

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

ELASTISITAS BAHAN

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini, peserta didik diharapkan dapat:

1. menjelaskan dengan kata-kata sendiri tentang karakteristik benda elastis;
2. menjelaskan dengan kata-kata sendiri perbedaan *stress* dan *strain*; dan
3. menjelaskan dengan kata-kata sendiri tentang *Modulus Young*.

B. Uraian Materi

1. Apa Elastisitas itu ?

Kekenyalan dalam fisika diistilahkan dengan **Elastisitas** adalah suatu sifat bahan yang dapat berubah baik dalam **ukuran** maupun **bentuk** setelah mendapat gaya luar, tetapi benda itu akan kembali ke **ukuran** dan **bentuk** semula setelah gaya luar itu ditiadakan.

Dalam fisika, fenomena elastisitas ini perlu dinyatakan dalam suatu angka agar dapat diketahui potensinya dan dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk berbagai keperluan alat maupun teknologi.

Bagaimana penjelasan fisiknya?

Elastisitas kekenyalan suatu bahan dapat dipahami melalui struktur mikronya, yaitu berkaitan dengan molekul-molekul penyusun bahan itu. Kebanyakan bahan tersusun atas atom-atom atau molekul-molekul yang rapi menurut pola-pola yang tetap yang disebut **struktur kekisi** dari bahan itu. Atom-atom atau molekul-molekul tersebut menempel kukuh diposisinya masing-masing pada pola-pola tertentu karena dijaga oleh gaya antarmolekul.

Jadi, **elastisitas bahan merupakan akibat adanya gaya-gaya antarmolekul yang merakit bahan tersebut.**



Gambar 1. karet ditarik disela-sela dua jari tangan

Siapkan sebuah karet dan lakukan seperti gambar

Rasakan apa yang terjadi kemudian jelaskan menurut kalimat sendiri, apa yang anda rasakan Ketika :

- Posisi karet tepat Ketika membentuk posisi seperti gambar.
- Jauhkan jarak kedua jari ke kanan-kiri dengan tetap mempertahankan posisi karet ditempat yang sama, apa yang anda rasakan? (semakin berat/sakit atau sama saja tidak semakin berat/semakin sakit?)
- Tuliskan alasan apa yang anda rasakan dengan kalimat anda sendiri.

Kesimpulan : karet akan kembali ke ukuran dan bentuk semula, setelah kedua jari anda lepaskan peristiwa ini disebut *elastisitas bahan*.

2. Stress, Strain dan Modulus Young

Silakan lakukan percobaan sederhana untuk mengawali materi, sediakan barang barang sederhana yang dibutuhkan seperti dibawah ini



Karet Gelang



Plastik Kresek

- Karet Gelang paling sedikit 2 buah
- Plastik kresek ukuran bebas

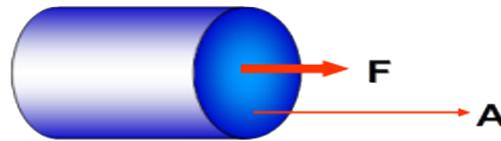
Lakukan hal sebagai berikut :

- Ikat karet gelang pada kayu/paku yang tertancap, buat tanda pada titik awal karet gelang. Kemudian tarik karet gelang sampai anda temukan titik terjauh (anda rasakan karet akan putus) beri tanda di tempat itu.
- Ganti karet gelang dengan plastik kresek lakukan percobaan hal yang sama, beri tanda di titik awal sebelum ditarik dan setelah ditarik

Dari kedua bahan mana yang memiliki perubahan jarak titik terbesar? Buat kesimpulan dengan kalimat anda dari percobaan itu.

Dari percobaan sederhana diatas, ada barang yang mudah berubah bentuk tetapi masih bisa segera kembali ke bentuk semula, ada barang yang dalam keadaan normal bila bentuknya berubah maka tidak akan dapat kembali ke bentuk semula.

a. Tegangan (*Stress*)



Tegangan menyatakan perbandingan antara gaya dengan luasan yang mendapat gaya, bila dinyatakan dalam persamaan ditulis sebagai :

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

Dengan :

σ = tegangan (N/m²)

F = Gaya (Newton) dan

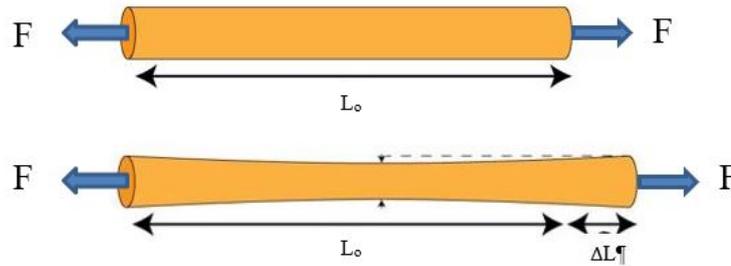
A = Luas bidang yang dikenai gaya (m²)

