

# MODUL 03

## BANDUL MATEMATIS

### 1. TUJUAN PERCOBAAN

- 1.1. Menentukan nilai percepatan gravitasi ( $g$ ) eksperimen dengan menggunakan prinsip osilasi bandul
- 1.2. Menentukan pengaruh faktor panjang tali ( $L$ ), massa beban gantung ( $m$ ), dan besar sudut simpangan awal ( $\theta$ ) terhadap hasil pengukuran yang diperoleh.

### 2. ALAT DAN BAHAN

#### ALAT

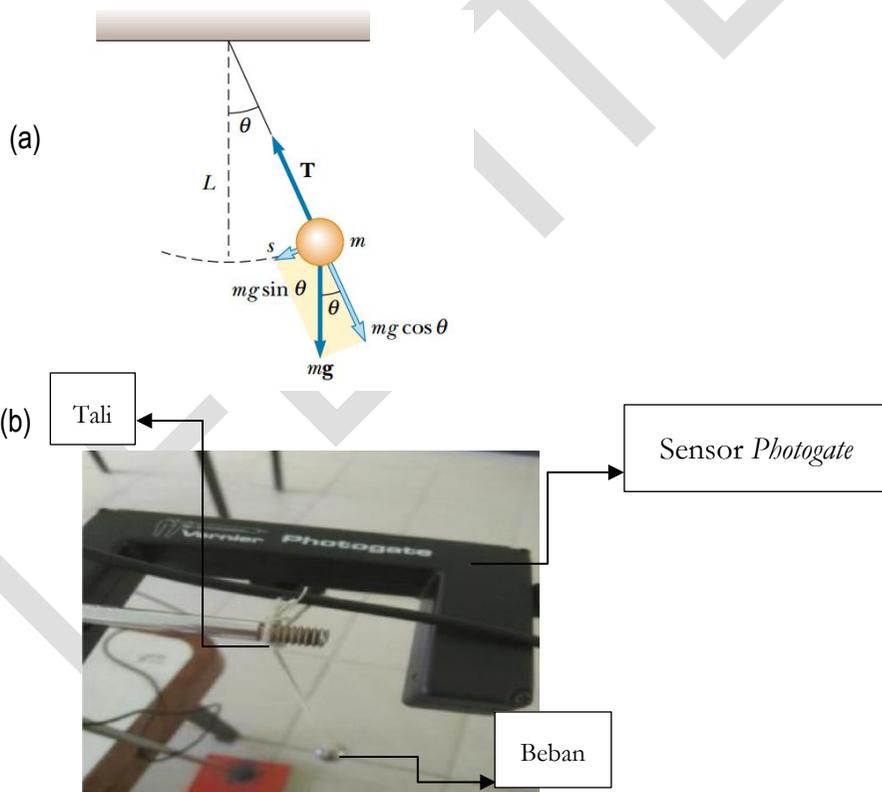
- 2.1. PC dengan aplikasi *Logger Pro* (1 set),
- 2.2. *Labquest Interface* (1 buah),
- 2.3. Sensor *Photogate* (1 buah),
- 2.4. Meteran (1 buah),
- 2.5. Busur derajat (1 buah),
- 2.6. Neraca Ohaus (digunakan bersama),
- 2.7. Neraca digital untuk tali ringan (digunakan bersama).

#### MATERIALS

- 2.8. Sistem bandul yang terdiri dari:
  - a. Statif (1 buah)
  - b. Bola yang terhubung dengan tali (2 buah)

### 3. TEORI DASAR

Bandul merupakan salah satu contoh dari gerak osilasi sederhana. Bandul (*pendulum*) adalah suatu sistem mekanis dimana benda terhubung dengan sebuah tali dan bergerak secara periodik (berosilasi). Ilustrasi dapat dilihat pada gambar 3.1. Terdapat perbedaan antara bandul matematis dan bandul fisis. Pada bandul matematis benda dianggap sebagai benda titik dan massa tali diabaikan, sedangkan pada bandul fisis tali dianggap sebagai benda tegar (massa diperhitungkan).



