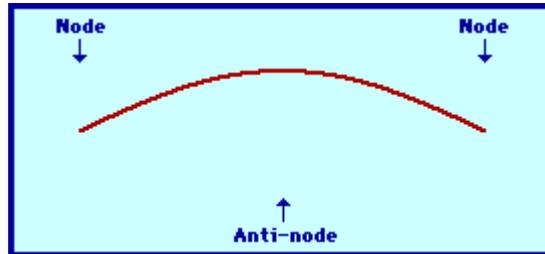


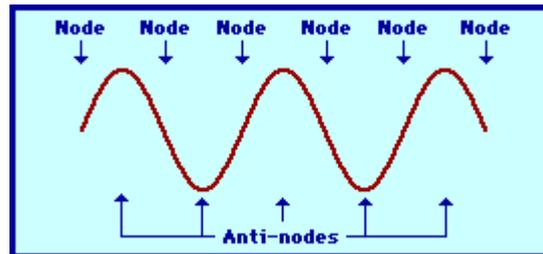
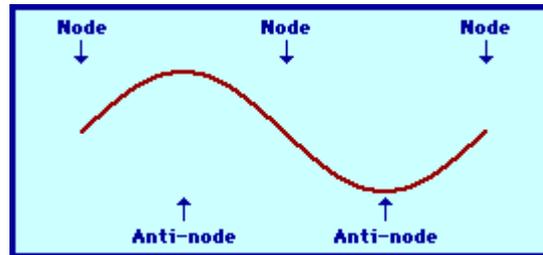
# GETARAN & GELOMBANG



# Getaran

- Gerak bolak balik di sekitar titik setimbang yang periodik disebabkan adanya gaya pemulih

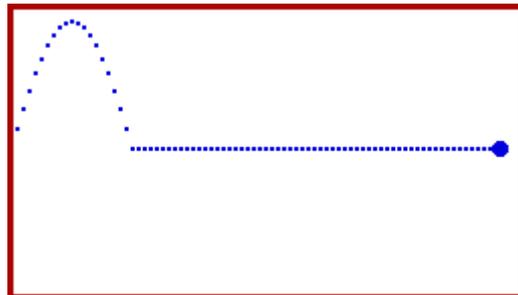
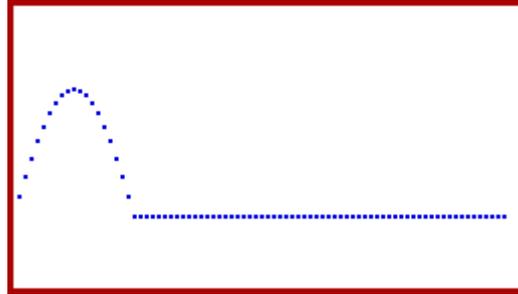
# Contoh lain



# Gelombang: Getaran yang merambat



# Contoh



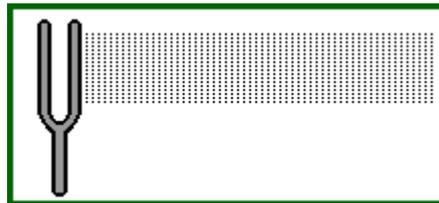
# Gelombang

## Mekanik

- **Gelombang Suara**
- **Gempa Bumi**
- **Gelombang pada dawai**
- **dl.**

## Elektromagnetik

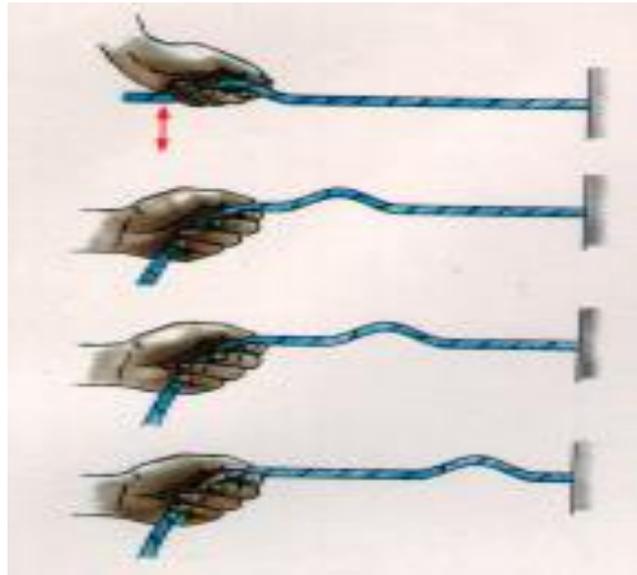
- **Cahaya**
- **Sinar X**
- **Gelombang Radio**
- **dll.**



# Gelombang Mekanik

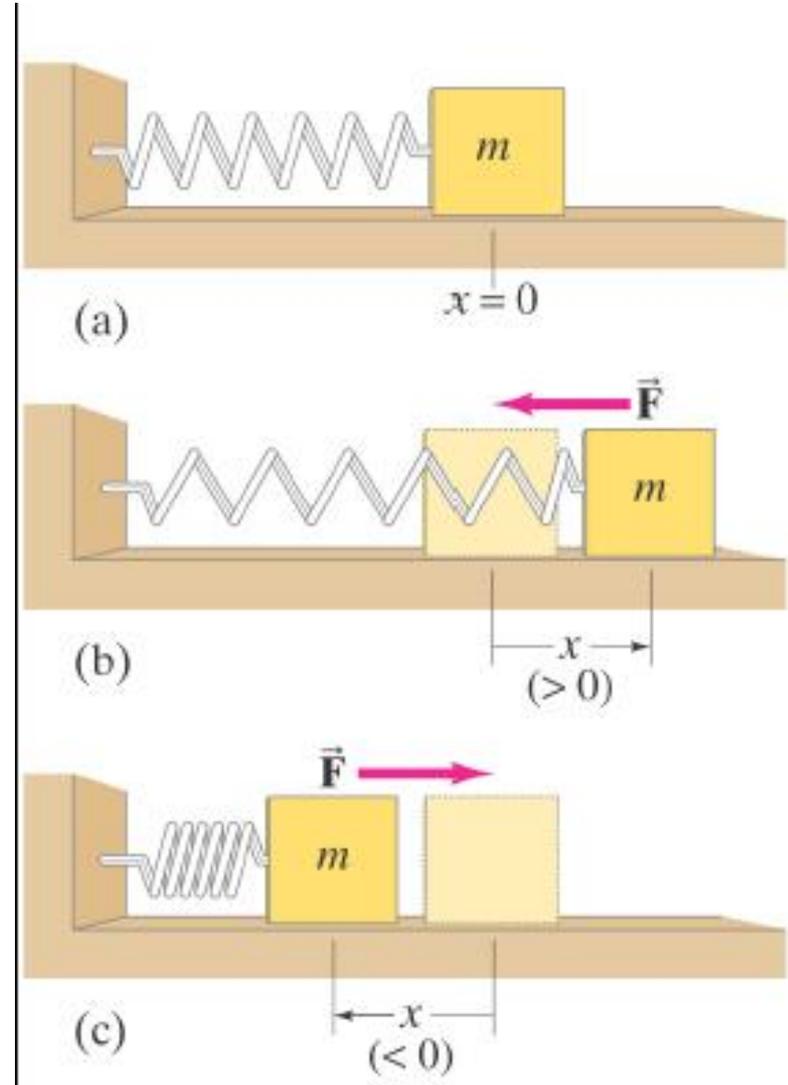
## ⌘ Gelombang Mekanik Timbul :

- ☞ Perlu usikan sebagai sumber
- ☞ Perlu medium yang dapat diusik
- ☞ Perlu adanya mekanisme penjalaran usikan



# Gerak Harmonik Sederhana

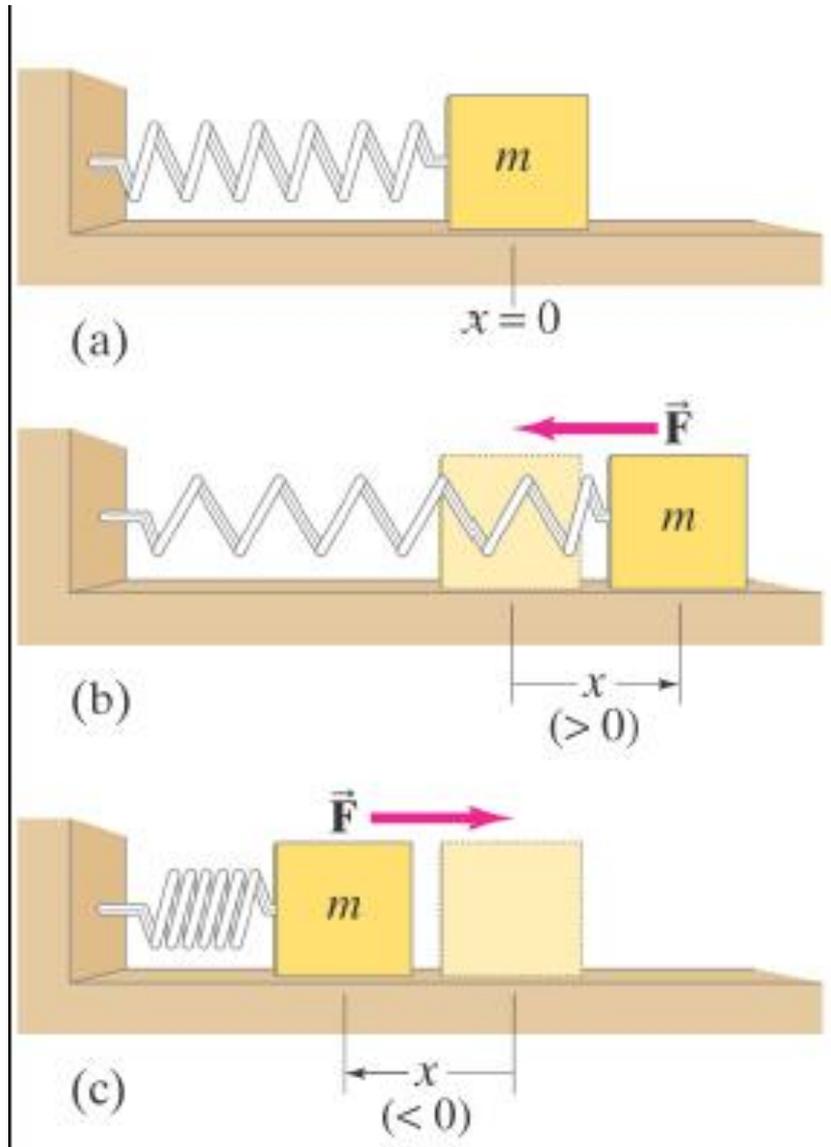
- Jika suatu benda bergetar atau berosilasi bolak balik melalui lintasan yg sama dalam jumlah waktu yang sama, maka gerakanya disebut **periodik**, seperti pada sistem pegas-massa.



