

Mata Kuliah GELOMBANG OPTIK

TOPIK I



OSILASI HARMONIK

PENDAHULUAN



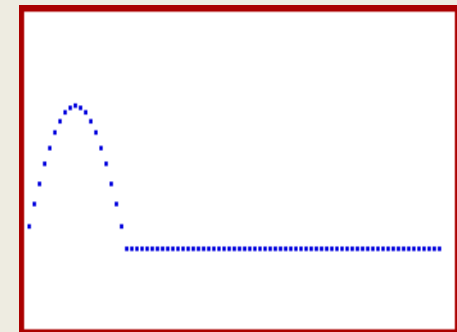
Gerak dapat dikelompokkan menjadi:

◆ Gerak di sekitar suatu tempat

contoh: ayunan bandul, getaran senar dll.

◆ Gerak yang berpindah tempat

contoh: bola yang di tendang, pulsa yang menjalar pada seutas tali dll.

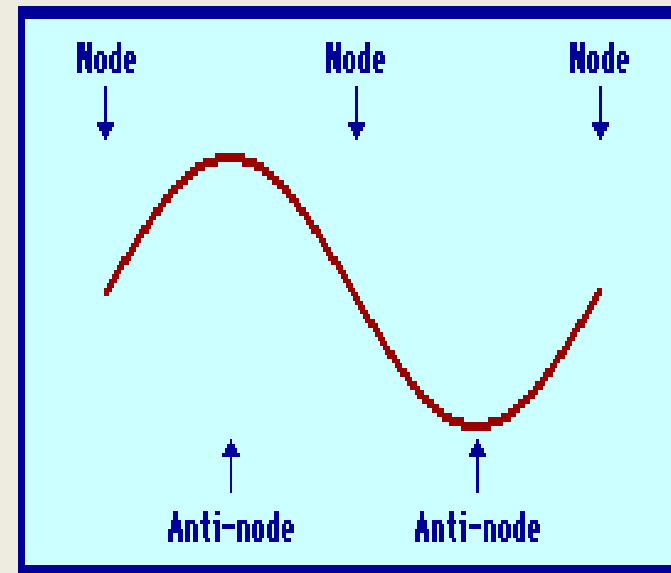
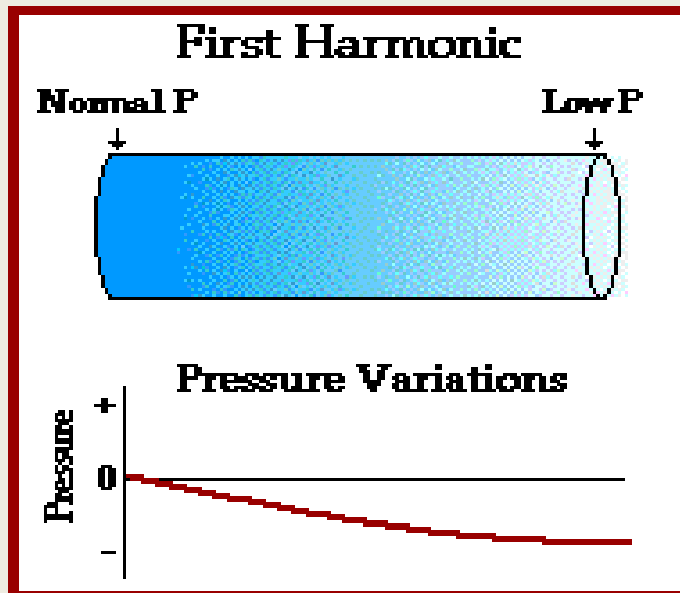


Apakah osilasi itu???

Osilasi adalah gerak bolak balik di sekitar titik kesetimbangan.

Contoh sistem yang berosilasi:

bandul sederhana, pegas, tekanan, rangkaian LC dan osilasi partikel pada tali.





