

## LANDASAN TEORI

### PENDAHULUAN



Gambar 1. Karet gelang dan pegas

Apa yang ada di pikiran Anda ketika melihat gambar disamping?

Pernahkah kalian menarik pegas atau karet? Apa yang terjadi jika benda tersebut ditarik?

Pernah

Tidak pernah

Manakah benda yang memiliki sifat elastis?

Karet

Plastisin

Pegas

Plastik

Manakah benda yang memiliki sifat plastis?

Karet

Plastisin

Pegas

Plastik

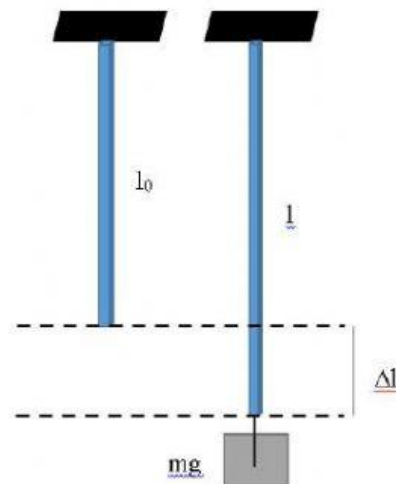
### ELASTISITAS

**Elastisitas merupakan** kemampuan benda untuk kembali ke bentuk semula setelah gaya luar pada benda tersebut dihilangkan. Nah, ketika karet atau pegas ditarik maka akan meregang sesuai dengan besar gaya tarik yang diberikan. Kemudian jika gaya dilepaskan karet atau pegas tersebut akan kembali ke bentuk semula. Inilah yang dinamakan **sifat elastis**.

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak dijumpai benda yang bersifat elastis seperti pegas, per pada kasur, ketapel, karet gelang, *shock* kendaraan, dan masih banyak lagi. Pada dasarnya, semua benda dapat mengalami perubahan bentuk (deformasi) apabila ada gaya yang mengenainya. Namun, ada benda yang bisa kembali ke bentuk semula dan ada juga benda yang berubah bentuk menjadi bentuk baru. Jika gaya yang diberikan terlalu besar dan melewati titik maksimalnya maka benda akan rusak atau patah atau mengalami fraktur.

Benda yang tidak dapat kembali ke bentuk semula dan mudah patah jika dilengkungkan disebut sebagai benda yang **bersifat plastis**. Contoh dari benda plastis adalah keramik dan kaca yang mudah patah.

Pegas yang ditarik akan mengalami pertambahan panjang sebesar  $\Delta l$ . Pertambahan panjang  $\Delta l$  disebabkan karena adanya (1) gaya  $F$  yang diberikan, (2) materi penyusunnya, serta (3) dimensi benda (yang dinyatakan dalam  $k$ ). Benda yang dibentuk oleh materi yang berbeda (misalnya besi dan karet) akan memiliki pertambahan panjang yang berbeda walaupun diberi gaya yang sama. Jika dibandingkan dengan batang yang terbuat dari materi yang sama (misalnya besi) tetapi memiliki panjang dan luas berbeda, maka ketika diberikan gaya yang sama besar pertambahan panjang sebanding dengan panjang mula-mula dan berbanding terbalik dengan luas penampang. Semakin panjang suatu benda, maka semakin besar pula pertambahan panjangnya. Sebaliknya semakin tebal benda maka semakin kecil pertambahan panjangnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hukum Hooke

Dari gambar diatas disimpulkan bahwa besarnya pertambahan panjang  $\Delta l$  sebanding dengan gaya berat ( $F = m g$ ). Sehingga dapat dituliskan persamaannya yaitu sebagai berikut

$$F = k \Delta l \quad (1.1)$$

Dimana,

$k$  = konstanta pembanding

$\Delta l$  =  (m)

$F$  = gaya (N)

Persamaan diatas disebut sebagai **Hukum Hooke**. Dinamakan sebagai hukum Hooke dikarenakan penemu dari hukum ini adalah Robert Hooke.

Hukum Hooke merupakan suatu pendekatan untuk kebanyakan materi atau bahan, tetapi hanya sampai batas tertentu. Jika diberi tegangan yang cukup besar bisa jadi apabila tegangan tersebut dihilangkan benda tidak dapat kembali ke bentuk semula. Artinya panjang pegas menjadi lebih pendek dari panjang semula. Jika diberi tarikan yang terlalu besar maka apabila tarikan tersebut dihilangkan benda menjadi lebih panjang dari biasanya. Apabila pegas mengalami hal yang demikian maka pegas telah melewati batas elastisitasnya. Grafik hubungan gaya terhadap pertambahan pegas dapat dilihat pada Gambar 3.

