



TUT WURI HANDAYANI

Untuk SMA/MA

BAHAN AJAR PEMBELAJARAN FISIKA

ELASTISITAS & HUKUM HOOKE



Oleh:

Meylan Mohamad
421424012

A. ELASTISITAS

1. Pengertian Elastisitas

Elastisitas adalah sifat suatu benda padat untuk kembali ke bentuk dan ukuran aslinya segera setelah gaya luar (deformasi) yang diberikan pada benda tersebut dihilangkan. Kemampuan ini didasarkan pada interaksi antarmolekul yang mempertahankan struktur material, seperti pada pegas, karet, atau logam.

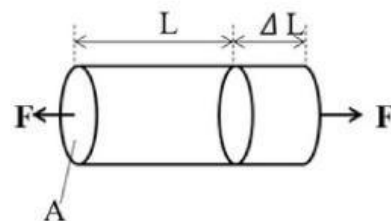
Dalam fisika, sifat elastisitas perlu dinyatakan dalam bentuk angka agar besar kemampuannya dapat diketahui serta dimanfaatkan secara optimal dalam berbagai peralatan dan teknologi. Dengan adanya nilai tersebut, potensi suatu bahan dapat dianalisis, dibandingkan, dan digunakan sesuai kebutuhan.

Secara fisik, elastisitas atau kekenyalan suatu bahan dapat dijelaskan melalui struktur mikroskopisnya, yaitu berkaitan dengan molekul-molekul penyusun bahan tersebut. Pada umumnya, bahan tersusun atas atom atau molekul yang teratur mengikuti pola tetap yang disebut struktur kekisi. Atom atau molekul tersebut berada kuat pada posisinya masing-masing dalam pola tertentu karena dipertahankan oleh gaya antarmolekul. Dengan demikian, sifat elastisitas suatu bahan muncul karena adanya gaya-gaya antarmolekul yang mengikat dan menyusun partikel-partikel penyusunnya. Berbeda dengan elastisitas, plastis merupakan sifat suatu material yang mudah dibentuk atau mengalami deformasi permanen ketika diberikan gaya dari luar. Setelah gaya tersebut dihilangkan, benda tidak kembali ke bentuk semula.

2. Stress, Strain, dan Modulus Young

a. Tegangan (Stress)

Gambar 1 menunjukkan sebuah benda berbentuk silinder (batang) yang dikenai gaya tarik pada kedua ujungnya ke arah berlawanan sehingga menyebabkan batang mengalami pertambahan panjang dari L menjadi $L + \Delta L$. Perubahan ini menunjukkan bahwa benda mengalami deformasi akibat gaya yang diberikan. Pada gambar juga ditunjukkan luas penampang A , yaitu luas permukaan melintang batang, yang memengaruhi besar tegangan (σ) yang terjadi. Semakin besar gaya yang diberikan dan semakin kecil luas penampang, maka tegangan yang dialami batang akan semakin besar.



Gambar 1. batang silinder yang mengalami tegangan tarik akibat gaya pada kedua ujungnya.
Sumber: <https://duta-fisika.wordpress.com/2018/12/23/tegangan-regangan-dan-modulus-elastisitas/>

Jadi pengertian tegangan merupakan perbandingan antara besar gaya yang bekerja dengan luas permukaan yang dikenai gaya tersebut. Jika dinyatakan dalam bentuk persamaan, dapat dituliskan sebagai berikut:

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

Persamaan (1)

Dengan :

σ = Tegangan (N/m^2)

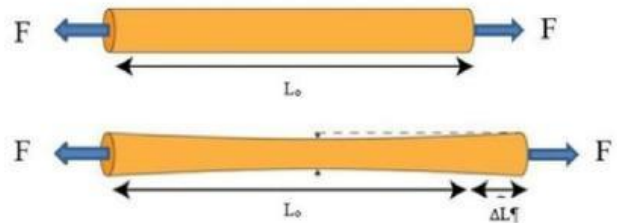
F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m^2)

Berdasarkan persamaan (1), nilai tegangan akan semakin besar apabila gaya yang bekerja pada suatu benda semakin besar. Selain itu, tegangan juga akan meningkat jika luas permukaan yang dikenai gaya semakin kecil. Dengan demikian, kombinasi antara gaya yang besar dan luas bidang yang kecil akan menghasilkan tegangan yang paling besar.

b. Regangan (Strain)

Gambar 2 menunjukkan sebuah batang yang mengalami regangan akibat gaya tarik pada kedua ujungnya. Saat gaya F diberikan, batang yang semula memiliki panjang awal L_0 mengalami pertambahan panjang sebesar ΔL sehingga panjangnya menjadi lebih besar. Regangan (e) merupakan perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang awal (L_0). Semakin besar pertambahan panjang dibandingkan panjang awalnya, maka nilai regangan akan semakin besar.



