

## SIFAT MEKANIK BAHAN DAN SIFAT ELASTISITAS BAHAN

### Pengertian Elastisitas

“Dalam ilmu fisika, Elastisitas yakni kecenderungan suatu bahan padat untuk kembali ke bentuk semula setelah terdeformasi”

Benda padat akan mengalami deformasi saat gaya diaplikasikan padanya. Apabila bahan tersebut elastis, maka benda itu akan kembali ke bentuk dan ukuran awalnya ketika gaya yang mengenainya dihilangkan.

Dalam fisika untuk perilaku elastis bisa berbeda pada bahan yang berbeda. Pada logam, kisi (*lattice*) atom berubah ukuran serta bentuknya ketika kerja diaplikasikan (energi ditambahkan pada sistem).

Sedangkan ketika gaya dihilangkan, kisi-kisi kembali ke dalam keadaan energi asli yang lebih rendah. Untuk karet dan polimer lain, elastisitas disebabkan dengan peregangan rantai polimer ketika kerja diaplikasikan.

### Besaran-Besaran Elastisitas Fisika

#### a. Tegangan (stress)

Tegangan yakni besarnya gaya yang bekerja terhadap suatu permukaan benda persatuan luas.

Tegangan dirumuskan sebagai berikut ini :

$$\text{tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{satuan luas}} \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A}$$

#### b. Regangan (strain)

Regangan yakni pertambahan panjang yang terjadi pada benda karena pengaruh gaya luar per panjang mula-mula benda itu sebelum gaya luar bekerja padanya. Regangan dirumuskan seperti berikut ini.

$$\text{regangan} = \frac{\Delta \text{ panjang}}{\text{panjang awal}} \text{ atau } e = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Karena regangan merupakan perbandingan dari dua besaran yang sejenis maka regangan hanya seperti koefisien (tidak punya satuan)

#### c. Mampatan

Mampatan hampir sama dengan regangan. Perbedaannya, regangan bisa terjadi karena gaya tarik yang mendorong molekul benda terdorong keluar. Sementara mampatan bisa terjadi karena gaya yang membuat molekul benda masuk ke dalam (memampat).

#### d. Modulus Elastis (Modulus Young)

Modulus young yakni perbandingan antara tegangan dengan regangan.

Rumusnya seperti berikut :

$$\text{Modulus Elastis} = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}} \text{ atau } E = \frac{\sigma}{e}$$

Apabila di uraikan rumus tegangan dan regangan di dapat persamaan yaitu :

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta l}{l_0}} = \frac{F \cdot l_0}{A \cdot \Delta l}$$

## Hukum Hooke

Di tahun 1678, **Robert Hooke** menyatakan jika pegas ditarik dengan suatu gaya tanpa melampaui batas elastisitasnya, pada pegas akan bekerja gaya pemulih yang setara dengan simpangan benda dari titik seimbangannya namun arahnya berlawanan dengan arah gerak benda. Pernyataan tersebut dikenal dengan hukum Hooke. Secara matematis, hukum Hooke dinyatakan sebagai berikut ini.

$$F_p = -k \Delta x$$

Tanda negatif(-) yang terdapat pada hukum Hooke bermakna bahwa gaya pemulih pada pegas selalu berlawanan dengan arah simpangan pegas. Tetapan pegas (k) menyatakan ukuran kekakuan pegas. Pegas didapatkan kaku memiliki nilai (k<sub>0</sub>) yang besar, sementara pegas lunak memiliki (k) kecil.

Tetapan Gaya pada Benda Elastis

Modulus Young dirumuskan sebagai berikut.

$$Y = \frac{F \ell_0}{A \Delta \ell}$$

Pada persamaan di atas, besarnya gaya yang bekerja pada benda dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$F = \frac{YA}{\ell_0} \Delta \ell$$

Berdasarkan Hukum Hooke, besar gaya pemulih pada pegas sebesar **F = -k Δx** atau **F = -k Δℓ** Dengan begitu, konstanta gaya pada benda elastis dapat dirumuskan seperti berikut.

$$K = \frac{YA}{\ell_0}$$

## Hukum Hooke untuk Susunan Pegas

Sebuah pegas diberi gaya akan dapat mengalami penambahan panjang sesuai gaya yang diberikan.

Bagaimana jika pegas yang diberi gaya berupa susunan pegas lebih dari 1 ? Berbagai macam susunan pegas antara lain seperti berikut ini.

$$F_p = -k \Delta x$$
$$\Delta k = -\frac{F_p}{k}$$

Pertambahan panjang pegas yang disusun seri adalah jumlah pertambahan panjang ke2 pegas. Maka, tetapan pegas yang disusun seri dihitung:

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$$
$$\Delta x = \frac{F_p}{k_1} + \frac{F_p}{k_2}$$
$$\Delta x = F_p \left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)$$
$$\Delta x = F_p \left( \frac{1}{K_{seri}} \right)$$
$$\frac{1}{K_{seri}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Jadi, ketetapan pegas yang disusun seri dihitung seperti berikut:

$$\frac{1}{K_{\text{seri}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots \dots \dots$$

### susunan parallel pegas

Gaya  $mg$  digunakan menarik kedua pegas sehingga pertambahan panjang kedua pegas sama.

$$\begin{aligned} F_p &= F_{p1} + F_{p2} \\ K_p \Delta x &= k_1 \Delta x + k_2 \Delta x \\ K_p \Delta x &= (k_1 + k_2) \Delta x \end{aligned}$$

### Energi Potensial Pegas

*“Energi potensial pegas yakni merupakan kemampuan pegas untuk kembali ke bentuk awal”*

Suatu usaha yang dilakukan untuk menarik pegas atau besarnya energi potensial pegas agar kembali ke bentuk semula. Besarnya energi potensial pegas dihitung dengan langkah-langkah seperti berikut.

$$\begin{aligned} W &= E_p = \text{luas segitiga yang diarsir} \\ &= \frac{1}{2} F \Delta k \\ &= \frac{1}{2} \Delta x (k) \Delta x \\ &= \frac{1}{2} k \Delta x^2 \end{aligned}$$

### Contoh Soal Elastisitas

1. Terdapat kawat logam dengan diameter 1,4 mm dan panjang 60 cm digantungi beban bermassa 100 gram. Kawat tersebut bertambah panjang 0,3 mm. Jika percepatan gravitasi bumi sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$ , hitunglah:

- tegangan,
- regangan
- modulus Young bahan.

