

6. PERUBAHAN BENTUK ELASTIS (HUKUM HOOKS)

Setiap benda yang menerima beban cenderung mengalami perubahan bentuk, dimana perubahan bentuk tersebut dapat kita bedakan antara perubahan “*elastis*” atau “*plastis*”, dalam bab ini kita hanya membahas perubahan bentuk *elastis*, perubahan bentuk *plastis* tidak dibahas karena perubahan yang terjadi pada benda tidak kembali ke bentuk semula, hal ini sangat tidak pernah diinginkan dalam suatu konstruksi yang benar.

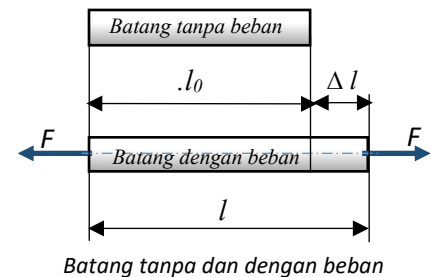
Robert Hooke (ahli Fisika 1635 -1703) telah menemukan rumus dasar untuk setiap perubahan bentuk sebuah benda tegar.

Di dalam ilmu Fisika dikenal dengan Hukum HOOKS.

6.1. Perpanjangan Δl dan Regangan ϵ

▪ Perpanjangan Δl

Setiap benda yang menerima pembebanan tarik (karet, batang penarik, dll,) akan mengalami *perpanjangan* dengan pertambahan panjang tertentu Δl . Batang tanpa beban dengan panjang awal l_0 setelah diberi beban tarik akan mengalami perpanjangan sebesar Δl menjadi l .



$$\Delta l = l - l_0$$

$$\text{Regangan } \epsilon = \frac{\text{Perpanjangan } \Delta l}{\text{Panjang awal } l_0}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Contoh :

Sebuah batang dengan panjang 100 mm diberi beban Tarik hingga memanjang 10 mm. Maka Regangan yang terjadi adalah

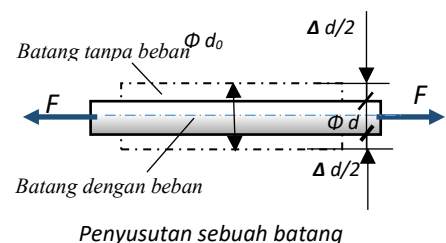
$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{10 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 0,1 = 10 \%$$

6.2. Penyusutan ϵ_q

Ibarat karet yang kita kenal apabila di tarik tidak hanya memanjang tapi juga penampangnya akan mengecil, begitu juga logam, hanya saja perubahan bentuk yang terjadi pada logam tidak kelihatan secara kasat mata, ini terjadi karena adanya peregangan.

Setiap benda yang meregang tentunya juga luas penampangnya akan menyecil (*menyusut*),

Penyusutan ϵ_q yang terjadi adalah perbandingan antara perubahan diameter Δd terhadap diameter awal d_0



$$\text{Penyusutan } \epsilon_q = \frac{\text{Pengecilan } \Delta d}{\text{Diameter awal } d_0}$$

$$\epsilon_q = \frac{\Delta d}{d_0} = \frac{d_0 - d}{d_0}$$

6.2. Hukum Hooks

Hukum Hooks adalah perbandingan antara tegangan σ dengan regangan ϵ , seperti halnya material karet apabila ditarik maka terjadi tegangan tarik juga otomatis terjadi regangan yaitu penambahan panjang Δl , perpanjangan yang terjadi pada karet bisa dirasakan dan dilihat oleh mata, sementara dalam material metal perpanjangan yang terjadi tidak bisa dilihat kasat mata, namun kita bisa melihatnya pada Diagram-Tegangan-Regangan pada monitor mesin uji tarik saat batang di uji.

Pada setiap material tegangan σ berbanding lurus dengan Regangan ϵ , bila tegangan meningkat 2x lipat maka regangan pun akan bertambah 2x lipat, Dalam material teknik perbandingan antara tegangan σ dan regangan ϵ disebut modulus Elastisitas E , harga modulus Elastisitas ini sangat penting dalam perhitungan kekuatan konstruksi karena dengan harga ini material masih berada dalam batas proporsional (dimensi tetap/tidak berubah).

