

**SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2016**  
**MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN**  
**FISIKA**

**BAB IV**  
**MODULUS YOUNG**



**Prof. Dr. Susilo, M.S**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT**  
**JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN**  
**2016**

## BAB IV

### MODULUS YOUNG

#### 1.4 Materi Pokok: Modulus Young

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Menganalisis sifat elastisitas bahan dalam kehidupan sehari-hari

c. Uraian Materi Pembelajaran (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

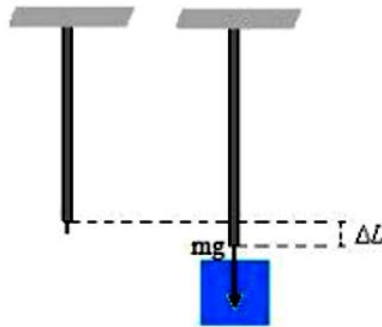
Menyimpulkan material yang memiliki koefisien elastisitas paling besar dari grafik hubungan antara gaya dan regangan dari berbagai bahan

#### 1.4. Modulus Young

Pada bagian ini akan dipelajari tentang efek gaya yang dikerjakan pada suatu benda. Pada umumnya benda akan berubah bentuknya karena bekerjanya gaya yang bekerja padanya. Jika gaya-gaya tersebut cukup besar, benda akan patah atau mengalami fraktur.

Berdasarkan kenyataan yang sering teramati, bahwa pertambahan panjang  $\Delta L$  suatu benda tergantung pada besarnya gaya  $F$  yang diberikan dan materi penyusun serta dimensi benda (dinyatakan dalam dimensi  $k$ ). Benda yang dibentuk oleh materi yang berbeda akan memiliki pertambahan panjang yang berbeda, walaupun diberi gaya yang sama, misalnya tulang dan besi. Demikian juga, walaupun sebuah benda terbuat dari materi yang sama (besi misalnya), tetapi memiliki panjang dan luas penampang yang berbeda, maka benda tersebut akan mengalami pertambahan panjang yang berbeda pula, sekalipun diberi gaya yang sama. Jika kita bandingkan batang yang terbuat dari materi yang sama tetapi memiliki panjang dan luas yang berbeda, ketika diberikan gaya yang sama besar pertambahan panjang sebanding dengan panjang mula-mula dan

berbanding terbalik dengan dengan luas penampang. Makin panjang suatu benda, makin besar pertambahan panjangnya, sebaliknya semakin tebal benda, semakin kecil pertambahan panjangnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hukum Hooke:  $\Delta L$  sebanding dengan gaya yang diberikan

Eksperimen menunjukkan bahwa pertambahan panjang  $\Delta L$  sebanding dengan berat benda ( $mg$ ) atau gaya yang diberikan pada benda tersebut. Perbandingan tersebut, secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$F = k \Delta L \quad (1)$$

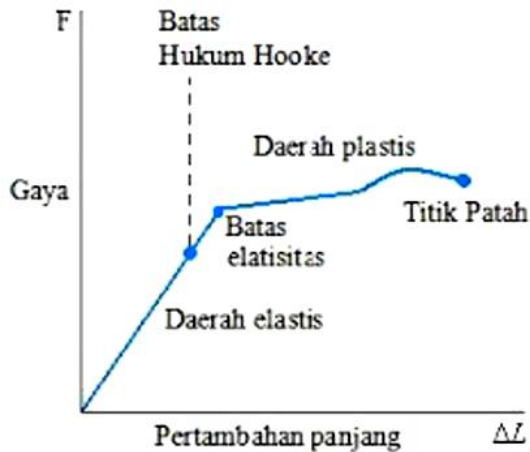
di mana

$F$  : gaya (berat) yang menari benda

$\Delta L$  : perubahan panjang

$k$  : konstanta pembanding

Persamaan (1) kadang disebut sebagai hukum Hooke, untuk menghormati penemu hukum ini, yaitu Robert Hooke (1635-1703). Persamaan (1) ini merupakan suatu pendekatan yang sesuai untuk kebanyakan materi atau bahan, tetapi hanya sampai pada suatu batas tertentu. Jika gaya terlalu besar, batang akan meregang terlalu besar dan tidak mau kembali ke keadaan semula, dan akhirnya jika gaya diperbesar lagi batang patah atau putus.



Gambar 2. Gaya yang diberikan terhadap pertambahan panjang untuk logam biasa.

Gambar 2 menunjukkan bahwa grafik pertambahan panjang dari gaya yang diberikan terhadap batang logam biasa. Pada mulanya kurva berupa garis lurus yang sesuai dengan persamaan  $F = k \Delta L$  (persamaan 1). Setelah melewati titik batas elastis, kurva menyimpang dari garis lurus sehingga tidak menjadi hubungan yang sederhana lagi antara  $F$  dan  $\Delta L$ . Perpanjangan maksimum dicapai pada titik patah. Daerah antara titik awal sampai titik batas elastis disebut dengan daerah elastis atau disebut juga daerah elastisitas, sedang daerah antara titik batas elastis sampai titik patah disebut dengan daerah plastis.