**Gambar 3.1.** Ilustrasi sistem bandul sederhana (a) dan rangkaian sistem bandul pada percobaan (b).

Bandul dapat berosilasi melalui titik setimbangnya disebabkan oleh adanya gaya pemulih . Bandul akan mengikuti persamaan gerak seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 3.1. Masukkan komponen gaya pada arah tangensial tali , maka diperoleh persamaan 3.2. Kemudian dengan menggunakan asumsi sudut kecil ( $\theta < 10^\circ$ ), periode ( $T_0$ ) dan percepatan gravitasi ( $g$ ) masing-masing dapat ditentukan dengan Persamaan 3.3 dan 3.4 sebagai berikut :

$$F = m \cdot a \quad (3.1)$$

$$-mg \sin \theta = m \frac{d^2 s}{dt^2} \quad (3.2)$$

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (3.3)$$

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T_0^2} \quad (3.4)$$

Apabila sudut simpangan yang diberikan lebih besar, maka bandul akan mengikuti gerakan osilasi teredam dan diperlukan koreksi dengan menggunakan ekspansi deret Taylor. Periode ( $T$ ) dapat ditentukan dengan ekspansi hingga suku ke-3 yang ditunjukkan pada Persamaan 3.5 sebagai berikut :

$$T = T_0 \left( 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \left( \frac{1}{2} \theta_{max} \right) + \frac{9}{64} \sin^4 \left( \frac{1}{2} \theta_{max} \right) \right) \quad (3.5)$$

## 4. LANGKAH PERCOBAAN

### 4.1. Setup awal percobaan

1. Pertama-tama sambungkan sensor photogate ke *Labquest interface* pada DIG 1. Atur sensor sedemikian rupa agar dapat digunakan (selengkapnya tanyakan asisten).
2. Lalu pasang bandul pada tali dan ikatkan ke statif.
3. Hidupkan PC dan buka file eksperimen “osilasi harmonik sudut kecil.”
4. Kemudian beri simpangan kecil lalu ayunkan bandul tersebut.
5. Pada PC, terdapat 2 tampilan jendela. Jendela 1 akan menampilkan tabel pengukuran sedangkan jendela 2 akan menggambarkan grafik percepatan gravitasi (g) terhadap waktu.
6. Lalu ayunkan bandul kembali sehingga LED merah pada *sensor photogate* berkedip ketika bandul menghalangi infrared yang dipancarkan oleh *sensor photogate*. Hal ini dilakukan guna memastikan bahwa *sensor photogate* dapat berjalan dengan baik.

### 4.2. Langkah Percobaan

1. Pertama-tama, timbang massa bandul dan tali dengan menggunakan neraca digital atau neraca o’hauss lalu catatlah massanya.
2. Pasang bandul pada tali dengan panjang tertentu yang diukur dari ujung tali ke pusat massa bandul (lihat tabel).
3. Lalu buka file eksperimen “osilasi bandul xx” dengan xx sebagai nilai sudut yang menyesuaikan. Dan untuk file eksperimen “osilasi bandul sudut kecil” untuk sudut  $< 10^0$ .
4. Kemudian posisikan sensor photogate sesuai dengan sudut ayunan yang akan dipilih. Lalu beri simpangan dengan sudut tertentu dengan busur dan ayunkan.
5. Lalu klik  $g_{\text{koreksi}}$  lalu ganti formula yang merepresentasikan nilai panjang tali dengan panjang tali yang digunakan.
6. Klik ikon collect untuk memulai pengambilan data

7. Lalu perhatikan nilai  $g_{\text{noI}}$  dan  $g_{\text{koreksi}}$  pada tabel atau grafik.
8. Jika nilai  $g_{\text{noI}}$  dan  $g_{\text{koreksi}}$  yang diperoleh sudah konstan, klik ikon *Stop* dan catat nilai yang mendekati nilai referensi.
9. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk variasi nilai sudut, panjang tali, dan massa bandul yang berbeda.

