

Fisika Dasar I (FI-321)

Topik hari ini

Getaran dan Gelombang



Getaran

1. Getaran dan Besaran-besarannya
2. Gerak harmonik sederhana
3. Tipe-tipe getaran

(1) Getaran dan besaran-besarannya

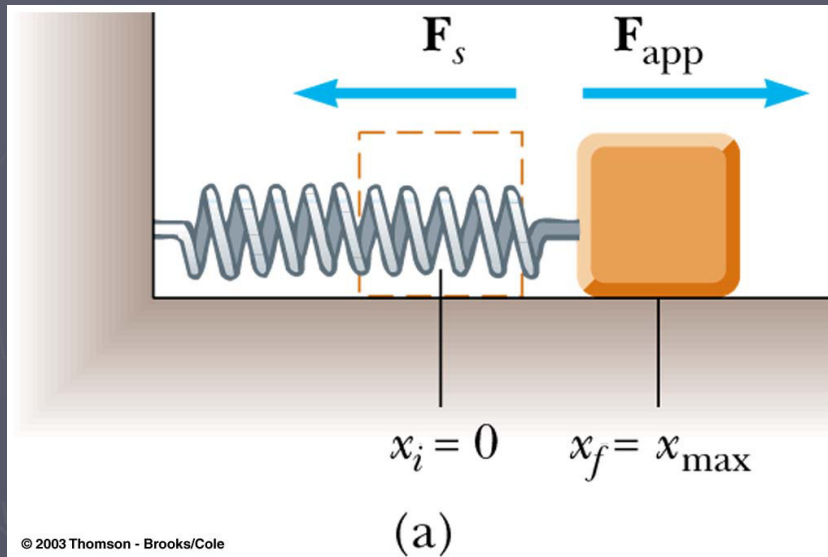
- ▶ Getaran = Gerak bolak balik di sekitar **titik kesetimbangan**
- ▶ Getaran terjadi bila sebuah sistem diganggu dari posisi kesetimbangan stabilnya
- ▶ Karakteristik getaran adalah gerak bersifat **periodik**
- ▶ Besaran-besaran getaran
 - Amplitudo (A) = Simpangan maksimum dari kesetimbangan (SI m)
 - Periode (T) = Waktu bagi benda untuk melakukan satu getaran penuh (SI s)
 - Frekuensi (f) = banyaknya getaran tiap detik (SI Hz)
 - Frekuensi sudut (ω) = $2\pi f = 2\pi/T$ (SI rad/s)

(2) Gerak harmonik sederhana

- ▶ Gerak yang terjadi ketika gaya neto sepanjang arah gerak adalah **tipe gaya hukum Hooke**
 - Gayanya berbanding lurus dengan perpindahan dan berlawanan arah

$$F = -k\psi, \quad m \frac{d^2\psi}{dt^2} = -k\psi, \quad \frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{k}{m}\psi = 0, \quad \frac{d^2\psi}{dt^2} + \omega^2\psi = 0,$$

Sistem Pegas Massa



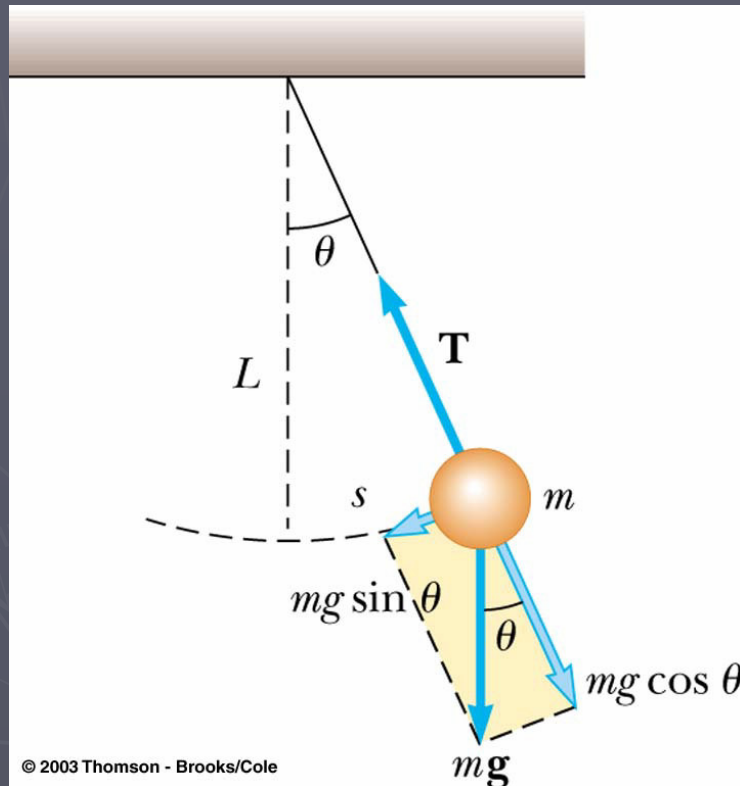
$$F_x = -kx = ma = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0 \rightarrow \frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$
$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