# Gerak Harmonik Sederhana

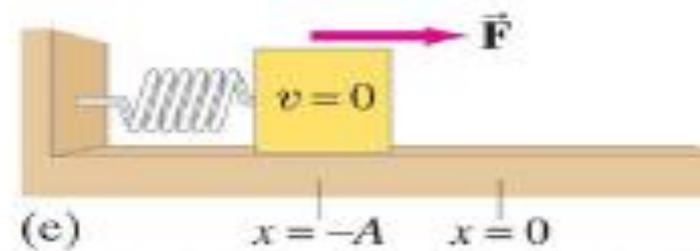
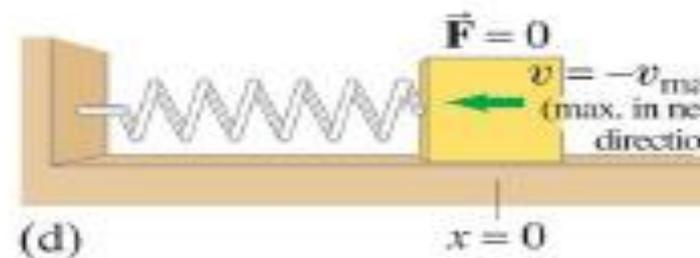
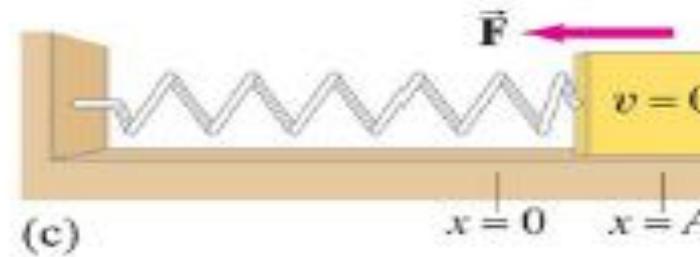
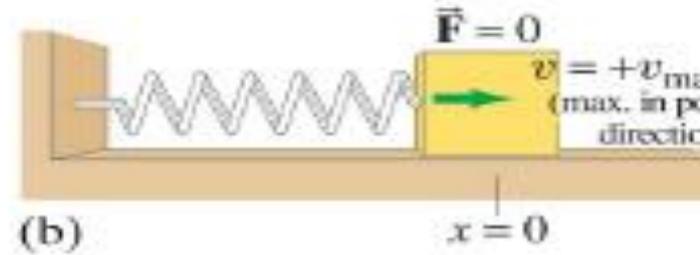
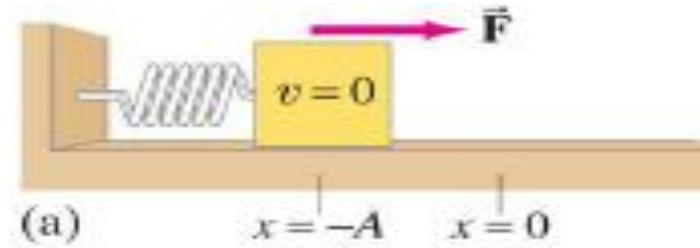
- Dengan asumsi bahwa lantainya licin dan pegas tidak ditekan atau ditarik (gbr.a, posisi setimbang), maka titik awal pergeseran diukur pada  $x = 0$ .
- Gaya yang bekerja pada pegas ketika massa dipindahkan ke kiri atau ke kanan (“gaya pemulih”) dirumuskan oleh:

$$F = -kx$$



# Gerak Harmonik Sederhana

- **Simpangan** diukur dari titik setimbang sistem.
- **Amplitudo** merupakan simpangan maksimum
- **Satu siklus** adalah gerak bolak balik yang lengkap dari  $x=0$  ke  $x=A$  kembali ke  $x=0$
- **Periode** adalah waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus lengkap
- **Frekuensi** adalah jumlah siklus lengkap per detik



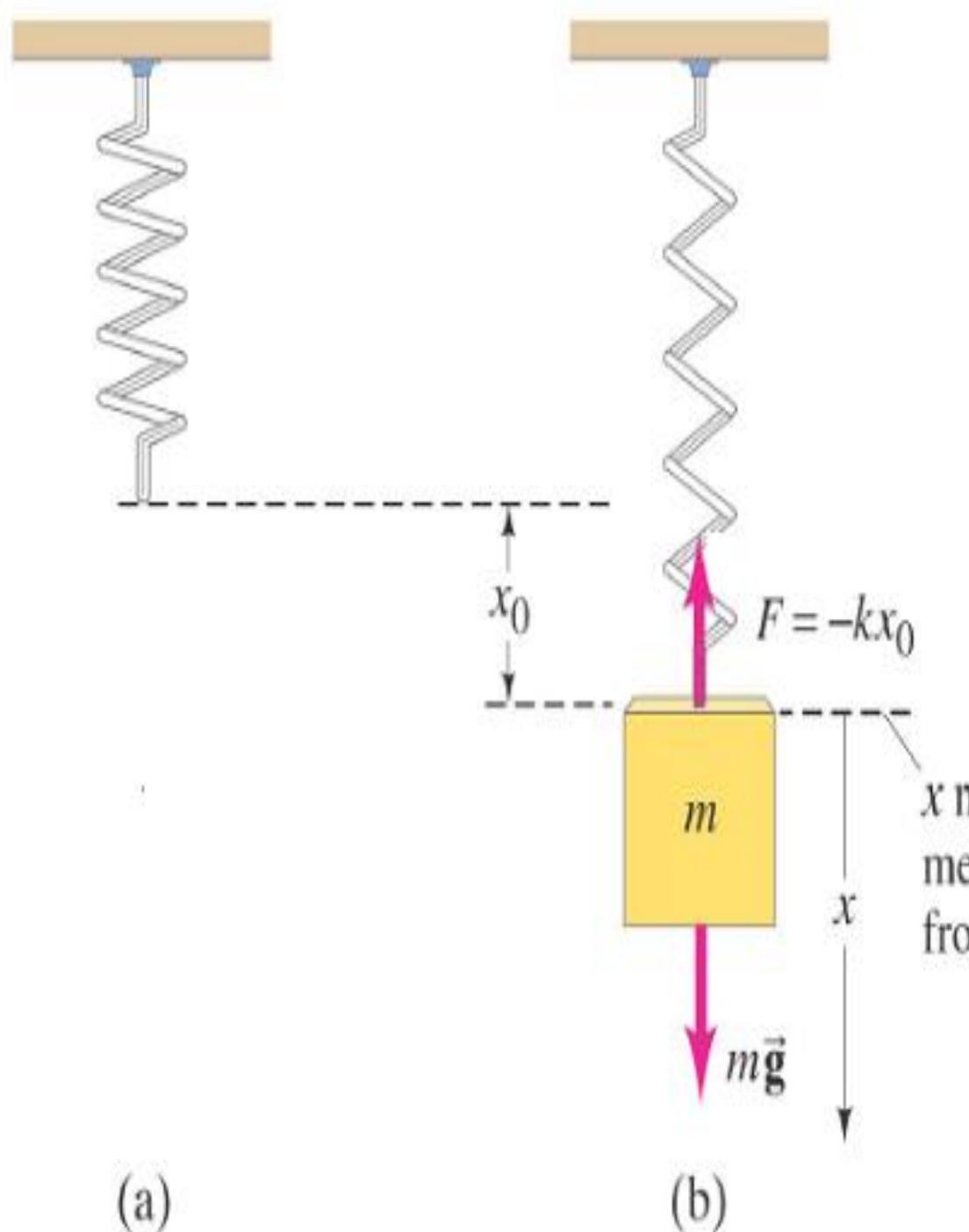
# G H S

- Jika pegas tergantung vertikal, maka perubahan hanya ada di posisi setimbang, yaitu pada titik dimana **gaya pegas samadengan dengan gaya gravitasi**, shg

$$\sum F = 0$$

$$mg - kx_0 = 0$$

$$x_0 = mg/k$$



# Contoh. Pegas Mobil

- Ketika sebuah keluarga yang berjumlah 4 orang dengan massa total 200 kg menaiki mobil (1200 kg), pegas mobil tertekan 3 cm. (a) Berapa konstanta pegas-pegas mobil, dengan menganggap pegas-pegas tsb bekerja sebagai satu kesatuan? (b) berapa jauh mobil akan tertekan jika dimuati 300 kg

# Energi pada Osilator Harmonik Sederhana

- Energi Potensial Pegas, dirumuskan sebagai

$$PE = \frac{1}{2} kx^2$$

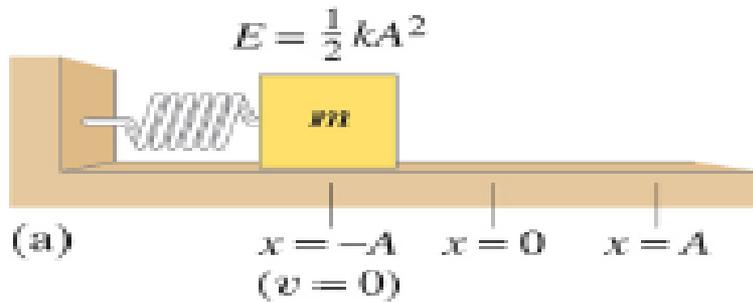
- Energi Mekanik Total Pegas menjadi

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

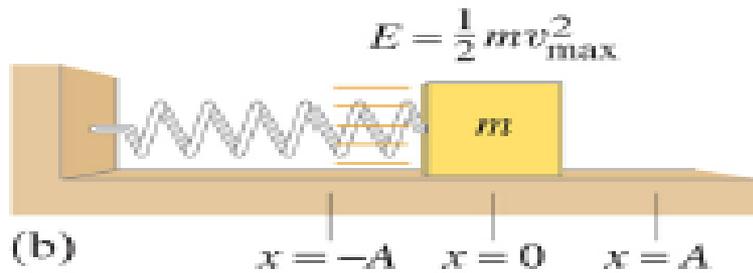
- Selama tidak ada gesekan, Energi mekanik total, E akan tetap konstan (kekal).

# Energi pada Osilator Harmonik Sederhana

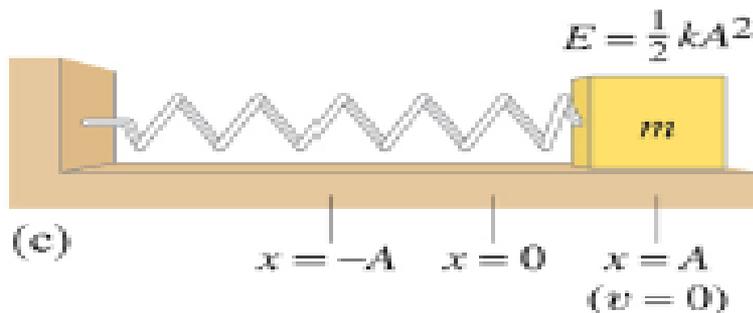
PE



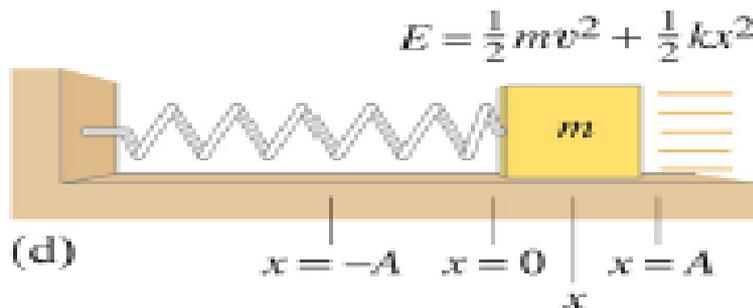
KE



PE



PE  
KE



- Jika massa berada pada batas maksimum gerakannya, maka  $E$ , samadengan energi potensial (gbr. a dan gbr. c), yang besarnya:

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

- Pada titik setimbang,  $E$ , samadengan energi kinetik (gbr. b)

# Energi pada Osilator Harmonik Sederhana

- Energi total, dapat ditulis:

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2$$

- Sehingga untuk kecepatan pada sembarang posisi dirumuskan sebagai,

$$v = \pm v_{\max} \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}}$$

dimana:

$$v_{\max}^2 = (k/m)A^2$$

# Perioda dan Sifat Sinusoida GHS

- Perioda ( $T$ ) dan Frekuensi ( $f$ ) untuk sistem yg ber-Gerak Harmonik Sederhana dapat dihitung dengan rumus:

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

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

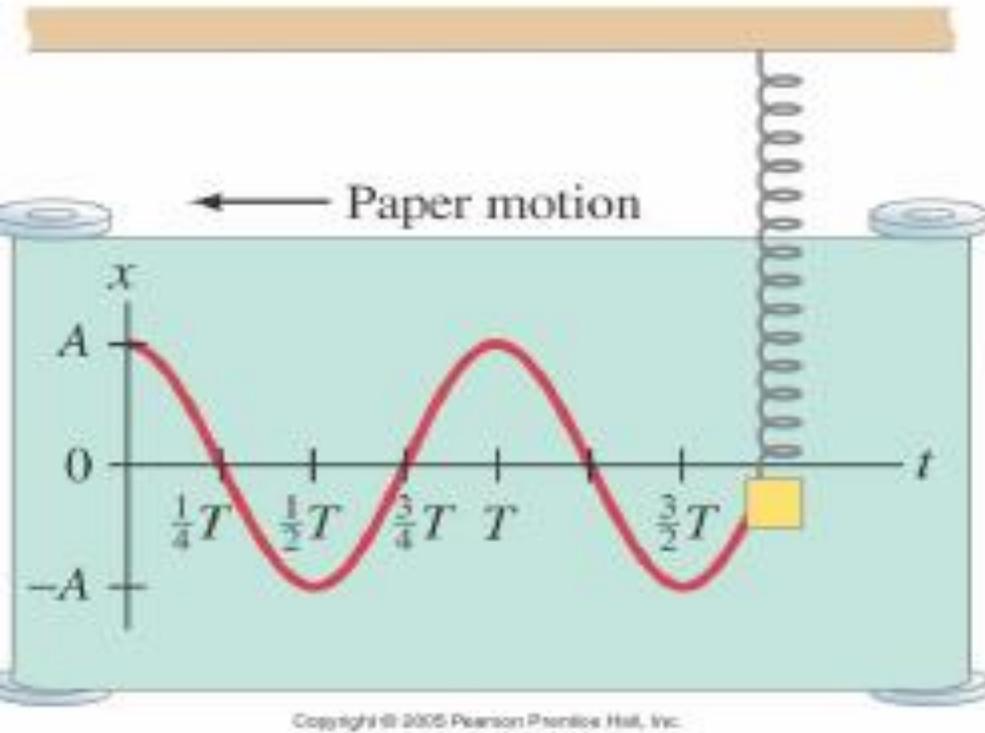
- Dari sifat GHS yg bergerak dengan Amplitudo dan perioda konstan, diperoleh hubungan antara posisi dengan waktu, yaitu:

$$x = A \cos \omega t$$

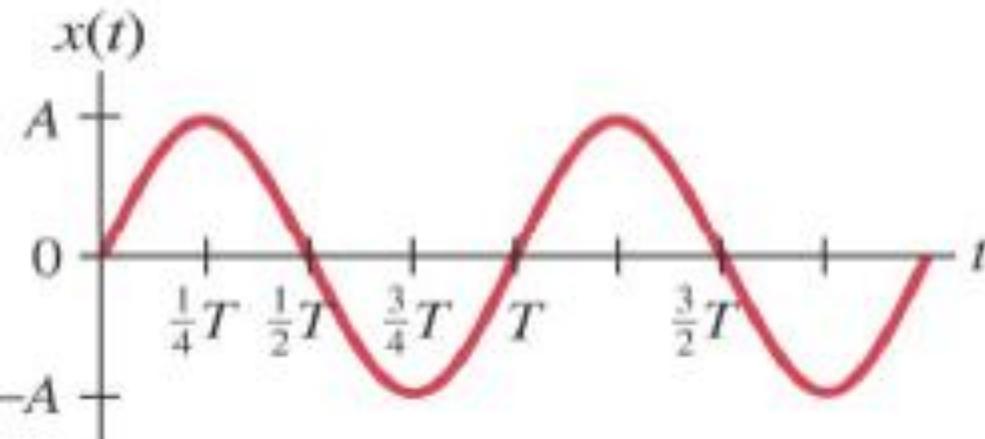
$$= A \cos(2\pi f t)$$

$$= A \cos(2\pi t/T)$$

# Perioda dan Sifat Sinusoida GHS



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



- Jika persamaan sebelumnya dibuat sketsa, maka diperoleh kurva disamping (atas), sedangkan sketsa dibawahnya adalah kurva yang digeser sebesar  $\frac{1}{4}T$ , sehingga membentuk fungsi sinus.

# Perioda dan Sifat Sinusoida GHS

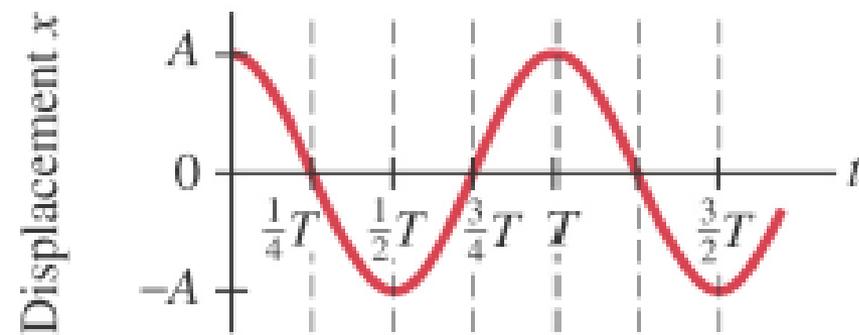
Dari plot grafik, kecepatan dan percepatan dapat dihitung sbg fungsi waktu, yaitu

$$v = -v_{\max} \sin \omega t$$

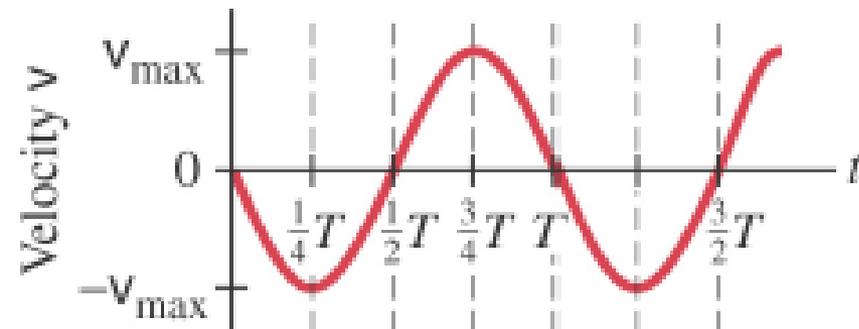
$$v_{\max} = A \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$a = -a_{\max} \cos(2\pi t/T)$$

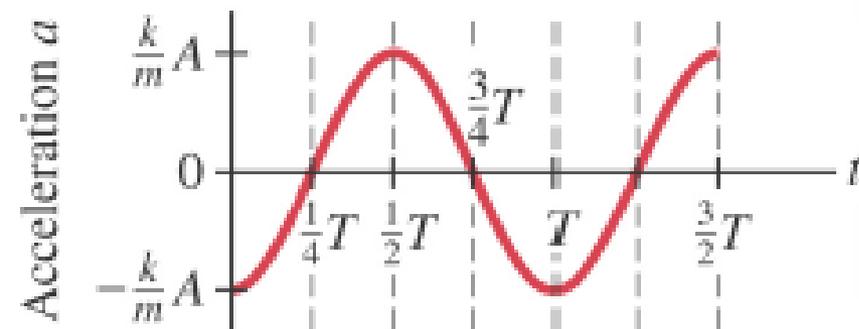
$$a_{\max} = kA/m$$



(a)



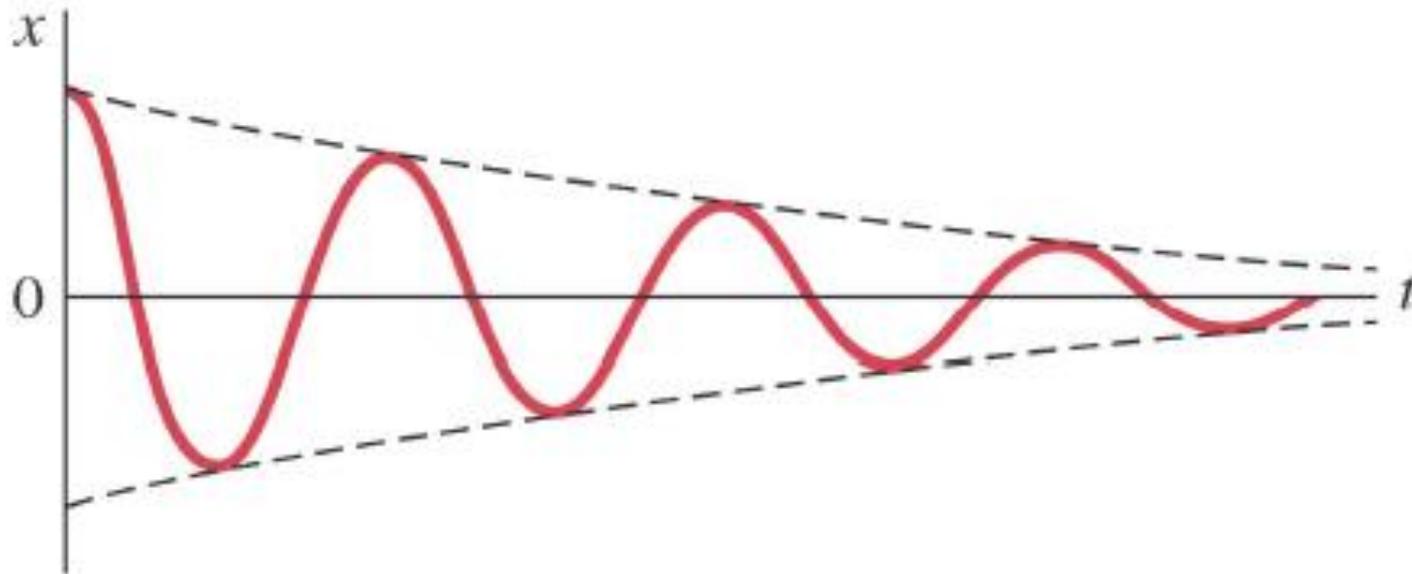
(b)



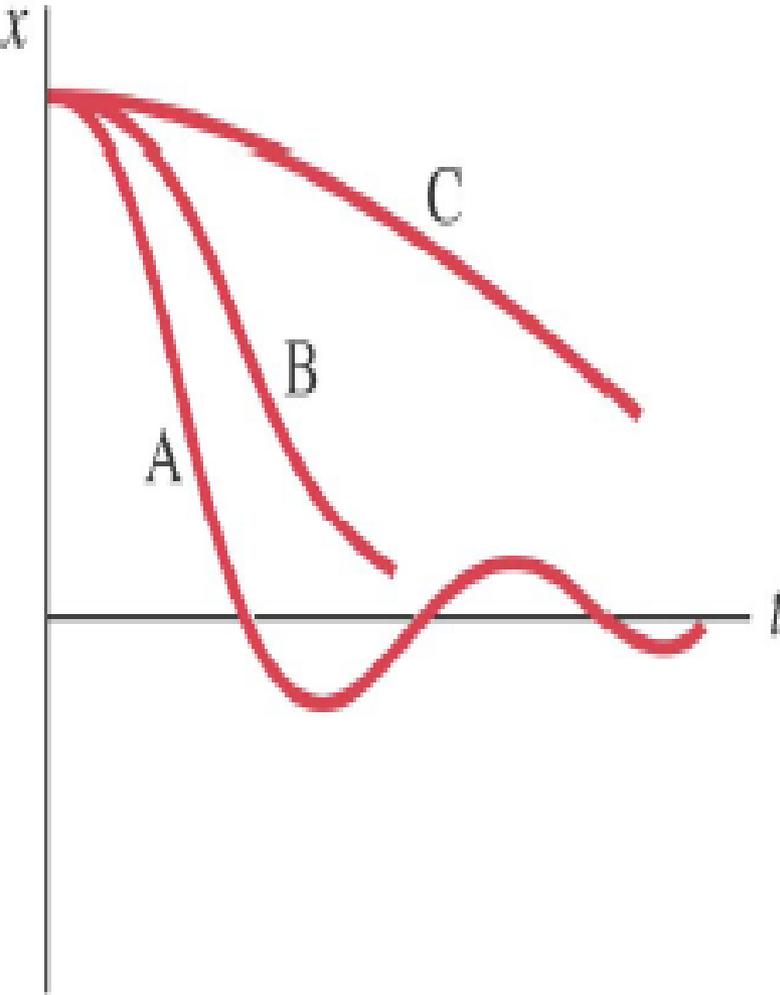
(c)

# Gerak Harmonik Teredam

- Gerak Harmonik Teredam adalah gerak harmonik yang dihambat oleh adanya hambatan udara dan gesekan internal pada sistem yang berosilasi



# Gerak Harmonik Teredam



- Terkadang peredaman sangat besar sehingga gerakan tidak menyerupai gerak harmonik sederhana, yang digambarkan spt disamping,

- A. Underdamped; sistem melakukan beberapa ayunan sebelum berhenti,
- B. Critical damping; sistem mencapai kesetimbangan dg cepat,
- C. Overdamped; sistem perlu waktu lama untuk setimbang.