Menurut persamaan tersebut, nilai tegangan akan semakin besar apabila :

1. Gaya besar
2. Luasan kecil
3. Gaya besar dan luasan kecil.

b. Regangan (*Strain*)

Sebuah tabung yang panjang semula L_0 ditarik oleh gaya F sehingga panjangnya bertambah menjadi $L_0 + \Delta L$. Pada perubahan tersebut tabung mengalami regangan, yaitu besaran yang menyatakan perbandingan antara perubahan panjang terhadap panjang semula, untuk menghitung regangan dapat dihitung dengan rumus :



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

Dengan :

ΔL : pertambahan panjang (m)

L_0 : panjang semula (m)

e : regangan (tanpa satuan)

Menurut persamaan tersebut *strain* tidak bersatuan, karena merupakan perbandingan antara dua besaran pokok yang sama, strain merupakan ukuran pertambahan panjang benda ketika diberi gaya, jika nilai strain besar, artinya benda itu mudah bertambah panjangnya, misalkan karet memiliki nilai strain lebih besar dari pada pegas pada mobil, karena karet ketika diberi gaya kecil saja akan mengalami pertambahan panjang yang besar.

c. Modulus Elastisitas atau *Modulus Young*

Dua besaran yang telah kita bahas diatas, yaitu tegangan dan regangan sebenarnya terjadi secara bersamaan, yaitu ketika benda mendapat gaya dalam arah sejajar dengan panjang benda maka gaya persatuan luasnya menghasilkan tegangan, dengan tegangan ini benda akan bertambah panjang sehingga jika pertambahan panjangnya dibandingkan dengan panjang semula maka diperoleh nilai regangan .

Perbandingan antara besaran tegangan dan besaran regangan dinyatakan sebagai modulus elastisitas, yaitu angka yang menunjukkan ketahanan bahan untuk mengalami deformasi (perubahan), makin besar nilai modulus elastisitas benda, makin sulit benda tersebut mengalami perubahan. Secara perhitungan, untuk menentukan modulus elastisitas atau kadang disebut juga modulus Young, digunakan persamaan berikut :

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

dengan :

σ = tegangan (N/m²)

e = regangan

Y = modulus elastisitas (N/m² = Pascal)

Atau persamaan lain

$$Y = \frac{F \times L_0}{A \times \Delta L}$$

ΔL : pertambahan panjang (m)

L_0 : panjang semula (m)

F = Gaya (Newton) dan

A = Luas bidang yang dikenai gaya (m²)

Berikut tabel nilai modulus elastisitas beberapa bahan untuk memberi gambaran tentang kualitas bahan dalam hubungannya dengan deformasi (perubahan bentuk, dimensi maupun posisi) :

| Bahan | Modulus Young (Pa) |
|-----------|-----------------------|
| Aluminium | 7×10^{10} |
| Baja | 20×10^{10} |
| Besi | 21×10^{10} |
| Karet | $0,05 \times 10^{10}$ |
| Kuningan | 9×10^{10} |
| Nikel | 21×10^{10} |
| Tembaga | 11×10^{10} |
| Timah | $1,6 \times 10^{10}$ |
| Beton | $2,3 \times 10^{10}$ |
| Kaca | $5,5 \times 10^{10}$ |
| Wolfram | 41×10^{10} |

Tabel 1. modulus elastisitas bahan

Dari table nampak bahwa nilai terkecil dari modulus elastisitas (modulus Young) adalah karet, yang artinya karet adalah *bahan paling mudah mengalami perubahan bentuk* diantara bahan-bahan yang dituliskan pada table.

C. Rangkuman

1. Benda elastis adalah benda yang dapat kembali ke ukuran semula ketika gaya yang bekerja pada benda tersebut dihilangkan.
2. Benda plastis adalah benda yang tidak dapat kembali ke bentuk semula ketika gaya yang bekerja pada benda tersebut dihilangkan.
3. Stres adalah perbandingan gaya yang bekerja pada benda dengan luasan pada benda yang mendapat gaya
4. Strain adalah perbandingan antara pertambahan panjang benda dengan panjang awal.
5. Modulus elastisitas atau disebut juga modulus Young adalah perbandingan antara stres dan strain

