

# Sifat Mekanik Bahan

- Massa Jenis dan Berat Jenis
- Konsep Elastisitas Material
- Kekuatan Material/Bahan





# Massa dan Ukuran Bahan

Sifat intrinsik paling fundamental dari setiap material adalah massa dan ukurannya (panjang, luas, volume).

Material berbeda bisa jadi punya massa yang sama namun ukurannya yang berbeda. Sebaliknya, bisa juga ukurannya sama, namun massanya yang jadi berbeda.

Salah satu besaran fisika yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi suatu material adalah **massa jenis** (istilah lainnya: **rapat massa**)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$m$  : massa material (kg)

$V$  : volume material ( $\text{m}^3$ )

$\rho$  dibaca "rho": massa jenis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

# Massa Jenis dan Berat Jenis

Massa jenis:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$m$  : massa material (kg)

$V$  : volume material ( $\text{m}^3$ )

$\rho$  dibaca "rho": massa jenis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Satuan CGS dari massa jenis adalah  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

$$1 \text{ gr}/\text{cm}^3 = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Berat jenis:

$$\rho_g = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g$$

$m \cdot g$  : berat material (N)

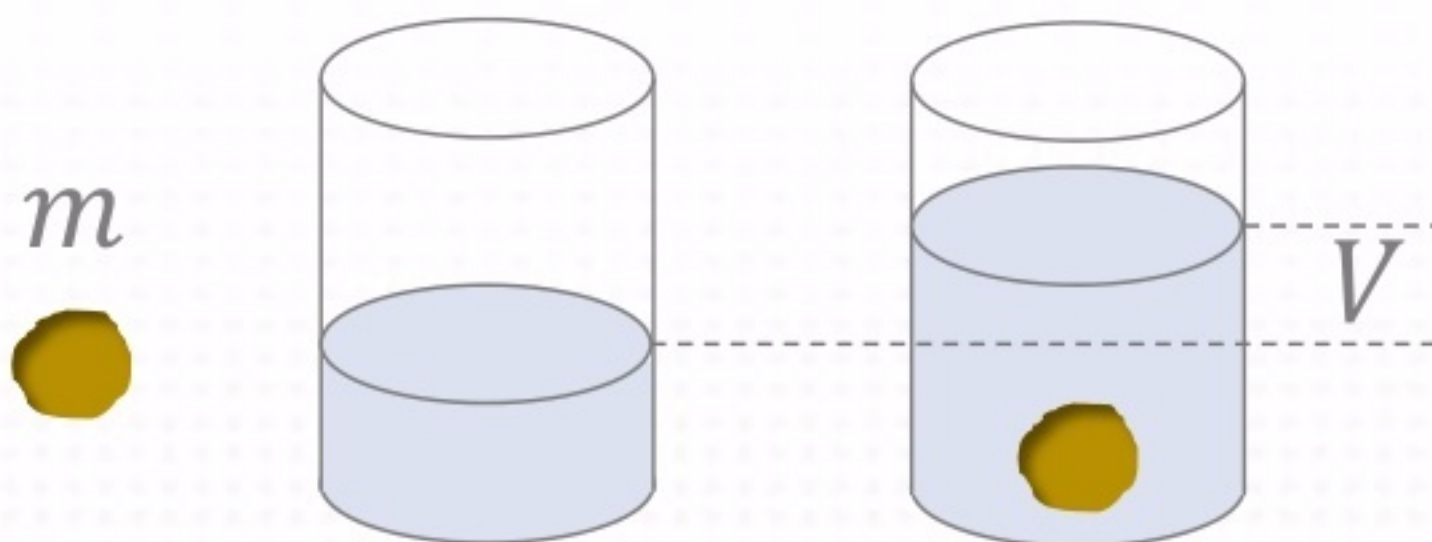
$V$  : volume material ( $\text{m}^3$ )

$\rho_g$  : berat jenis ( $\text{N}/\text{m}^3$ )



## Mengukur Massa Jenis

Ukurlah massa jenis beberapa material seperti batu, potongan besi/baja, dan bahan-bahan lain dengan memanfaatkan gelas ukur, air ledeng, dan timbangan.



### Pertanyaan:

Apakah benda yang satu dengan benda yang lain mempunyai massa jenis yang sama ?

Jika ada dua benda yang sama, tetapi mempunyai massa yang berbeda, apakah kedua benda tersebut mempunyai massa jenis yang sama?

## Contoh Soal #1

Sebuah kawat besi panjangnya 10 meter dan diameternya 0,7 cm. Jika massa jenis besi  $7.900 \text{ kg/m}^3$ , hitunglah massa kawat dan berat jenis kawat tersebut.

