

Mekanika Bahan

TEGANGAN DAN REGANGAN



Sifat mekanika bahan

Hubungan antara respons atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja

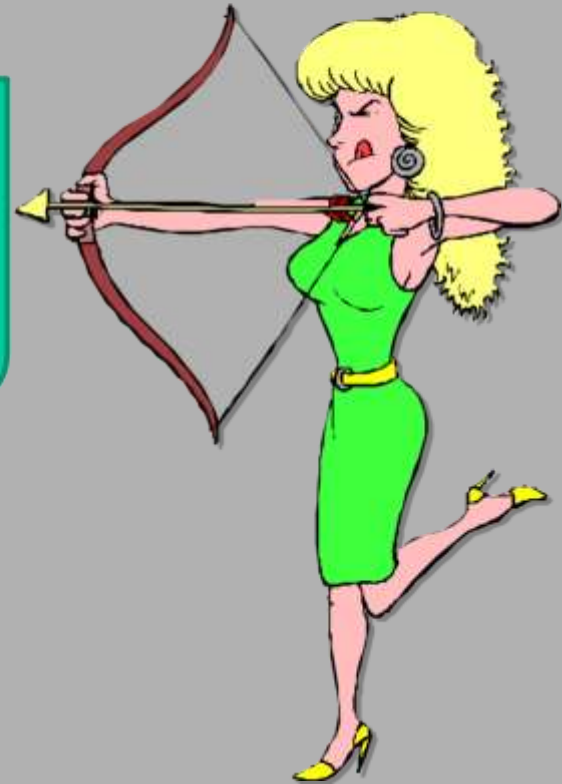
Berkaitan dengan kekuatan, kekerasan, keuletan dan kekakuan



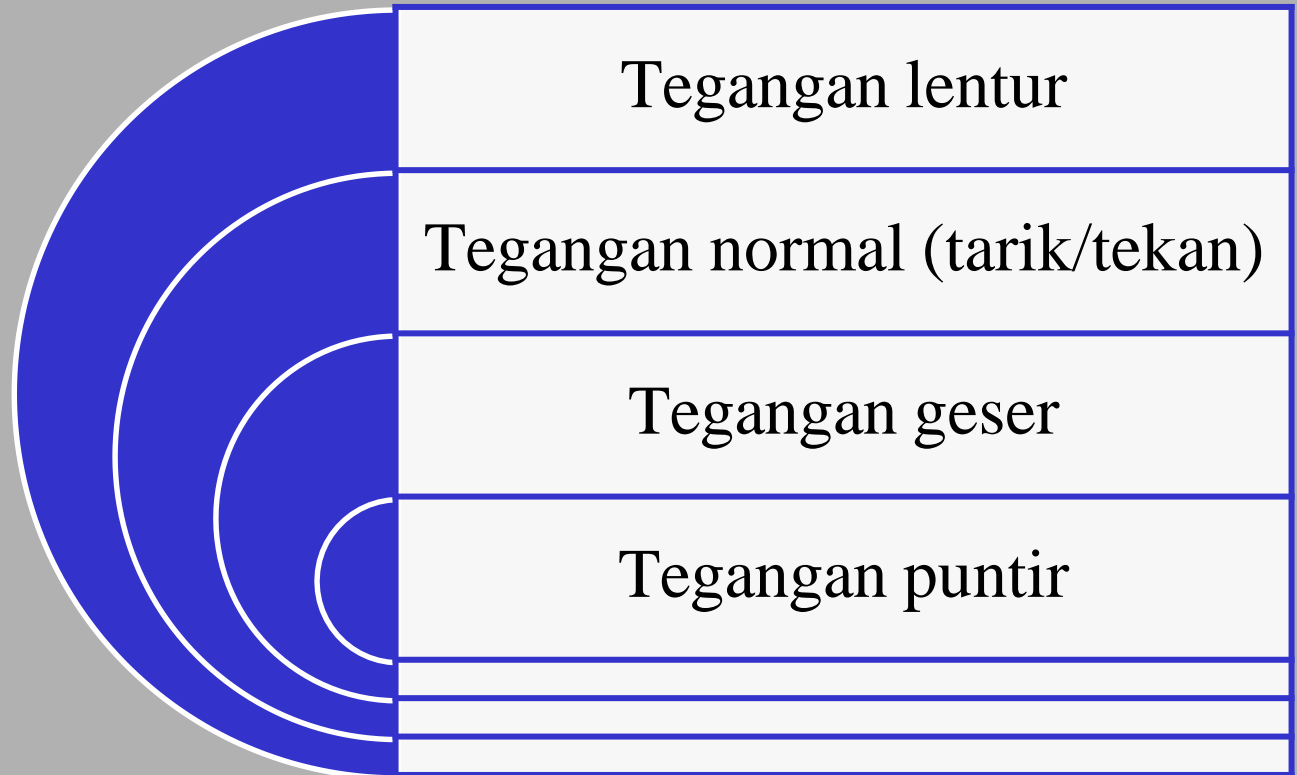
Tegangan



Intensitas gaya-gaya dalam tiap satuan luas



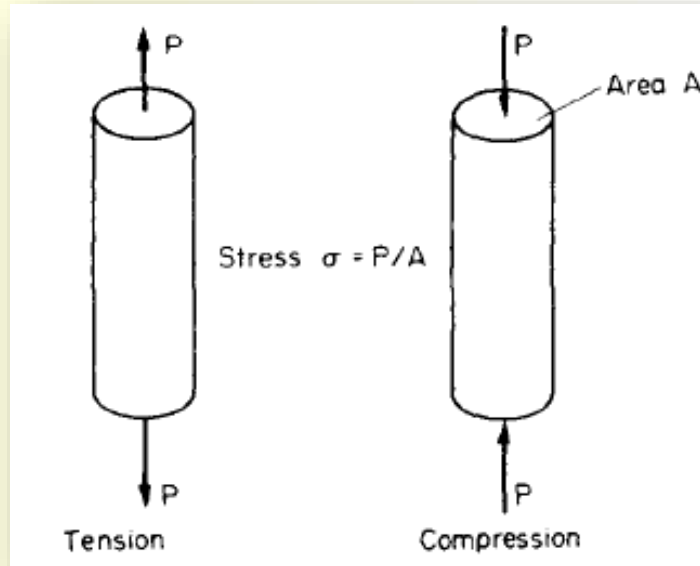
Jenis – jenis tegangan



TEGANGAN NORMAL (NORMAL STRESS)



tegangan yang bekerja dalam arah tegak lurus permukaan potongan melintang batang yang diberi notasi σ (sigma)



