

GETARAN DAN GELOMBANG



Getaran dapat diartikan sebagai gerak bolak balik sebuah benda terhadap titik kesetimbangan dalam selang waktu yang periodik. Dua besaran yang penting dalam getaran yaitu **periode getaran** (T) adalah selang waktu yang diperlukan sebuah benda untuk melakukan satu kali getaran, dan **frekuensi getaran** (f) adalah banyaknya getaran yang dilakukan sebuah benda dalam waktu satu sekon.

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{atau} \quad T = \frac{1}{f}$$

Pada dasarnya getaran dibedakan menjadi dua bagian yaitu getaran mekanis dan getaran non-mekanis.

gesekan yang menghambat gerak benda diabaikan. Getaran seperti ini disebut **gerak harmonik sederhana**

Gerak Harmonik Sederhana

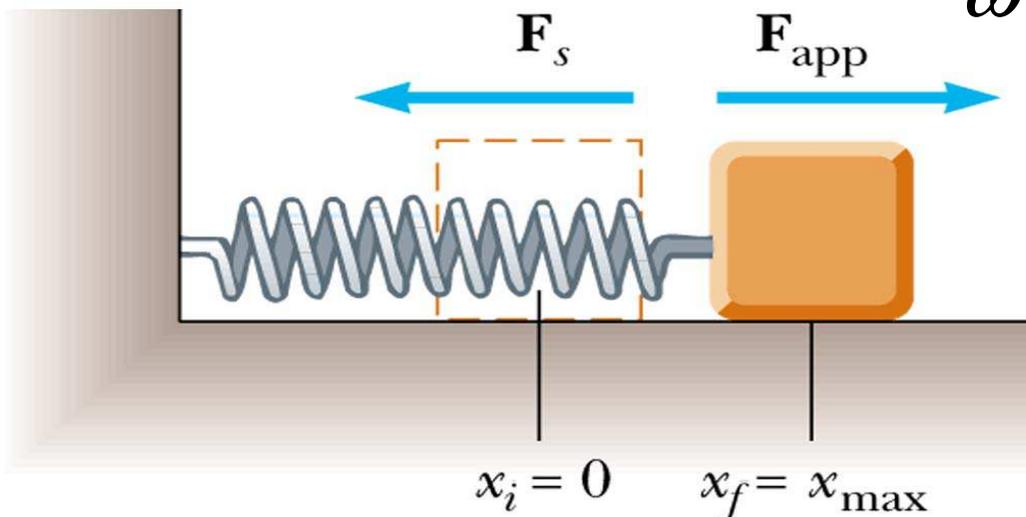


- Pegas, konstanta gaya k bergetar krn adanya beban m , diperoleh
- Pada GHS bekerja gaya pulih

$$F_x = -kx = ma = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

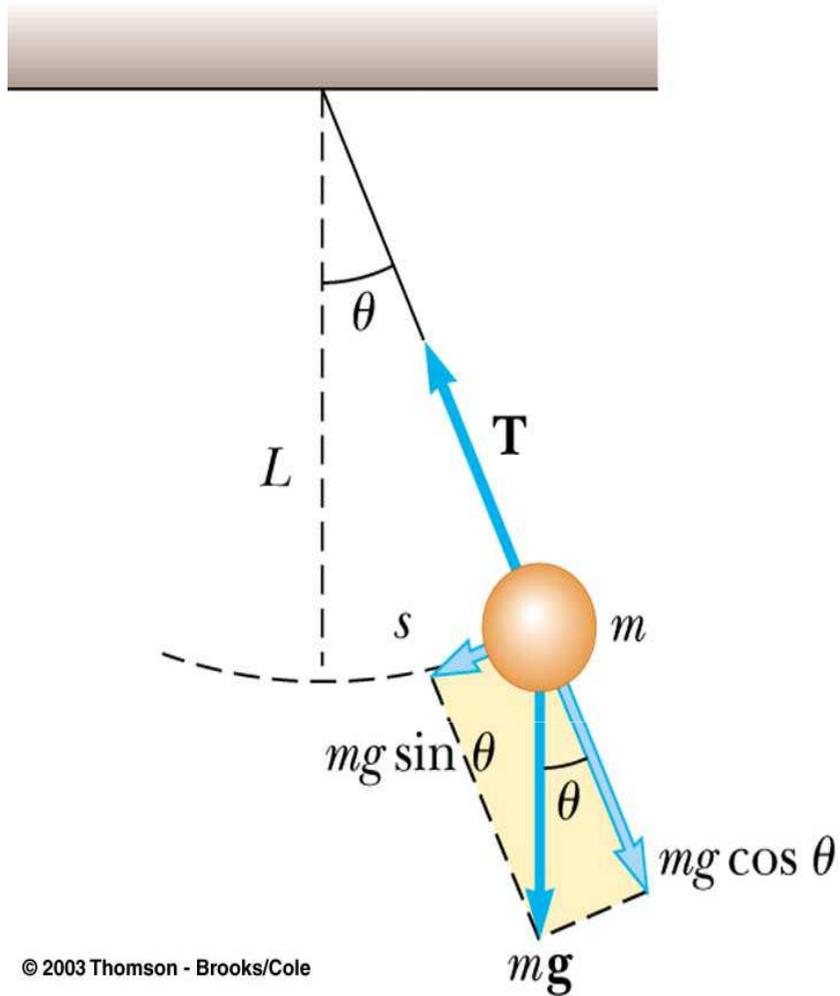
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0 \rightarrow \frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