#### Penyelesaian:

Diketahui

$$d = 1,4 \text{ mm}$$

$$r = 0,7 \text{ mm} = 7 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\ell_0 = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$\Delta \ell = 0,3 \text{ mm} = 3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Ditanyakan :

- $\delta$
- $e$
- $Y$

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 \text{a. } \delta &= \frac{F}{A} = \frac{mg}{\pi r^2} = \frac{(0,1 \text{ kg})(9,8 \text{ ms}^2)}{\left(\frac{22}{7}\right)(7 \times 10^{-4} \text{ m})^2} \\
 &= 6,36 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\
 \text{b. } e &= \frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{3 \times 10^{-4} \text{ m}}{0,6 \text{ m}} = 5 \times 10^{-4} \\
 \text{c. } Y &= \frac{\delta}{e} = \frac{6,36 \times 10^5}{5 \times 10^{-4}} = 1,272 \times 10^9 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Sebuah pegas memiliki panjang 50 cm ketika digantung secara vertikal. Ketika diberi beban seberat 30 N, pegas bertambah panjang sampai 55 cm. Pertanyaannya, berapakah konstanta pegas dan panjang pegas ketika ditarik gaya sebesar 45 N?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$X_0 = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$X_1 = 55 \text{ cm} = 0,55 \text{ m}$$

$$F_1 = 30 \text{ N}$$

$$F_2 = 45 \text{ N}$$

Ditanyakan :

a. K

b.  $X_2$

Jawab:

$$F = k \Delta x$$

$$\begin{aligned}
 \text{a. } k &= \frac{F}{\Delta x} = \frac{F_1}{\Delta X_1} \\
 &= \frac{30 \text{ N}}{(0,5 \text{ m} - 0,55 \text{ m})}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } \Delta x &= \frac{F}{k} = \frac{45 \text{ N}}{600 \frac{\text{N}}{\text{m}}} \\
 &= 0,075 \text{ m} = 7,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$x_2 = x_0 + \Delta x = 50 \text{ cm} + 7,5 \text{ cm} = 57,5 \text{ cm}$$

3. Sebuah kawat memiliki panjang 1 meter ditarik dengan gaya 4 N. Adapun luas penampang kawat itu 2 mm<sup>2</sup> dan modulus elastisitasnya 10<sup>10</sup> N/m<sup>2</sup>. Hitunglah pertambahan panjang kawat akibat gaya yang diberikan!

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$Y = 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$A = 2 \text{ mm}^2 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\ell = 1 \text{ m}$$

$$F = 4 \text{ N}$$

Ditanyakan =  $\Delta \ell$

Jawab:

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{F \ell}{A \Delta \ell} \\
 \Delta \ell &= \frac{F \ell}{A Y} \\
 &= \frac{(4 \text{ N})(1 \text{ m})}{\left(10^{10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)(2 \times 10^{-6} \text{ m}^2)} \\
 &= 2 \times 10^{-4} \text{ m} \\
 &= 0,2 \text{ mm} \\
 \Delta \ell &= 0,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi penambahan kawat sepanjang 0,22 mm.

4. Sebuah pegas mempunyai panjang 20 cm. Apabila modulus elastisitas pegas 40 N/m<sup>2</sup> dan luas ketapel 1 m<sup>2</sup>. berapa besar gaya yang dibutuhkan agar pegas bertambah panjang sampai 5 cm !

Diketahui :

Lo : 20 cm

E : 40 N/m<sup>2</sup>

A : 1 m<sup>2</sup>

ΔL : 5 cm

Ditanyakan :

F . . . . ?

Jawab :

E : σ/e

E : (F / A ) / (ΔL / Lo)

40 N/m<sup>2</sup> : (F / 1 m<sup>2</sup>) / (5cm/20 cm)

40 N/m<sup>2</sup> : ( F/ 1 m<sup>2</sup> ) / ¼

160 N/m<sup>2</sup> : (F/1 m<sup>2</sup>)

F : 160 N

5. Terdapat Kawat A dan B dan terbuat dari bahan yang sama. Kawat A memiliki diameter 3 kali diameter kawat B dan memiliki panjang 2 kali panjang B. Pertanyaannya, Berapakah perbandingan antara tetapan gaya kawat A dan B tersebut?

**Penyelesaian:**

Diketahui :

Kawat terbuat dari bahan yang sama sehingga  $Y_A = Y_B = Y$

$D_A = 3 D_B$

$\ell_A = 2 \ell_B$

Ditanyakan :  $K_A : K_B$

Jawab :

$$\begin{aligned}
 \frac{K_A}{K_B} &= \frac{Y_A \frac{A_A}{\ell_A}}{Y_B \frac{A_B}{\ell_B}} \\
 &= \frac{Y \frac{1}{4} \pi (3D_B)^2}{2 \ell_B} = \frac{9}{2}
 \end{aligned}$$

Jadi, perbandingan antara kawat A dan B adalah 9 : 2.