Gelombang merupakan gejala gangguan dari suatu sumber yang merambat ke ruang sekitarnya.

dengan

sumber gangguan $\xrightarrow{\text{berupa}}$ sistem yang berosilasi

Jadi,

Pemahaman osilasi

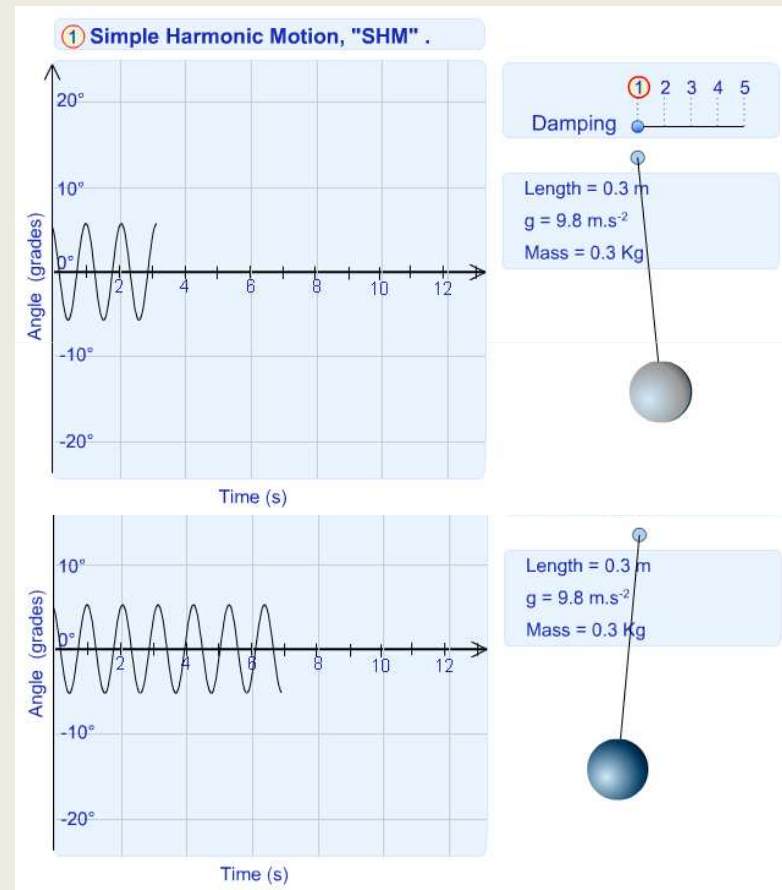
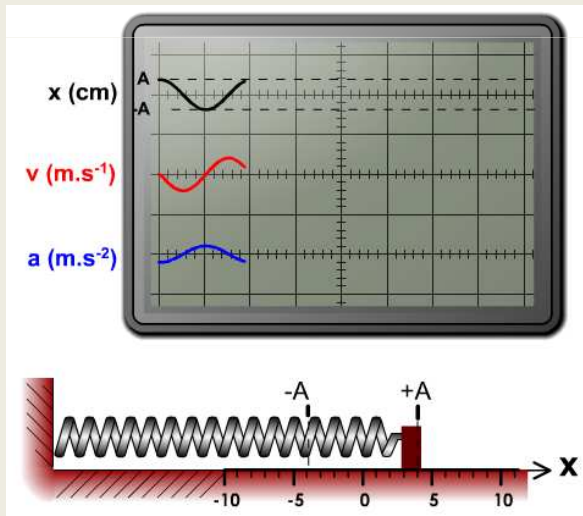


Dasar untuk memahami gelombang

SIFAT OSILASI

Tinjau

- Sistem bandul (+grafik)
- Sistem pegas



SIFAT OSILASI



- Sifat osilasi dihasilkan oleh dua sifat intrinsik besaran fisika yang cenderung saling berlawanan yaitu:

gaya pulih dan inersia

- Gaya pulih selalu ingin mengembalikan gangguan ψ menjadi nol

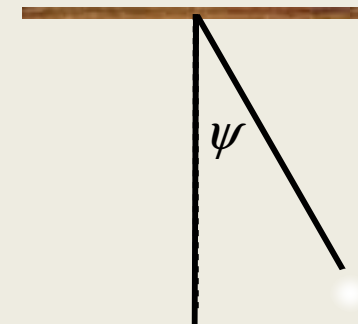
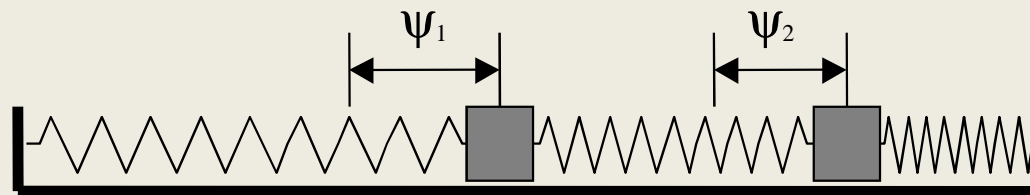
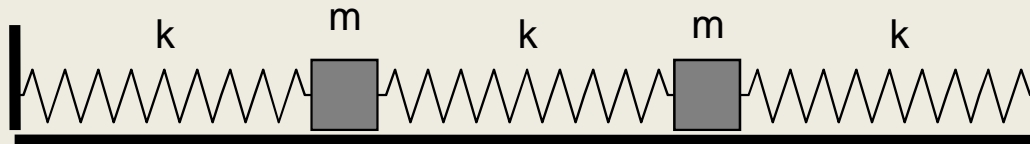
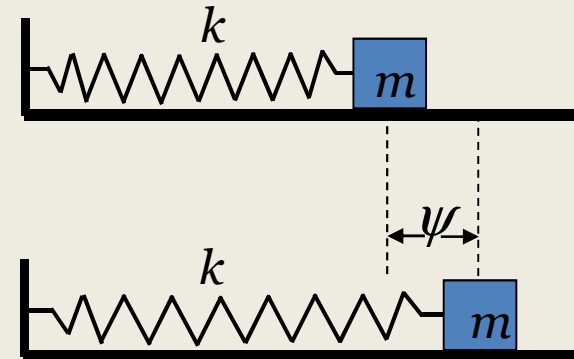
- Inersia melawan setiap perubahan gangguan tersebut terhadap waktu,

