

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

PRAKTIKUM VIRTUAL

OSILASI SEDERHANA (BANDUL SEDERHANA)

Platform Simulasi: PhET Interactive Simulations

Pendulum Lab

https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_all.html

Nama Peserta Didik	
Kelas / Absen	
Hari / Tanggal	

A. CAPAIAN PEMBELAJARAN, TUJUAN PEMBELAJARAN, DAN TUJUAN PRAKTIKUM

Capaian Pembelajaran (CP)

Peserta didik mampu memahami konsep osilasi sederhana serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi periode gerak bandul sederhana melalui kegiatan penyelidikan berbasis simulasi virtual.

Tujuan Pembelajaran (TP)

- Peserta didik dapat menjelaskan konsep osilasi sederhana dan besaran-besaran yang berkaitan dengannya.
- Peserta didik dapat menganalisis hubungan antara panjang tali, massa beban, dan amplitudo terhadap periode bandul sederhana.
- Peserta didik dapat memverifikasi kebenaran persamaan $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ berdasarkan data eksperimen simulasi.
- Peserta didik dapat menghitung nilai percepatan gravitasi bumi dari data periode dan panjang tali.

Tujuan Praktikum

1. Menentukan hubungan antara panjang tali dengan periode ayunan bandul sederhana menggunakan simulasi PhET Pendulum Lab.
2. Menganalisis pengaruh variasi massa beban terhadap periode osilasi bandul.
3. Menganalisis pengaruh variasi amplitudo (sudut simpangan) terhadap periode osilasi bandul.
4. Memverifikasi kesesuaian data eksperimen dengan nilai periode teoritis yang dihitung menggunakan persamaan $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.
5. Menghitung nilai percepatan gravitasi bumi berdasarkan data periode dan panjang tali yang diperoleh dari simulasi.

B. MATERI OSILASI SEDERHANA

Pengertian Osilasi Sederhana

Osilasi sederhana atau gerak harmonik sederhana (GHS) adalah gerak berulang suatu benda di sekitar titik kesetimbangannya. Bandul sederhana merupakan salah satu sistem fisika paling klasik yang menggambarkan osilasi sederhana, di mana sebuah massa (beban) digantungkan pada tali tak bermassa dan tak elastis, kemudian disimpangkan dari posisi setimbangnya sehingga terjadi gerak ayunan (Serway & Jewett, 2018).

Besaran-Besaran dalam Osilasi Bandul

- Periode (T): waktu yang dibutuhkan untuk satu kali osilasi penuh (satuan: sekon).
- Frekuensi (f): jumlah osilasi per satuan waktu; $f = \frac{1}{T}$ (satuan: Hz).
- Amplitudo (θ): sudut simpangan maksimum bandul dari titik kesetimbangan (satuan: derajat atau radian).
- Panjang tali (L): jarak dari titik gantung ke pusat massa beban (satuan: meter).
- Percepatan gravitasi (g): percepatan akibat gaya gravitasi bumi, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ pada kondisi standar.

Persamaan Periode Bandul Sederhana

Pada aproksimasi sudut kecil ($\sin\theta \approx \theta$ untuk $\theta < 15^\circ$), periode bandul sederhana dirumuskan sebagai:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, periode bandul sederhana hanya bergantung pada panjang tali (L) dan percepatan gravitasi (g), dan tidak dipengaruhi oleh massa beban maupun amplitudo (selama masih dalam rentang sudut kecil). Persamaan ini dapat ditransformasikan untuk menghitung percepatan gravitasi sebagai berikut:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$

Aproksimasi Sudut Kecil dan Batasannya

Persamaan $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ berlaku secara akurat hanya pada aproksimasi sudut kecil, yaitu ketika $\sin\theta \approx \theta$ (dalam radian). Pada sudut yang lebih besar (misal 25°), nilai $\sin(25^\circ) = 0,4226$ sedangkan 25°

dalam radian = 0,4363, sehingga galat aproksimasi mencapai sekitar 3,1%. Pada sudut yang jauh lebih besar dari 30° , analisis periode yang akurat memerlukan penyelesaian integral eliptik Jacobi (Nelson & Olsson, 1986; Fulcher & Davis, 1976).

Tentang Simulasi PhET Pendulum Lab

PhET Interactive Simulations adalah platform simulasi sains berbasis web yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder. Simulasi Pendulum Lab memungkinkan pengguna mengontrol variabel panjang tali, massa beban, dan amplitudo secara presisi, serta mengaktifkan timer otomatis untuk pengukuran periode. Simulasi ini mengabaikan gaya hambatan udara (damping) dan massa tali, sehingga osilasi berlangsung dalam kondisi ideal (PhET Interactive Simulations, 2023).