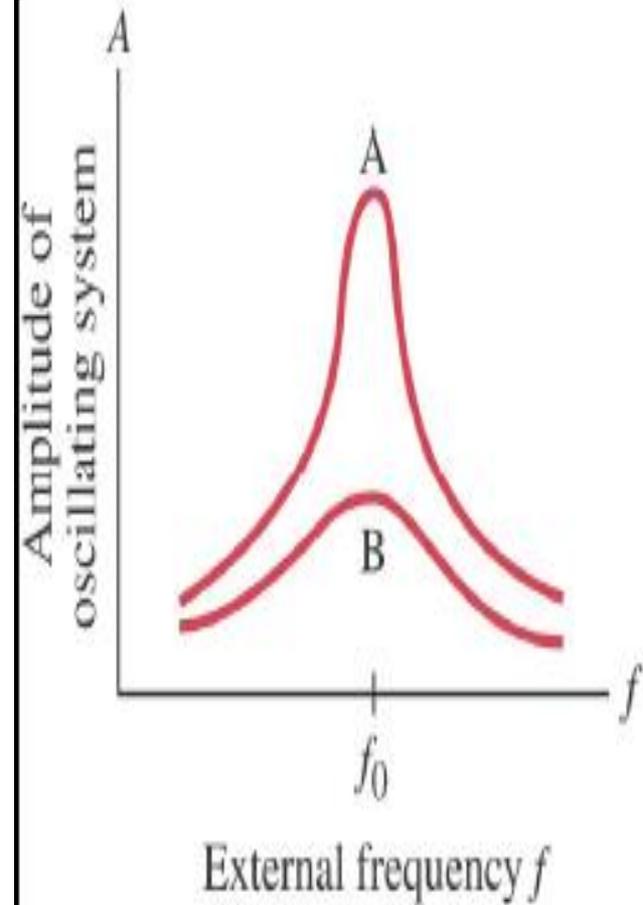
# Getaran yang dipaksakan: Resonansi

Sistem yang bergetar memiliki frek. alami yg besarnya

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

- Getaran paksaan terjadi jika ada gaya penggerak luar yg periodik.
- Pada getaran yg dipaksakan, amplitudo getaran bergantung pada perbedaan antara  $f$  dan  $f_0$
- Jika frek. paksaan = frek. alami, maka amplitudo melonjak besar (peredaman kecil), efek ini disebut : Resonansi

# Getaran yang dipaksakan: Resonansi

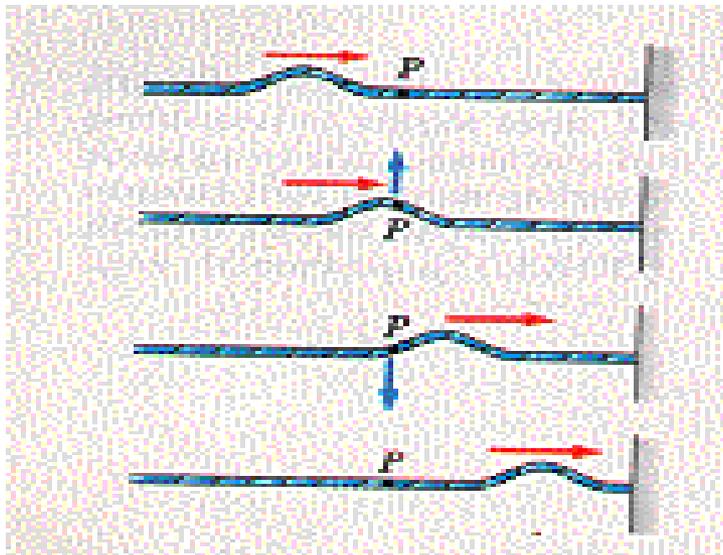


- Ketajaman puncak resonan bergantung pada redaman;
- Jika peredamannya kecil (A), puncak amplitudo tinggi, pada (B) peredaman agak besar sehingga puncak amplitudo tidak begitu tinggi.

# Tipe Gelombang

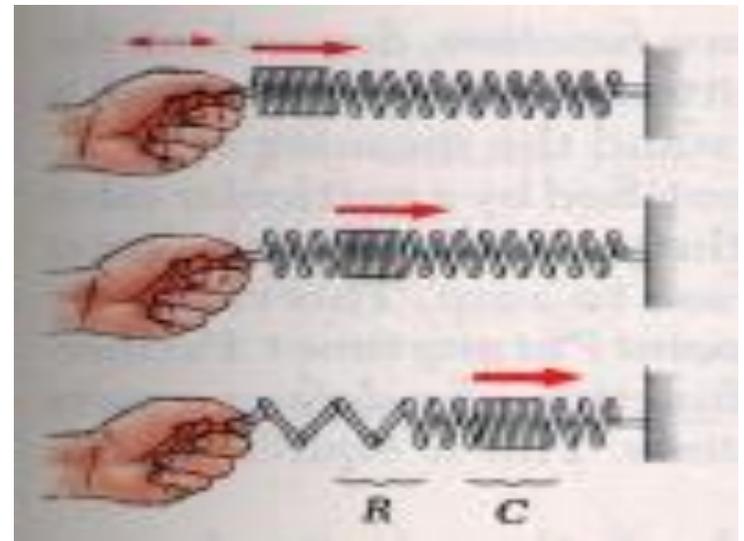
Transversal

*Gerak partikel yang terusik tegak lurus arah penjalaran*

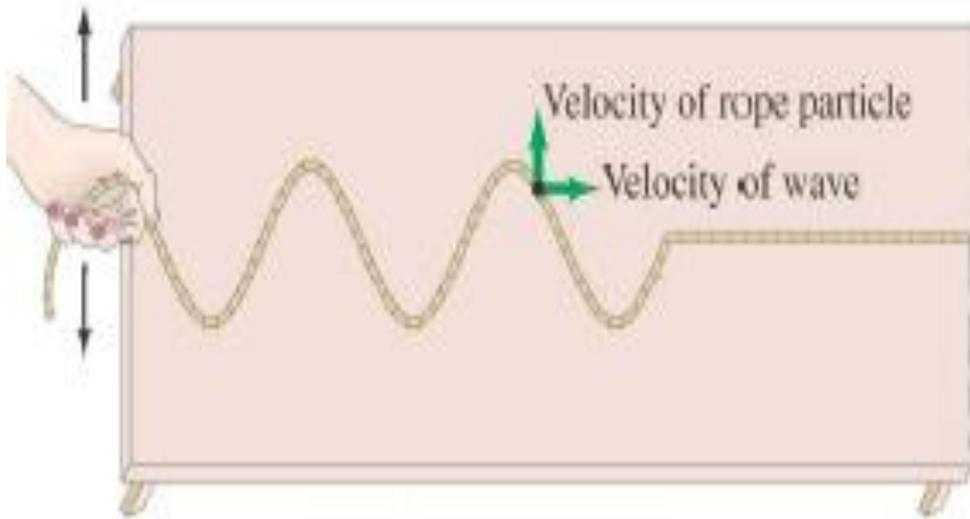


Longitudinal

*Gerak partikel yang terusik sejajar arah penjalaran*



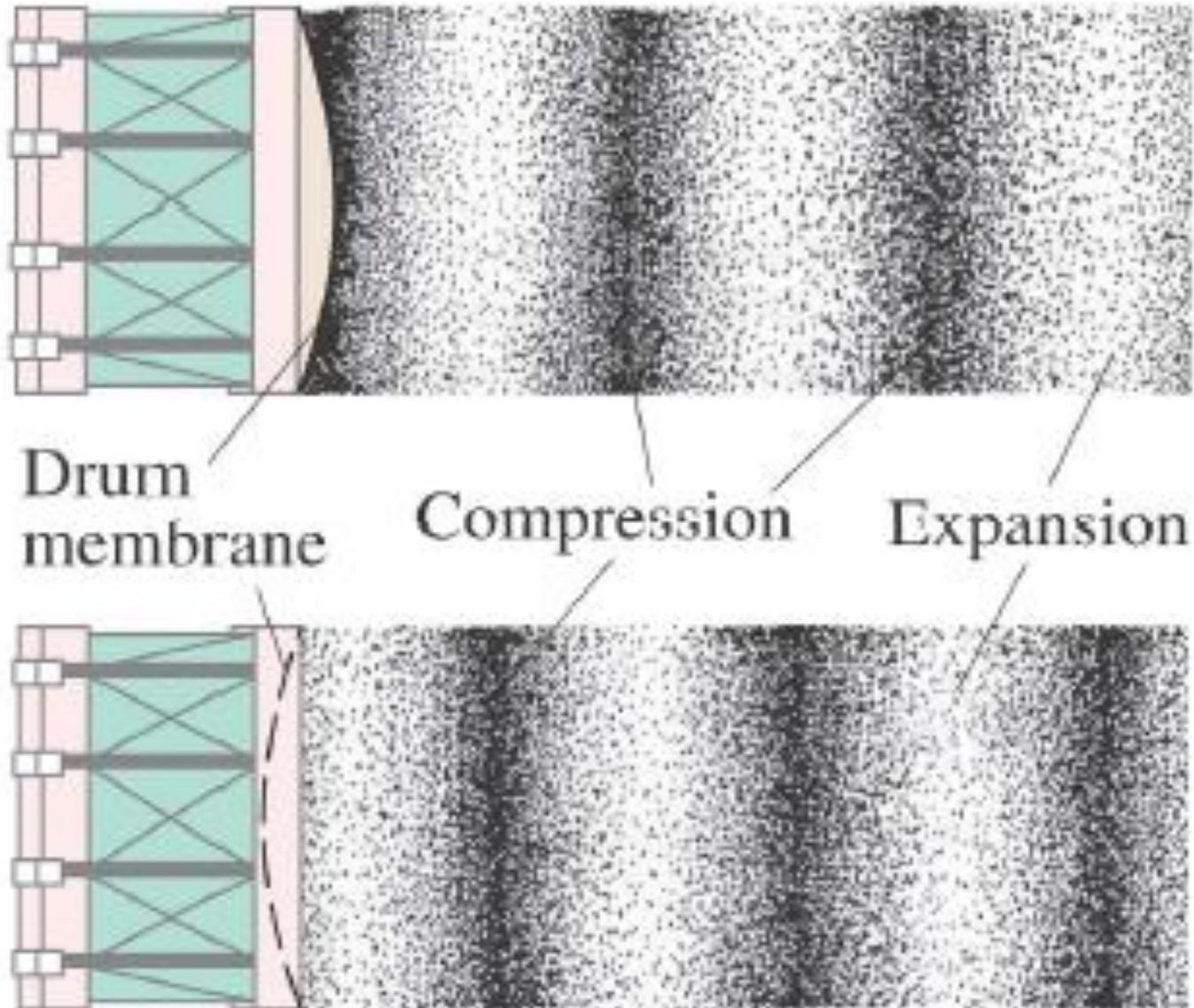
# Tipe Gelombang: Transversal & Longitudinal



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

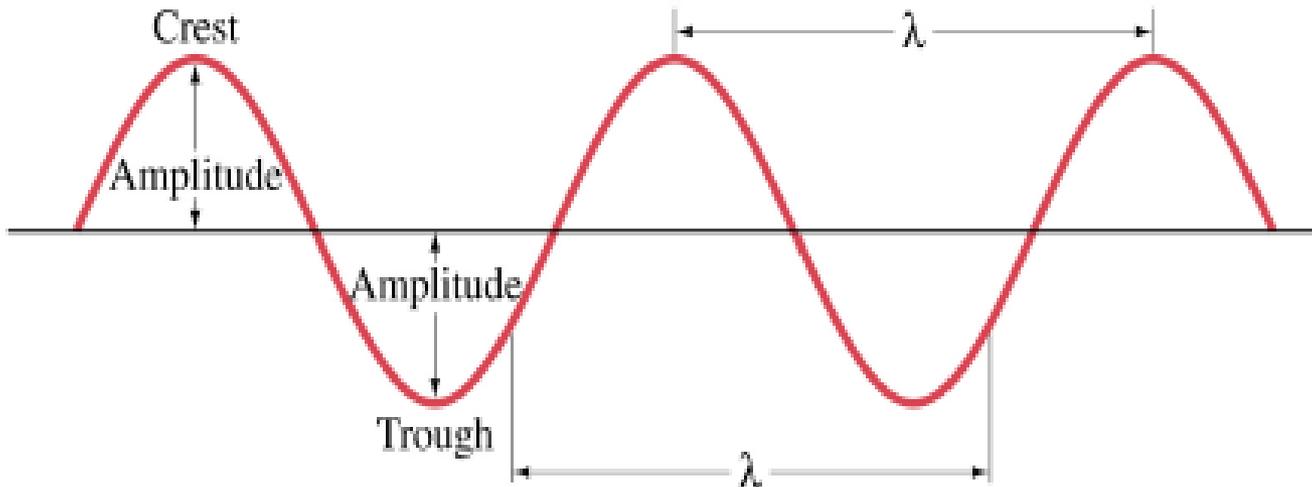
- Suatu gelombang berjalan melalui medianya, tapi partikel tali (media) hanya bergerak up - down

# Type gelombang longitudinal : gelombang suara



# Gerak Gelombang (Transversal)

- Semua tipe gelombang bergerak, menjalarkan energinya.
- Karakteristik gelombang: Amplitudo, Panjang gelombang, Frekuensi dan Perioda, Kecepatan gelombang (  $v = \lambda f$  ) bergantung pd sifat medium .
- Kecepatan gelombang pada tali yg terentang, adalah:



$$v = \sqrt{\frac{F_T}{m/L}}$$

# Gerak Gelombang (Longitudinal)

- Kecepatan gelombang longitudinal dirumuskan:
- A. Perambatan di sepanjang batang padat :

- $$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$
 ; E = modulus elastis

- B. Perambatan dalam zat cair atau gas;

- $$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$
 ; B = modulus bulk

# Contoh: gerak gelombang

- Gelombang yang panjang gelombangnya 0,3 m merambat sepanjang kawat yang panjangnya 300 m dengan massa total 15 kg. Jika kawat mengalami tegangan 1000 N, berapa kecepatan dan frekuensi gelombang ini?
- Berapa lama waktu yg dibutuhkan gelombang untuk menempuh rel baja jika kereta api masih sejauh 1,0 km?