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



(a)

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



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

GHS (lanjutan)

- Ayunan bandul sederhana, panjang tali adalah l , diperoleh

$$s = L\phi$$

$$F_t = -mg \sin \phi = ma = m \frac{d^2 s}{dt^2}$$

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + g \sin \phi = 0 \rightarrow \frac{d^2 s}{dt^2} + \frac{g}{L} s = 0$$

$$\left(\sin \phi \approx \frac{s}{L} \right)$$

$$\omega^2 = \frac{g}{L}$$



GHS (lanjutan)



- Simpangan gerak harmonik sederhana dapat diperoleh dari proyeksi gerak melingkar beraturan terhadap sumbu y

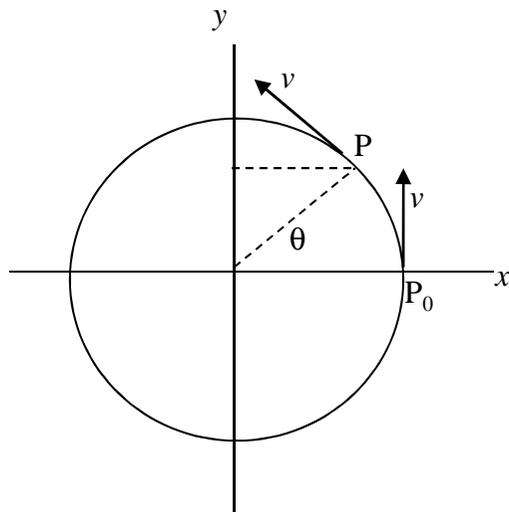
$$y = A \sin \omega t = A \sin 2\pi f t$$

Jika waktu yang diperlukan untuk berpindah dari P_0 ke P adalah t, sudut yang ditempuh adalah :

$$\theta = \omega t = 2\pi f t$$

Dengan demikian, simpangan atau proyeksi gerak melingkar terhadap sumbu y sesuai dengan hubungan:

$$y = A \sin \omega t = A \sin 2\pi f t$$



y = simpangan (m)
A = amplitudo (m)
 ω = kecepatan sudut (rad/s)
f = frekuensi (Hz)
t = waktu tempuh (s)

Gelombang dan propertinya



Jika pada saat awal benda pada posisi θ_0 , persamaan menjadi:

$$y = A \sin (\omega t + \theta_0) = A \sin (2\pi f t + \theta_0)$$

Besar sudut dalam fungsi sinus, yaitu $(\omega t + \theta_0)$ disebut sudut fase (θ), sehingga

$$\theta = \omega t + \theta_0 = 2\pi \frac{t}{T} + \theta_0$$

dengan θ dalam radian.
 φ disebut fase getaran dan
 $\Delta\varphi$ disebut beda fase.

