l (m)	\bar{T}	g Teori
1	0,30	1,162	8,762505
2	0,35	1,272	8,531259
3	0,40	1,321	9,036004
4	0,45	1,413	8,890147
5	0,50	1,469	9,140374

Sehingga nilai secara teori, nilai percepatan gravitasinya adalah $8,872 \text{ m/s}^2$.

Untuk menghitung percepatan gravitasi dari analisis, maka digunakan fitting data linier seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Kuadrat Periode dengan Panjang tali

Dengan persamaan (9) dan (10), kita hitung percepatan gravitasi $g = (9,656 \pm 0,075) \text{ m/s}^2$ dengan $R^2 = 0,9899$.

Dari hasil analisis terdapat perbedaan percepatan gravitasi menggunakan *smartphone* (g_s), *video analisis* (g_v) dan secara teori (g_T). Nilai percepatan gravitasi dapat ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 4. Nilai percepatan gravitasi

	g (m/s ²)	Error (%)
Smartphone	9,724	0,771
Video Analisis	9,656	1,469
Teori	8,872	9,469
Referensi	9,8	

Dari tabel tersebut, hasil dari analisis yang dilakukan, dari data *smartphone* memiliki nilai yang paling rendah tingkat kesalahannya. Ini berarti sensor *smartphone* memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan dengan metode yang lainnya. Keunggulan lain saat *smartphone* sebagai alat eksperimen ini adalah data yang terekam adalah nilai dari percepatannya.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh nilai percepatan gravitasi melalui aplikasi sensor *AccelerometerMonitor* adalah $g = (9,724 \pm 0,006) \text{ m/s}^2$. Sedangkan melalui video analisis *Logger Pro* adalah $g = (9,656 \pm 0,075) \text{ m/s}^2$ dengan $R^2 = 0,9899$.

PUSTAKA

- [1] Kuhn, Jochen, and Vogt, Patrik. "Application and Examples of Experiments with Mobile Phone and Smartphone in Physics Lessons". 4 Oktober 2013
- [2] Kuhn, Jochen, and Vogt, Patrik. "Acceleration Sensors of Smartphone". FSI Vol 2.2014
- [3] *Module 1: Sensor Data Acquisition and Processing in Android*. sysnetgrp.net/cpsedu/wp-content/uploads/2012/09/sensors-module.pdf, diakses tanggal 10 Mei 2014
- [4] Peters, Randall D, *Smartphone Sensor of Pendulum Motion*, Physics Departement, Mercer University, Macon GA. 2010
- [5] Alma'I, Vidi, Wahyudi, dan Setiawan, Iwan. "Aplikasi Sensor Accelerometer Pada Deteksi Posisi" Universitas Diponegoro, Semarang. 2011
- [6] Prabowo, H.Y, Hidayat, Bambang, dan Sunarya, Unang. *Aplikasi Android Deteksi Tinggi Menggunakan Accelerometer Sensor*. ITT, Bandung. 2013
- [7] Monsoriu, J.A, Gimenez, M.H, Ballester, E. Ruiz Sanchez, Palacio J.C, and Velazquez-Abad, L. *Smartphone acceleration sensors in undergraduate Physics experiments*. Spain. 2014
- [8] *Android Developer's Guide*. <http://developer.Android.com/guide/index.html>
- [9] Mangoba, Leeann and Kurniawan, Sri. *Analyzing Physical Activity With The Ipod Accelerometer*. 2010
- [10] Google Play, <https://play.google.com/store/apps>