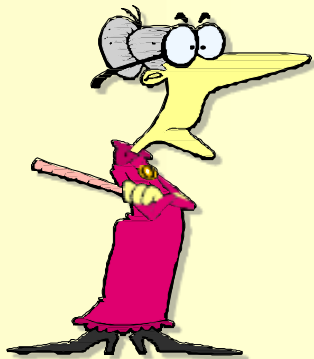
Rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (\text{ton/m}^2) \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

P = gaya aksial

A = luas penampang batang

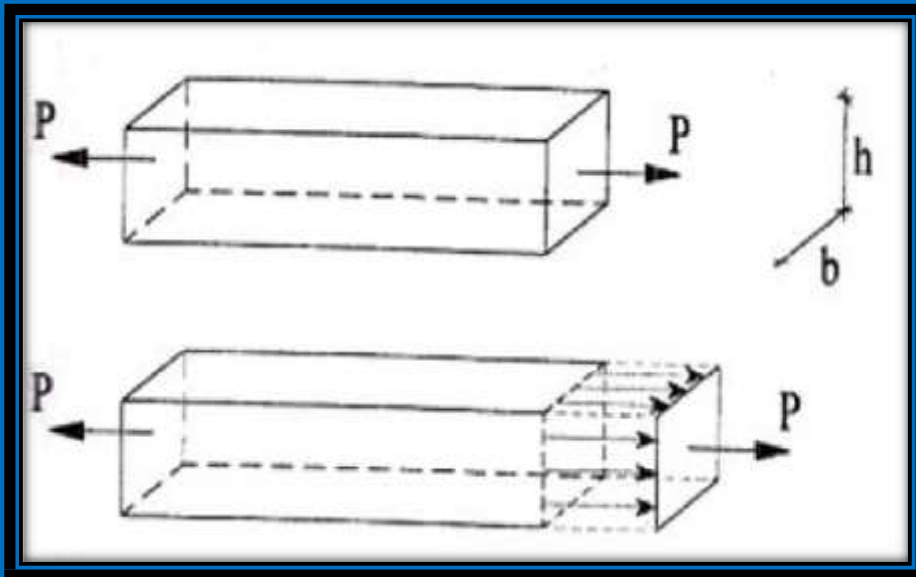


Gaya aksial



gaya yang melalui dan mempunyai arah yang sama dengan sumbu batang.

Tegangan normal (σ) yang bekerja diamsusikan mempunyai distribusi terbagi rata diseluruh penampang dan garis kerja gaya aksial melalui pusat berat penampang melintang batang.



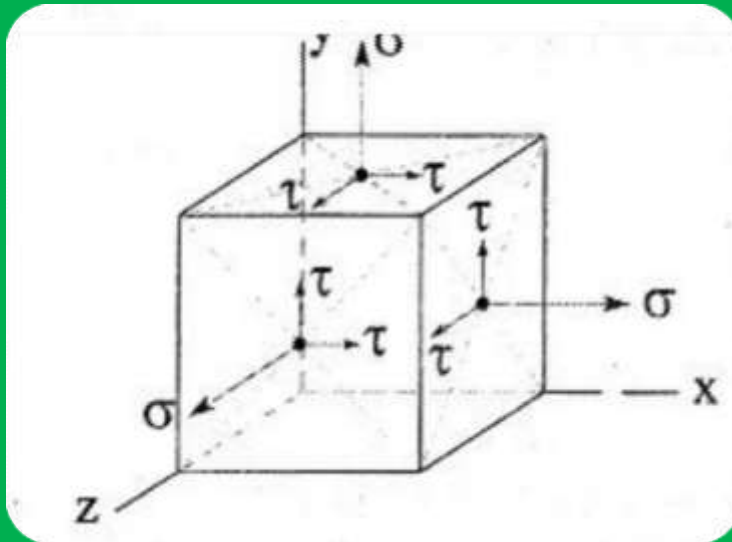
$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{b.h}$$



Asumsi

Diketahui sebagai gaya tarik, maka tegangan tarik (*tensile stress*) positif (+)

Diketahui sebagai daya tekan, maka tegangan tekan (*compressive stress*) negatif (-)



σ = tegangan normal

τ = tegangan geser



SOAL-SOAL & PENYELESAIAN

Suatu batang kayu berbentuk silindris mempunyai panjang L , digantung tegak ke bawah. Batang kayu dianggap patah akibat berat sendiri. Kekuatan tarik kayu σ_{tr} 790 kg/cm² dan berat jenis kayu = 0,5 kg/dm³. Tentukan panjang batang tersebut



Misal diameter batang kayu = d

$$\text{Berat batang} = \underbrace{1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot 0,5 \text{ kg} / \text{dm}^3}_{\text{cm}^3}$$

$$\text{Berat batang} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L}{1000} \text{ dm}^3 \times \frac{0,5 \text{ kg}}{\text{dm}^3}$$

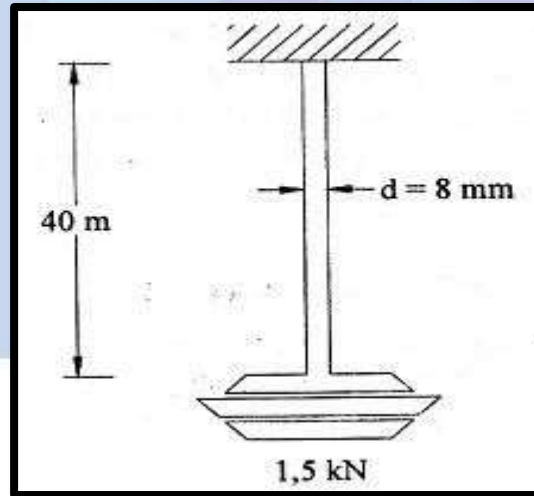
$$\sigma_{tr} = \frac{P}{A} \rightarrow P = \sigma_{tr} \cdot A$$

$$\frac{1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot 0,5}{1000} = 790 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{790 \cdot 1000}{0,5} \\ &= 1580000 \text{ cm} \end{aligned}$$



Suatu batang baja berpenampang lingkaran mempunyai panjang = 40 m, dengan diameter = 8 mm. Diujung bawahnya dibebani suatu benda yang mempunyai berat 1,5kN