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

$$\varphi = \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi}$$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{t_2 - t_1}{T}$$

Kecepatan Gerak Harmonik Sederhana



Kecepatan adalah turunan pertama terhadap waktu dari posisi. Untuk benda yang pada saat awal $\theta_0 = 0$, maka kecepatannya adalah

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(A \sin \omega t) = \omega A \cos \omega t$$

Nilai kecepatan v_y akan maksimum pada saat $\cos \omega t = 1$ atau $\omega t = 0$, sehingga kecepatan maksimum getaran harmonic sederhana adalah

$$v_m = \omega A$$

Kecepatan benda di sembarang posisi y adalah

$$v_y = \omega \sqrt{A^2 - y^2}$$

Percepatan Gerak Harmonik Sederhana



Percepatan adalah turunan pertama terhadap waktu dari kecepatan. Untuk benda yang pada saat awalnya $\theta_0 = 0$, maka percepatannya adalah

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(A \cos \omega t) = -\omega^2 A \sin \omega t = -\omega^2 y$$

Nilai percepatan a_y akan maksimum pada saat $\sin \omega t = 1$, sehingga percepatan maksimum getaran harmonis sederhana adalah

$$a_m = \omega^2 A$$

Ciri khas lain dari gerak harmonik sederhana adalah percepatan sebuah benda sebanding dan berlawanan arah dengan simpangan.

Energi pada Gerak Harmonik Sederhana



Untuk pegas dan bandul, kita dapat menurunkan solusi gerak harmonik sederhana dengan menggunakan konservasi energi.

Energi kinetik benda yg melakukan gerak harmonik sederhana, misalnya pegas, adalah

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2 \omega t$$

Karena $k = m\omega^2$, diperoleh

$$E_k = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2 \omega t$$

Energi potensial elastis yg tersimpan di dalam pegas untuk setiap perpanjangan y adalah

$$E_p = \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2 \omega t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2 \omega t$$

Jika gesekan diabaikan, energi total atau energi mekanik pada getaran pegas adalah

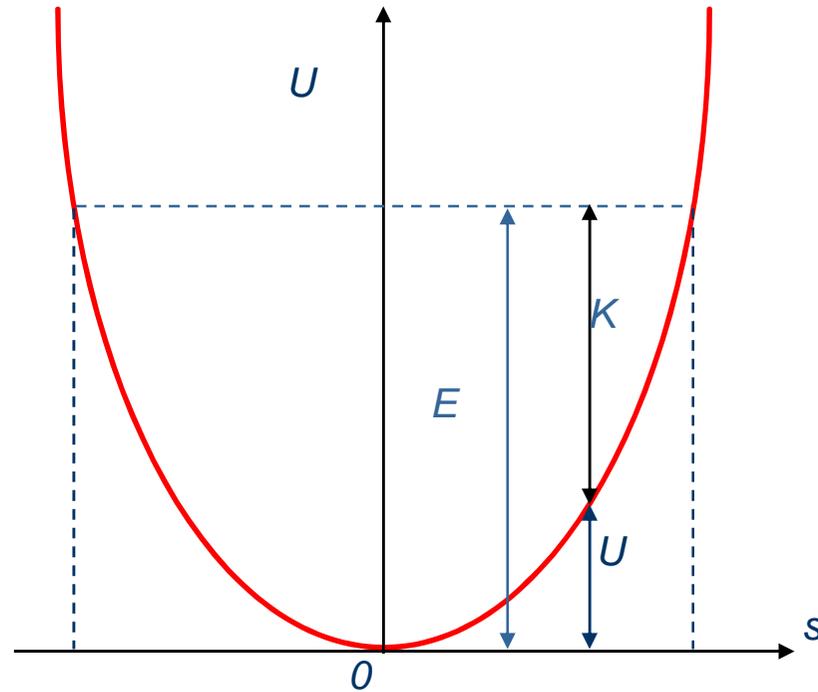
$$E_M = E_p + E_k = \frac{1}{2}kA^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t)$$

$$E_M = E_p + E_k = \frac{1}{2}ky^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

Persamaan tersebut adalah hukum kekekalan energi mekanik.