#### Tokoh Fisika

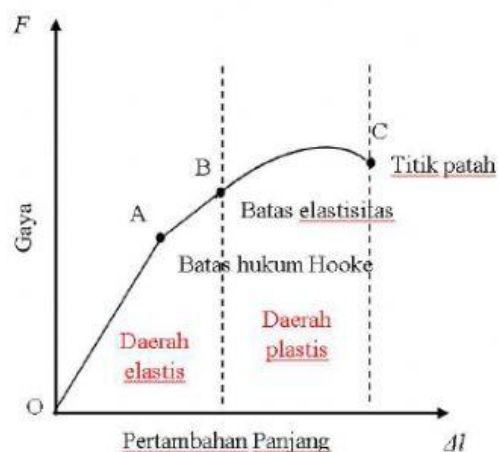


Gambar 2. Robert Hooke

Robert Hooke merupakan seorang fisikawan kebangsaan Inggris yang lahir pada tanggal 28 Juli 1635 dan wafat pada 3 Maret 1703.

Penemuan Hooke antara lain:

- Hukum hooke mengenai pegas
- Mikroskopi
- Penerapan istilah sel



Gambar 3. Grafik hubungan gaya terhadap pertambahan panjang

Gambar diatas menunjukkan bahwa garis OA merupakan grafik gaya  $F$  sebanding dengan pertambahan panjang  $\Delta l$ . Ketika gaya  $F$  diperbesar sampai melewati titik A, maka garis pada grafik sudah berbeda dari garis sebelumnya. Hal ini disebabkan karena batas linieritas pegas sudah terlampaui, namun pegas masih dapat kembali ke bentuk semula. Oleh karena itu, daerah O sampai B disebut sebagai daerah elastis.

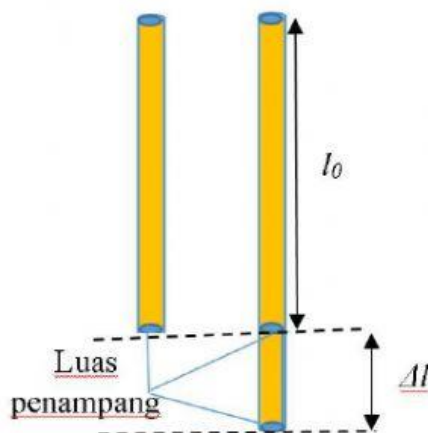


Apabila gaya  $F$  semakin diperbesar hingga melewati titik B, maka batas elastisitas sudah terlampaui. Akibatnya setelah gaya  $F$  dihilangkan, pegas tidak bisa kembali ke bentuk semula (sifat plastis). Jika gaya diperbesar lagi sampai titik C, maka pegas akan rusak atau patah atau mengalami fraktur.

## TEGANGAN

Mari kita tinjau batang penghapus yang terbuat dari karet. Apa yang terjadi jika batang penghapus ditarik, ditekan, atau digeser ujungnya? Tentunya batang penghapus akan berubah bentuk. Dan jika tarikan dihentikan maka batang penghapus akan kembali ke bentuk semula.

Benda padat yang dipengaruhi gaya luar misalnya benda ditarik, ditekan, atau digeser akan menyebabkan perubahan bentuk benda. Benda yang diberikan gaya  $F$  maka molekul pembentuk benda akan memberikan gaya reaksi untuk melawan gaya luar tersebut. Besarnya gaya yang diberikan oleh molekul per satuan luas benda disebut **tegangan atau stress**. Tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada luas penampang benda, seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Pertambahan panjang karena luas penampang

Tegangan di beri symbol ( $\sigma$ ). Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

(1.2)

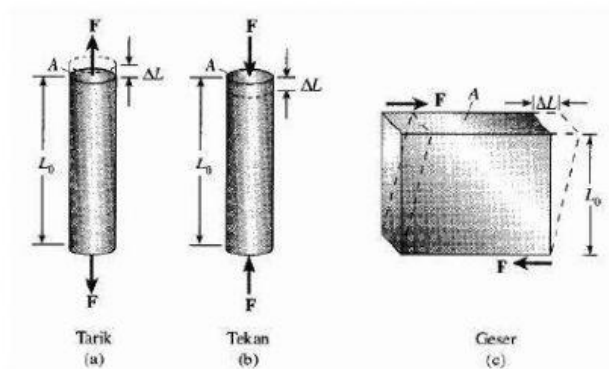
Keterangan:

$F$  =  (N)

$A$  =

$\sigma$  = tegangan

Tegangan yang diberikan pada benda menyebabkan benda tersebut berubah bentuk dan ukuran. Hal ini disebabkan oleh arah gaya yang dikenakan pada benda, terbagi menjadi tiga jenis yaitu tegangan tarik, tegangan tekan, dan tegangan geser.



Gambar 5. Jenis tegangan

Batang memiliki panjang awal  $l_0$  kemudian diberi gaya  $F$  untuk menghasilkan tegangan tarik maka pertambahan panjang batang adalah sebesar  $\Delta l$ . Sebaliknya jika batang diberi gaya  $F$  untuk menghasilkan tegangan tekan maka pertambahan panjang batang bernilai negative atau pengurangan panjang batang adalah  $\Delta l$ . Pada pembahasan ini lebih memfokuskan pada tegangan tarik.