Gambar 2. batang yang mengalami regangan akibat gaya tarik pada kedua ujungnya.

Sumber: [https://duta-fisika.wordpress.com/2018/12/23/t
egangan-regangan-dan-modulus-elastisitas/](https://duta-fisika.wordpress.com/2018/12/23/tegangan-regangan-dan-modulus-elastisitas/)

Jika dinyatakan dalam bentuk persamaan, dapat dituliskan sebagai berikut:

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

Persamaan (2)

Dengan :

e = Regangan

ΔL = Pertambahan panjang (m)

L_0 = Panjang semula (m)

Berdasarkan persamaan (2), regangan tidak memiliki satuan karena merupakan perbandingan antara dua besaran yang sejenis. Regangan menunjukkan seberapa besar pertambahan panjang suatu benda saat dikenai gaya. Jika nilai regangan tinggi, berarti benda tersebut mudah memanjang. Sebagai contoh, karet memiliki nilai regangan lebih besar dibandingkan pegas mobil, karena dengan gaya kecil saja karet sudah mengalami pertambahan panjang yang cukup besar.

c. Modulus Elastisitas \Modulus Young

Dua besaran yang telah dibahas sebelumnya, yaitu tegangan dan regangan, pada dasarnya muncul secara bersamaan. Ketika suatu benda dikenai gaya yang arahnya sejajar dengan panjang benda, gaya per satuan luas akan menimbulkan tegangan. Tegangan tersebut menyebabkan

benda bertambah panjang, dan jika pertambahan panjang itu dibandingkan dengan panjang mula-mula, maka diperoleh nilai regangan.

Perbandingan antara tegangan dan regangan disebut modulus elastisitas, yaitu besaran yang menunjukkan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Semakin besar nilai modulus elastisitas suatu benda, semakin sulit benda tersebut mengalami perubahan. Untuk menentukan modulus elastisitas, yang juga dikenal sebagai modulus Young, digunakan persamaan berikut :

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

Persamaan (3)

Dengan :

Y = Modulus elastisitas ($\text{N/m}^2 = \text{pascal}$)

σ = Tegangan (N/m^2)

e = Regangan

Berdasarkan persamaan (3), nilai tegangan akan semakin besar apabila gaya yang bekerja pada suatu benda semakin besar. Selain itu, tegangan juga akan meningkat jika luas permukaan yang dikenai gaya semakin kecil. Dengan demikian, kombinasi antara gaya yang besar dan luas bidang yang kecil akan menghasilkan tegangan yang paling besar.

B. Pegas

Pegas merupakan salah satu contoh benda elastis yang dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diberikan dihilangkan, selama tidak melewati batas elastisnya. Ketika sebuah pegas diberi gaya, misalnya dengan menggantung beban, pegas akan mengalami pertambahan panjang. Hubungan antara gaya yang diberikan dengan pertambahan panjang pegas dijelaskan dalam Hukum Hooke, yang menyatakan bahwa pertambahan panjang pegas berbanding lurus dengan gaya yang diberikan. Secara matematis dapat dituliskan:

$$F = K \cdot \Delta x$$

Persamaan (4)

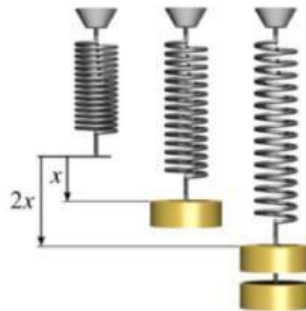
dengan :

F = gaya (N)

k = konstanta pegas (N/m)

Δx = pertambahan panjang pegas (m).

Perhatikan gambar berikut ini :



Gambar 3. pegas yang mengalami pertambahan panjang sebanding dengan gaya yang diberikan.

