

Gerak Harmonik

A. HUKUM HOOKE

Elastisitas adalah kemampuan benda untuk kembali ke keadaan awal segera setelah gaya luar yang diberikan pada benda hilang.

Elastisitas membuat benda mengalami tegangan dan regangan.

Tegangan dapat dirumuskan:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

σ = tegangan (Pa)
 F = gaya tarik (N)
 A = luas penampang (m^2)

Regangan dapat dirumuskan:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0}$$

e = regangan
 ΔL = pertambahan panjang (m)
 L_0 = panjang mula-mula (m)

Modulus elastis (modulus Young) didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan dan regangan yang dialami benda.

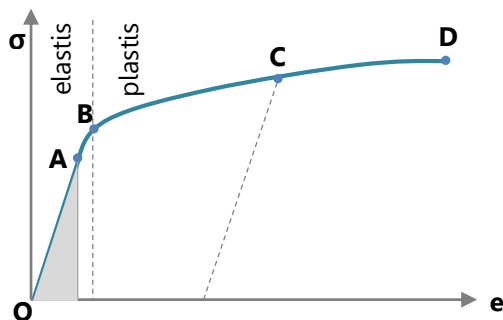
$$E = \frac{\sigma}{e}$$

E = modulus elastis (Pa)
 σ = tegangan (Pa)
 e = regangan

Hukum Hooke menjelaskan bahwa:

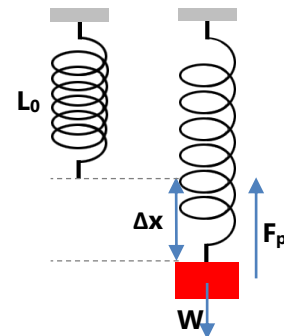
Elastisitas benda hanya berlaku sampai suatu batas yaitu **batas elastisitas**.

Grafik tegangan terhadap regangan untuk menjelaskan hukum Hooke:



- 1) **Masa deformasi elastis** adalah perubahan yang dapat kembali ke bentuk semula.
- 2) **Masa deformasi plastis** adalah perubahan yang tidak dapat berubah kembali ke bentuk semula.
- 3) **Grafik OA** menunjukkan **berlakunya hukum Hooke**, titik A adalah batas berlakunya hukum Hooke.
- 4) **Titik B** adalah **batas elastis** benda.
- 5) **Titik C** adalah **tegangan maksimum**, benda mengalami perubahan bentuk secara permanen.

6) **Titik D** adalah **titik patah**, benda akan patah/putus jika tegangan yang diberikan sampai ke titik tersebut.



Gaya elastisitas/pegas adalah gaya yang mengembalikan pegas agar kembali ke bentuk semula setelah meregang/menenakan.

Gaya pegas berlawanan arah dengan gaya berat dan pertambahan panjang, dapat dirumuskan:

$$F = k \cdot \Delta x$$

F = gaya elastisitas/pegas (N)
 k = tetapan pegas (N/m)
 Δx = pertambahan panjang (m)

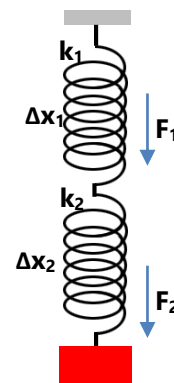
Tetapan pegas dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$k = \frac{A \cdot E}{L_0}$$

$k = \frac{F}{\Delta x}$ A = luas penampang (m^2)
 E = modulus elastis (Pa)
 L_0 = panjang mula-mula (m)

Menurut hukum Hooke, susunan seri dan paralel pegas dapat diganti dengan pegas pengganti.

Pada susunan seri pegas berlaku hal berikut:

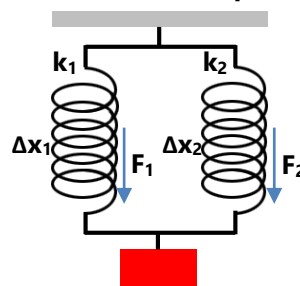


$$F_s = F_1 = F_2 = \dots$$

$$\Delta x_s = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots$$

Pada susunan paralel pegas berlaku hal berikut:



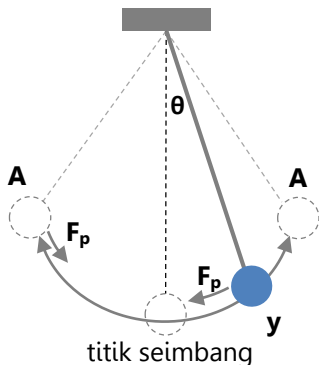
$$F_p = F_1 + F_2 + \dots$$

$$\Delta x_p = \Delta x_1 = \Delta x_2 = \dots$$

$$k_p = k_1 + k_2 + \dots + k_n$$

B. GERAK HARMONIK

Gerak harmonik adalah gerak bolak-balik benda yang terjadi di sekitar titik setimbang.



- 1) **Titik setimbang** adalah posisi awal benda dan benda dalam keadaan diam.
- 2) **Simpangan (y)** adalah posisi benda saat sedang melakukan gerak harmonik dengan **sudut fase (θ)** terhadap titik setimbang.
- 3) **Amplitudo (A)** adalah simpangan maksimum benda.
- 4) **Gaya pemulih (F_p)** adalah **gaya pegas**, yaitu gaya yang mengembalikan benda ke posisi semula (titik setimbang).

Persamaan simpangan gerakan harmonik sederhana merupakan fungsi terhadap waktu:

$$y = A \cdot \sin(\theta + \theta_0)$$

$$\theta = 2\pi ft = \frac{2\pi t}{T} = \omega \cdot t$$

ω = frekuensi sudut (rad/s)

f = frekuensi (Hz)

T = periode (s)

Simpangan maksimum benda atau amplitudo terjadi apabila nilai $\sin\theta = 1$.