$$d\psi / dt$$

Derajat kebebasan sistem osilasi



- Menunjukkan jumlah/banyaknya besaran fisika (simpangan) yang digunakan untuk menyatakan keadaan gerakanya secara lengkap
- Sistem osilasi N dk, berarti persamaan osilasi dapat dinyatakan secara lengkap oleh N besaran fisika (yang mewakili simpangan)



SISTEM OSILASI SATU DERAJAT KEBEBASAN



Sistem osilasi seperti pada bandul sederhana, pegas dengan satu beban dan rangkaian LC



Persamaan gerak (fungsi waktu) dapat dinyatakan oleh satu besaran fisika tertentu.



Sistem seperti ini memiliki satu derajat kebebasan

Persamaan Simpangan (ψ)



- Pada sistem bandul
 - Dinyatakan oleh sudut antara tali dengan garis vertikal.
- Pada sistem pegas
 - Dinyatakan oleh posisi terhadap titik setimbang.
- Pada sistem rangkaian LC
 - Dinyatakan oleh arus atau muatan di dalam kapasitor

Persamaan simpangan :

$$\psi(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\psi(t) = A e^{i(\omega t + \varphi)}$$

Fungsi kompleks

A, ω, φ adalah konstanta dan t variabel waktu

OSILASI HARMONIK SEDERHANA



OSILASI BANDUL
OSILASI PEGAS
OSILASI RANGKAIAN *LC*



Problem

Pada gambar disamping, frekuensi ayunan anak yang lebih tinggi (anak perempuan)

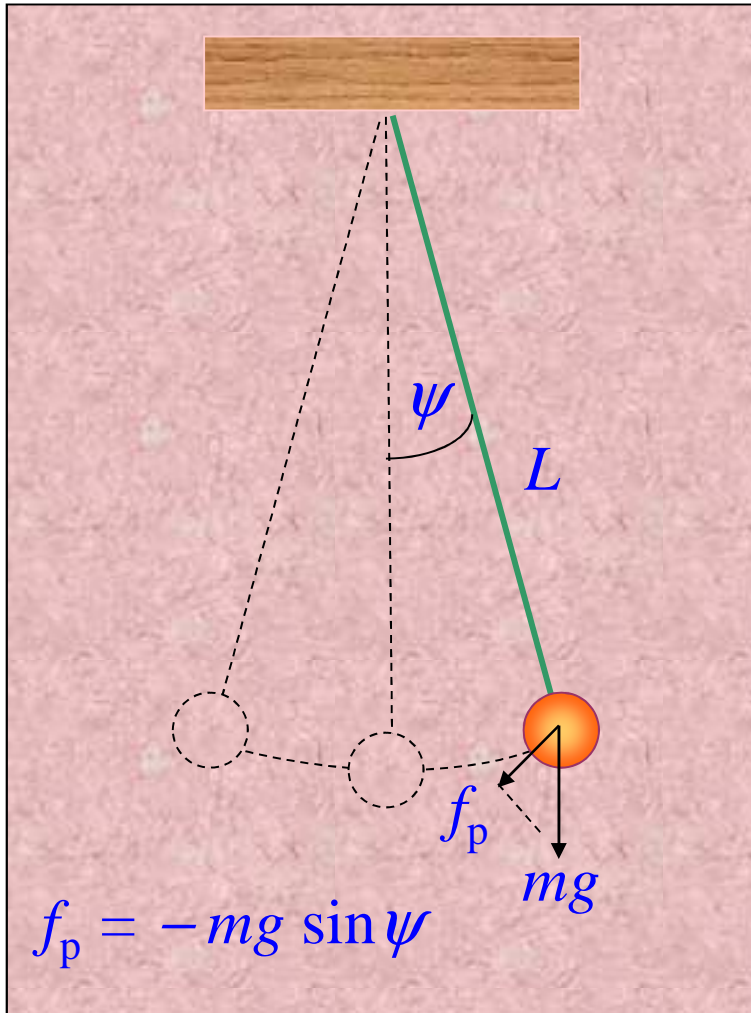
..... frekuensi ayunan anak yang lebih pendek (anak laki-laki)