# Gelombang Transversal + Longitudinal

- Pada peristiwa “Gempa Bumi” gelombang transversal + longitudinal sekaligus terjadi, gelombang transversal (S) dan longitudinal (P) merambat sepanjang tubuh bumi, karena keduanya dapat merambat melalui zat padat.

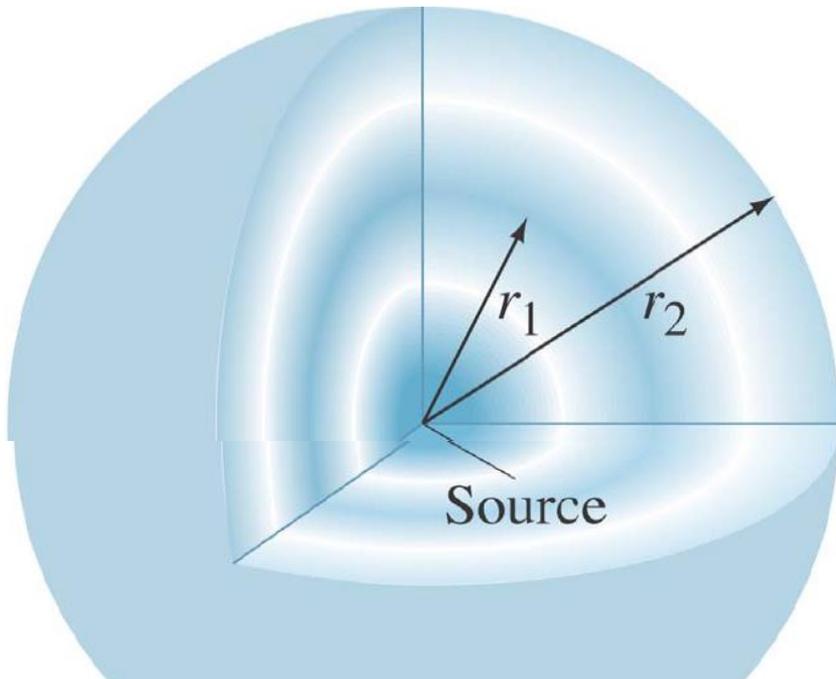
# Energi yang dibawa Gelombang

- Ketika terjadi osilasi, terdapat suatu energi yang dibawa oleh gelombang yang besarnya sebanding dengan kuadrat amplitudo gelombang.
- Intensitas (I) gelombang: daya yang dibawa melintasi daerah yang tegak lurus terhadap aliran energi, ditulis, 
$$I = \frac{\text{energi/waktu}}{\text{luas}} = \frac{\text{daya}}{\text{luas}}$$
- sehingga Intensitas juga berlaku, 
$$I \propto A^2$$

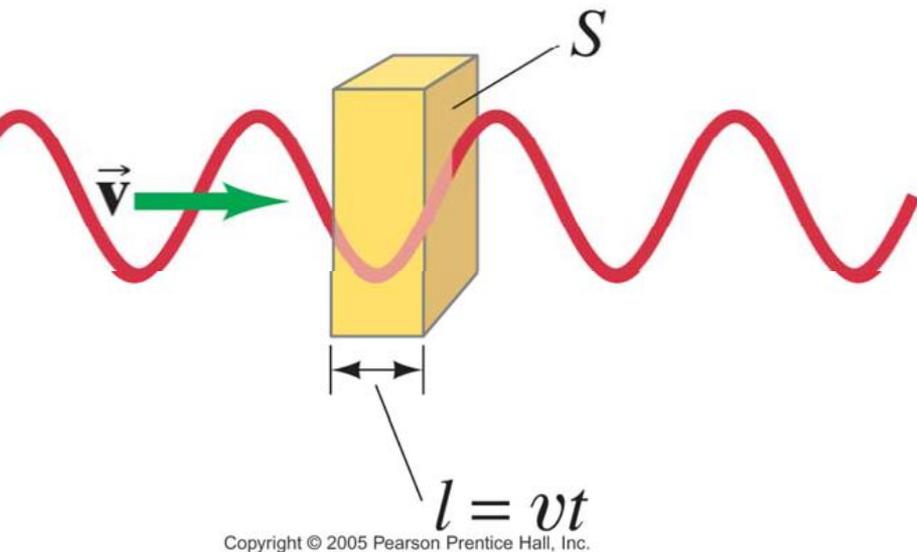
# Energi yang dibawa Gelombang

- Jika gelombang menjalar dari sumber nya dalam arah 3 dimensi, dan mediumnya uniform, maka gelombangnya dikatakan berbentuk bola.

- Dari hubungan geometri diperoleh:  $I \propto \frac{1}{r^2}$



# Intensitas terkait Amplitudo & Frekuensi



- Dengan melihat energi partikel yg melalui perambatan gelombang di media padat, diketahui  $E = \frac{1}{2}kA^2 = 2\pi^2mf^2A^2$  dan dengan asumsi bahwa kerapatan media uniform, diperoleh hubungan;

$$I = \frac{P}{S} = 2\pi^2v\rho f^2A^2$$

- Sehingga dpt dinyatakan bahwa Intensitas sebanding dengan kuadrat frekuensi dan kuadrat Amplitudo.

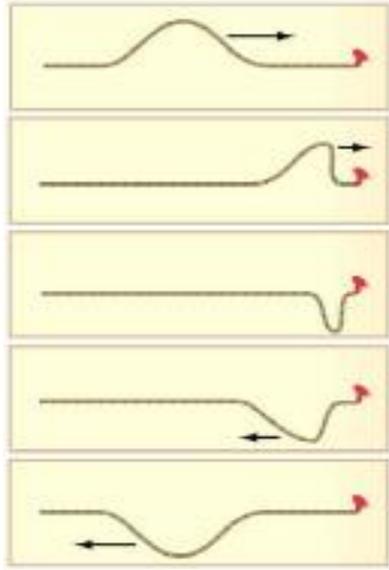
# Contoh

- Seorang nelayan memperhatikan bahwa puncak gelombang yang melewati haluan perahunya yang diam setiap 3,0 detik. Ia mengukur jarak antara dua puncak dan mendapatkan angka 8,5 m. Seberapa cepat gelombang tsb merambat?
- Sinyal radio am mempunyai frek antara 550 – 1600 kHz dan merambat dengan laju  $3 \times 10^8$  m/s. Berapa panjang gelombangnya.

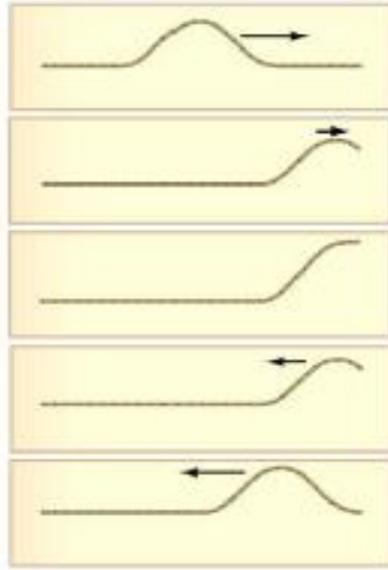
# Contoh

- Tali dg massa 0.55 kg direntangkan antara 2 penopang yang berjarak 30 m, jika tegangan pada tali adalah 150N, berapa lama waktu yang diperlukan sebuah pulsa untuk merambat dari satu penopang ke penopang yang lainnya?
- Seorang pelaut memukul sisi kapalnya persis di bawah permukaan laut. Ia mendengar gema gelombang yang dipantulkan dari dasar lautan dibawahnya 3 detik kemudian. Berapa kedalaman lautan tsb? ( $v$  suara dlm air = 1500m/s).

# Refleksi dan Transmisi Gelombang

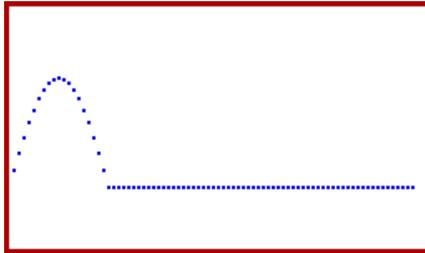
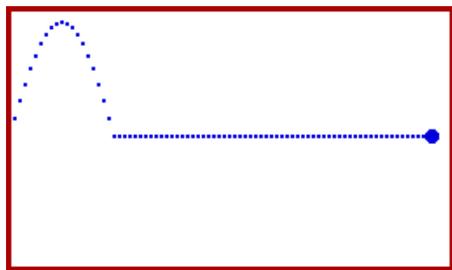


(a)



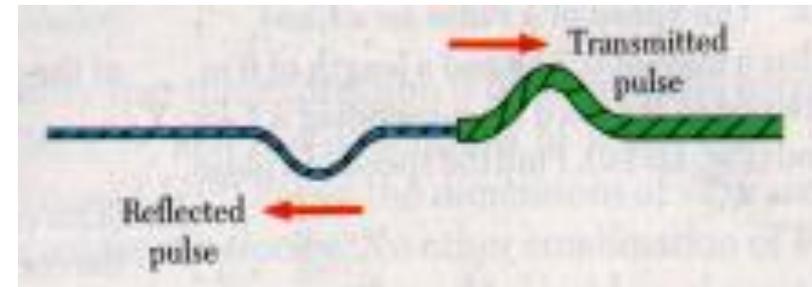
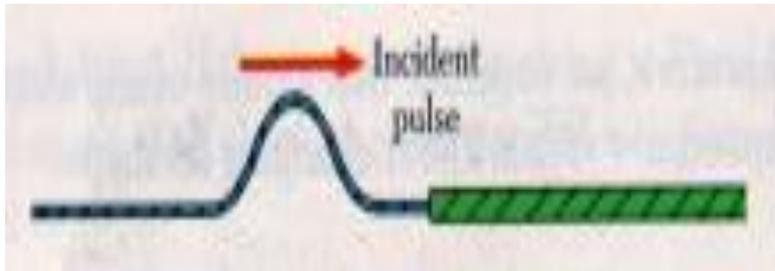
(b)

- Jika gelombang membentur penghalang, maka ia akan dipantulkan dan pantulannya akan terbalik (a).
- Sedangkan jika gelombang mencapai ujung medium perambatannya (tapi ujungnya tidak terikat), maka ia akan dipantulkan dengan bentuk gelombang sama tapi berlawann arah.