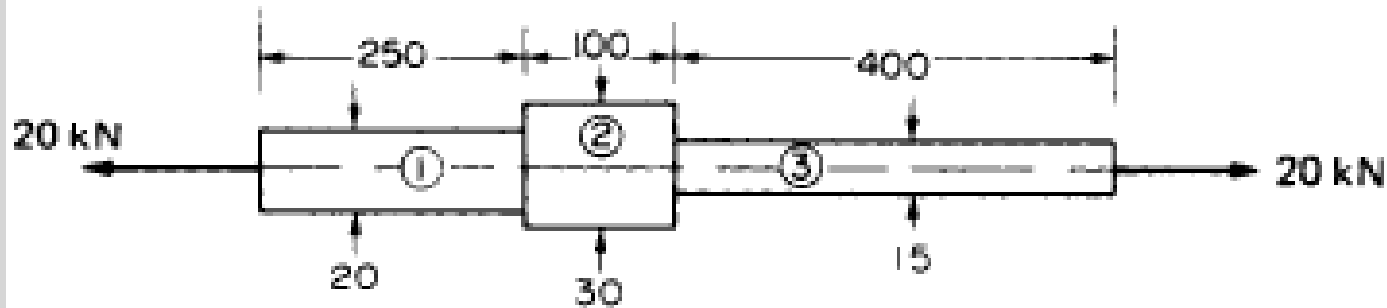
Tentukan tegangan max yang terjadi pada batang baja dengan memperhitungkan berat sendiri batang baja. Diketahui berat jenis baja = 77 kN/m^3

Answer :

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P}{A} = \frac{\text{berat sendiri} + \text{beban}}{A_{b+bj}} \\ &= \frac{\gamma \cdot A \cdot L + 1,5 \text{ kN}}{A} \\ &= \gamma \cdot L + \frac{1,5 \text{ kN}}{\frac{1}{4} \pi (8)^2} \\ &= 77 \text{ kN/m}^3 \times 40 \text{ m} + 0,02983 \\ &= 3080 \text{ kN/m}^2 + 0,02983 \text{ kN/mm}^2 \\ &= 3,1 \text{ Mpa} + 29,83 \text{ Mpa} \\ &= 32,93 \text{ Mpa}\end{aligned}$$



Tentukan besarnya tegangan tiap potongan batang pada gambar di bawah. Batang mendapatkan gaya tarik sebesar 20 kN dengan penampang 1 dan 3 berbentuk lingkaran sedangkan penampang 2 berbentuk persegi.



$$\text{Stress} = \frac{\text{force}}{\text{area}} = \frac{P}{A}$$

$$\text{Stress in section (1)} = \frac{20 \times 10^3}{\frac{\pi(20 \times 10^{-3})^2}{4}} = \frac{80 \times 10^3}{\pi \times 400 \times 10^{-6}} = 63.66 \text{ MN/m}^2$$

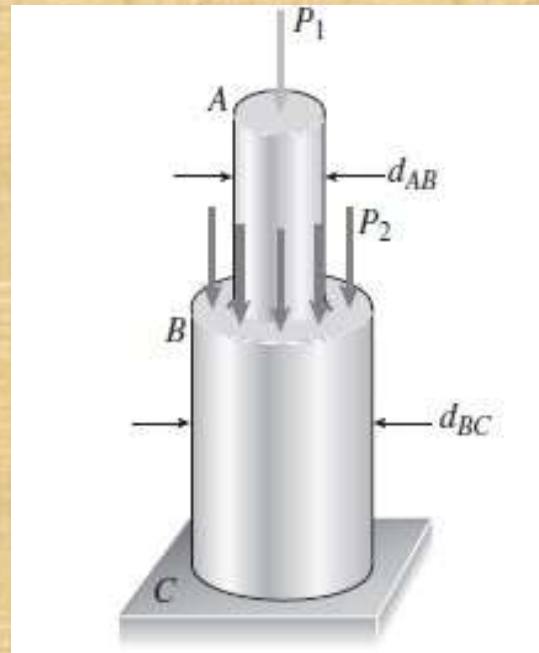
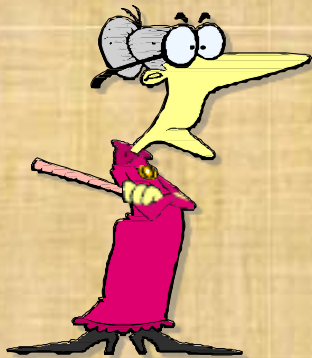
$$\text{Stress in section (2)} = \frac{20 \times 10^3}{30 \times 30 \times 10^{-6}} = 22.2 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Stress in section (3)} = \frac{20 \times 10^3}{\frac{\pi(15 \times 10^{-3})^2}{4}} = \frac{80 \times 10^3}{\pi \times 225 \times 10^{-6}} = 113.2 \text{ MN/m}^2$$



Suatu struktur pada gambar di bawah menahan beban $P_1 = 2500$ lb pada bagian atas struktur. Beban P_2 terdistribusi merata di permukaan B. Diameter struktur bagian atas dan bawah adalah $d_{AB} = 1,25$ in dan $d_{BC} = 2,25$ in.

- Hitung tegangan normal struktur AB
- Jika struktur bagian bawah mempunyai tegangan yang sama dengan struktur atas, berapa besar beban P_2



$$P_1 = 2500 \text{ lb}$$

$$d_{AB} = 1.25 \text{ in.}$$

$$d_{BC} = 2.25 \text{ in.}$$

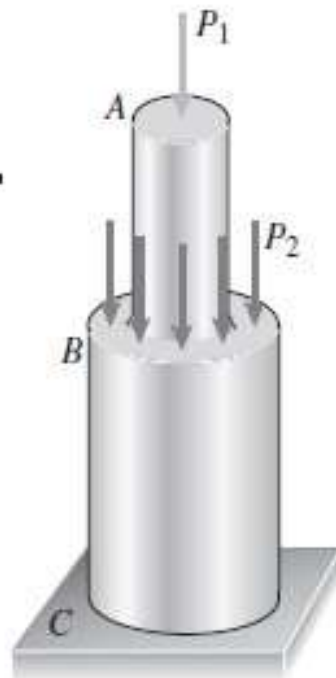
(a) NORMAL STRESS IN PART AB

$$\sigma_{AB} = \frac{P_1}{A_{AB}} = \frac{2500 \text{ lb}}{\frac{\pi}{4}(1.25 \text{ in.})^2} = 2040 \text{ psi} \quad \leftarrow$$

(b) LOAD P_2 FOR EQUAL STRESSES

$$\begin{aligned} \sigma_{BC} &= \frac{P_1 + P_2}{A_{BC}} = \frac{2500 \text{ lb} + P_2}{\frac{\pi}{4}(2.25 \text{ in.})^2} \\ &= \sigma_{AB} = 2040 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Solve for } P_2: \quad P_2 = 5600 \text{ lb} \quad \leftarrow$$