Selanjutnya bila beban (gaya) pada ujung batang tersebut dilepas, bila batang itu kembali ke bentuknya semula, maka batang atau benda demikian disebut benda elastis. Tetapi sebaliknya bila beban (gaya) pada ujung batang tersebut dilepas, dan bila batang itu tidak kembali ke bentuknya semula, maka benda demikian disebut sebagai benda plastis.

Setiap benda atau bahan mempunyai batas elastis yang berbeda-beda. Pengetahuan tentang batas elastisitas untuk bermacam-macam bahan sangat penting bagi para insinyur bangunan atau arsitek, karena penggunaan bahan yang tidak tepat, misalnya menggunakan bahan dengan elastisitas rendah, sangat membahayakan struktur bangunan. Kabel-kabel penahan pada jembatan-jembatan gantung memiliki batas elastisitas yang cukup besar, sehingga mampu menahan beban dan getaran-getaran. Gambar 3 menunjukkan jembatan Suromadu (menghubungkan Surabaya dan Madura)

yang merupakan jembatan terpanjang di Indonesia, menggunakan kabel-kabel penahan untuk membangun jembatan tersebut.

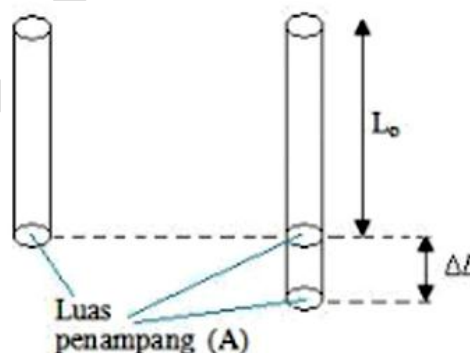


Gambar 3. Jembatan Nasional Suromadu dengan bahan kabel penahan dengan elastisitas besar.

(<http://bestananda.blogspot.co.id/2014/06/rekayasa-lalu-lintasjembatan.html>)

### 1. Tegangan dan Regangan

Jika diperhatikan ulang tentang Gambar 1, gambar tersebut menunjukkan bahwa besaran lain yang ikut menentukan pertambahan panjang sebuah benda yang ditarik adalah perbandingan antara gaya yang diberikan dengan luas penampang kawat atau batang, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pertambahan panjang karena luas penampang batang (A).

Perbandingan antara gaya dan luas penampang ini disebut dengan tegangan, atau gaya per satuan luas penampang, biasa diberi simbol  $\sigma$ . Secara matematis dapat ditulis sebagai:

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas penampang}}$$

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

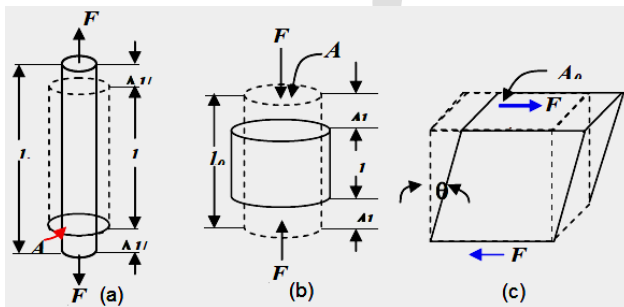
di mana:

$\sigma$  : tegangan (N/m<sup>2</sup>)

F : gaya (N)

A : luas penampang (m<sup>2</sup>)

Tegangan benda yang mengakibatkan pertambahan panjang (perubahan bentuk benda) yang disebabkan karena arah gaya pada benda, bisa dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tegangan tarik, tekan dan geser.

(Indarto, ganti dengan Bob F hal 31)

Sementara ini, tegangan geser tidak dibahas disini, Pada Gambar 5 bisa ditunjukkan tegangan tarik dan tegangan tekan. Panjang batang mula-mula adalah L, jika diberi gaya F untuk menghasilkan tegangan tarik, pertambahan (perubahan) panjang batang adalah  $\Delta L$ . Sedangkan jika diberi gaya F untuk menghasilkan tegangan tekan, pertambahan negatif atau pengurangan panjang batang adalah  $\Delta L$ . Perubahan panjang untuk tegangan tarik dan tegangan tekan bisa tidak sama, tetapi kenyataan ini menunjukkan bahwa perubahan

panjang tersebut tergantung pada panjang batang mula-mula  $L$ . Dari analisis ini didefinisikan perubahan panjang, yaitu regangan yang biasa diberi simbol  $\varepsilon$ .

$$\text{Regangan} = \frac{\text{perubahan panjang}}{\text{panjang mula - mula}}$$

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

di mana:

$\varepsilon$  : regangan (tak mempunyai satuan)

$\Delta L$  : perubahan panjang (m)

$L$  : panjang batang mula-mula (m)

Pada Tabel 1 ditunjukkan besar ketiga macam tegangan tarik, tekan dan geser untuk berbagai jenis bahan.