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

PEGAS

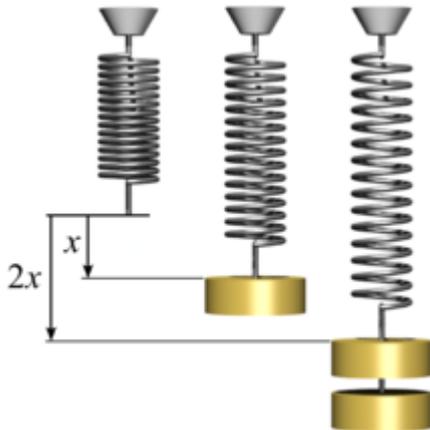
A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini, peserta didik diharapkan dapat:

1. menjelaskan karakteristik benda elastis sesuai dengan hukum Hooke;
2. menganalisis susunan pegas; dan
3. menganalisis energi potensial yang timbul pada pegas.

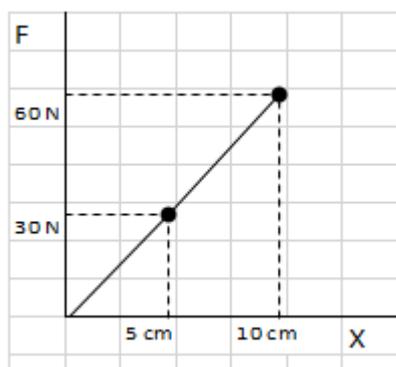
B. Uraian Materi

Pada daerah elastis suatu benda, besarnya pertambahan panjang sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda itu.



Perhatikan gambar sebuah percobaan pada satu buah pegas mula-mula panjangnya 30 cm, pada percobaan pertama diujung pegas diberi **satu buah** beban kuning dengan berat 30 N pegas bertambah panjangnya sebesar 5 cm.

Percobaan berikutnya ujung pegas yang sama diberi **dua buah** kuning maka berat beban yang ditanggung oleh pegas adalah 2×30 N. Setelah diukur Panjang pegas menjadi 40 cm atau bertambah sebesar 2×5 cm dari percobaan pertama. Kemudian hasil percobaan itu dituliskan dalam grafik seperti dibawah ini.



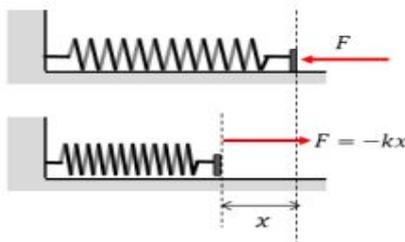
Perbandingan antara beban dan perubahan panjang pegas dituliskan pada table berikut

| | | |
|-------------------|------|-------|
| Beban | 30 N | 60 N |
| Perubahan Panjang | 5 cm | 10 cm |

Tabel dihubungkan antara beban atau gaya yang meregangkan pegas dan pertambahan panjang sebuah pegas.

1. Hukum Hooke

Hukum Hooke menyatakan bahwa pada daerah elastis suatu benda, *besarnya pertambahan panjang sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda itu.* Selanjutnya dapat ditulis $F \sim \Delta x$ atau ditulis $F = k \Delta x$.

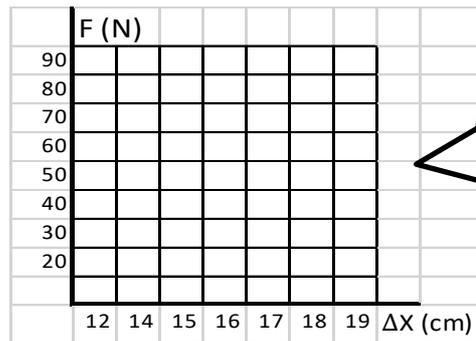


Untuk membuktikan hukum hooke, amati data hasil percobaan antara besarnya gaya F dan perubahan panjang Δx kemudian gambarlah grafik dan buat kesimpulan dari grafik itu.

Data percobaan yang diperoleh dituliskan dalam tabel seperti dibawah ini.

| Percobaan (P) ke-1 | Besar Beban | Perubahan Panjang |
|--------------------|-------------|-------------------|
| P.1 | 20 N | 12 cm |
| P.2 | 30 N | 14 cm |
| P.3 | 40 N | 15 cm |
| P.4 | 50 N | 16 cm |
| P.5 | 60 N | 17 cm |
| P.6 | 70 N | 18 cm |
| P.7 | 75 N | 19 cm |
| P.8 | 80 N | 20 cm |

Buatlah titik - titik yang menunjukkan koordinat dari data percobaan diatas.



Buat TITIK
Kemudian hubungkan
dengan GARIS.
Buat Kesimpulan
Dengan Bahasa Anda

Setelah anda menentukan titik-titik dari data pada table percobaan itu, buatlah garis yang menghubungkan antara titik. Apa yang anda lihat?