Silahkan tonton video percobaan berikut:



C. LANGKAH-LANGKAH PERCOBAAN

C.1 Persiapan Simulasi

1. Buka browser dan akses simulasi PhET Pendulum Lab pada alamat:
https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_all.html
2. Pilih tab 'Lab' pada antarmuka simulasi untuk mendapatkan akses kontrol variabel secara penuh.
3. Aktifkan fitur 'Period Timer' agar waktu osilasi dapat dicatat secara otomatis oleh sistem.
4. Aktifkan fitur 'Ruler' untuk memverifikasi panjang tali yang diatur.
5. Pastikan percepatan gravitasi diatur pada nilai $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (kondisi bumi standar) untuk seluruh sesi percobaan.

C.2 Percobaan 1: Variasi Panjang Tali

Variabel kontrol: Massa = 0,50 kg; Amplitudo = 10°

1. Atur massa beban pada 0,50 kg dan amplitudo pada 10° sebagai variabel kontrol.
2. Ubah panjang tali secara bertahap: 0,25 m; 0,50 m; 0,75 m; dan 1,00 m.
3. Pada setiap nilai panjang tali, tarik bandul hingga sudut 10° lalu lepaskan.
4. Catat waktu yang diperlukan untuk 10 kali osilasi penuh, kemudian hitung periode $T = \frac{t}{10}$.
5. Bandingkan nilai T hasil simulasi dengan nilai T teoritis yang dihitung dari rumus $T =$

$$2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

C.3 Percobaan 2: Variasi Massa Beban

Variabel kontrol: Panjang Tali = 1,00 m; Amplitudo = 10°

1. Atur panjang tali pada 1,00 m dan amplitudo pada 10° sebagai variabel kontrol.
2. Ubah massa beban secara bertahap: 0,10 kg; 0,25 kg; 0,50 kg; 0,75 kg; dan 1,00 kg.
3. Lakukan pengukuran waktu 10 osilasi dan hitung periode untuk setiap nilai massa.
4. Catat seluruh data pada tabel pengamatan yang tersedia.

C.4 Percobaan 3: Variasi Amplitudo

Variabel kontrol: Panjang Tali = 1,00 m; Massa = 0,50 kg

1. Atur panjang tali pada 1,00 m dan massa beban pada 0,50 kg sebagai variabel kontrol.
2. Ubah sudut simpangan secara bertahap: 5° ; 10° ; 15° ; 20° ; dan 25° .
3. Lakukan pengukuran waktu 10 osilasi dan hitung periode untuk setiap nilai amplitudo.
4. Catat seluruh data pada tabel pengamatan yang tersedia.

D. DATA PENGAMATAN

D.1 Pengaruh Panjang Tali terhadap Periode

Massa = 0,50 kg; Amplitudo = 10° ; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

No.	Panjang Tali (m)	Massa (kg)	Amplitudo ($^\circ$)	Waktu 10T (s)	Periode T eksperimen (s)	T Teoritis (s)
1	0,25	0,50	10	...	...	1,0055
2	0,50	0,50	10	...	...	1,4229
3	0,75	0,50	10	...	...	1,7411
4	1,00	0,50	10	...	...	2,0099

Tabel 1. Data periode bandul untuk variasi panjang tali

D.2 Pengaruh Massa Beban terhadap Periode

Panjang Tali = 1,00 m; Amplitudo = 10°

No.	Panjang Tali (m)	Massa (kg)	Amplitudo ($^\circ$)	Waktu 10T (s)	Periode T (s)
1	1,00	0,10	10	...	...
2	1,00	0,25	10	...	...
3	1,00	0,50	10	...	...
4	1,00	0,75	10	...	...
5	1,00	1,00	10	...	...

Tabel 2. Data periode bandul untuk variasi massa beban

D.3 Pengaruh Amplitudo terhadap Periode

Panjang Tali = 1,00 m; Massa = 0,50 kg

No.	Panjang Tali (m)	Massa (kg)	Amplitudo ($^\circ$)	Waktu 10T (s)	Periode T (s)
1	1,00	0,50	5	...	...
2	1,00	0,50	10	...	...
3	1,00	0,50	15	...	...
4	1,00	0,50	20	...	...
5	1,00	0,50	25	...	...

Tabel 3. Data periode bandul untuk variasi amplitudo sudut.

E. PEMBAHASAN

E.1 Hubungan Panjang Tali dengan Periode

Berdasarkan data yang kamu peroleh pada Tabel 1, jelaskan pola hubungan antara panjang tali dan periode osilasi bandul. Apakah hubungan tersebut bersifat linear? Bandingkan dengan prediksi persamaan $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ dan hitung galat relatif untuk setiap titik data.