ALTERNATE SOLUTION FOR PART (b)

$$\sigma_{BC} = \frac{P_1 + P_2}{A_{BC}} = \frac{P_1 + P_2}{\frac{\pi}{4}d_{BC}^2}$$

$$\sigma_{AB} = \frac{P_1}{A_{AB}} = \frac{P_1}{\frac{\pi}{4}d_{AB}^2} \quad \sigma_{BC} = \sigma_{AB}$$

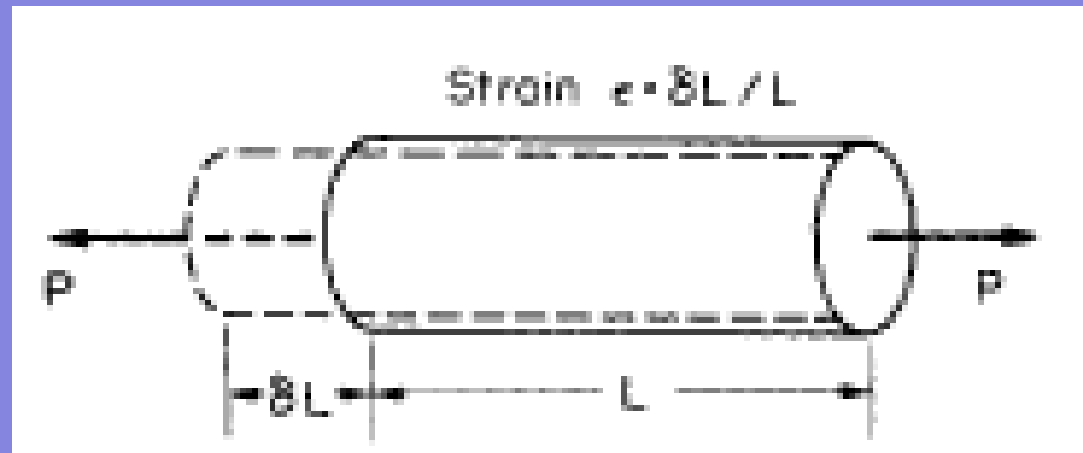
$$\frac{P_1 + P_2}{d_{BC}^2} = \frac{P_1}{d_{AB}^2} \quad \text{or} \quad P_2 = P_1 \left[\left(\frac{d_{BC}}{d_{AB}} \right)^2 - 1 \right]$$

$$\frac{d_{BC}}{d_{AB}} = 1.8$$

$$\therefore P_2 = 2.24 P_1 = 5600 \text{ lb} \quad \leftarrow$$

REGANGAN NORMAL

Jika suatu batang dikenakan beban aksial, maka batang akan mengalami perubahan panjang. Bila panjang awal batang adalah L , maka perubahan panjang dinyatakan dengan δL . Sedangkan regangan dinyatakan dengan:



$$\text{strain } (\epsilon) = \frac{\text{change in length}}{\text{original length}} = \frac{\delta L}{L}$$

$$\text{strain } (\epsilon) = \frac{\delta L}{L} \times 100\%$$

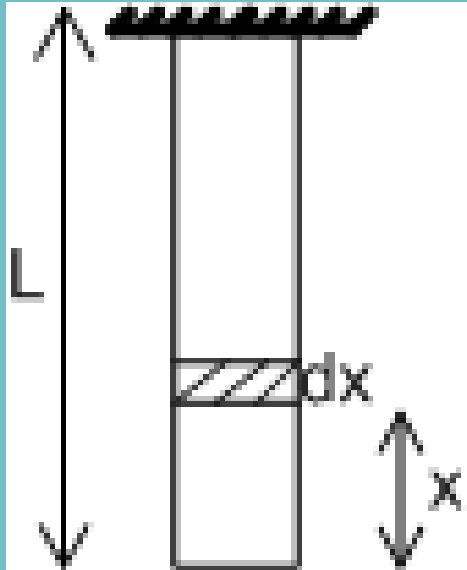
Macam regangan normal:

- ❑ Regangan tarik (+)
- ❑ Regangan tekan (-)

Asumsi:

- ❖ Deformasi batang adalah sama diseluruh volumenya batang harus prismatis)
- ❖ Beban bekerja melalui pusat berat penampang dan bahannya homogen.

Deformasi Akibat Berat Sendiri Elemen



Berat elemen sepanjang x:
 $P = w \cdot A \cdot x$

Perubahan panjang akibat beban:

$$\Delta x = \frac{PL}{AE} = \frac{(w \cdot A \cdot x)dx}{AE}$$

Deformasi L

$$\delta L = \int_0^L \frac{wx \, dx}{E} = \frac{w}{E} \int_0^L x \, dx$$

$$\delta L = \frac{w}{E} \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^L = \frac{wL^2}{2E} = \frac{WL}{2E}$$



DIAGRAM TEGANGAN - REGANGAN

Diagram ini merupakan hasil pengujian dari suatu bahan yang mengalami pembebanan (tarik atau tekan). Bahan yang digunakan sebagai benda uji adalah baja struktural (baja lunak) dan pengujian yang dilakukan adalah uji tarik.