**Jawab:**

Menghitung massa dari rumus massa jenis:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \quad \text{Volume kawat dengan asumsi bentuk silinder (tabung)}$$
$$V_{\text{kawat}} = \pi R^2 \cdot p = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \cdot p = 3,14 \times \left( \frac{0,007 \text{ m}}{2} \right)^2 \times 10 \text{ m}$$
$$= 3,14 \times 12,25 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 10 \text{ m} = 3,85 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 7,9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 3,85 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \approx \mathbf{3,04 \text{ kg}}$$

$$\text{Berat jenis: } \rho_g = \rho \cdot g = 7900 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = \mathbf{79.000 \text{ N/m}^3}$$



# Elastisitas Bahan

**Elastisitas:** Kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan pada benda itu dihilangkan.

Namun, benda-benda yang elastis pun punya batas elastisitas. Contoh: Karet diregangkan terus menerus, suatu saat tidak akan mampu lagi diregangkan sehingga jika diregangkan terus akan putus.





# Tegangan (*Stress*)

Sebatang benda yang mempunyai luas penampang  $A$  dan mengalami gaya tarik  $F$  pada salah satu atau kedua ujungnya, benda tersebut akan mengalami **tegangan**.



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

$F$  : gaya luar (N)

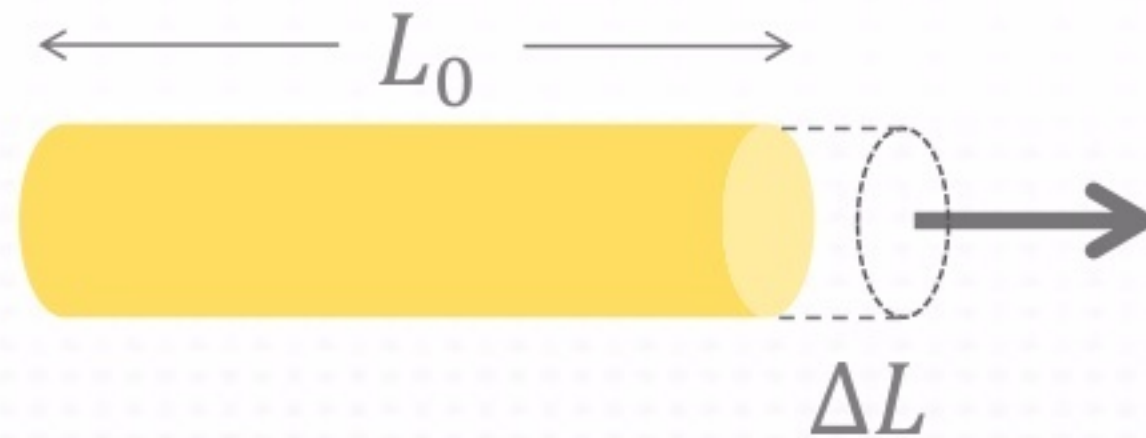
$A$  : luas permukaan yg ditarik ( $\text{m}^2$ )

$\sigma$  : tegangan ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

Catatan: Untuk menghitung luas permukaan benda perlu disesuaikan dengan bentuk penampang benda.

# Regangan (*Strain*)

Regangan adalah perubahan relatif ukuran benda yang mengalami tegangan diukur dari keadaan semula.



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

$\Delta L$  : perubahan panjang (m)

$L_0$  : panjang awal (m)

$\epsilon$  : regangan (tak berdimensi)

Catatan: Regangan tak berdimensi karena satuan panjang dibagi dengan satuan panjang.