Energi total pada gerak harmonik sederhana akan selalu konstan dan sebanding dengan kuadrat amplitudo

Energi pada Gerak Harmonik Sederhana



Grafik energi total ($K + U$) dari suatu sistem yang melakukan SHM akan selalu konstan

Tipe-tipe Getaran



-Gerak harmonik sederhana (GHS)

Gaya yang bekerja pada sistem hanya ada gaya balik. Sebuah benda yang bergerak harmonik sederhana akan berosilasi antara $\pm A$ dari posisi kesetimbangan dengan frekuensi alamiah ω

-Gerak harmonik teredam (GHT)

Gaya yang bekerja pada sistem adalah gaya balik dan gaya gesek fluida. Jenis gerak ini tidak harus bergerak bolak balik bergantung pada kekuatan gaya balik dan jenis fluida

- ***GHT under damped***

Jika sistem berada dalam fluida yang viskositasnya rendah (encer), gerak osilasi tetap terjaga, tetapi amplitudonya menurun seiring dengan waktu dan gerak akhirnya berhenti dengan frekuensi $\omega_{teredam} < \omega_{alamiah}$

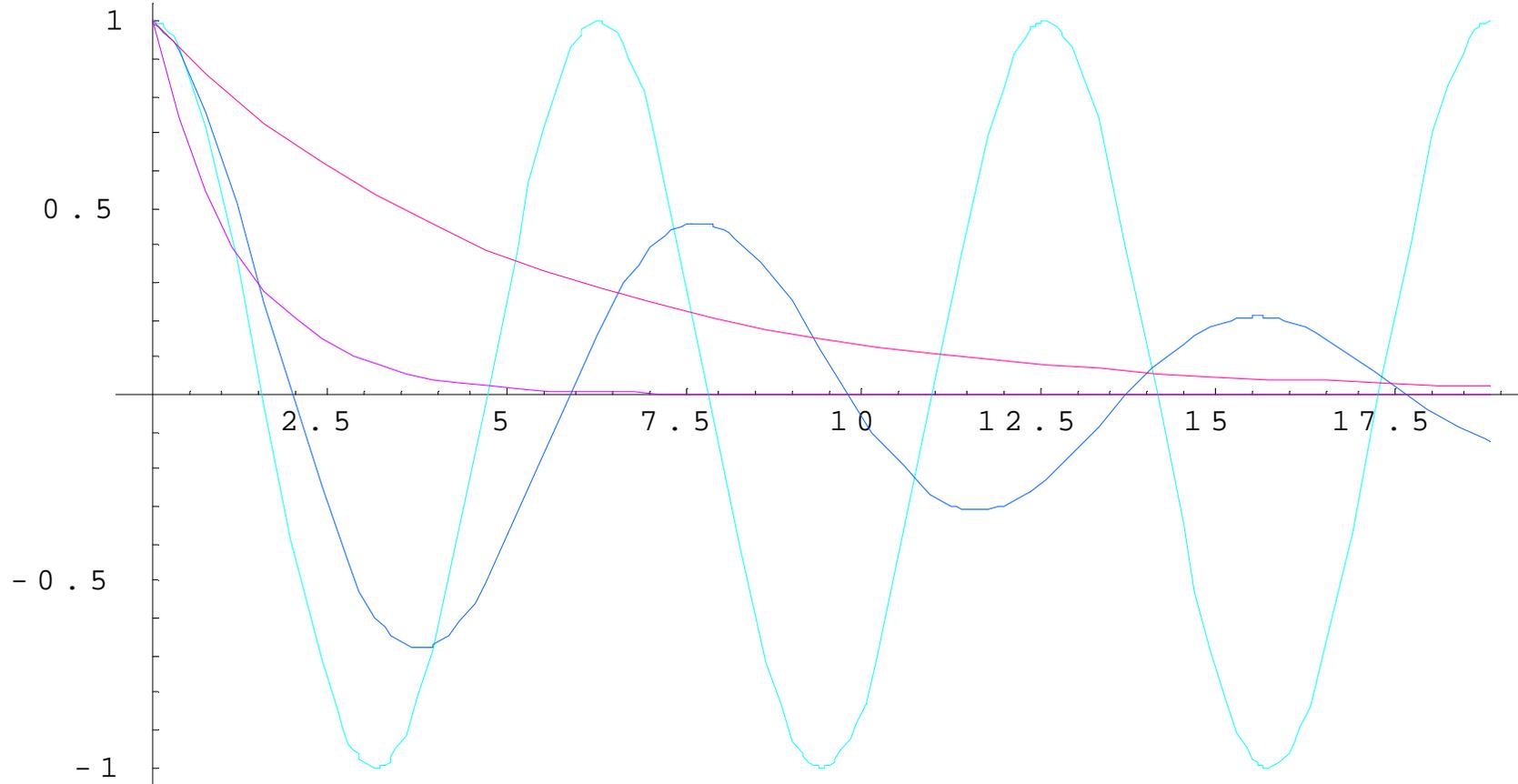
- ***GHT critically damped***

Jika sistem berada dalam fluida yang viskositas tinggi, benda kembali ke titik kesetimbangan setelah dilepaskan dan tidak berosilasi

- ***GHT over damped***

Jika sistem berada dalam fluida yang viskositas yang lebih besar lagi, setelah dilepaskan benda tidak mencapai titik kesetimbangan dan waktunya lebih lama

Grafik simpangan terhadap waktu



GELOMBANG