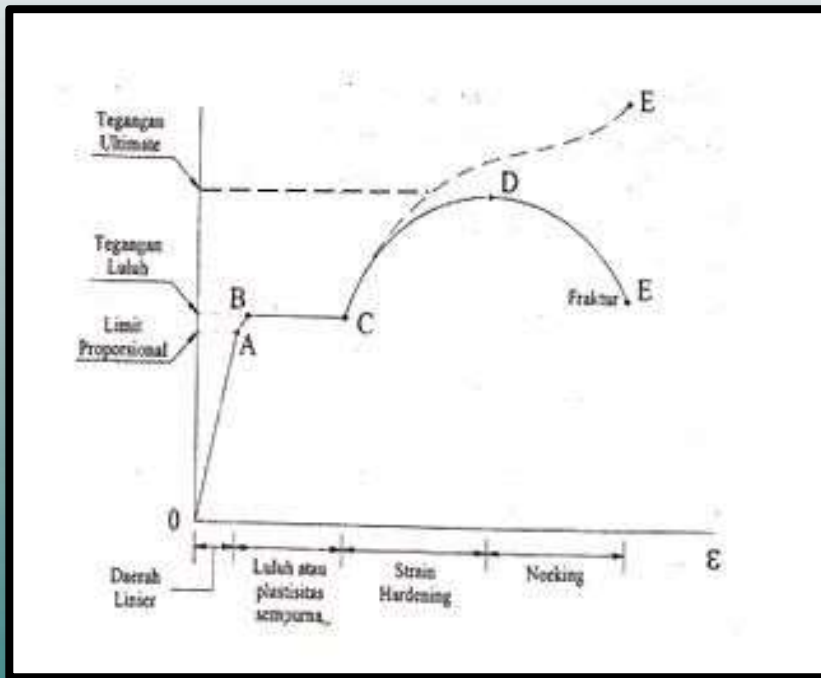
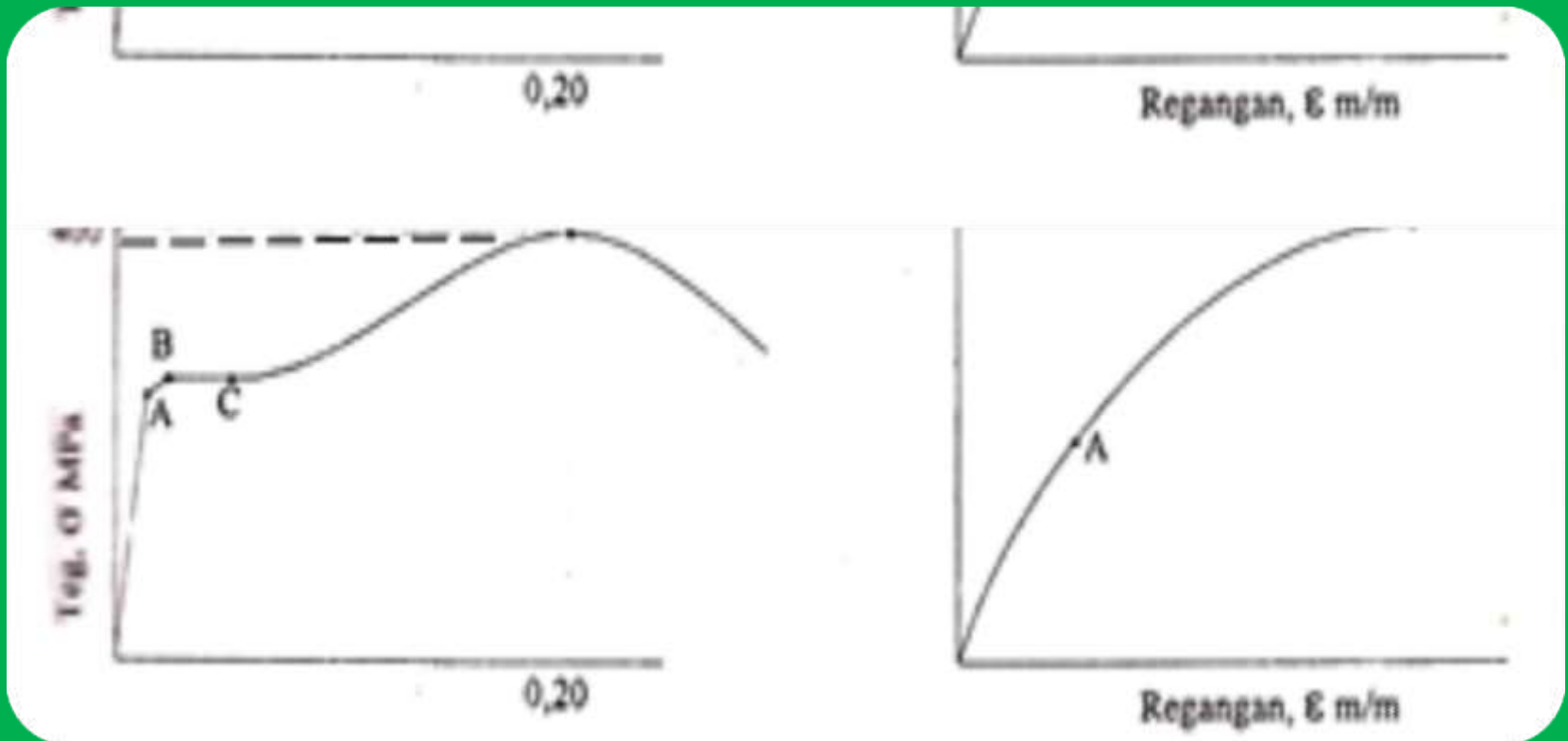


Diagram tegangan – regangan untuk baja struktural yang mengalami tarik



- Diagram Tegangan –Regangan untuk baja lunak (baja struktural)
- Diagram Tegangan –Regangan untuk bahan yang rapuh

HUKUM HOOKE

Robert Hooke (1635-1703) → orang pertama yang menyelidiki secara ilmiah besaran elastis beberapa bahan seperti metal, kayu, batu dan tulang.

Hubungan linier antara tegangan dan regangan

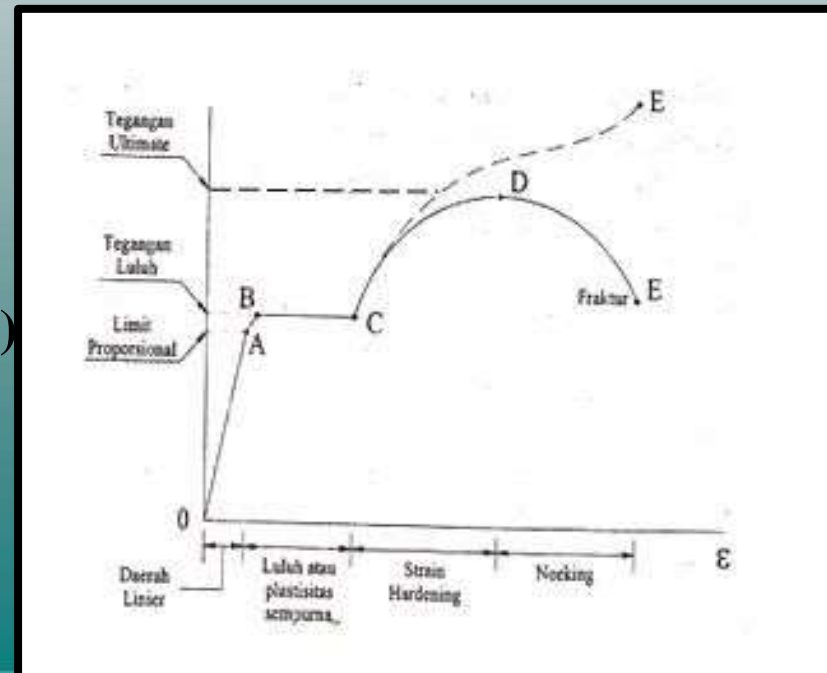
$$\frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \text{constant}$$

Dimana

σ = tegangan aksial (kg/cm²) / (ksi) / (psi)