- a. Lebih besar
- b. Sama besar
- c. Lebih kecil

Mengapa..?



OSILASI BANDUL



Perhatikan gambar. Mula-mula bandul diberi sedikit simpangan, kemudian dilepaskan. Keadaan umum ayunan bandul ditunjukkan pada gambar.

- Kecepatan tangensial $v = L \frac{d\psi}{dt}$
- Percepatan tangensial $a = L \frac{d^2\psi}{dt^2}$
- Persamaan gerak (HK II Newton):

$$mL \frac{d^2\psi}{dt^2} = f_p = -mg \sin \psi \quad (1.2)$$

dengan menguraikan fungsi $\sin \psi$ dalam deret Taylor, maka untuk ψ kecil diperoleh nilai $\sin \psi \cong \psi$, sehingga

$$mL \frac{d^2 \psi}{dt^2} + mg \psi = 0 \quad (1.3)$$

atau dapat ditulis $\frac{d^2 \psi}{dt^2} + \omega^2 \psi = 0$

dengan $\omega^2 = g/L$

Persamaan tersebut dikenal sebagai persamaan osilasi.

Secara umum arti fisis dari ω^2 adalah

$$\omega^2 = \frac{mg \psi}{m(L \psi)}$$

yaitu gaya pulih per satuan perpindahan per satuan massa

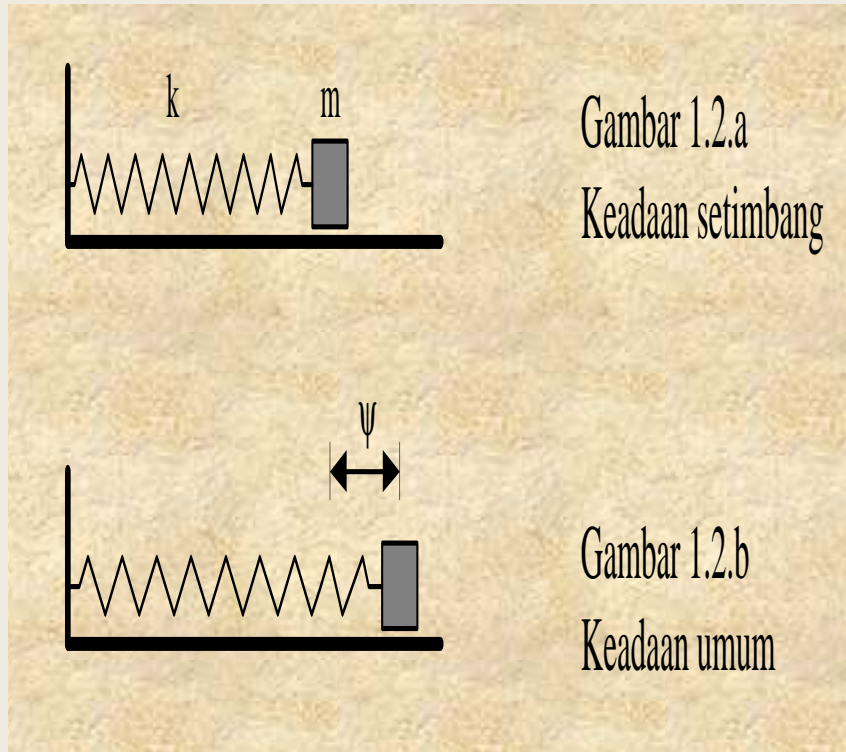
Persamaan osilasi tersebut memiliki solusi (penyelesaian) yang sering disebut sebagai fungsi osilasi. Salah satu bentuk fungsi osilasi (yang memenuhi persamaan osilasi tersebut) adalah

$$\psi(t) = A \sin (\omega t + \varphi) \quad (1.4)$$

Sekarang, evaluasi jawaban problem di atas.

