

MODUL A3

OSILASI HARMONIK SEDERHANA (GHS)

A. Tujuan Percobaan

1. Untuk membuktikan bahwa posisi benda yang bergerak harmonik memenuhi fungsi sinusoidal.
2. Untuk membuktikan bahwa energi mekanik sistem (energi kinetik + energi potensial) adalah konstan (kekal).
3. Untuk menentukan nilai konstanta pegas dari nilai percepatan sudut (ω), dan membuktikan bahwa konstanta pegas sistem memenuhi hubungan pegas paralel:

$$k_p = k_1 + k_2$$

4. Memanfaatkan perangkat lunak analisis video Tracker untuk menganalisis gerak osilasi secara kuantitatif.

B. Alat dan Bahan

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Pegas spiral | 5. Kamera HP dan Tripod |
| 2. Perangkat Air track dan Blower | 6. Laptop dan Software Tracker |
| 3. Glider | 7. Kertas milimeter (kertas grafik) |
| 4. Neraca | |

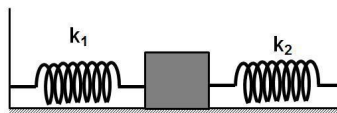
C. Dasar Teori

Gerak Harmonik Sederhana adalah bolak-balik di sekitar titik setimbang akibat adanya gaya pemulih F yang sebanding dengan simpangan x dan arahnya menuju titik setimbang (tanda negatif). Menurut Hukum Hooke:

$$F = - kx$$

dengan k adalah konstanta kesebandingan, yang dikenal sebagai konstanta pegas.

Untuk sistem dua pegas yang dipasang di kiri dan kanan benda (susunan paralel efektif) seperti gambar di bawah ini



gaya total menjadi:

$$F = -k_p x$$

dengan k_p adalah konstanta pegas parallel yang memenuhi hubungan $k_p = k_1 + k_2$.

Berdasarkan Hukum II Newton, jika benda disimpangkan sejauh x akan berlaku

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -k_p x \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k_p}{m} x = 0$$

Persamaan ini merupakan bentuk umum GHS:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

dengan

$$\omega^2 = \frac{k_p}{m}$$

sehingga

$$k_p = m\omega^2$$

di sini m adalah massa benda dan ω adalah kecepatan sudut benda yang dapat dihitung dari persamaan

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

dengan T adalah periode osilasi.

Solusi posisi sebagai fungsi waktu:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$

dengan A adalah simpangan maksimum (amplitude) dan ϕ adalah fase awal. Solusi ini akan dibuktikan melalui analisis data video menggunakan **Tracker**.

Energi kinetik E_k benda yang bergerak dengan kecepatan v diberikan oleh

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

sedangkan energi potensial E_p dari benda yang bergerak harmonis diberikan oleh

$$E_p = \frac{1}{2} k_p x^2$$

sehingga energi mekanik totalnya adalah

$$E_m = E_k + E_p$$

Dalam sistem ideal tanpa gesekan (mendekati kondisi air track):

$$E_m = \text{konstan}$$

D. Instruksi Kerja dan Tabel Pengamatan

D.1. Persiapan Alat

1. Timbang massa glider yang besar dan kecil, dan catat hasilnya
2. Ukur panjang awal pegas, catat hasilnya, kemudian gantungkan pegas pada statif.
3. Timbang massa beban gantung, catat hasilnya.
4. Pasang beban gantung pada pegas, catat pertambahan panjang pegasnya. Perubahan panjang pegas (Δx) adalah selisih panjang pegas yang digantungi beban dengan panjang awal pegas
5. Konstanta pegas (k_1) dapat dihitung dengan menggunakan

$$k_1 = \frac{m_i g}{\Delta x}$$

dengan m_i adalah massa beban gantung, dan g adalah percepatan gravitasi bumi.