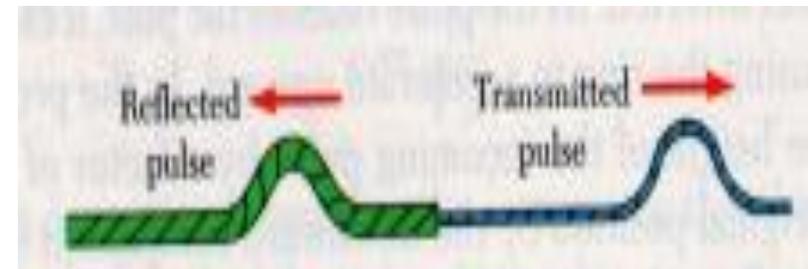
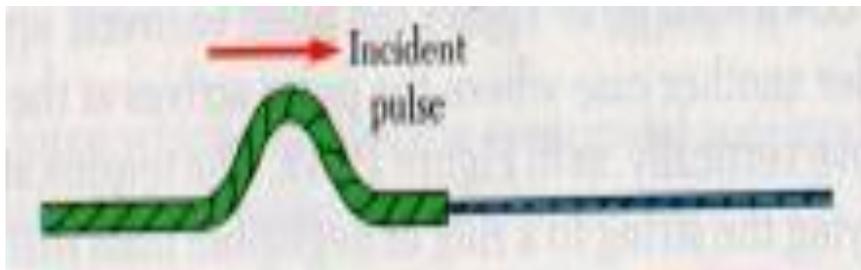


# Refleksi dan Transmisi Gelombang

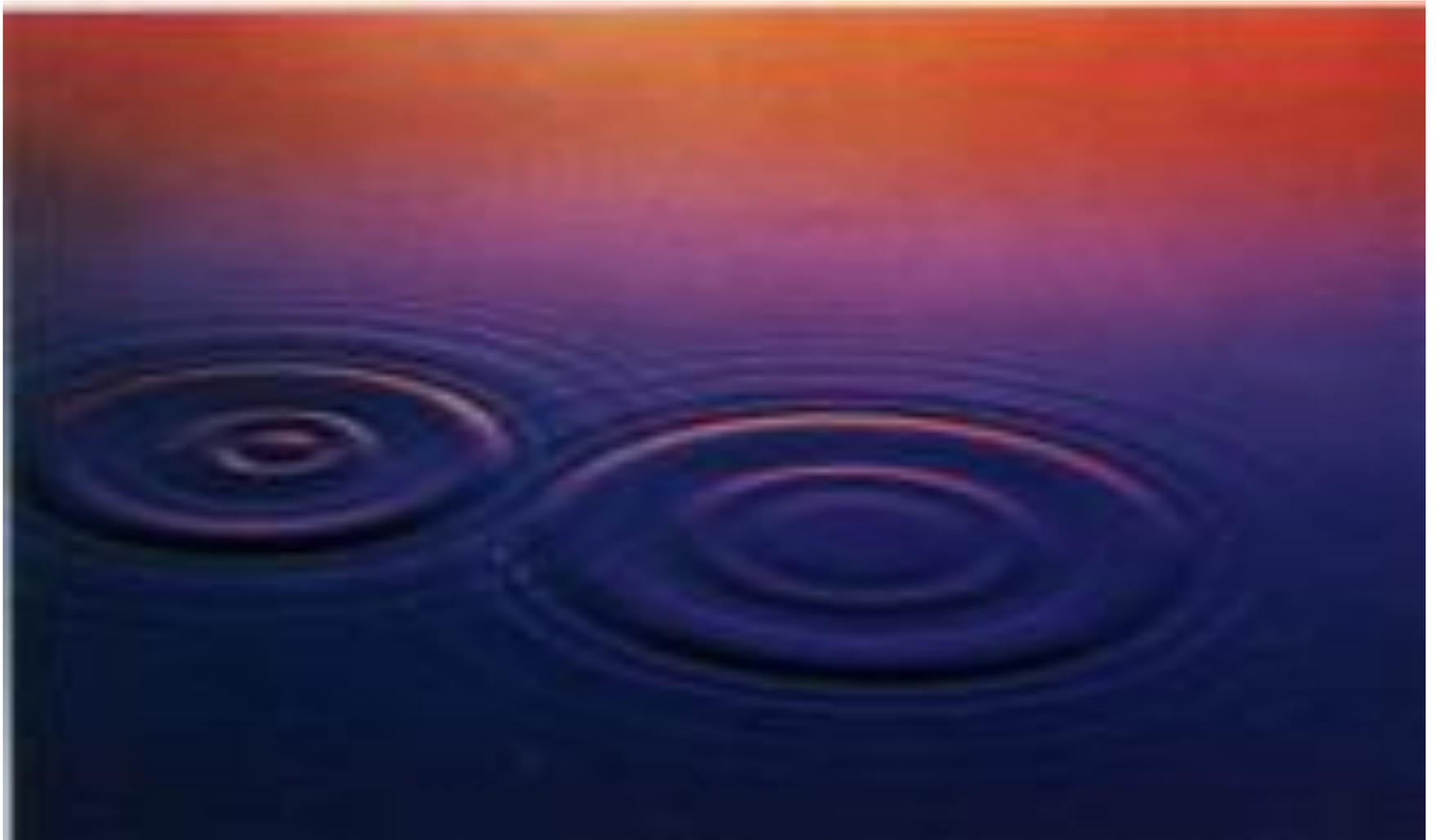
- **Jika rambatan gelombang dari medium kurang rapat ke medium yang lebih rapat, maka sebagian gelombang dipantulkan, sebagian di transmisikan**



**Rambatan gelombang dari medium lebih rapat ke medium yang kurang rapat**

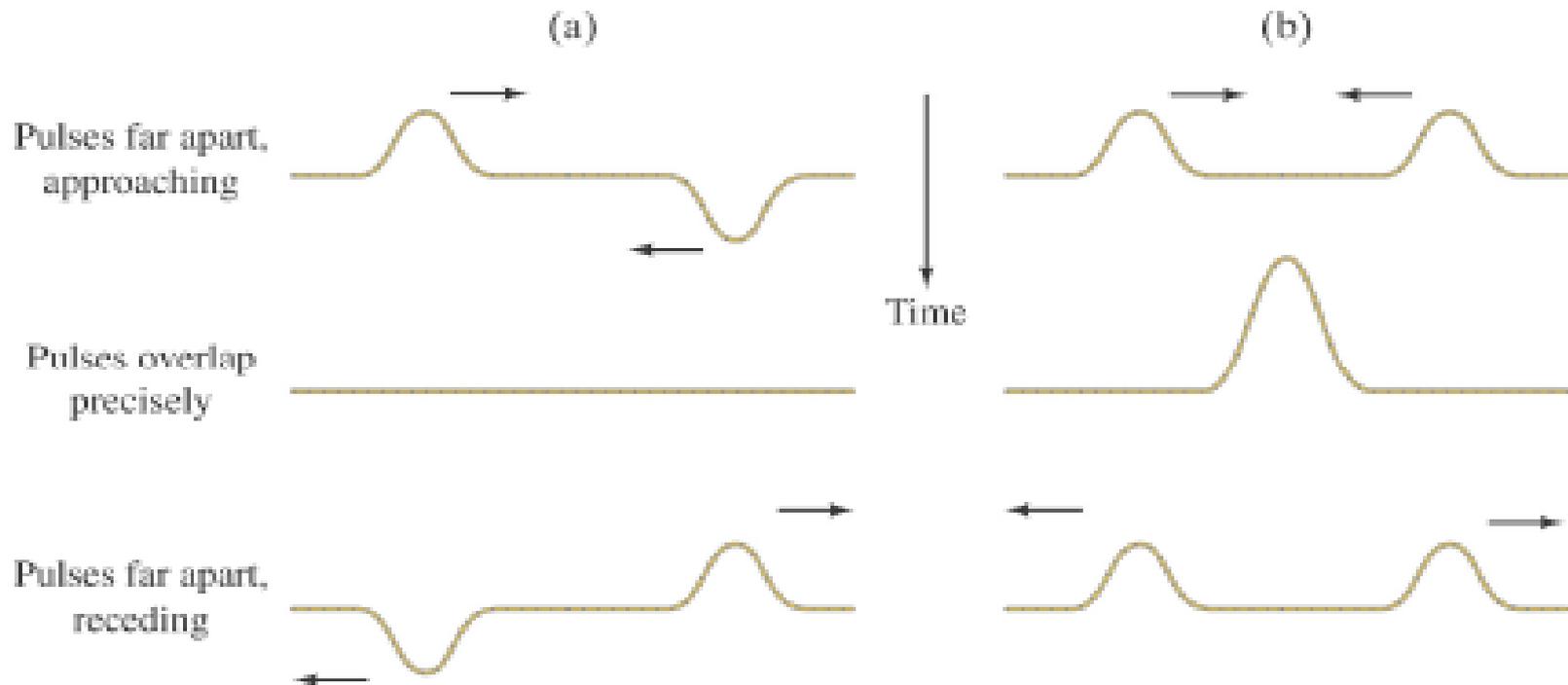


# Interferensi; Prinsip Superposisi Gelombang



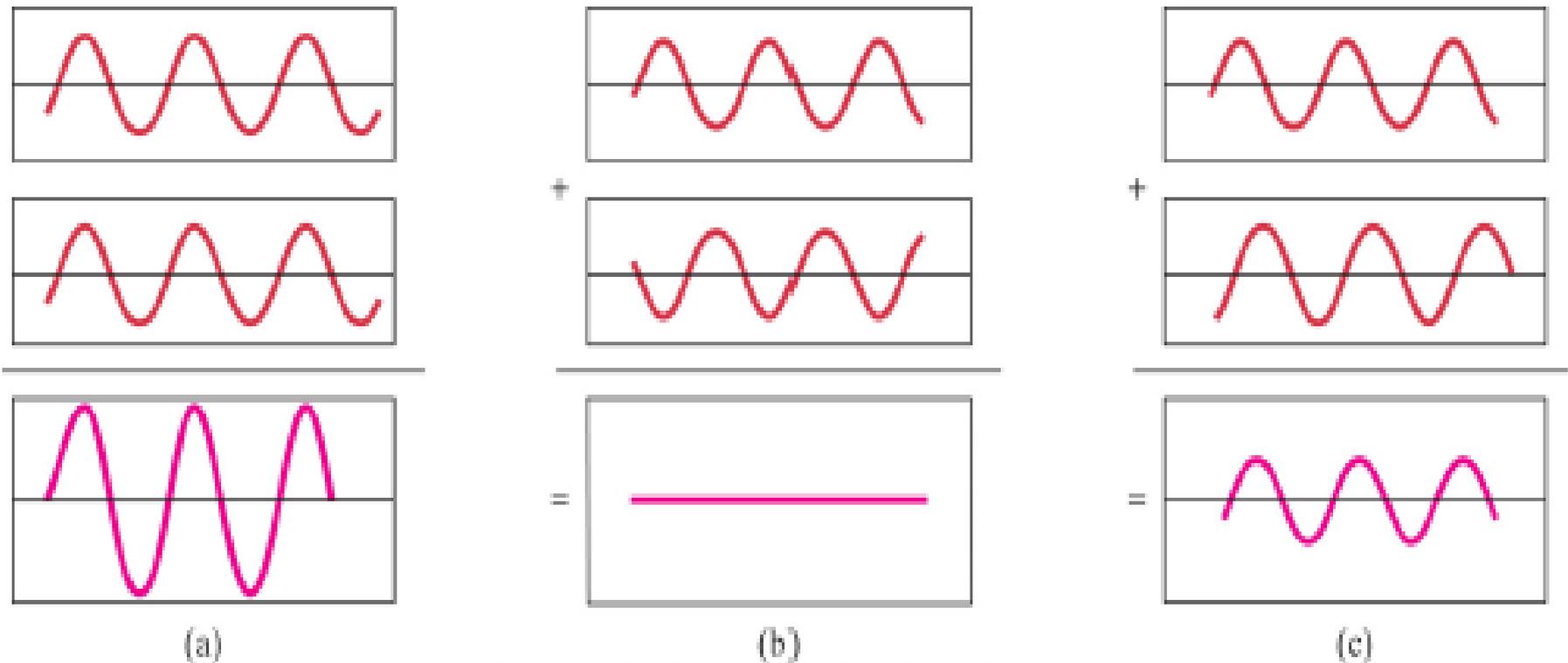
# Interferensi; Prinsip Superposisi Gelombang

- Prinsip Superposisi : bahwa ketika 2 gelombang melalui titik yg sama, maka pergeserannya merupakan jumlahan dari masing-masing pergeseran.
- Dari gambar, (a) interferensi destruktif, (b) interferensi konstruktif.