## REGANGAN

Gaya yang bekerja pada batang menyebabkan benda meregang. Perubahan panjang per satuan panjang disebut **regangan atau strain**. Karena gaya  $F$  diberikan pada benda maka benda akan mengalami perubahan panjang sebesar  $\Delta l$ . Regangan didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang benda terhadap panjang mula-mula. Regangan dapat dirumuskan secara matematis sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

(1.3)

Dengan,  $\Delta l = l - l_0$

Keterangan:

$$\Delta l = \text{[ ] (m)}$$

$$l = \text{[ ] (m)}$$

$$l_0 = \text{[ ] (m)}$$

$\varepsilon$  = regangan

## MODULUS YOUNG

Modulus young sering disebut sebagai modulus elastisitas. Nama modulus Young disesuaikan dengan penemunya yaitu seorang ilmuwan Inggris pada abad ke 19 yang bernama Thomas Young. **Modulus Young atau modulus elastisitas** adalah besar gaya yang bekerja pada luas penampang tertentu untuk meregangkan suatu benda. Dengan kata lain, modulus young dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan dan regangan pada benda. Semakin besar modulus young, maka semakin besar pula tegangan yang diperlukan untuk meregangkan benda. Secara matematis, modulus young dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

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

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

(1.4)

Keterangan: F = gaya [ ]

A = luas penampang [ ]

$l_0$  = panjang awal benda [ ]

$\Delta l$  = pertambahan panjang benda [ ]

E = modulus young atau modulus elastisitas [ ]

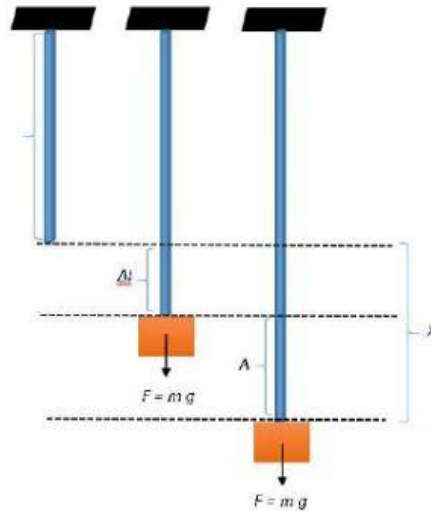
### Tokoh Fisika



Gambar 6. Thomas Young

Thomas Young adalah seorang *polymath* asal Inggris. Beliau lahir pada 13 Juni 1773 dan wafat pada 10 Mei 1829. Young terkenal karena berhasil menguraikan *hierogif* Mesir, yang selanjutnya disempurnakan oleh *Jean-Francois Champollion*. Sebagai seorang *polymath*, ia juga menyumbangkan karya dalam bidang fisika dan fisiologi.

Berikut merupakan gambaran sebuah benda yang beresilasi pada pegas vertikal



Gambar 7. Beban pada pegas vertikal

Diketahui  $A = \frac{1}{4} \pi d^2$

Karet diberi beban dengan massa  $m$ , maka gaya yang terjadi pada karet adalah gaya berat sebesar  $F = mg$

Sehingga, diperoleh

$$E = \frac{F l_0}{\frac{1}{4} \pi d^2 \Delta l}$$

$$\Delta l = \frac{4 g l_0}{E \pi d^2} m \quad (1.5)$$

Perhatikan pada tali ke 2

$$F = k \Delta x$$

$$mg = k \Delta l$$

$$k = \frac{mg}{\Delta l} \quad (1.6)$$

Persamaan periode osilasi pegas

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

$$T^2 = \frac{4\pi^2 m}{mg / \Delta l}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 \Delta l}{g}$$



$$\Delta l = \frac{gT^2}{4\pi^2} \quad (1.7)$$

Persamaan 2.8 disubstitusikan ke persamaan 2.6

$$\begin{aligned} \frac{gT^2}{4\pi^2} &= \frac{4gl_0}{E\pi d^2}m \\ T^2Ed^2 &= 16\pi l_0m \\ E &= \frac{16\pi l_0m}{T^2d^2} \end{aligned} \quad (1.8)$$

Keterangan:

$l_0$  = panjang awal karet (m)

$m$  = massa beban (kg)

$T$  = periode osilasi (dari eksperimen tracker) (s)

$D$  = diameter karet (m)

$E$  = modulus elastisitas (N/m<sup>2</sup>)

Tabel 1. Nilai Modulus Elastisitas Berbagai Bahan (Giancolli, 2014)

Bahan	Modulus Elastisitas (10 <sup>9</sup> N/m <sup>2</sup> )
Alumunium	70
Kuningan	90
Beton	23
Tembaga	110
Timah hitam	16
Baja	200