6. Lakukan prosedur yang sama untuk pegas yang satunya lagi, sehingga dapat ditentukan nilai k_2 .
7. Pasang **air track** pada meja yang datar dan stabil.
8. Hubungkan blower sehingga glider (balok) dapat melayang dan bergerak dengan gesekan sangat kecil.
9. Pasang dua pegas pada kedua sisi balok seperti pada gambar: pegas kiri dengan konstanta k_1 dan pegas kanan dengan konstanta k_2 .
10. Pastikan kedua ujung pegas terikat kuat pada penyangga tetap.
11. Letakkan sebuah **mistar atau skala panjang** sejajar dengan lintasan balok untuk keperluan kalibrasi video.
12. Pasang **smartphone pada tripod** dengan posisi kamera tegak lurus terhadap lintasan gerak balok untuk merekam gerakan.

2. Pengambilan Data (Perekaman Video)

1. Nyalakan kamera smartphone dan mulai merekam video.
2. Tarik glider sedikit dari posisi setimbang sejauh beberapa sentimeter (simpangan awal A).
3. Lepaskan balok **tanpa memberikan dorongan tambahan**.
4. Biarkan balok berosilasi selama sekitar **10–20 periode**.
5. Hentikan perekaman setelah gerakan cukup terekam.

6. Simpan video untuk dianalisis menggunakan perangkat lunak **Tracker**.

3. Analisis Video Menggunakan Tracker

3.1 Membuka Video

1. Jalankan aplikasi **Tracker** pada komputer.
2. Pilih **File** → **Open File**, kemudian buka video hasil perekaman.

3.2 Kalibrasi Skala

1. Pilih **Calibration Stick** pada menu Tracker.
2. Sesuaikan panjang calibration stick dengan panjang mistar yang terlihat pada video.
3. Masukkan nilai panjang sebenarnya (misalnya 0,5 m atau 1 m).

3.3 Menentukan Sistem Koordinat

1. Atur **origin (0,0)** di sekitar posisi setimbang balok.
2. Arahkan sumbu x sepanjang lintasan gerak balok.

3.4 Tracking Posisi Balok

1. Buat objek **Point Mass** pada menu Tracker.
2. Tandai posisi balok pada setiap frame video secara manual atau menggunakan fitur **auto tracking**.
3. Setelah seluruh posisi ter-tracking, Tracker akan menghasilkan data posisi terhadap waktu $x(t)$.

3.5 Menampilkan Grafik

Gunakan fitur grafik untuk menampilkan:

- Grafik **posisi terhadap waktu** $x(t)$
- Grafik **kecepatan terhadap waktu** $v(t)$
- Grafik **percepatan terhadap waktu** $a(t)$

Data ini akan digunakan untuk membuktikan sifat sinusoidal gerak harmonik.

4. Penentuan Periode Osilasi

1. Dari grafik $x(t)$, tentukan periode osilasi T dengan mengukur selang waktu antara dua puncak berturut-turut.
2. Hitung nilai rata-rata periode dari beberapa siklus osilasi.
Frekuensi sudut:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

5. Menentukan Konstanta Pegas

Untuk sistem dua pegas pada konfigurasi ini, konstanta pegas ekuivalen adalah:

$$k_p = k_1 + k_2$$

Persamaan gerak harmonik memberikan hubungan:

$$\omega = \sqrt{\frac{k_p}{m}}$$

Sehingga konstanta pegas ekuivalen dapat dihitung dari data eksperimen $k_p = m\omega^2$

Bandingkan nilai k_{eq} yang diperoleh dengan teori pegas paralel.

6. Analisis Energi Mekanik

Dari data Tracker diperoleh posisi $x(t)$ dan kecepatan $v(t)$.

Energi kinetik:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Energi potensial pegas:

$$E_p = \frac{1}{2}k_p x^2$$

Energi mekanik total:

$$E_m = E_k + E_p$$

Langkah analisis:

1. Hitung E_k , E_p , dan E_m untuk setiap waktu.
2. Buat grafik $E_k(t)$, $E_p(t)$, dan $E_m(t)$.
3. Amati apakah E_m tetap konstan selama osilasi.