Solusi:

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

Animasi 11.1

Bandul sederhana



$$s = L\phi$$

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

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + g \sin \phi = 0 \rightarrow \frac{d^2 s}{dt^2} + \frac{g}{L} s = 0 \quad \left(\sin \phi \approx \frac{s}{L} \right)$$

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

Solusi:

$$s = A \cos(\omega t + \phi)$$

Animasi 11.4

Animasi 11.5

- ▶ Solusi umum gerak harmonik sederhana:

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

dengan ψ adalah simpangan,
 $(\omega t + \varphi)$ adalah fase gerak,
 φ adalah konstanta fase dan

- ▶ **Kecepatan** benda dituliskan

$$v = \frac{d\psi(t)}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi)$$

- ▶ Sedangkan **percepatan**

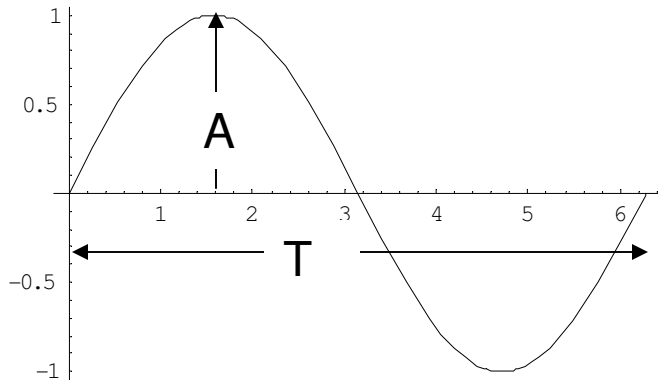
$$a = \frac{dv(t)}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi) = -\omega^2 \psi$$

- ▶ Dalam gerak harmonik sederhana, simpangan, kecepatan dan percepatan tidak tetap tapi **berubah terhadap waktu**.
- ▶ Ciri khas lain dari gerak harmonik sederhana adalah **percepatan sebuah benda sebanding dan berlawanan arah dengan simpangan**.

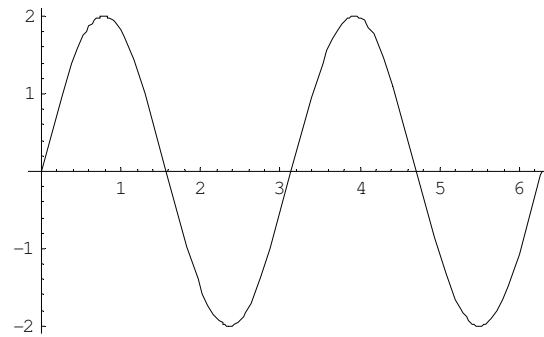
$$\psi(t) = A \text{Sin}(\omega t + \varphi)$$