Gelombang merupakan gangguan yang merambat dengan sumber osilasi berupa getaran. Gerak gelombang dapat dipandang sebagai perpindahan energi dan momentum dari satu titik di dalam ruang ke titik lain tanpa perpindahan materi.

Fenomena gelombang dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti gelombang laut, bunyi, gempa, cahaya, gelombang radio, gelombang mikro, dan sebagainya.

Deskripsi gelombang menyatakan posisi (y) **setiap** titik medium (x) setiap saat (t)

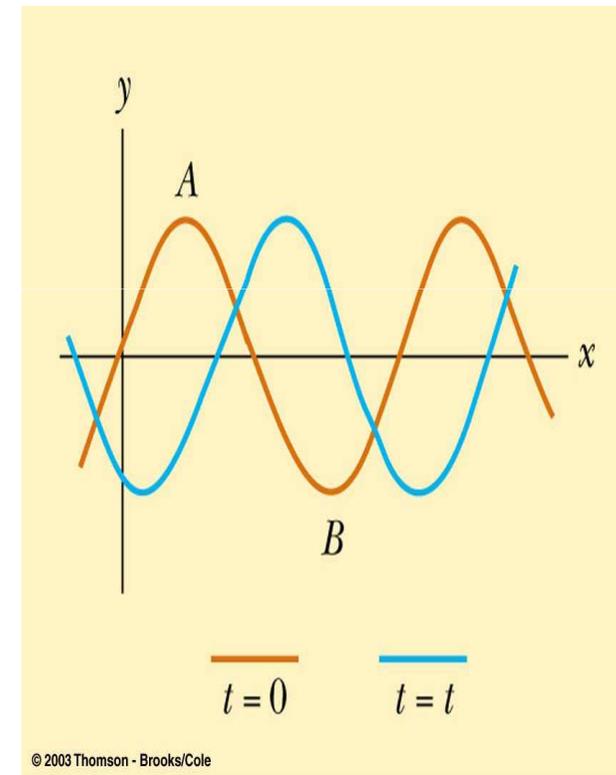
dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$Y = A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right)$$

dengan A , T , dan λ adalah amplitudo, perioda, dan panjang gelombang.

Amplitudo merupakan simpangan terbesar yang dapat dicapai partikel, sedangkan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak berurutan atau jarak antara dua lembah berurutan. Kurva merah adalah bentuk gelombang pada saat tertentu, biru adalah bentuk gelombang berikutnya. A adalah puncak gelombang

B adalah lembah gelombang



GELOMBANG BERJALAN



Suatu fungsi matematik yang menggambarkan gelombang disebut *fungsi gelombang*. Salah satu bentuk fungsi gelombang yaitu:

$$y = y(x, t) = f(x - vt)$$

Gelombang yang merambat ke kanan dengan laju v dapat dinyatakan dengan fungsi gelombang berikut:

Gelombang yang merambat ke kiri dengan laju v dapat dinyatakan dengan fungsi gelombang berikut:

Persamaan Umum Gelombang Berjalan $y = y(x, t) = f(x + vt)$

Secara umum, persamaan simpangan getaran di suatu titik sembarang pada tali yang berjarak x dari titik asal getaran dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$y = A \sin \left(2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) \right)$$

$$y = A \sin \left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right)$$



dengan

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

disebut frekuensi sudut dan

$$\frac{2\pi}{\lambda} = k$$

disebut bilangan gelombang, maka persamaan gelombang dapat dinyatakan sebagai:

$$y = A \sin(\omega t - kx)$$

dengan sudut fase:

$$\theta = \omega t - kx = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

, dan fase gelombang:

$$\varphi = \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} = \frac{\theta}{2\pi}$$

Salah satu cara untuk menghasilkan gelombang berjalan sinus pada seutas kawat panjang yaitu dengan dengan mengikat salah satu ujung kawat dengan tangkai. Ketika tangkai digetarkan harmonik naik turun, getaran tersebut merambat sepanjang kawat, menghasilkan gelombang berjalan sinus. Karena partikel sepanjang kawat bergetar harmonik, maka kecepatan dan percepatan partikel tersebut di titik tertentu dapat ditentukan



Kecepatan partikel pada titik tertentu adalah turunan pertama simpangan dititik tersebut terhadap waktu:

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} [A \sin (\omega t - kx)]$$

$$v = \omega A \cos (\omega t - kx)$$

Percepatan partikel dapat diperoleh melalui turunan pertama kecepatan di titik tersebut terhadap waktu.

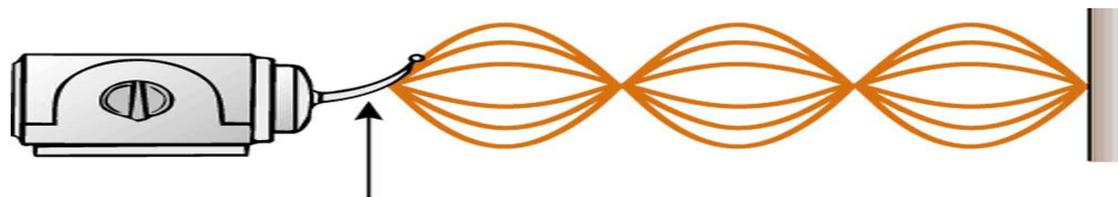
$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} [\omega A \cos (\omega t - kx)]$$

$$a = -\omega^2 A \sin (\omega t - kx) = -\omega^2 y$$

Gelombang Stasioner



Gelombang stasioner terbentuk dari hasil interferensi atau perpaduan dua buah gelombang yang memiliki amplitudo dan frekuensi yang sama, tetapi arah rambatnya berlawanan. Pada gelombang ini tidak semua titik yang dilalui oleh gelombang mempunyai amplitudo yang sama. Ada titik-titik yang bergetar dengan amplitudo maksimum, disebut **perut** dan ada titik-titik yang bergetar dengan amplitudo nol, disebut **simpul**. Dengan perkataan lain, amplitudo gelombang tidak konstan. Gelombang stasioner disebut juga sebagai gelombang diam, gelombang berdiri, atau gelombang tegak





- Dua gelombang yg sama, menjalar dalam arah berlawanan memiliki persamaan berikut:
- Persamaan untuk pantulan ujung tetap adalah
- $$y = 2A \sin kx \cos t$$
-
- **Letak Simpul:** “Letak simpul dari ujung tetap merupakan kelipatan genap dari seperempat panjang gelombang”.
- **Letak Perut:** “Letak perut ujung tetap merupakan kelipatan ganjil dari seperempat panjang gelombang”.
- Persamaan untuk pantulan ujung bebas adalah
- $$y = 2A \cos kx \sin t$$
- dengan $2A \sin kx$ dan $2A \cos kx$ adalah amplitude
- **Letak Simpul:** “Letak simpul dari ujung bebas merupakan kelipatan ganjil dari seperempat panjang gelombang”.
- **Letak Perut:** “Letak perut ujung bebas merupakan kelipatan genap dari seperempat panjang gelombang”.