OSILASI PEGAS

Osilasi Sistem Satu Pegas Satu Massa



Perhatikan gambar. Dari hukum II Newton, maka :

$$m \frac{d^2 \psi}{dt^2} = -k \psi \implies \frac{d^2 \psi}{dt^2} + \omega^2 \psi = 0 \quad (1.5)$$

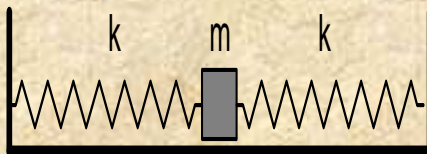
Solusinya sama seperti persamaan (1.4), yakni , $\psi(t) = A \sin (\omega t + \varphi)$ dengan

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad (1.6)$$

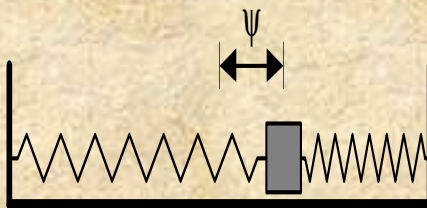
Bila ruas kiri dan kanan persamaan (1.5) dikalikan dengan massa m , maka diperoleh $F + \omega^2 m \psi = 0$. Besaran $\omega^2 = -F / (m \psi)$ ini sesuai dengan arti fisis dari ω^2 di depan.

Osilasi Sistem Dua Pegas Satu Massa

Bagaimana jika pegasnya ada dua, seperti pada gambar 1.3.



Gambar 1.3.a
Keadaan setimbang



Gambar 1.3.b
Keadaan umum

Gaya yang bekerja

$$F = -k_1\psi + (-k_2\psi); \quad k_1 = k_2 = k$$
$$F = -2k\psi \quad (1.7)$$

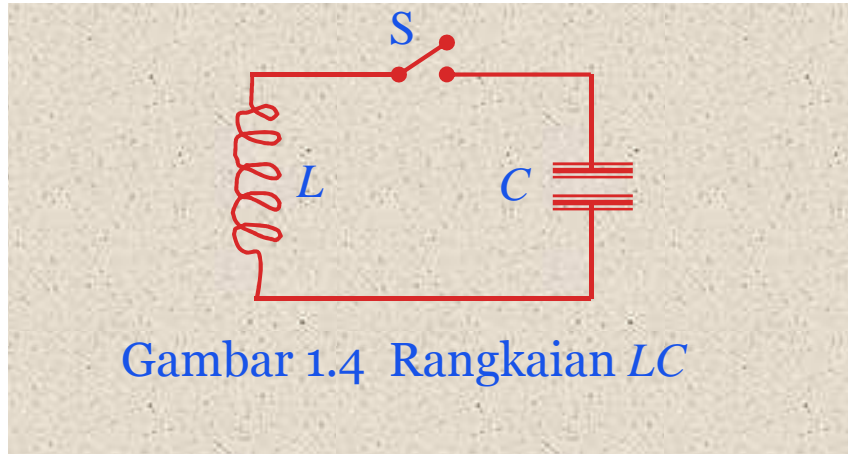
Berdasarkan HK II Newton, maka

$$m \frac{d^2\psi}{dt^2} + 2k\psi = 0, \quad \frac{d^2\psi}{dt^2} + \omega^2\psi = 0 \quad (1.8)$$

Solusinya sama seperti persamaan (1.4), dengan $\omega^2 = 2k/m$ (1.9)

bentuk solusi untuk sistim dua pegas satu massa ini, sama dengan sistim satu pegas satu massa, yang berbeda hanyalah frekuesinya, yaitu menjadi akar dua kalinya.

OSILASI RANGKAIAN LC



Gambar 1.4 Rangkaian LC

Kapasitor yang telah dimuati dihubungkan dengan induktor seperti pada gambar 1.4.

Setelah saklar ditutup pada $t = 0$, muatan pada kapasitor mulai mengalir melalui induktor.

Dengan menggunakan kaidah simpal Kirchoff, maka diperoleh:

$$L \frac{dI}{dt} + \frac{Q}{C} = 0$$

$$\frac{d^2 I}{dt^2} + \frac{1}{LC} I = 0$$

$$\frac{d^2 I}{dt^2} + \omega^2 I = 0 \quad (1.10)$$

Solusinya sama seperti pers. (1.4), dengan

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \quad (1.11)$$