# Interferensi; Prinsip Superposisi Gelombang

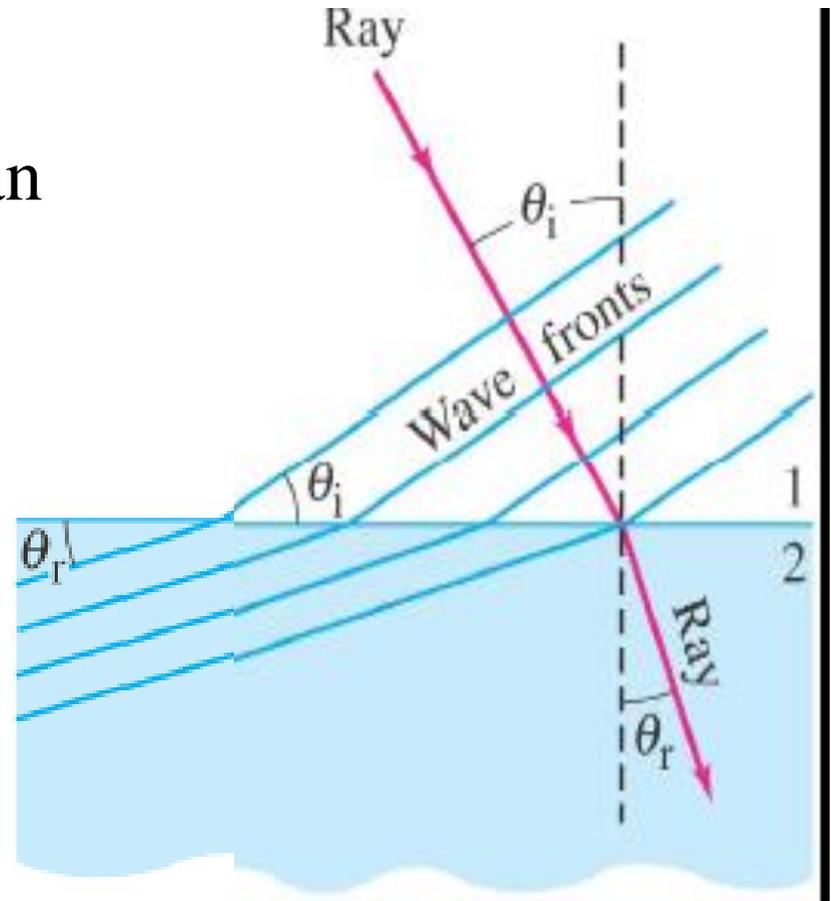
- Gambar dibawah menunjukkan penjumlahan (penggabungan) 2 gelombang. (a) bersifat konstruktif; (b) destruktif ; (c) sebagian destruktif



# Refraksi (Pembiasan)

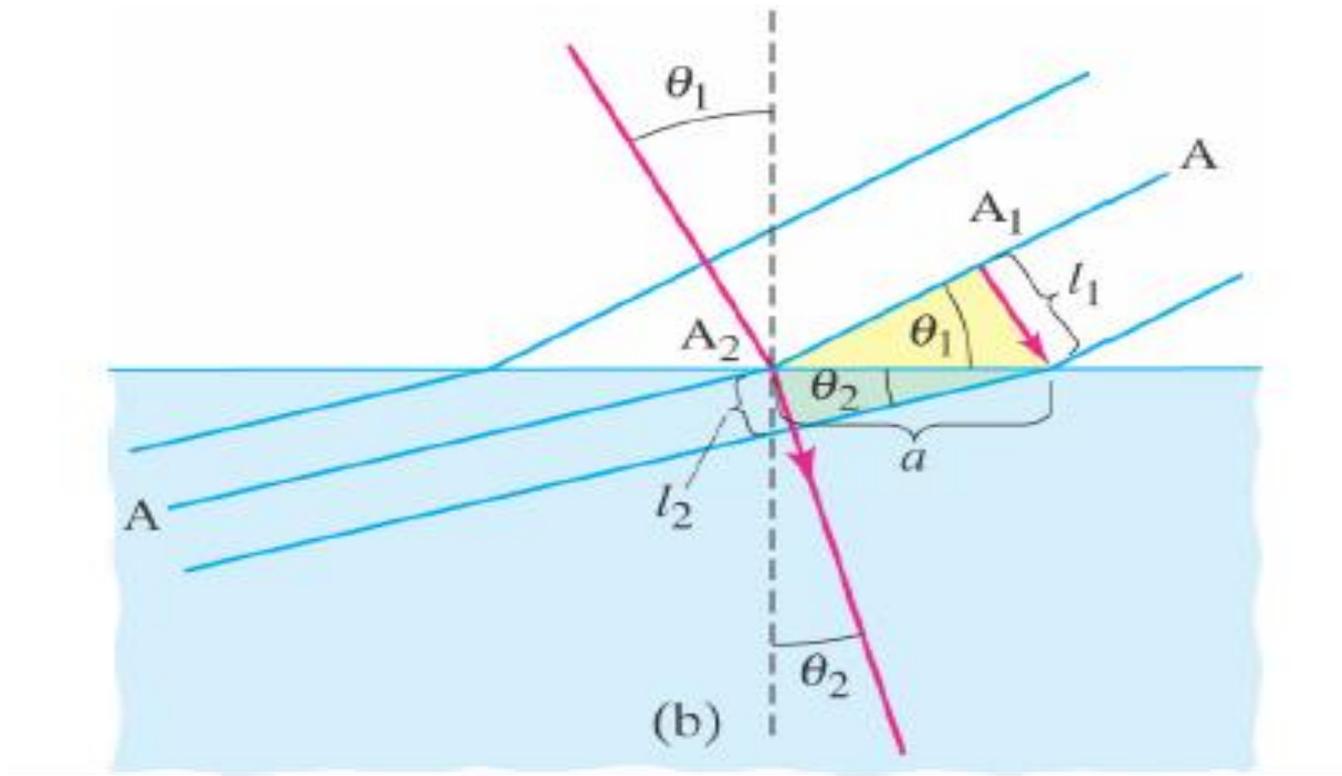
- Jika Wave memasuki medium yang kecepatan gelombangnya berbeda, maka wave akan dibiaskan; (muka gelombang dan sinar gelombang akan berubah arah)
- Sudut refraksi, dihitung berdasarkan ketergantungan pd kedua kecepatan gelombang dalam medium, yaitu:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$



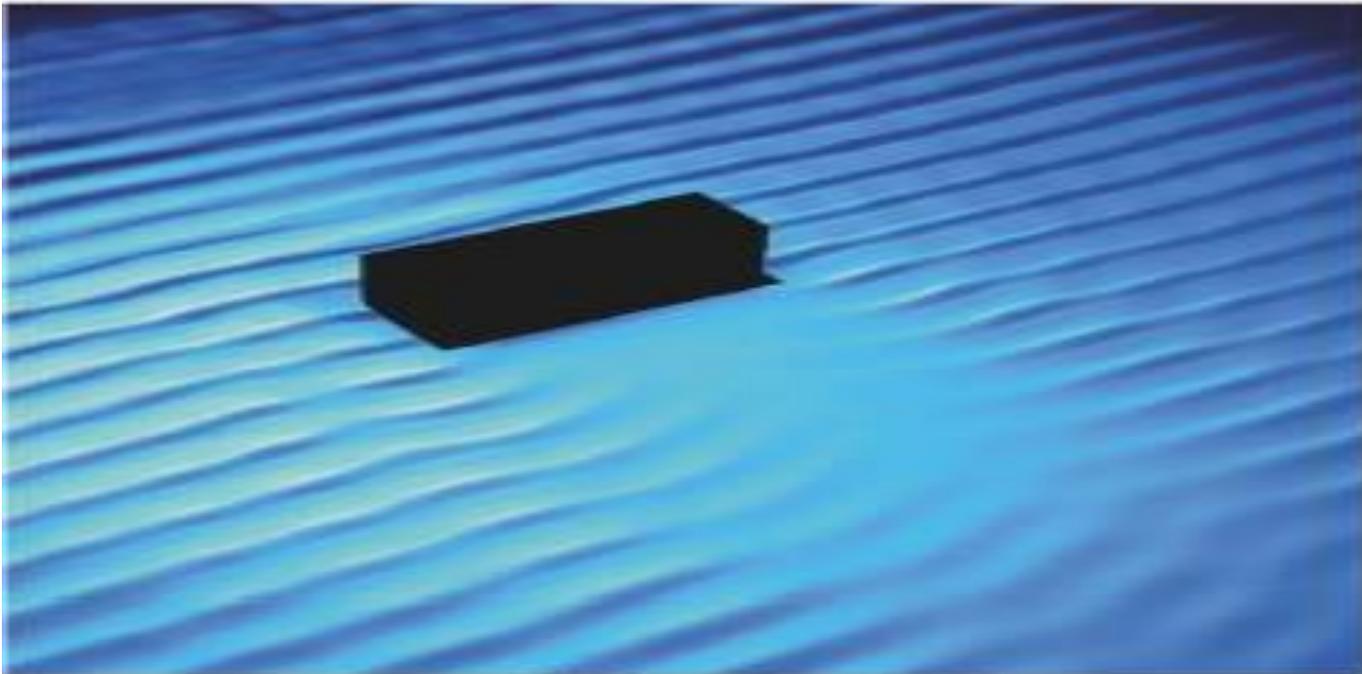
# Refraksi (Pembiasan)

- Hukum Refraksi bekerja dg cara – gelombang yg bergerak dari medium lambat menuju medium lebih cepat akan mengikuti garis merah (pd gambar).



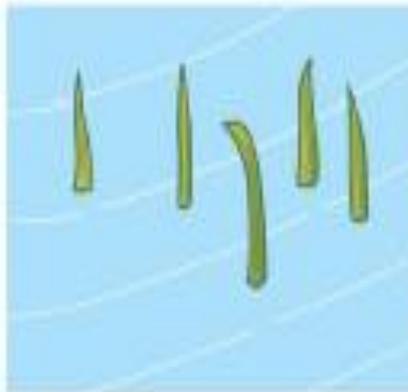
# Difraksi (Lenturan)

- Ketika Gelombang melalui penghalang, maka dia akan bergerak lentur melewati penghalang, membentuk “daerah bayangan” yang disebut “difraksi”



# Difraksi (Lenturan)

- Jumlah difraksi bergantung pada perbandingan ukuran penghalang terhadap nilai panjang gelombang. Jika penghalang lebih kecil daripada panjang gelombang, maka gelombang tidak berubah (a), sedangkan jika penghalangnya cukup besar, maka difraksi (lenturan) menjadi sangat berarti (b, c, d).



(a) Water waves passing blades of grass



(b) Stick in water

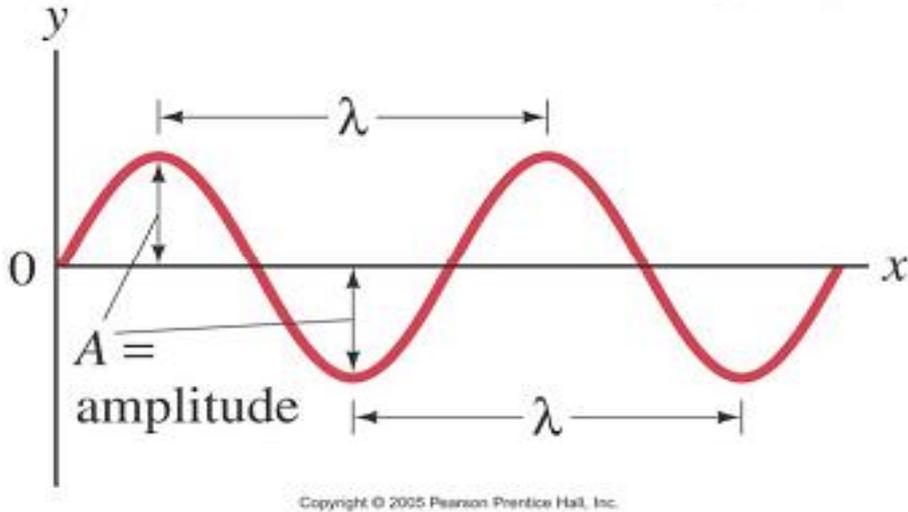


(c) Short-wavelength waves passing log



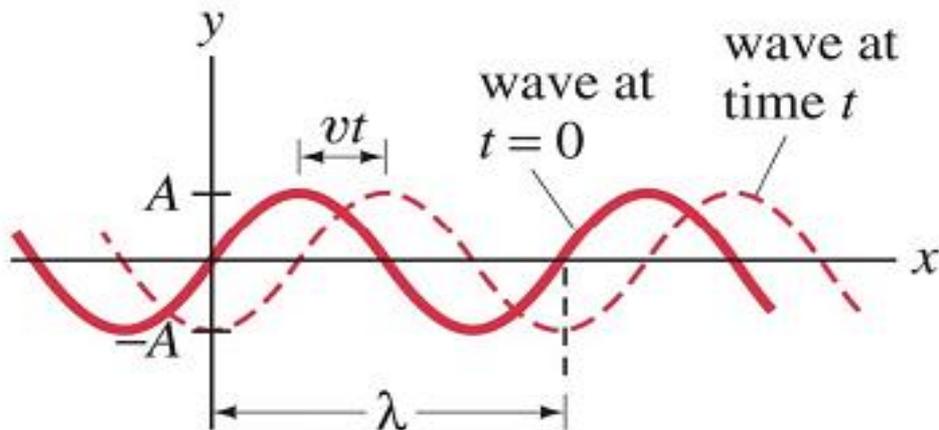
(d) Long-wavelength waves passing log

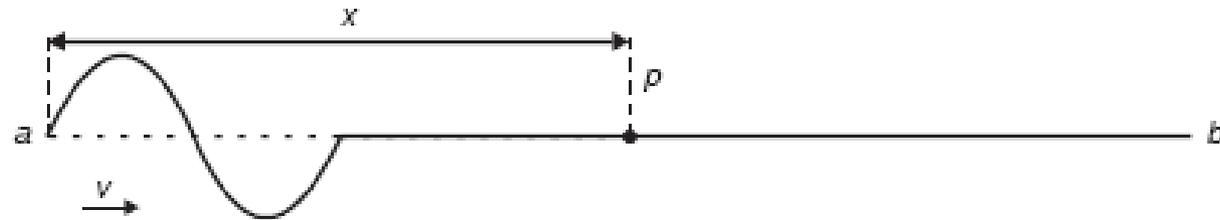
# Representasi Matematika untuk Gelombang berjalan