$\omega t + \varphi =$ fase gerak

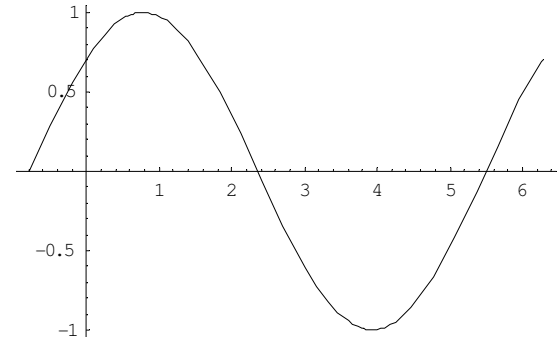
$\varphi =$ sudut fase



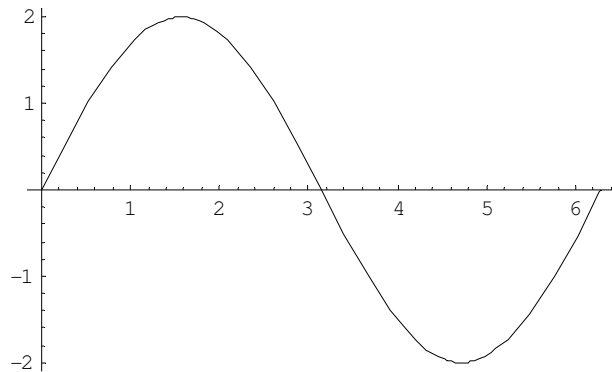
$$\psi(t) = \text{Sin}(t)$$



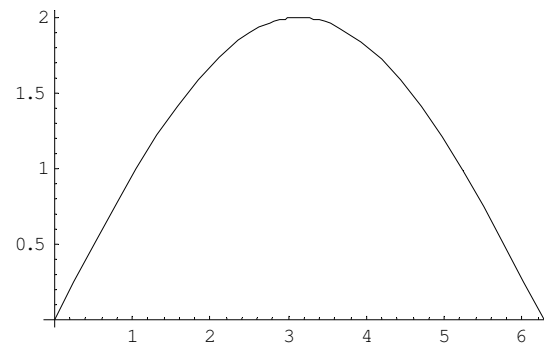
$$\psi(t) = \text{Sin}(2t)$$



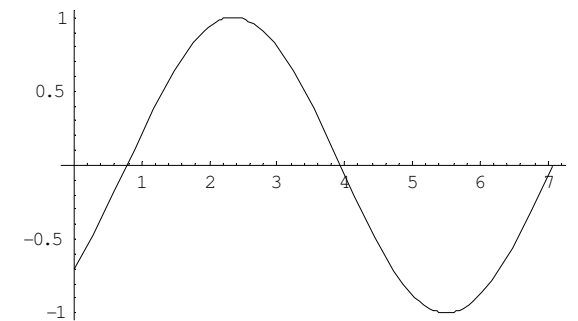
$$\psi(t) = \text{Sin}(2t + \pi/4)$$



$$\psi(t) = 2\text{Sin}(t)$$



$$\psi(t) = \text{Sin}(t/2)$$



$$\psi(t) = \text{Sin}(2t - \pi/4)$$

Energi Gerak Harmonik Sederhana

- ▶ Karena gerak harmonik sederhana tipe gayanya hukum Hooke atau gaya pegas maka gerak harmonik sederhana dapat digambarkan dari sistem benda-pegas
- ▶ Bila sebuah benda berosilasi pada sebuah pegas, energi kinetik benda dan energi potensial sistem benda-pegas berubah terhadap waktu. Sementara jumlah kedua energi adalah tetap (dengan menganggap tidak ada gesekan). Energi potensial pegas dituliskan:

$$U = \frac{1}{2}k\psi^2$$

dengan ψ adalah simpangan diukur dari posisi setimbangnya.

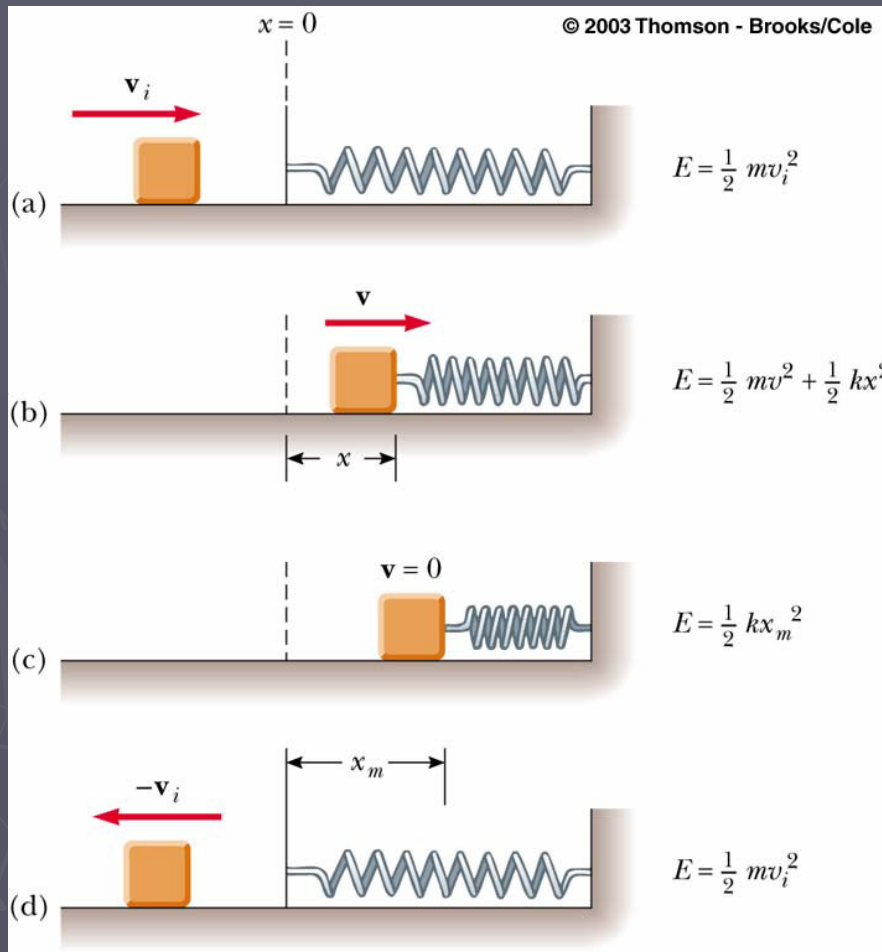
- ▶ Energi kinetik benda bergerak adalah

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

- ▶ Energi total adalah jumlah energi potensial dan energi kinetik

Energi Total E

$$E = \frac{1}{2}k\psi^2 + \frac{1}{2}mv^2$$



Benda meluncur tanpa gesekan dan menumbuk pegas

Benda menekan pegas

Benda didorong kembali oleh pegas

Saat simpangannya maksimum $\psi=A$, kecepatannya nol maka energi total/energi pada gerak harmonik sederhana

$$E = \frac{1}{2}kA^2$$

Energi total pada gerak harmonik sederhana sebanding dengan kuadrat amplitudo

Animasi 11.2

(3) 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 $\omega_{\text{teredam}} < \omega_{\text{alamiah}}$