Deskripsikan pola data yang kamu amati:

Hitung dan tuliskan nilai galat relatif untuk setiap nilai panjang tali:

Kesimpulan hubungan panjang tali dan periode:

E.2 Penghitungan Percepatan Gravitasi

Gunakan persamaan $g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$ untuk menghitung nilai percepatan gravitasi dari setiap pasangan data (L, T) pada Tabel 1. Kemudian hitung nilai rata-rata g dan bandingkan dengan nilai referensi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

No.	L (m)	T (s)	$T^2 \text{ (s}^2\text{)}$	$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} \text{ (m/s}^2\text{)}$	Galat (%)
1					
2					
3					
4					
Rata-rata g =					

Tabel 4. Perhitungan nilai percepatan gravitasi dari data eksperimen

E.3 Pengaruh Massa Beban terhadap Periode

Berdasarkan data Tabel 2, apakah perubahan massa beban menghasilkan perubahan yang berarti pada nilai periode? Hubungkan temuan kamu dengan persamaan $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ dan penjelasan fisika yang mendasarinya.

Apa yang kamu amati dari data variasi massa?

Mengapa massa tidak memengaruhi periode? Jelaskan menggunakan persamaan fisika!

E.4 Pengaruh Amplitudo terhadap Periode

Berdasarkan data Tabel 3, apakah terdapat kenaikan periode seiring bertambahnya sudut simpangan? Jelaskan kaitan temuan ini dengan konsep aproksimasi sudut kecil ($\sin\theta \approx \theta$) dan batasannya.

Deskripsikan tren perubahan periode pada Tabel 3:

Hubungkan dengan konsep aproksimasi sudut kecil!

F. KESIMPULAN

Tuliskan kesimpulan dari seluruh percobaan yang kamu lakukan. Pastikan kesimpulanmu menjawab tujuan praktikum nomor 1 sampai 5!

1. Hubungan panjang tali terhadap periode:

2. Pengaruh massa beban terhadap periode:

3. Pengaruh amplitudo terhadap periode:

4. Verifikasi nilai percepatan gravitasi:

5. Kesimpulan umum tentang bandul sederhana:

G. PERTANYAAN DISKUSI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut secara individual atau bersama kelompokmu. Berikan penjelasan yang logis dan didukung oleh data dari percobaan!

Pertanyaan 1

Berdasarkan data Tabel 1, jika panjang tali diperpanjang menjadi 2,00 m (masih dalam kondisi yang sama), berapakah prediksi periode bandul tersebut berdasarkan persamaan $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$? Tunjukkan langkah perhitungannya!

Jawaban:

Pertanyaan 2

Mengapa simulasi PhET Pendulum Lab tidak menunjukkan penurunan amplitudo (damping) seiring berjalannya waktu? Faktor apa saja yang diabaikan oleh simulasi ini, dan bagaimana faktor-faktor tersebut memengaruhi hasil jika percobaan dilakukan secara nyata di laboratorium?

Jawaban:

Pertanyaan 3

Seorang astronaut membawa bandul sederhana ($L = 1,00 \text{ m}$) ke permukaan Bulan, di mana percepatan gravitasinya $g_{\text{bulan}} = 1,62 \text{ m/s}^2$. Hitung periode bandul tersebut di Bulan, lalu bandingkan dengan periodenya di Bumi ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$). Apa kesimpulan yang dapat kamu tarik?

Jawaban:

Pertanyaan 4

Jika data variasi amplitudo pada Tabel 3 menunjukkan kenaikan periode yang sangat kecil (sekitar 1,1% untuk rentang 5° hingga 25°), apakah ini berarti amplitudo sama sekali tidak berpengaruh terhadap periode? Jelaskan batasan keberlakuan aproksimasi sudut kecil dan apa yang terjadi bila sudut simpangan mencapai 60° atau 90° !

Jawaban:

H. REFLEKSI PESERTA DIDIK

Refleksi ini membantu kamu menilai pemahamanmu sendiri setelah menyelesaikan praktikum. Isilah dengan jujur!

H.1 Penilaian Diri (Self-Assessment)

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang paling sesuai dengan kondisimu setelah praktikum ini:

Pernyataan	Sangat Paham	Paham	Cukup	Belum Paham
Saya memahami konsep osilasi sederhana				
Saya dapat menggunakan simulasi PhET dengan mandiri				
Saya memahami hubungan $T \propto \sqrt{L}$				
Saya memahami mengapa massa tidak memengaruhi periode				
Saya memahami batas aproksimasi sudut kecil				
Saya dapat menghitung percepatan gravitasi dari data eksperimen				

H.2 Refleksi Terbuka

Hal yang paling menarik dan berkesan dari praktikum ini adalah...

Konsep yang masih membingungkan dan ingin aku pelajari lebih lanjut adalah...

Manfaat yang aku rasakan dari penggunaan simulasi virtual (PhET) dibandingkan praktikum konvensional adalah...

Jika aku bisa merancang percobaan lanjutan berdasarkan praktikum ini, aku akan meneliti tentang...