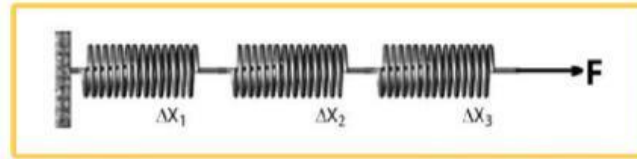
Sumber: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hookes-law-springs.png>

Berdasarkan gambar diatas, saat pegas diberi beban pertama, pegas bertambah panjang sebesar x . Ketika beban ditambah menjadi dua kali lipat, pertambahan panjang pegas juga menjadi dua kali lipat, yaitu $2x$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar gaya (berat beban) yang diberikan, maka semakin besar pula pertambahan panjang pegas. Namun, hubungan ini hanya berlaku selama pegas masih dalam batas elastisnya. Jika beban terlalu besar, pegas dapat mengalami perubahan bentuk permanen (tidak kembali ke bentuk semula).

Dalam sistem pegas, terdapat dua jenis susunan yang umum digunakan, yaitu susunan seri dan susunan paralel, yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda terhadap pertambahan panjang dan konstanta pegas total.

a. Pegas Disusun Seri

Pegas disusun seri artinya disusun secara deret seperti gambar 4 ;



Gambar 4. pegas disusun seri.

Sumber: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hookes-law-springs.png>

Pegas pertama memiliki konstanta (k_1), pegas kedua berkostanta (k_2), dan pegas ketiga memiliki konstanta (k_3). Jika ketiganya dirangkai secara seri, maka sistem tersebut mempunyai konstanta pengganti yang disebut konstanta seri dan dilambangkan dengan (k_s). Ketika salah satu ujung susunan pegas seri tersebut ditarik seperti pada gambar, masing-masing pegas akan mengalami pertambahan panjang. Pertambahan panjang total dari rangkaian itu merupakan hasil penjumlahan pertambahan panjang setiap pegas.

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$$

Dimana

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

Sedangkan

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

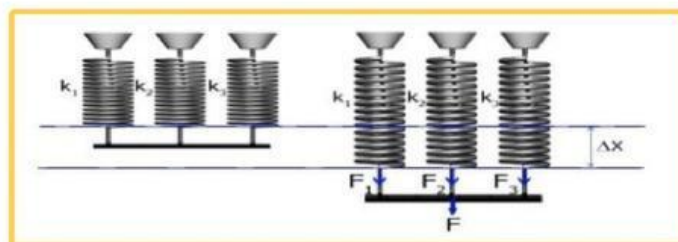
Persamaan $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$ diubah menjadi :

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

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



Gambar 5. pegas disusun paralel

Sumber: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hookes-law-springs.png>

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 ($w = \Delta E$).

RANGKUMAN

1. Benda elastis adalah benda yang mampu kembali ke bentuk atau ukuran semula setelah gaya yang bekerja padanya dihilangkan.
2. Benda plastis merupakan benda yang tidak dapat kembali ke bentuk awalnya setelah gaya yang mengenainya dilepaskan.
3. Stres adalah perbandingan antara gaya yang diberikan pada suatu benda dengan luas penampang yang menerima gaya tersebut.
4. Strain adalah perbandingan antara pertambahan panjang suatu benda dengan panjang awalnya.
5. Modulus elastisitas atau modulus Young adalah perbandingan antara stres dan strain.
6. Susunan pegas secara seri menghasilkan konstanta pegas total yang nilainya lebih kecil dibandingkan masing-masing pegas penyusunnya.
7. Susunan pegas secara paralel menghasilkan konstanta pegas total yang lebih besar dibandingkan konstanta tiap pegas.
8. Energi potensial pegas merupakan energi yang tersimpan pada pegas atau benda elastis lainnya saat mengalami perubahan panjang.
9. Besar energi potensial pegas ditentukan oleh nilai konstanta pegas serta besar perubahan panjang yang terjadi.

REFERENSI

Direktorat SMA, Direktorat Jendral PAUD, DIKDAS & DIKMEN. (2020). *Modul Pembelajaran SMA : Fisika*.

Poernomo, B., J. (2021). *Fisika bermuatan kearifan lokal*. Semarang: UIN Walisongo.

Wibowo, A. (2024). *Fisika Teknik*. Semarang : Yayasan Prima Agus Teknik bekerja sama dengan Universitas STEKOM.