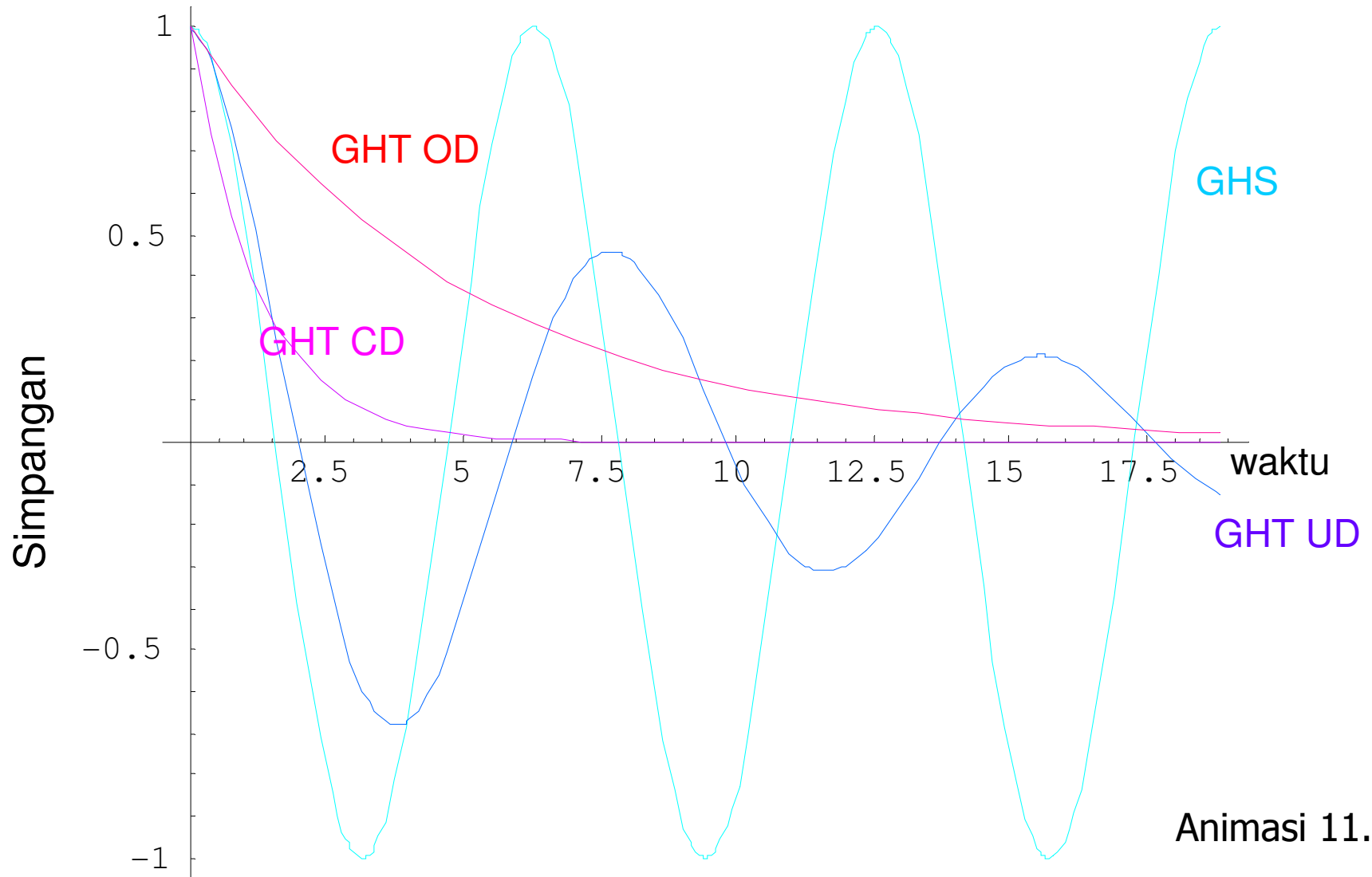
- *GHT critically damped*

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

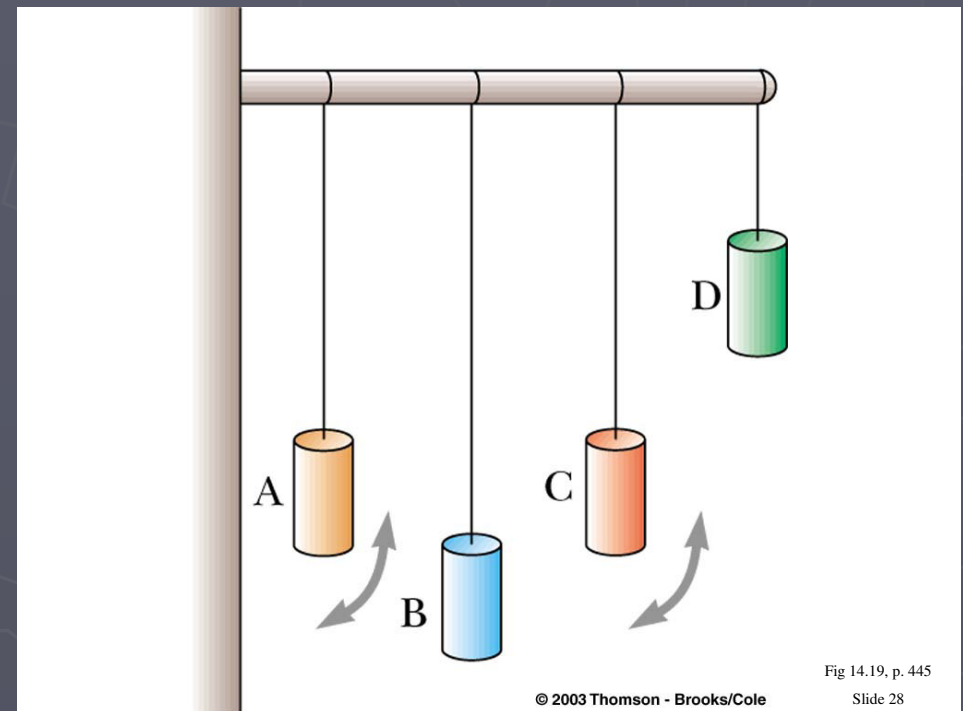


Gerak harmonik teredam terpaksa (resonansi)

- ▶ $F =$ gaya balik + gaya gesek + gaya luar
- ▶ Gaya luar biasanya periodik $\rightarrow \omega_{\text{luar}}$
- ▶ Jika $\omega_{\text{luar}} \sim \omega_{\text{alamiah}}$ akan terjadi resonansi
- ▶ Pada saat resonansi, sistem akan bergetar dengan suatu amplitudo yang jauh lebih besar daripada amplitudo gaya luar.

Contoh dari Resonansi

- ▶ Bandul A digetarkan
- ▶ Bandul yang lain mulai bergetar karena getaran pada tiang yang lentur
- ▶ Bandul C beresonansi pada amplitudo yang besar karena frekuensinya sama dengan bandul A



PR Getaran

Buku Tipler Jilid I

Hal 468-469 no. 61, 65, 67, 69 & 72



Gelombang

- (1) Gelombang dan Besaran-besarannya
- (2) Gelombang Tali
- (3) Gelombang Bunyi