Massa tali ( $m_{\text{tali}}$ ) = gram

Panjang tali ( $L$ ) = cm

Rapat massa tali ( $\mu_{\text{tali}}$ ) = gram/cm

Tabel 5.1. Data percobaan bandul matematis.

| $m_1 = \dots \text{ gram}$ |             |                                       |  |  |            | $m_2 = \dots \text{ gram}$ |             |                                       |  |  |            |
|----------------------------|-------------|---------------------------------------|--|--|------------|----------------------------|-------------|---------------------------------------|--|--|------------|
| No                         | $L$<br>(cm) | $\theta_{\text{max}}$<br>( $^\circ$ ) | $g_{\text{noI}}$<br>( $\text{m/s}^2$ ) | $g_{\text{koreksi}}$<br><sub>i</sub><br>( $\text{m/s}^2$ ) | $T$<br>(s) | No                         | $L$<br>(cm) | $\theta_{\text{max}}$<br>( $^\circ$ ) | $g_{\text{noI}}$<br>( $\text{m/s}^2$ ) | $g_{\text{koreksi}}$<br><sub>i</sub><br>( $\text{m/s}^2$ ) | $T$<br>(s) |
| 1.                         | 25          | 5                                     |  |  |            | 1.                         | 25          | 5                                     |  |  |            |
| 2.                         |             | 10                                    |  |  |            | 2.                         |             | 10                                    |  |  |            |
| 3.                         |             | 15                                    |  |  |            | 3.                         |             | 15                                    |  |  |            |
| 4.                         |             | 20                                    |  |  |            | 4.                         |             | 20                                    |  |  |            |
| 5.                         |             | 25                                    |  |  |            | 5.                         |             | 25                                    |  |  |            |
| 1.                         | 50          | 5                                     |  |  |            | 1.                         | 50          | 5                                     |  |  |            |
| 2.                         |             | 10                                    |  |  |            | 2.                         |             | 10                                    |  |  |            |
| 3.                         |             | 15                                    |  |  |            | 3.                         |             | 15                                    |  |  |            |
| 4.                         |             | 20                                    |  |  |            | 4.                         |             | 20                                    |  |  |            |
| 5.                         |             | 25                                    |  |  |            | 5.                         |             | 25                                    |  |  |            |
| 1.                         | 75          | 5                                     |  |  |            | 1.                         | 75          | 5                                     |  |  |            |
| 2.                         |             | 10                                    |  |  |            | 2.                         |             | 10                                    |  |  |            |
| 3.                         |             | 15                                    |  |  |            | 3.                         |             | 15                                    |  |  |            |

|    |  |    |  |  |  |    |  |    |  |  |  |
|----|--|----|--|--|--|----|--|----|--|--|--|
| 4. |  | 20 |  |  |  | 4. |  | 20 |  |  |  |
| 5. |  | 25 |  |  |  | 5. |  | 25 |  |  |  |

Nilai percepatan gravitasi rata-rata ( $g_m$ ) untuk beban  $m_1$  dan  $m_2$  adalah:

$$g_{m1} = \text{_____ m/s}^2$$

$$g_{m2} = \text{_____ m/s}^2$$

## 5. TUGAS ANALISIS

- 5.1. Bagaimana nilai percepatan gravitasi ( $g$ ) yang diperoleh untuk  $m_1$  dan  $m_2$  ?  
Bandingkan nilai tersebut dengan nilai referensi sebesar  $9,78 \text{ m/s}^2$  !
- 5.2. Jelaskan mengapa untuk sudut simpangan yang besar digunakan nilai  $g_{koreksi}$ ! Bandingkan nilai  $g_{nol}$  dan  $g_{koreksi}$ !
- 5.3. Bagaimana pengaruh panjang tali ( $L$ ) dan periode ( $T$ ) terhadap nilai percepatan gravitasi bumi ( $g$ )?
- 5.4. Mengapa bandul tidak terlihat mengayun dengan sempurna?
- 5.5. Jelaskan pengaruh perubahan massa bandul ( $m_{bandul}$ ) dan massa tali ( $m_{tali}$ ) terhadap perubahan periode?

## 6. PUSTAKA

Cutbell, Johnson. *PHYSICS. 9<sup>th</sup> Ed.* United States: John Wiley & Sons. 2012.

Fukuda dkk. *The first absolute gravity measurements in Indonesia. Journal of Geodynamics* 38 (2004) 489–501. 2004.

[http://geodesy.unr.edu/hanspeterplag/library/projects/abs\\_grav/papers/fukuda04.pdf](http://geodesy.unr.edu/hanspeterplag/library/projects/abs_grav/papers/fukuda04.pdf)

Halliday, Resnick. *Fundamentals of Physics. 10<sup>th</sup> Ed.* New Jersey: John Wiley & Sons. 2014.

Modul Eksperimen Fisika Dasar Semester 1 2020/2021.