- Deskripsi matematika untuk gelombang menyatakan bahwa, pergeseran setiap titiknya merupakan fungsi dari jarak dan waktu, yaitu:

$$y = A \sin \left[ \frac{2\pi}{\lambda} (x - vt) \right]$$





Gambar 1.6 Gelombang yang merambat pada seutas tali

Misalnya  $a$  digetarkan dengan arah getaran pertama kali ke atas, maka persamaan gelombangnya adalah:

$$y = A \sin \omega t \quad \dots (1.2)$$

Getaran ini akan merambat ke kanan dengan kecepatan  $v$ , sehingga getaran akan sampai di  $p$  setelah selang waktu  $\frac{x}{v}$ . Berdasarkan asumsi

bahwa getaran berlangsung konstan, persamaan gelombang di titik  $p$  adalah:

$$y_p = A \sin \omega t_p \quad \dots (1.3)$$

Selang waktu perjalanan gelombang dari  $a$  ke  $p$  adalah  $\frac{x}{v}$ . Oleh karena itu, persamaan 1.3 dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_p = A \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) \quad \dots (1.4)$$

Dengan  $\omega = 2\pi f$  dan  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  serta  $v = f \cdot \lambda$ , persamaan 1.4 dapat kita jabarkan menjadi:

$$y_p = A \sin (\omega t - kx) \quad \dots (1.5)$$

Jika gelombang merambat ke kiri maka titik  $p$  telah mendahului  $a$  dan persamaan gelombangnya adalah:

$$y_p = A \sin (\omega t + kx) \quad \dots (1.6)$$

Jika titik  $a$  digetarkan dengan arah getaran pertama kali ke bawah, maka amplitudo ( $A$ ) negatif.

Dengan demikian, **persamaan gelombang berjalan** dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_p = \pm A \sin (\omega t \pm kx) \quad \dots (1.7)$$

**Keterangan:**

$y_p$  : simpangan (m)

$A$  : amplitudo (m)

$k$  : bilangan gelombang =  $\frac{2\pi}{\lambda}$

$v$  : cepat rambat gelombang (m/s)

$\lambda$  : panjang gelombang (m)

$t$  : waktu (s)

$x$  : jarak (m)

$\omega$  : kecepatan sudut (rad/s)

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

$f$  : frekuensi (Hz)

$T$  : periode ( $\frac{1}{s}$ )

Contoh:

Fungsi gelombang pada suatu medium dinyatakan sebagai:

$y = 0,1 \sin (5t - 2x)$ , dengan  $x$  dan  $y$  dalam meter dan  $t$  dalam sekon. Tentukanlah frekuensi dan panjang gelombang tersebut!

**Penyelesaian:**

Diketahui: gelombang berjalan,  $y = 0,1 \sin (5t - 2x)$

Ditanyakan:  $f = \dots ?$

$\lambda = \dots ?$

Jawab:

Dengan menggunakan persamaan 1.5 dapat kita ketahui bahwa:  $A = 0,1$  m dan  $\omega = 2 \pi f = 5$ , sehingga:

$$f = \frac{5}{2\pi} \text{ Hz}$$

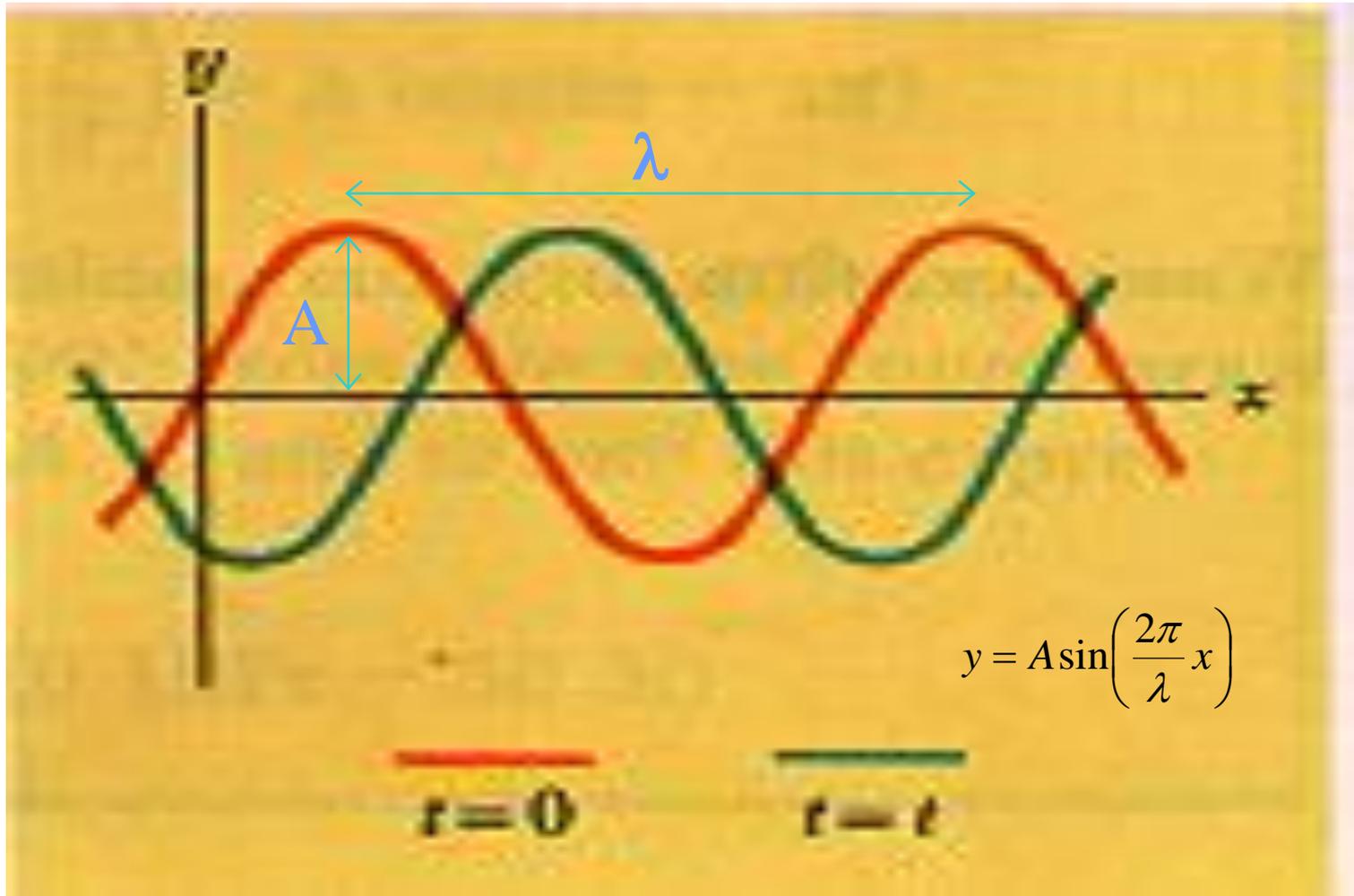
Dengan persamaan 1.5 kita ketahui bahwa  $k = 2$ , sehingga:

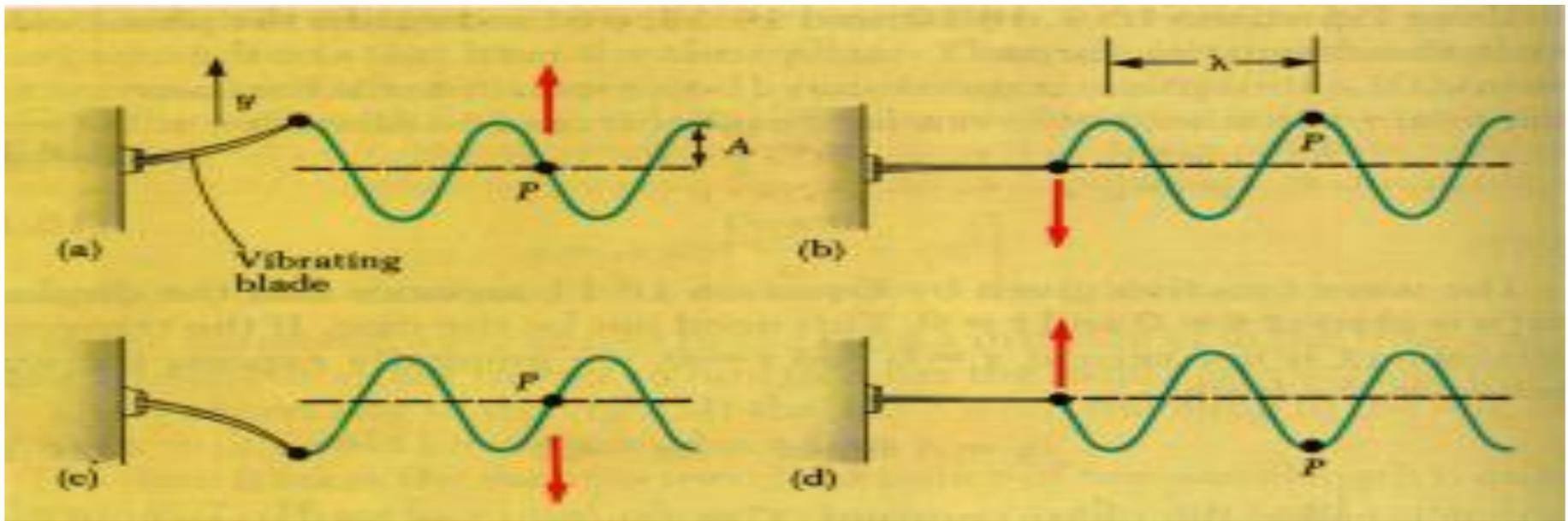
$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

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

$$\lambda = \pi \text{ m}$$

# Harmoni Gelombang





$$y = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - vt\right) \longrightarrow \text{Untuk Gelombang yang Menjalar ke kanan}$$

$$v = \lambda/T \quad \text{atau} \quad \lambda = vT$$

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

$$k \equiv 2\pi/\lambda$$

$$\omega \equiv 2\pi/T$$

$$\left. \begin{array}{l} y = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right) \\ k \equiv 2\pi/\lambda \\ \omega \equiv 2\pi/T \end{array} \right\} \longrightarrow y = A \sin(kx - \omega t)$$

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

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

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

# Efek Doppler

bila sumber bunyi dan pengamat saling bergerak relative satu terhadap lainnya (mendekati atau menjauhi) maka frekuensi yang diterima pengamat **tidak sama** dengan frekuensi yang dipancarkan oleh sumber.

# Contoh

- Gelombang P suatu gempa bumi yang merambat  $8.0 \text{ km/s}$  menabrak perbatasan antara dua jenis materi di dalam perut bumi. Jika Gelombang tsb. mendekati perbatasan dengan sudut datang  $50(\text{degree})$  dan sudut bias  $31(\text{degree})$ , berapa laju di medium-2?
- Gelombang air mendekati lapisan dibawah air di mana kecepatan berubah dari  $2.8 \text{ m/s}$  menjadi  $2.1 \text{ m/s}$ . Jika puncak gelombang datang membuat sudut  $34(\text{degree})$  dengan lapisan tsb, berapa sudut biasnya?

# Contoh

- Satu blok jelli terletak di piring kafetaria. Anda mendorongnya ke samping kemudian anda lepaskan. Jelli terpantul kembali dan mulai bergetar. Dengan analogi untuk massa yg bergetar pada pegas, perkirakan frekuensi getaran ini, jika diketahui bahwa modulus geser jelli adalah  $520 \text{ N/m}^2$  dan massa jenisnya  $1300 \text{ kg/m}^3$