ϵ = regangan aksial

E = modulus elastisitas bahan (kg/cm²)
(konstanta proporsionalitas)



hubungan linier antara beban dan perpanjangan/
perpendekan yang ditimbulkan sbb:

$$\sigma = E.\varepsilon = E.\frac{\Delta L}{L}$$

$$\Delta L = \frac{\sigma.L}{E} = \frac{P}{A}.\frac{L}{E} = \frac{PL}{A.E}$$

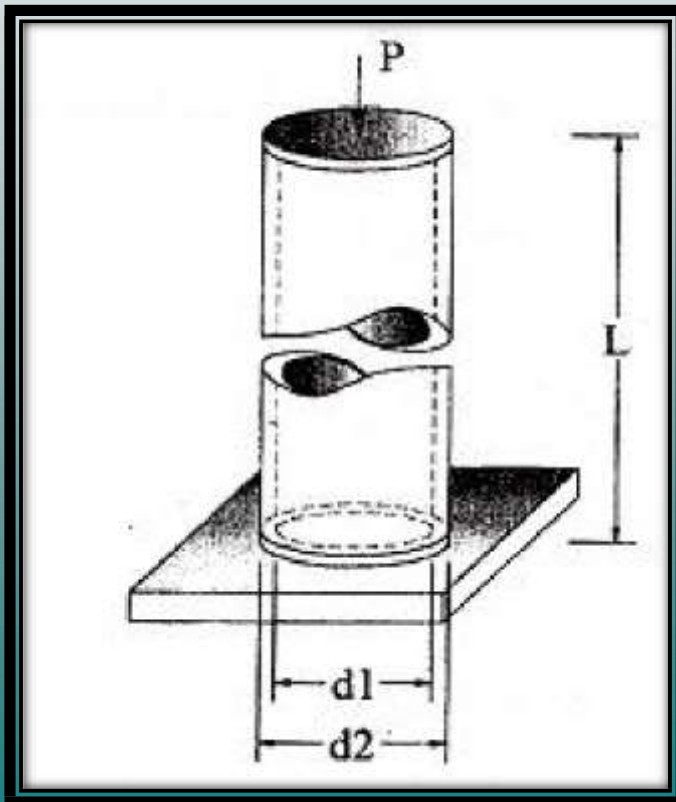


Jadi $\Delta L = \frac{PL}{A.E}$



Soal :

Sebuah pipa dengan panjang 48m, diameter luar dan diameter dalam dari tabung tersebut masing-masing $d_1 = 6$ in dan $d_2 = 4,5$ in, memikul beban tekan sebesar 140 kip. Tentukan perpendekan yang terjadi pada pipa tersebut.



Answer :

$$\delta = \varepsilon . L$$

$$\begin{aligned}\varepsilon = \sigma / E &= - \frac{P/A}{E} = \frac{140 / \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2)}{30.000 \text{ ksi}} \\ &= \frac{-140 / \frac{\pi}{4} (6^2 - 4,5^2)}{30.000} = \frac{-140 / 12,375}{30.000} \\ &= - \frac{14,313}{30.000} = -377,1 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

(σ = negatif karena tekan & ε = negatif karena perpindahan)

$$\Delta L = \varepsilon . L$$

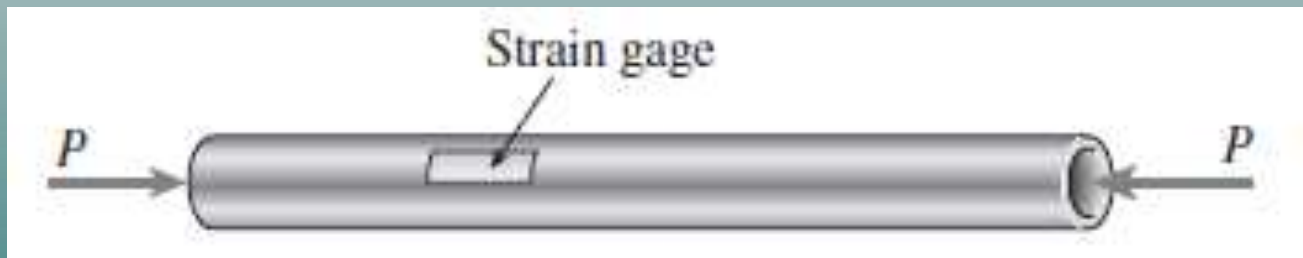
$$\begin{aligned}&= (-377,1 \times 10^{-6}) (48 \text{ in}) = -0,018 \text{ in} \\ &(\text{negatif, karena terjadi perpindahan})\end{aligned}$$



Soal :

Batang aluminium dengan panjang $L = 400$ mm menerima beban tekan seperti pada gambar di bawah. Diameter luar dan dalam dari penampang tersebut adalah 60 mm dan 50 mm. Sebuah strain gage ditempatkan pada bagian luar batang untuk mengukur regangan normalnya.

- Jika regangan menunjukkan angka 550×10^{-6} , berapa perpendekan yang terjadi pada batang tersebut?
- Jika tegangan tekan 40 MPa, berapa besar beban P ?



Answer :

$$\varepsilon = 550 \times 10^{-6}$$

$$L = 400 \text{ mm}$$

$$d_2 = 60 \text{ mm}$$

$$d_1 = 50 \text{ mm}$$

(a) SHORTENING δ OF THE BAR

$$\begin{aligned}\delta &= \varepsilon L = (550 \times 10^{-6})(400 \text{ mm}) \\ &= 0.220 \text{ mm} \quad \leftarrow\end{aligned}$$

(b) COMPRESSIVE LOAD P

$$\sigma = 40 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}A &= \frac{\pi}{4}[d_2^2 - d_1^2] = \frac{\pi}{4}[(60 \text{ mm})^2 - (50 \text{ mm})^2] \\ &= 863.9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