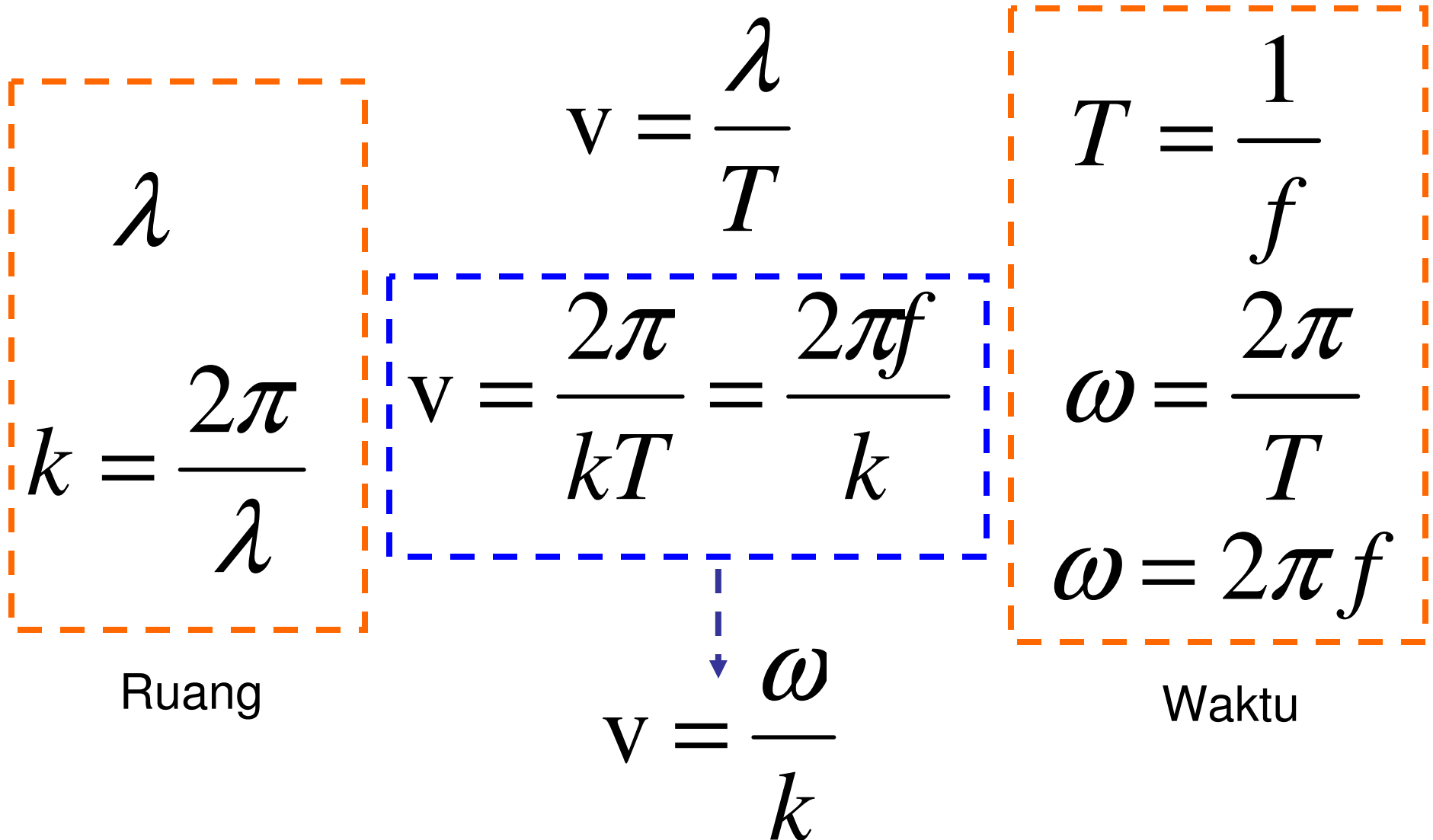
(1) Gelombang dan besaran-besarannya

- ▶ Gelombang : Gangguan yang merambat
- ▶ Jika seutas tali (atau pegas) yang diregangkan diberi suatu sentakan, lengkungan/sentakan yang dihasilkan menjalar menyusuri tali → pulsa gelombang
Efek dispersi → pulsa yang tersebar atau terurai
- ▶ Jika sumber gelombang adalah gerak harmonik/osilator sederhana (getaran harmonik) maka deretan gelombang sinusoidal akan menjalar sepanjang tali → Gelombang harmonik
- ▶ Gerak gelombang dapat dipandang sebagai **perpindahan energi** dan **momentum** dari satu titik di dalam ruang ke titik lain tanpa **perpindahan materi**

Besaran-besaran gelombang

- ▶ **Amplitudo (A)** → perpindahan maksimum dari tali disekitar titik kesetimbangan
- ▶ **Perioda (T), frekuensi (f), frekuensi sudut (ω)** → domain waktu
- ▶ **Panjang gelombang (λ), bilangan gelombang (k)** → domain ruang
- ▶ **Laju gelombang (v)** → laju perambatan gelombang yang bergantung pada sifat medium (khusus untuk gelombang mekanis)
- ▶ **Energi (E)** → biasanya dalam bentuk rapat energi, besarnya sebanding dengan kuadrat amplitudo dan frekuensi
- ▶ **Momentum (p)** → biasanya dalam bentuk rapat momentum
- ▶ **Daya (P)** → energi per satuan waktu
- ▶ **Intensitas (I)** → daya rata-rata per satuan luas yang datang tegak lurus terhadap arah penjalaran atau (rapat energi rata-rata) \times (laju gelombang).
Besarnya sebanding dengan kuadrat amplitudo dan frekuensi