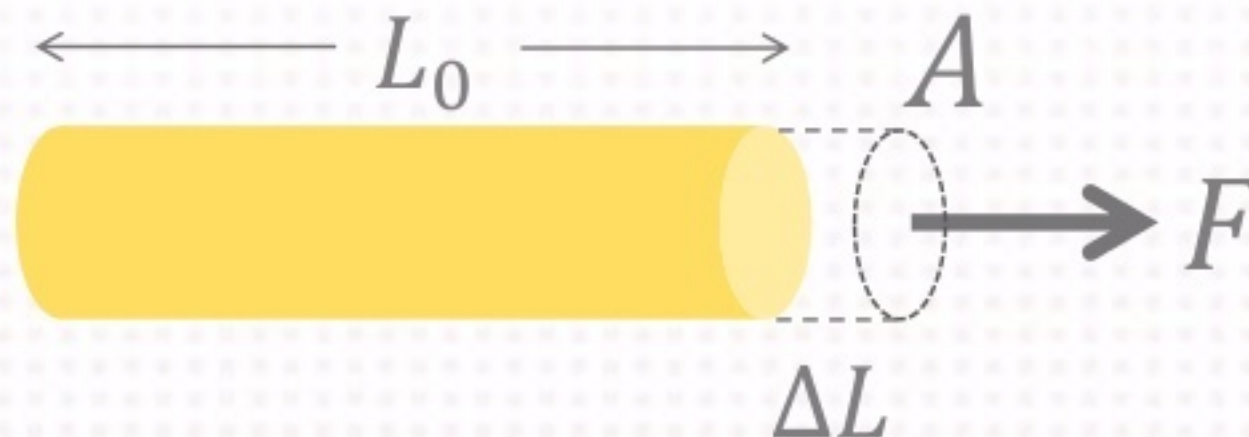


# Modulus Elastisitas (Modulus Young)

Modulus elastisitas adalah ukuran elastisitas suatu material, didefinisikan sebagai perbandingan tegangan dan regangan

$$Y = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot \Delta L}$$

Satuan modulus elastisitas (modulus Young) adalah  $\text{N/m}^2$



## Contoh Soal #2

Dalam suatu pengujian terhadap baja, diperoleh data bahwa ketika baja tersebut ditarik dengan gaya 4.104 N, baja mengalami pertambahan panjang 1,125 cm. Jika panjang awal baja 50 m dan luas penampangnya 8 cm<sup>2</sup>, tentukan:

- Tegangan baja tersebut:  $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4104}{0,0008} = 5.130.000 \text{ N/m}^2$
- Regangan baja tersebut:  $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{0,01125}{50} = 0,000225$
- Modulus elastisitas baja:  $Y = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{5,13 \times 10^6}{2,25 \times 10^{-4}} = 2,28 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

Apakah modulus elastisitas baja bernilai tetap untuk semua bahan baja yang sama? Jawab: **Ya, tetap sama.**

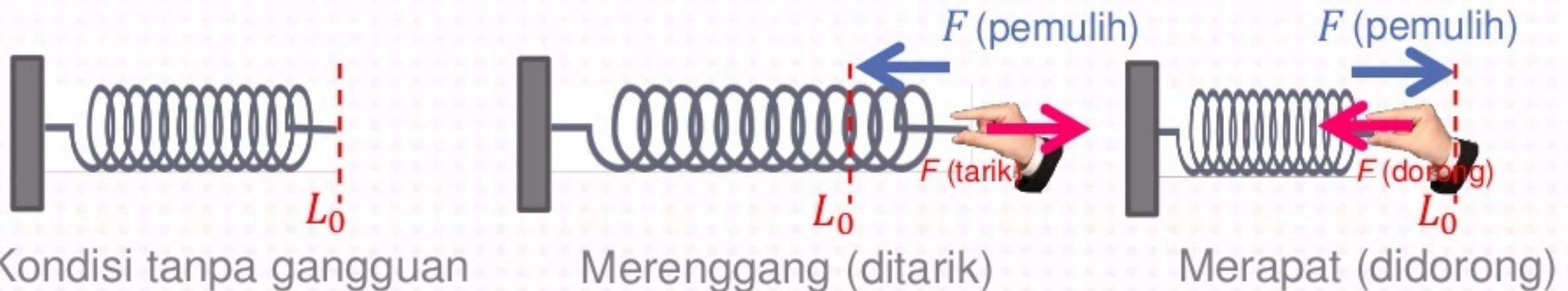


# Pegas di sekitar kita



Konsep pegas memiliki peranan penting dalam sains, teknik, dan dalam kehidupan sehari-hari