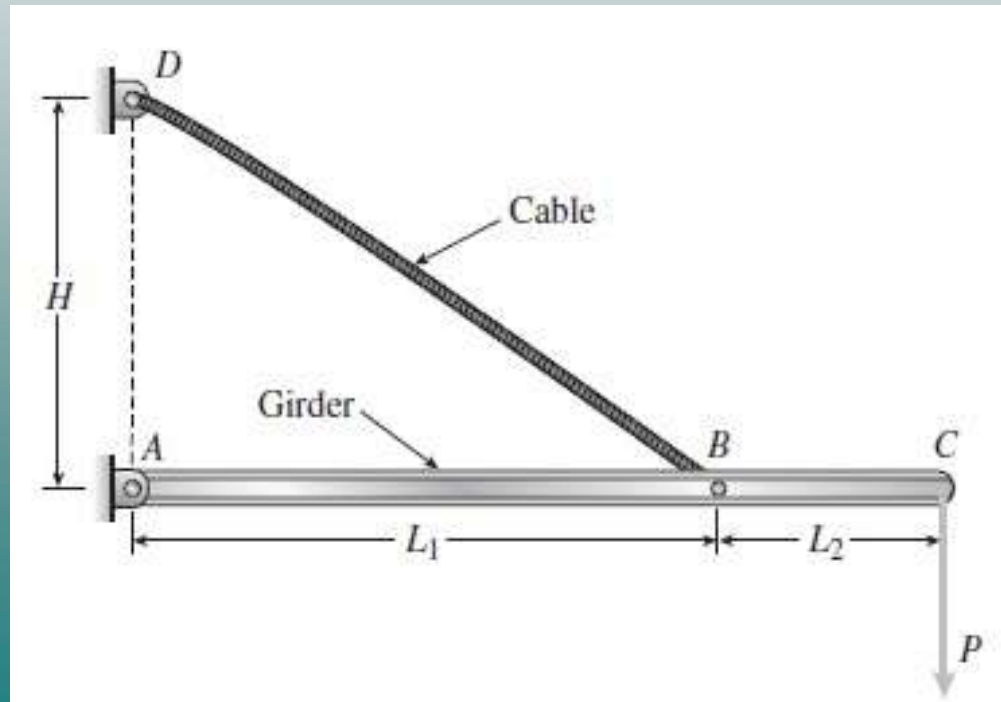
$$\begin{aligned}P &= \sigma A = (40 \text{ MPa})(863.9 \text{ mm}^2) \\ &= 34.6 \text{ kN} \quad \leftarrow\end{aligned}$$

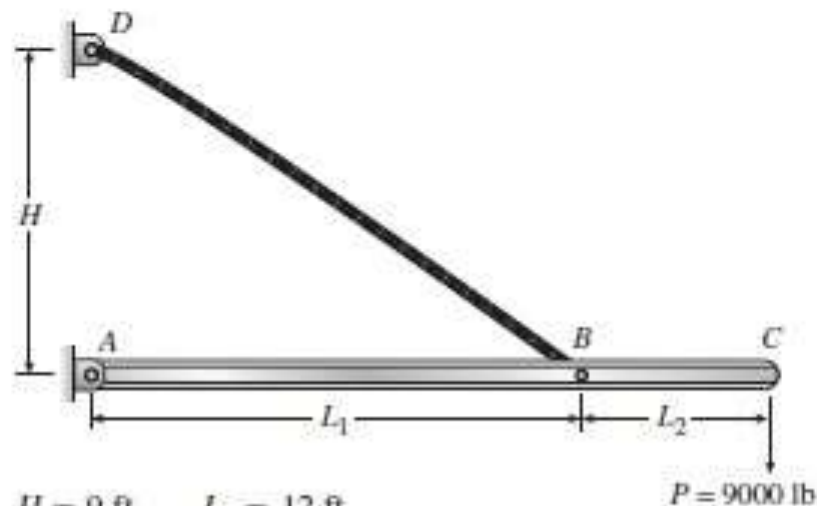


Tugas :

Loading Crane yang terdiri dari steel girder ABC ditumpu oleh kabel BD dan dibebani dengan beban P seperti gambar di bawah. Luas penampang kabel adalah $0,471 \text{ in}^2$. Dimensi crane adalah $H = 9 \text{ ft}$, $L_1 = 12 \text{ ft}$ dan $L_2 = 4 \text{ ft}$.

- Jika beban $P = 9000 \text{ lb}$, berapa besar tegangan tarik kabel?
- Jika kabel memanjang $0,382 \text{ in}$, berapa regangannya?





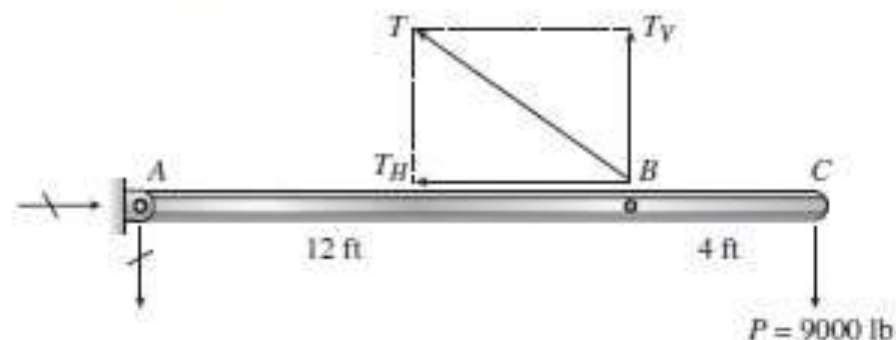
$$H = 9 \text{ ft} \quad L_1 = 12 \text{ ft}$$

$$L_2 = 4 \text{ ft} \quad A = \text{effective area of cable}$$

$$A = 0.471 \text{ in.}^2$$

$$P = 9000 \text{ lb}$$

FREE-BODY DIAGRAM OF GIRDER



T = tensile force in cable

$$P = 9000 \text{ lb}$$

EQUILIBRIUM

$$\sum M_A = 0 \quad \curvearrowright \quad \curvearrowleft$$

$$T_V(12 \text{ ft}) - (9000 \text{ lb})(16 \text{ ft}) = 0$$

$$T_V = 12,000 \text{ lb}$$

$$\frac{T_H}{T_V} = \frac{L_1}{H} = \frac{12 \text{ ft}}{9 \text{ ft}}$$

$$\therefore T_H = T_V \left(\frac{12}{9} \right)$$

$$T_H = (12,000 \text{ lb}) \left(\frac{12}{9} \right)$$

$$= 16,000 \text{ lb}$$

TENSILE FORCE IN CABLE

$$T = \sqrt{T_H^2 + T_V^2} = \sqrt{(16,000 \text{ lb})^2 + (12,000 \text{ lb})^2}$$

$$= 20,000 \text{ lb}$$

(a) AVERAGE TENSILE STRESS IN CABLE

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{20,000 \text{ lb}}{0.471 \text{ in.}^2} = 42,500 \text{ psi} \quad \leftarrow$$