Garis hubung antara

Hubungan antara gaya yang meregangkan pegas dan pertambahan panjangnya pada daerah elastis pertama kali diselidiki oleh *Robert Hooke* (1635-1703). hasil penyelidikannya dinyatakan dalam sebuah hukum yang dikenal dengan **hukum Hooke**, yang menyatakan bahwa pada daerah elastis suatu benda, *besarnya pertambahan panjang sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda itu*. Selanjutnya dapat ditulis.

$$F \sim \Delta l$$

atau dapat ditulis

$$F = k \cdot \Delta l$$

dengan :

F = gaya

Δl = pertambahan panjang

k = konstanta pegas

persamaan tersebut menunjukkan bahwa perubahan panjang benda sebanding dengan gaya yang diberikan, yang nilainya dinyatakan dengan konstanta pegas (k). Sesuai hukum Newton III, maka gaya beban pada bahan kenyal akan mendapat reaksi berupa gaya F yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan. $F(x) = -k \cdot \Delta x$ (ada tanda NEGATIF)

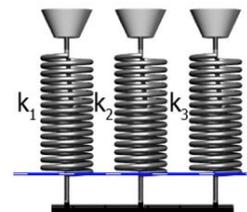
2. Susunan Pegas

Perhatikan dua gambar susunan sebuah pegas



Pegas disusun SERI

Menurut pemikiran anda jika dua pegas itu ditarik dari Kedua UJUNGnya, mana yang lebih berat?



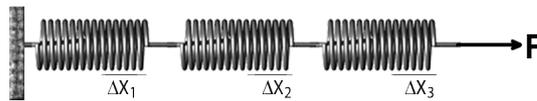
Pegas disusun PARALEL

- Ambil tiga karet gelang yang satu disusun seri seperti pada gambar dan satu lagi disusun paralel seperti pada gambar, kemudian tariknya dengan tangan bandingkan yang anda rasakan. "Mana yang lebih berat?"
- Mengapa ?

Untuk menjawab itu mari kita pelajari karakteristik pegas yang disusun Seri dan pegas yang disusun Paralel.

a. Pegas disusun SERI

Pegas disusun seri artinya disusun secara deret seperti gambar



Pegas satu memiliki konstanta k_1 , pegas kedua memiliki konstanta k_2 , dan pegas ketiga memiliki konstanta k_3 , jika ketiganya disusun seri, maka secara keseluruhan memiliki konstanta gabungan yang sebut saja konstanta seri dengan simbol k_s . Ketika pegas yang diseri salah satu ujungnya ditarik seperti gambar, maka masing-masing pegas akan bertambah Panjang besar pertambahan panjang akhir dari susunan pegas tersebut adalah jumlah pertambahan panjang ketiga pegas tersebut.

$$\Delta X = \Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3$$

Dimana :

$$\Delta x_1 = \frac{F}{k_1} \quad \Delta x_2 = \frac{F}{k_2} \quad \Delta x_3 = \frac{F}{k_3}$$

sedangkan

$$\Delta x = \frac{F}{k_s}$$

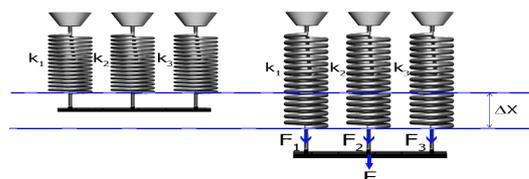
Persamaan $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$ diubah menjadi :

$$\frac{F}{k_s} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} + \frac{F}{k_3}$$

Karena F adalah gaya yang bekerja pada semua pegas yang besarnya sama, maka :

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}$$

b. Pegas disusun PARALEL



Pegas satu memiliki konstanta k_1 , pegas kedua memiliki konstanta k_2 , dan pegas ketiga memiliki konstanta k_3 , jika ketiganya disusun paralel, maka ketika ditarik dengan gaya F ketiga pegas akan mengalami pertambahan panjang sama besar. Gaya F terdistribusi pada ketiga pegas dengan besar masing masing F_1 , F_2 , dan F_3 .