Hubungan antara besaran-besaran gelombang



Persamaan Gelombang dan solusinya

Persamaan
diferensial
gelombang

$$\nabla^2 \Psi = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}$$

$\psi =$ Simpangan

Solusi

$$\psi(x, t) = A \cos(kx \pm \omega t)$$

Jika Sumber
gelombang adalah
osilator yang
bergetar secara
periodik

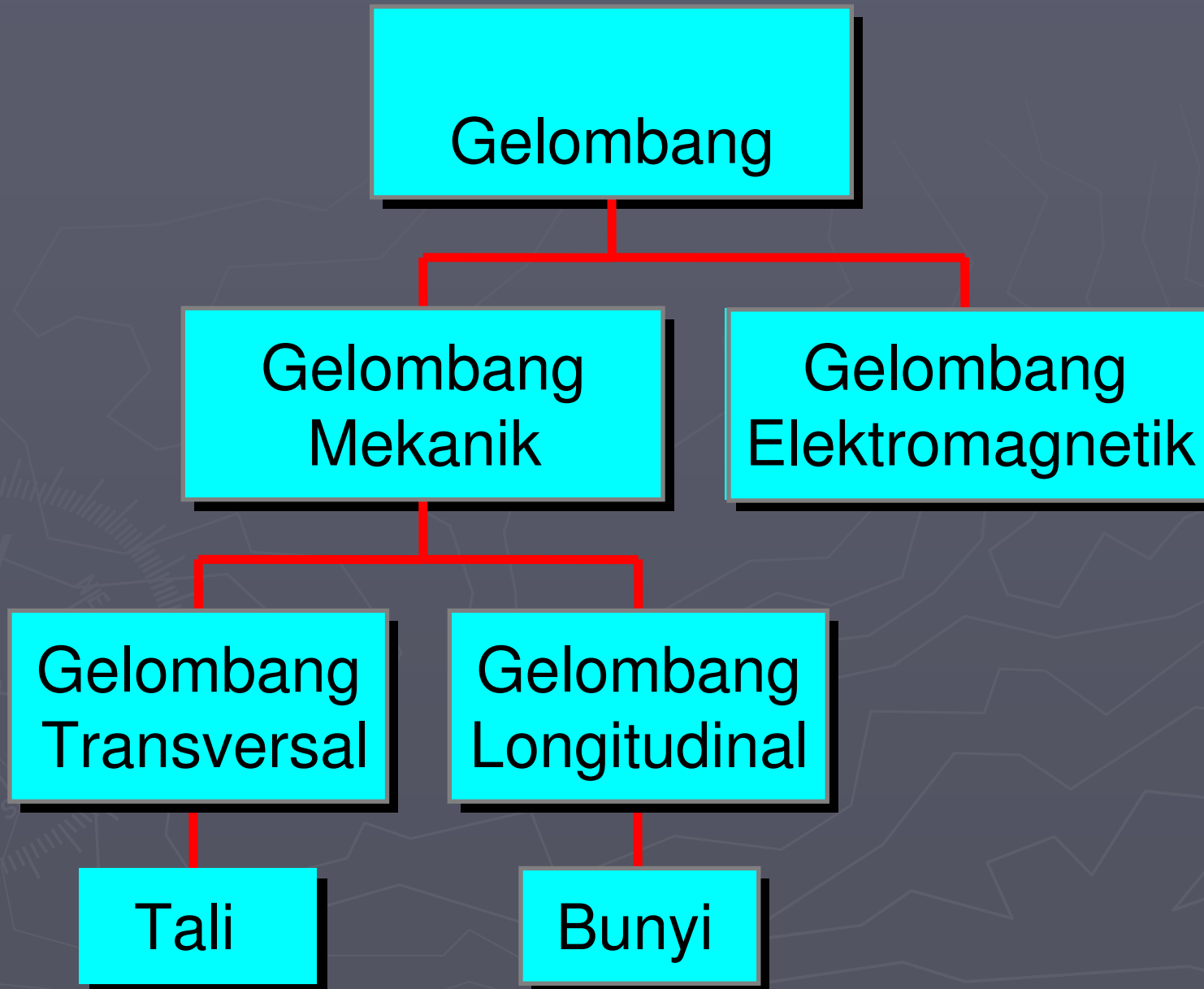
$$\psi(x, t) = A \cos \left\{ \frac{2\pi}{\lambda} (x \pm vt) \right\}$$

(+) Gelombang
menjalar ke kiri

$$\psi(x, t) = A \cos \left\{ \frac{2\pi}{T} \left(\frac{x}{v} \pm t \right) \right\}$$

(-) Gelombang
menjalar ke
kanan

Klasifikasi Gelombang



GELOMBANG



**GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK**

GELOMBANG MEKANIK

GELOMBANG MEKANIK

Menjalar memerlukan medium

Contoh:

Suara/bunyi

Gelombang pada tali

Gelombang pada permukaan air

GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Menjalar tidak memerlukan medium

Contoh:

Gelombang radio

Gelombang TV

Cahaya

Animasi 11.11

GELOMBANG



GELOMBANG
TRANSVERSAL

GELOMBANG
LONGITUDINAL

GELOMBANG TRANSVERSAL

*Arah gerak partikel-partikel medium
tegak lurus pada arah jalar
gelombang*

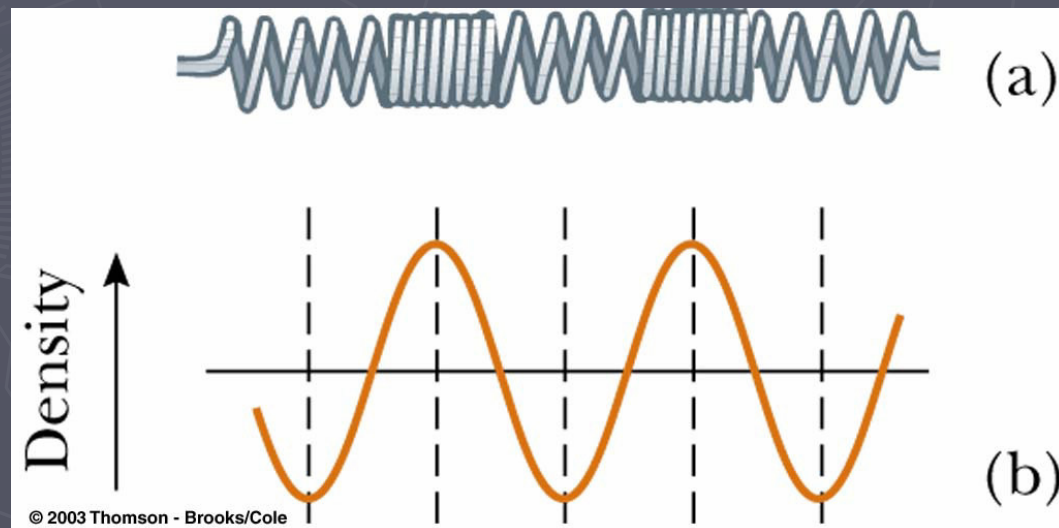
Contoh: Gelombang pada tali

Animasi 11.7

GELOMBANG LONGITUDINAL

Arah gerak partikel-partikel medium sejajar dengan arah jalar gelombang

Contoh: Gelombang bunyi



Animasi 11.8

Gelombang permukaan air?

- ▶ Merupakan kombinasi gelombang transversal dan gelombang longitudinal

Contoh: Bentuk gelombang dan lintasan partikel air

Animasi 11.9

Animasi 11.10

Gelombang dengan sumber gelombang berupa titik yang bergerak harmonik sederhana

- ▶ Gelombang 1D
 - Gelombang yang menjalar dalam garis lurus. Contoh: **Gelombang tali**
 - Panjang gelombang adalah jarak antar puncak-puncak berurutan
- ▶ Gelombang 2D
 - Contoh: **Gelombang lingkaran** pada permukaan air dalam tangki riak, **gelombang garis**
 - Panjang gelombang adalah jarak antar puncak-puncak berurutan yang merupakan lingkaran-lingkaran konsentrik. Lingkaran-lingkaran ini biasanya digambarkan sebagai **muka gelombang**
- ▶ Gelombang 3D
 - Biasanya gelombang yang menjalar ke semua arah (gelombang bola)
Contoh gelombang bunyi menjalar di udara dan cahaya
 - Panjang gelombang adalah jarak antar puncak-puncak berurutan yang merupakan permukaan-permukaan bola yang konsentrik. Permukaan-permukaan bola ini adalah **muka gelombang**

Representasi dari Gelombang

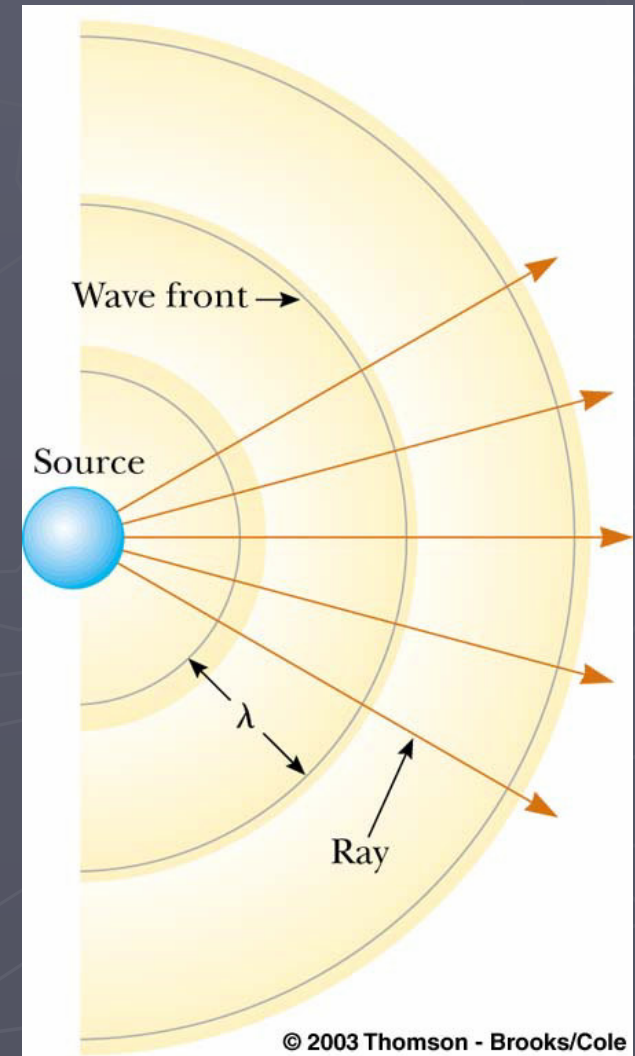
► *Muka gelombang*

tempat kedudukan titik-titik dengan fasa sama

- Jarak antara muka gelombang berturutan adalah panjang gelombang

► *Berkas (Rays)*

- Gerak kumpulan muka gelombang
- garis radial yang keluar dari sumber dan tegak lurus dengan muka gelombang



Gelombang Datar

- ▶ Gelombang yang cukup jauh dari sumber gelombang titik yang menjalar sebagai gelombang sferis, muka gelombangnya mendekati bidang datar
- ▶ Berkas gelombang mendekati garis-garis sejajar → berkas sinar sejajar
- ▶ Bagian kecil dari muka gelombang adalah gelombang bidang