(b) AVERAGE STRAIN IN CABLE

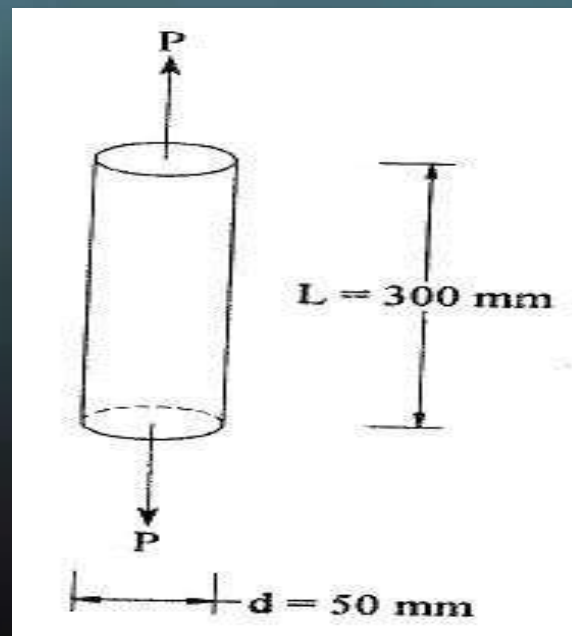
$$L = \text{length of cable} \quad L = \sqrt{H^2 + L_1^2} = 15 \text{ ft}$$

$$\delta = \text{stretch of cable} \quad \delta = 0.382 \text{ in.}$$

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{0.382 \text{ in.}}{(15 \text{ ft})(12 \text{ in./ft})} = 2120 \times 10^{-6} \quad \leftarrow$$

Soal:

Sebuah batang aluminium yang mempunyai diameter 50 mm dengan panjang 300 mm dibebani gaya tarik sebesar: 100 KN. Berdasarkan dari hasil pengujian batang tersebut memuai sepanjang 0,219 mm dan diameternya menyusut sebesar 0,01215 mm. Berapakah besar regangan dan nilai modulus elastisitas bahan tersebut.



Answer:

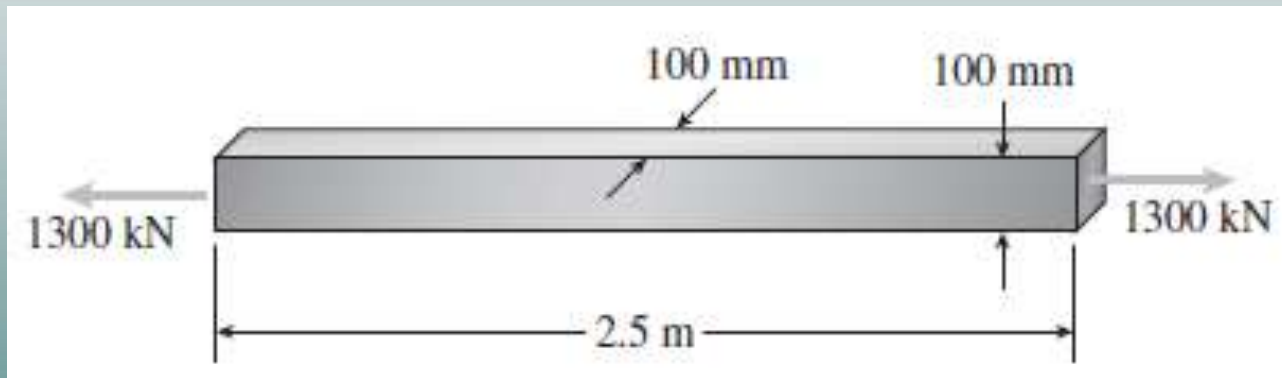
$$\varepsilon_H = \frac{\Delta d}{d} = -\frac{0,00001215}{0,050} = -0,000243 \text{ mm}$$

(negatif karena arah lateral menyusut)

$$E = \frac{P.L}{A.\Delta L} = \frac{(100)(0,3)}{(1,96 \times 10^{-3})(0,000219)} = 70 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$$

Soal:

Suatu batang baja berbentuk persegi dengan sisi 100 mm mempunyai panjang 2,5 m .Batang tersebut mendapatkan gaya tarik 1300 KN. Asumsikan modulus elastisitas $E = 200 \text{ Gpa}$. Tentukan besarnya pertambahan panjang batang tersebut.



Answer

Length: $L = 2.5 \text{ m} = 2500 \text{ mm}$

Side: $b = 100 \text{ mm}$

Force: $P = 1300 \text{ kN}$

$E = 200 \text{ GPa}$ $\nu = 0.3$

AXIAL STRESS

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{b^2}$$

$$\sigma = \frac{1300 \text{ kN}}{(100 \text{ mm})^2} = 130 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\sigma}{E} = \frac{130 \text{ MPa}}{200 \text{ GPa}} \\ &= 650 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

INCREASE IN LENGTH

$$\begin{aligned}\Delta L &= \varepsilon L = (650 \times 10^{-6})(2500 \text{ mm}) \\ &= 1.625 \text{ mm}\end{aligned}$$



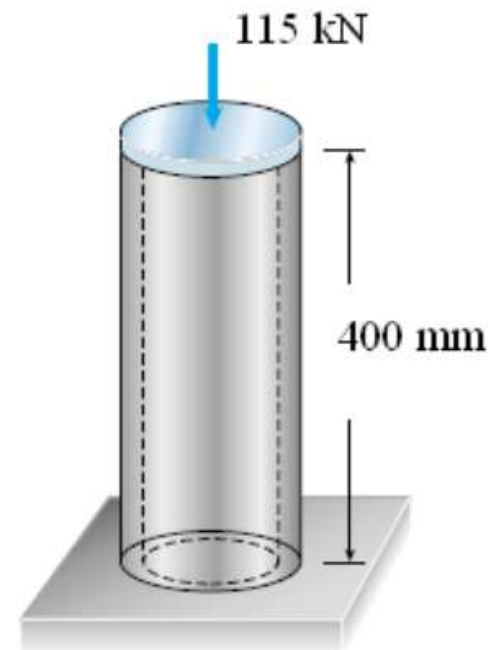
TUGAS

Sebuah kawat baja akan ditegangkan dengan gaya sebesar 5 KN. Tentukan kebutuhan diameter kabel baja tersebut agar tegangan yang terjadi tidak lebih dari 100 MN/m^2 .



TUGAS

Sebuah tiang pendek berupa tabung lingkaran berlubang dari aluminium memikul beban tekan sebesar 115 kN. Diameter dalam dan luar dari tabung tersebut adalah $d_1 = 100$ mm dan $d_2 = 115$ mm, panjang tiang adalah 400 mm. Perpendekan tiang akibat beban diukur sebesar 0,3 mm. Tentukan tegangan dan regangan tekan di tiang tersebut.



TERIMA KASIH.....