Tabel 1. Tegangan berbagai macam bahan

Bahan	Tegangan		
	Tarik (Nm <sup>-2</sup> )	Tekan (Nm <sup>-2</sup> )	Geser (Nm <sup>-2</sup> )
Besi	170x10 <sup>6</sup>	550x10 <sup>6</sup>	170x10 <sup>6</sup>
Baja	500x10 <sup>6</sup>	500x10 <sup>6</sup>	250x10 <sup>6</sup>
Kuningan	250x10 <sup>6</sup>	250x10 <sup>6</sup>	200x10 <sup>6</sup>
Aluminium	200x10 <sup>6</sup>	200x10 <sup>6</sup>	200x10 <sup>6</sup>
Kayu pinus	40x10 <sup>6</sup>	35x10 <sup>6</sup>	5x10 <sup>6</sup>

## 2. Modulus Elastik.

Berikut akan ditunjukkan hubungan antara pertambahan panjang  $\Delta L$  dengan gaya  $F$  dan konstanta  $k$ . Materi penyusun dan dimensi benda dinyatakan dalam konstanta  $k$ . Untuk materi penyusun yang sama, besar pertambahan panjang  $\Delta L$  sebanding dengan panjang benda mula-mula  $L$ , dan berbanding terbalik dengan luas penampang  $A$ . Tegangan diberikan pada materi dari arah luar, sementara regangan adalah tanggapan materi terhadap tegangan. Dari kasus sini, reaksi benda terhadap gaya yang diberikan dicirikan

oleh nilai suatu besaran yang disebut modulus elastik, biasa disebut juga dengan modulus Young (Y), dimana secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{Modulus elastik} = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}}$$

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

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad \text{atau}$$

$$\Delta L = \frac{L}{Y} \frac{F}{A} \quad \text{atau}$$

$$\frac{\Delta L}{L} Y = \frac{F}{A} \quad \text{atau}$$

$$\varepsilon Y = \sigma$$

Dari persamaan diatas dapat ditunjukkan bahwa regangan  $\varepsilon$  berbanding lurus dengan tegangan  $\sigma$  pada daerah linier atau daerah elastis (garis lurus) pada grafik Gambar 2.

Dengan cara yang sama (analog), dan dengan memperhatikan Gambar 5c, modulus geser (G) bisa dinyatakan secara matematis sebagai:

$$G = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad \text{atau}$$

$$\Delta L = \frac{F/A}{G/L}$$

Pada Tabel 2 ditunjukkan besar modulus elastik dan modulus geser untuk berbagai jenis bahan.

Tabel 2. Modulus Elastik

(Giancoli, tabel 9.1)

Bahan	Modulus	
	Elastik (Nm <sup>-2</sup> )	Geser (Nm <sup>-2</sup> )
Besi, gips	100x10 <sup>9</sup>	40x10 <sup>9</sup>
Baja	200x10 <sup>9</sup>	80x10 <sup>9</sup>
Kuningan	100x10 <sup>9</sup>	35x10 <sup>9</sup>
Aluminium	70x10 <sup>9</sup>	25x10 <sup>9</sup>
Kayu (pinus)	5x10 <sup>9</sup>	-



Tulang	$15 \times 10^9$	$80 \times 10^9$
--------	------------------	------------------

**Contoh: (Giancoli 9-12)**

1. Sehelai kawat piano dari baja, panjangnya 1,60 m, dan diameter 0,20 cm. Jika kawat tersebut bertambah panjang 0,30 cm ketika dikencangkan, hitung besar tegangan kawat.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$A = \pi r^2$$

$$A = (3,14)(0,0010 \text{ m})^2 = 3,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$Y = 2,1 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

$$L = 160 \text{ cm} = 1,60 \text{ m}$$

$$\Delta L = 0,30 \text{ cm} = 0,0030 \text{ m}$$

Ditanyakan: F

Jawab:

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$F = Y \frac{\Delta L}{L} A$$

$$F = (2,1 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}) \left( \frac{0,0030 \text{ m}}{1,60 \text{ m}} \right) (3,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2)$$

$$F = 1200 \text{ N}$$

2. Sehelai kawat logam digantungkan vertikal kebawah. Kawat tersebut mempunyai panjang 60 cm dan diameter kawat 0,1 cm. Pada ujung kawat digantungkan beban 6,0 kg, sehingga kawat bertambah panjang sebesar 0,025 cm. Hitunglah tegangan, regangan, dan modulus elastik kawat tersebut.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$r = 0,0005 \text{ m}$$

$$m = 6,0 \text{ kg}$$

$$L = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

$$\Delta L = 0,025 \text{ cm}$$

Ditanyakan: F

Jawab:

a. Tegangan:  $\sigma = \frac{F}{A}$

$$\sigma = \frac{(6 \text{ kg})(9,8 \text{ ms}^{-2})}{(3,14 \times 0,0005)^2}$$

$$\sigma = 7,49 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}$$

b. Regangan:  $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$

$$\varepsilon = \frac{0,025 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}$$

$$\varepsilon = 4,2 \times 10^{-4}$$

c. Modulus elastis:  $Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

$$Y = \frac{7,4 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}}{4,2 \times 10^{-4}}$$

$$Y = 1,80 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

### Rangkuman

Walaupun sebuah benda terbuat dari materi yang sama, jika memiliki panjang dan luas penampang berbeda, maka benda tersebut akan mengalami pertambahan panjang yang berbeda, sekalipun diberi gaya yang sama. Pertambahan panjang bisa dinyatakan dalam persamaan matematis  $F = k \Delta L$ , dikenal sebagai hukum Hooke.

Perbandingan antara gaya dan luas penampang ini disebut dengan tegangan, atau gaya per satuan luas penampang, biasa diberi simbol  $\sigma$ . Secara matematis dapat ditulis sebagai:

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas penampang}}$$

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

Perubahan panjang untuk tegangan tarik dan tegangan tekan bisa tidak sama, tetapi kenyataan ini menunjukkan bahwa perubahan panjang tersebut tergantung pada panjang batang mula-mula  $L$ . Perbandingan ini disebut regangan yang biasa diberi simbol  $\varepsilon$ .

$$\text{Regangan} = \frac{\text{perubahan panjang}}{\text{panjang mula - mula}}$$

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Reaksi benda terhadap gaya yang diberikan dicirikan oleh nilai suatu besaran yang disebut modulus elastik, biasa disebut juga dengan modulus Young ( $Y$ ), dimana secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{Modulus elastik} = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}}$$

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

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

Dengan cara yang sama (analog), modulus geser ( $G$ ) bisa dinyatakan secara matematis sebagai:

$$G = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad \text{atau}$$

$$\Delta L = \frac{F/A}{G/L}$$

### Contoh Soal:

2. Seutas tali mempunyai panjang mula-mula 100 cm ditarik hingga tali tersebut mengalami pertambahan panjang 2 mm. Tentukan regangan tali!

Pembahasan

Diketahui :

Panjang awal tali ( $l_0$ ) = 100 cm = 1 m.

Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) = 2 mm = 0,002 m.

Ditanya : Regangan tali

Jawab :

Regangan tali :

$$\text{Regangan} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\text{Regangan} = \frac{0,002 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$\text{Regangan} = 0,002 \text{ m}$$

3. Suatu tali berdiameter 4 mm dan mempunyai panjang awal 2 meter ditarik dengan gaya 200 Newton hingga panjang tali berubah menjadi 2,02 meter. Hitung (a) tegangan tali (b) regangan tali (c) modulus elastisitas Young!

Pembahasan

Diketahui :

**Diameter (d) = 4 mm = 0,004 m** Gurumuda.Net

**Jari-jari (r) = 2 mm = 0,002 m**

**Luas penampang (A) =  $\pi r^2 = (3,14)(0,002 \text{ m})^2$**

**Luas penampang (A) = 0,00001256 m<sup>2</sup> = 12,56 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>**

**Gaya tarik (F) = 200 N**

**Panjang awal tali ( $l_0$ ) = 2 m**

**Pertambahan panjang tali ( $\Delta l$ ) = 2,02 - 2 = 0,02 m**

Ditanya : (a) Tegangan (b) Regangan (c) Modulus Young

Jawab :

(a) Tegangan

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{Gaya (F)}}{\text{Luas (A)}}$$

$$\text{Tegangan} = \frac{200 \text{ N}}{12,56 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$\text{Tegangan} = 15,92 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

(b) Regangan

$$\text{Regangan} = \frac{\text{Pertambahan panjang } (\Delta l)}{\text{Panjang awal } (l_0)}$$

$$\text{Regangan} = \frac{0,02 \text{ m}}{2 \text{ m}}$$

$$\text{Regangan} = 0,01$$
 Gurumuda.Net

(c) Modulus Young

$$\begin{aligned}\text{Modulus Young} &= \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} \\ \text{Modulus Young} &= \frac{15,92 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{0,01} \\ \text{Modulus Young} &= 1592 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \\ \text{Modulus Young} &= 1,6 \times 10^9 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

d. Referensi (penulisan mengacu APA).

PLPG 2016