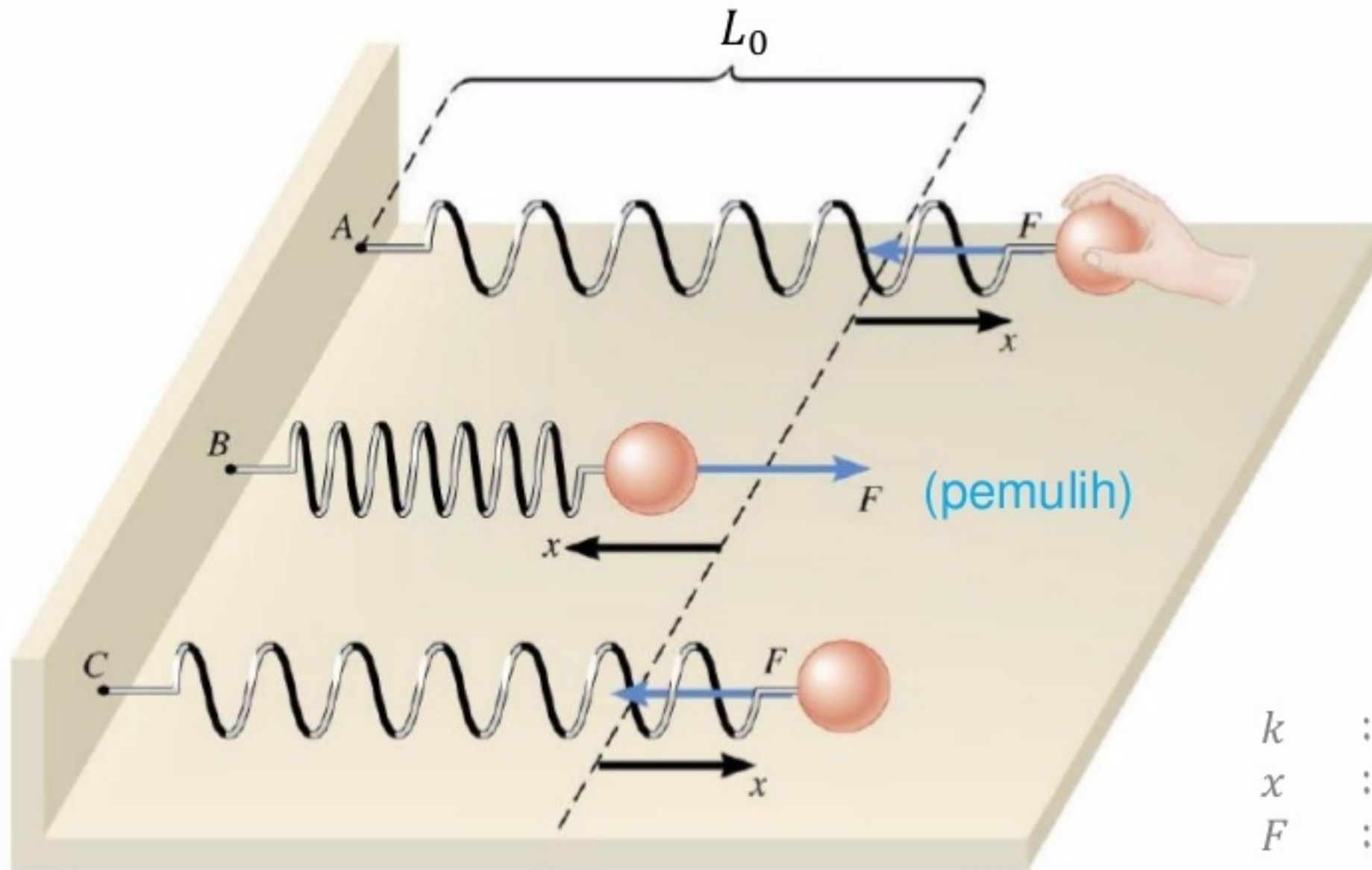
**Model pegas sederhana dalam fisika:**



Pegas yang diberi gangguan sehingga merenggang atau merapat akan mengalami **gaya pemulih** yang arahnya selalu menuju titik keseimbangan mula-mula.



# Hukum Hooke



Besar gaya pemulih  
(hukum Hooke):