Dengan menggunakan hukum Hooks harga Modulus Elastisitas (*disingkat E-Modul*) untuk setiap logam bisa didapat dari hasil pengujian Tarik.

$$\text{Modulus Elastisitas } E = \frac{\text{Tegangan } \sigma}{\text{Regangan } \epsilon}$$

Dengan memasukan $\epsilon = \Delta l / l_0$ maka didapat Rumus umum sbb.

$$\sigma = \epsilon E = \frac{\Delta l}{l_0} E$$

ϵ	$\Delta l, l_0, l$
l	mm

Hukum Hooks

Hukum Hooks hanya berlaku untuk pembebanan Tarik dan Tekan

Contoh :

$$E_{\text{baja}} = 210.000 \frac{N}{mm^2} = 2,1 \cdot 10^5 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{\text{AL Cu Mg}} = 0,72 \cdot 10^5 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{\text{btk}} = 1,2 \cdot 10^5 \frac{N}{mm^2}$$

6.3 Tegangan panas

Setiap logam akan memuai pada saat pemanasan dan akan menyusut pada proses pendinginan, perpanjangan Δl (penyusutan) tergantung dari :

- Panjang awal l_0
- Perbedaan temperatur $\Delta \vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$ (sebelum dan sesudah pemanasan)
- Koefisien muai α

Apabila proses pemuain pada sebuah batang logam tersebut ada penghambatan maka akan terjadi tegangan Tarik atau tekan yang dapat dihitung dengan menggunakan hukum hooks, tegangan ini kita sebut Tegangan Panas σ_{ϑ} .

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta \vartheta$$

$\Delta l, l_0$	α	$\Delta \vartheta$
mm	$\frac{1}{K}$	K

Keterangan :

Koefisien muai Baja $\alpha_{st} = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}$
artinya 1m batang logam memanjang pada 1 K = 1° C.
sepanjang $12 \cdot 10^{-6} m = 0.012 mm$

$$\sigma_{\vartheta} = \epsilon E = \frac{\Delta l}{l_0} E$$

Rumus umum
Hukum Hooks

Untuk perpanjangan (penyusutan) disubstitusikan $\Delta l = l_0 \alpha \Delta \vartheta$ maka :

$$\sigma_{\vartheta} = \frac{l_0 \alpha \Delta \vartheta}{l_0} E$$

$$\sigma_{\vartheta} = \alpha \Delta \vartheta E$$

Tegangan Panas

6.4 Kerja perubahan bentuk W_f

Pada daerah elastis pertambahan panjang berbanding proposional dengan pertambahan beban tarik F. Pada proses pembebanan tarik gaya F menempuh jarak tertentu sehingga terjadi gaya mekanik yang disimpan dalam batang dan akan segera kembali lagi pada saat beban diiadakan (kembali ke Panjang semula),

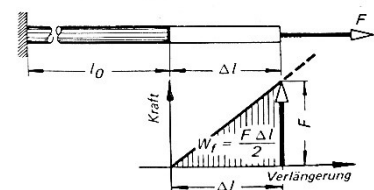


Diagram Gaya - Perpanjangan

Dalam *Diagram-Gaya-Perpanjangan* memperlihatkan kerja sebuah gaya mendaki lurus membentuk segi tiga beraturan sejalan dengan perpanjangan yang terjadi.

Dengan bantuan hukum Hooks $\sigma = \epsilon \cdot E = \frac{\Delta l}{l_0} E$,

maka perpanjangan adalah $\Delta l = \frac{\sigma l_0}{E}$

Untuk gaya tarik kita gunakan rumus dasar $F = \sigma \cdot A$,

maka didapat $A \cdot l_0 = \text{Volume}$ dari bentuk segitiga *kerja perubahan bentuk* W_f .

$$W_f = \frac{\text{Gaya } F \times \text{Perpanjangan } \Delta l}{2}$$

$$W_f = \frac{F \cdot \Delta l}{2} \quad \text{Kerja Perubahan Bentuk}$$

$$W_f = \frac{\sigma \cdot A \cdot \sigma \cdot l_0}{2 E}$$

$$W_f = \frac{F \cdot \Delta l}{2} = \frac{\sigma^2 V}{2 E}$$

W_f	F	Δl	σ, E	V
Nmm $= 10^3 J$	$\frac{1}{K}$	K	$\frac{N}{mm^2}$	mm^3