Fase getaran (φ) adalah sudut fase yang ditempuh tiap satu putaran.

$$\phi = \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \quad \begin{array}{l} t = \text{waktu (s)} \\ T = \text{periode (s)} \end{array}$$

Sudut fase (θ) adalah sudut yang ditempuh benda saat bergetar dalam fungsi sinus.

$$\theta = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right)$$

Beda fase (Δφ) adalah selisih antara satu fase dengan fase lain.

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 \quad \Delta\phi = \frac{t_2 - t_1}{T}$$

Nilai beda fase berkisar antara nol sampai satu, dengan nilai bilangan bulat diabaikan.

Dua fase dikatakan sefase apabila beda fasenya nol, dan dikatakan berlawanan apabila beda fasenya setengah.

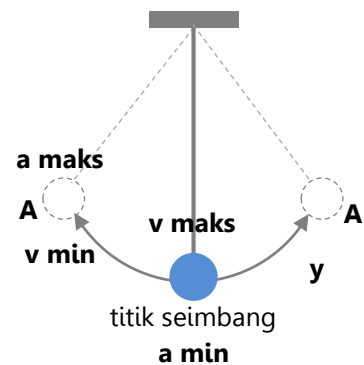
Kecepatan gerak harmonik merupakan turunan pertama persamaan simpangan, dapat dirumuskan:

$$y' = v \quad v = \omega \cdot A \cdot \cos\omega \cdot t \quad v = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$$

Percepatan gerak harmonik merupakan turunan pertama persamaan kecepatan dan turunan kedua persamaan simpangan, dapat dirumuskan:

$$y'' = v' = a \quad a = \omega \cdot A \cdot (-\sin\omega \cdot t)$$

Nilai kecepatan dan percepatan pada gerak harmonik:



- 1) **Kecepatan maksimum** benda terjadi pada saat $\cos\omega \cdot t = 1$, dapat dirumuskan:

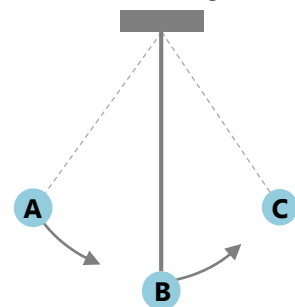
$$v_{\text{maks}} = \omega \cdot A$$

- 2) **Percepatan maksimum** benda terjadi pada saat $\sin\omega \cdot t = 1$, dapat dirumuskan:

$$a_{\text{maks}} = -\omega^2 \cdot A$$

C. PERIODE DAN FREKUENSI GERAK HARMONIK

Periode dan frekuensi gerak harmonik sederhana didefinisikan sebagai:



- 1) **Periode getaran** adalah waktu yang diperlukan benda untuk melakukan satu getaran.

Satu getaran didefinisikan sebagai gerak benda secara harmonik dari titik awal ke titik awal kembali melalui titik keseimbangan.

Contoh: Satu getaran adalah,

Dimulai dari A : A-B-C-B-A

Dimulai dari B : B-C-B-A-B atau B-A-B-C-B

Dimulai dari C : C-B-A-B-C

- 2) **Frekuensi getaran** adalah banyak getaran yang dapat dilakukan dalam waktu tertentu.
- 3) **Frekuensi sudut** adalah besar sudut yang terbentuk pada gerak dalam waktu tertentu.

Persamaan yang berlaku pada pegas:

$$F_p = -m \cdot \omega^2 \cdot y$$

$$k = m \cdot \omega^2$$

Periode, frekuensi dan frekuensi sudut pegas:

Periode

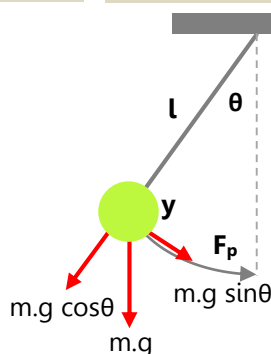
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Frekuensi

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Frekuensi sudut

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



Persamaan yang berlaku pada bandul:

$$F_p = m \cdot g \cdot \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{y}{l}$$

Periode, frekuensi dan frekuensi sudut bandul:

Periode

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

Frekuensi

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Frekuensi sudut

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

D. KEKEKALAN ENERGI MEKANIK PADA GERAK HARMONIK

Energi potensial adalah energi yang terdapat pada benda ketika berada di sekitar titik keseimbangan.

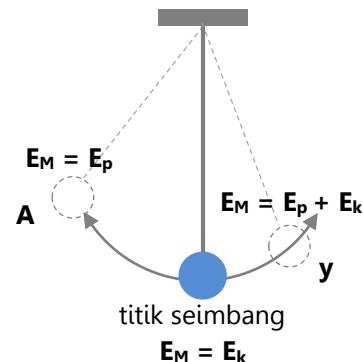
$$E_p = \frac{1}{2} F \cdot y$$

$$E_p = \frac{1}{2} k \cdot (A \cdot \sin \omega t)^2$$

Energi kinetik adalah energi yang terdapat pada benda karena adanya kecepatan atau pergerakan dan massa.

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

$$E_k = \frac{1}{2} k \cdot (A \cdot \cos \omega t)^2$$



Energi getaran/mekanik adalah penjumlahan dari energi potensial dan energi kinetik.

$$E_M = E_p + E_k$$

$$E_M = \frac{1}{2} k \cdot A^2$$

- 1) **Energi getaran** bernilai sama dengan **energi potensial** ketika berada pada simpangan terjauh (amplitudo).
- 2) **Energi getaran** bernilai sama dengan **energi kinetik** ketika berada pada titik keseimbangan, yaitu kecepatan maksimum.