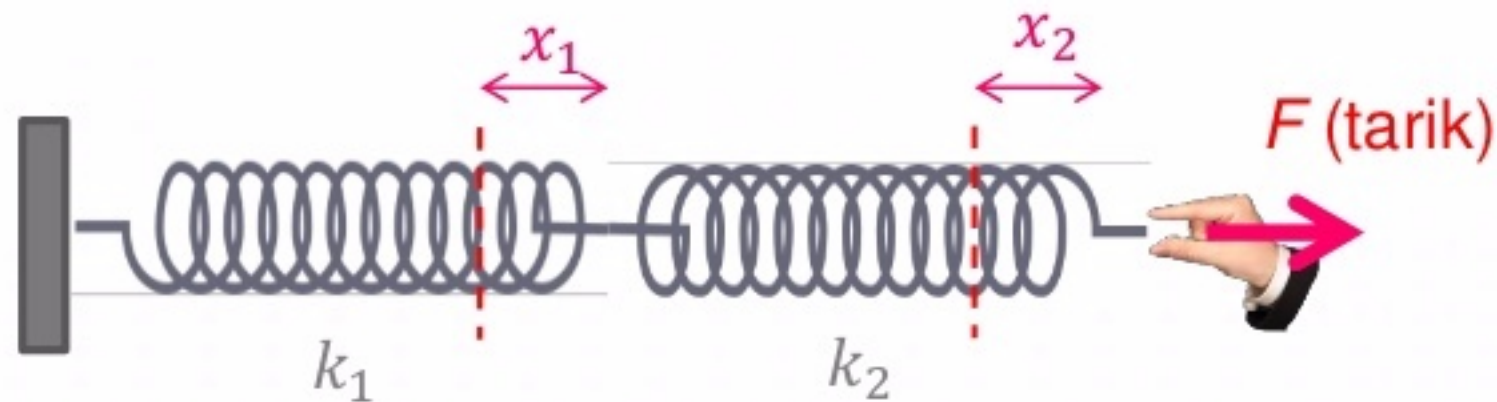
$$F = k x$$

$k$  : konstanta pegas (N/m)  
 $x$  : simpangan pegas (m)  
 $F$  : gaya pemulih (N)

Besar gaya pemulih pada pegas sebanding dengan gangguan atau simpangan yang diberikan pada pegas.



# Susunan Pegas Secara Seri



Prinsip rangkaian pegas seri:

Seluruh pegas menerima gaya yang sama  $F = k_1 x_1 = k_2 x_2$

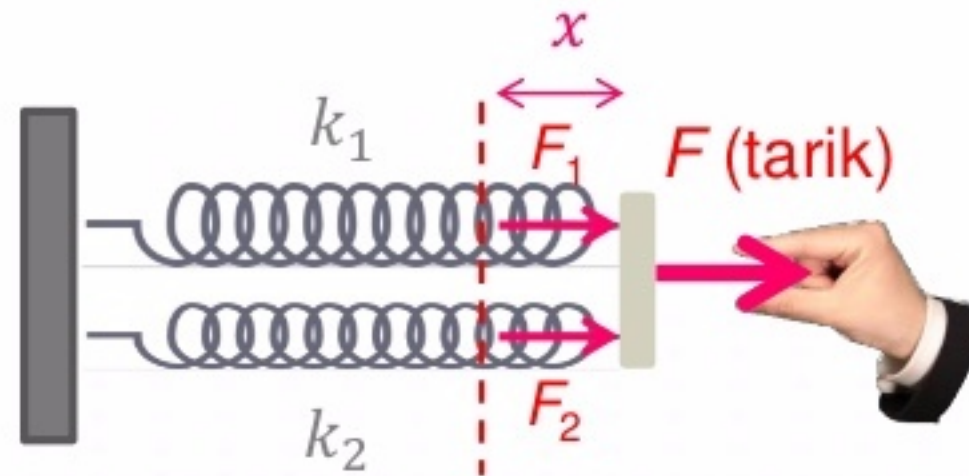
Pertambahan panjang total:  $x_s = x_1 + x_2$

Konstanta pegas keseluruhan dapat dihitung:

$$x_s = x_1 + x_2 \quad \longrightarrow \quad \frac{\cancel{F}}{k_s} = \frac{\cancel{F}}{k_1} + \frac{\cancel{F}}{k_2} \quad \longrightarrow \quad \frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Jika ada lebih banyak pegas:  $\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}$   $n$ : jumlah pegas

# Susunan Pegas Secara Paralel



Prinsip rangkaian pegas paralel:

Seluruh pegas mengalami simpangan yang sama  $x_p = x_1 = x_2 = x$

Gaya total terdistribusi pada setiap pegas:  $F_p = F_1 + F_2$

Konstanta pegas keseluruhan dapat dihitung:

$$F_p = F_1 + F_2 \quad \longrightarrow \quad \cancel{k_p x} = \cancel{k_1 x} + \cancel{k_2 x} \quad \longrightarrow \quad k_p = k_1 + k_2$$

Jika ada lebih banyak pegas:  $k_p = k_1 + k_2 + \dots + k_n$

$n$ : jumlah pegas



## Latihan

1. Tiga buah pegas disusun seri, setiap pegas memiliki konstanta pegas sebesar  $1.200 \text{ N/m}$ ,  $600 \text{ N/m}$ , dan  $400 \text{ N/m}$ . Ketiga pegas tersebut diberi gaya sebesar  $40 \text{ N}$ . Berapakah konstanta pegas total sistem tersebut? Berapa pertambahan panjang dari masing-masing pegas?
2. Dua buah pegas disusun secara paralel. Setiap pegas memiliki konstanta pegas  $200 \text{ N/m}$  dan  $300 \text{ N/m}$ . Jika pada susunan paralel pegas tersebut diberi gaya berat sebesar  $20 \text{ N}$ , berapakah pertambahan panjang pegas tersebut?