Dimana

$$F = F_1 + F_2 + F_3,$$

dengan

$$F_1 = k_1 \cdot \Delta x$$

$$F_2 = k_2 \cdot \Delta x$$

$$F_3 = k_3 \cdot \Delta x$$

sedangkan

$$F = k \cdot \Delta x$$

sehingga $F = F_1 + F_2 + F_3$, menjadi

$$k_p \cdot \Delta x = k_1 \cdot \Delta x + k_2 \cdot \Delta x + k_3 \cdot \Delta x,$$

karena nilai Δx adalah sama maka :

$$k_p = k_1 + k_2 + k_3$$

Persamaan tersebut menunjukkan hubungan nilai konstanta susunan pegas paralel (k_p) dengan konstanta masing-masing pegas (k_1 , k_2 , dan k_3). Dengan penjumlahan seperti itu, nilai k_p akan lebih besar dari pada masing-masing nilai k penyusunnya. Yang artinya bahwa pegas yang disusun paralel akan menjadi sistem pegas yang lebih *sukar* diubah bentuk dan ukurannya.

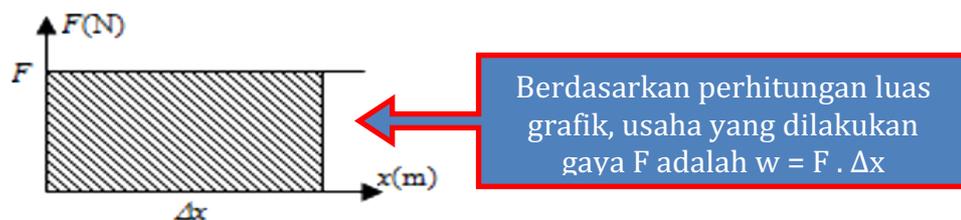
c. Energi Potensial Pegas

Sebuah pegas yang ditarik akan cenderung kembali ke keadaan semula apabila tarikannya dilepas. Kecenderungan ini menjadikan pegas memiliki energi ketika ditarik. Energi yang dimiliki pegas ketika pegas ditarik atau ditekan dikenal dengan besaran energi potensial pegas.

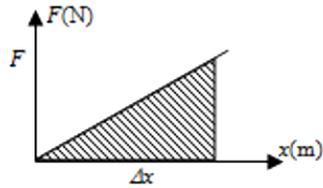
Bagaimana menghitung energi potensial pegas ini ?

Energi tidak dapat dihitung secara langsung, energi dapat dihitung berdasarkan usaha yang dapat dilakukan, sebagaimana halnya energi potensial pegas tidak dapat dihitung langsung. Menurut pengertian usaha, bahwa usaha sebanding dengan perubahan energi yang terjadi untuk melakukan usaha itu sendiri ($w = \Delta E$).

Usaha yang dilakukan sebuah gaya dapat diilustrasikan dengan luasan daerah dibawah grafik $F - \Delta x$ seperti ditunjukkan gambar berikut :



Grafik $F - \Delta x$ pada pegas yang ditarik adalah sebagai berikut :



Dimana bentuk daerah dibawah grafik adalah berupa segitiga, sehingga usaha yang dilakukan gaya F pada pegas besarnya sama dengan luas daerah segitiga tersebut.

$$W = \frac{1}{2} F \cdot \Delta x,$$

F adalah gaya yang dikerjakan pada pegas, besarnya adalah $F = k \cdot \Delta x$, maka persamaan $w = \frac{1}{2} F \cdot \Delta x$ dapat diubah menjadi :

$$w = \frac{1}{2} k \cdot \Delta x \cdot \Delta x, \text{ atau } w = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2,$$

karena $w = \Delta E_p$, maka $\Delta E_p = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$

Jika energi awal dianggap nol, maka : $E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa energi potensial pegas (E_p) dipengaruhi oleh perubahan panjang dari pegas itu sendiri, jika perubahan pegas (Δx) diperbesar, maka pegas akan memiliki energi yang makin besar. Sebagai contoh sebuah ketapel yang ketika digunakan, karetinya ditarik makin panjang maka ketapel tersebut akan melontarkan batu semakin jauh.

Beberapa pegas yang digabung menyebabkan nilai konstantanya berubah, sehingga energi potensialnya juga akan berubah. Jika beberapa pegas diseri, maka besar energi potensialnya akan berkurang dan jika beberapa pegas diparalel, maka energi potensialnya dapat bertambah.

C. Rangkuman

1. **Pegas** yang disusun secara **seri** akan menghasilkan sistem pegas yang memiliki nilai konstanta **lebih kecil**
2. **Pegas** yang disusun secara **paralel** akan menghasilkan sistem pegas yang memiliki nilai konstanta **lebih besar**
3. Energi potensial pegas adalah energi yang dimiliki oleh pegas atau benda-benda elastis lain ketika panjangnya diubah
4. Energi potensial pegas besarnya dipengaruhi oleh nilai konstanta pegas dan perubahan ukuran yang pegas.
5. Energi potensial pegas muncul ketika ukuran pegas diubah (ditarik atau dimampatkan)