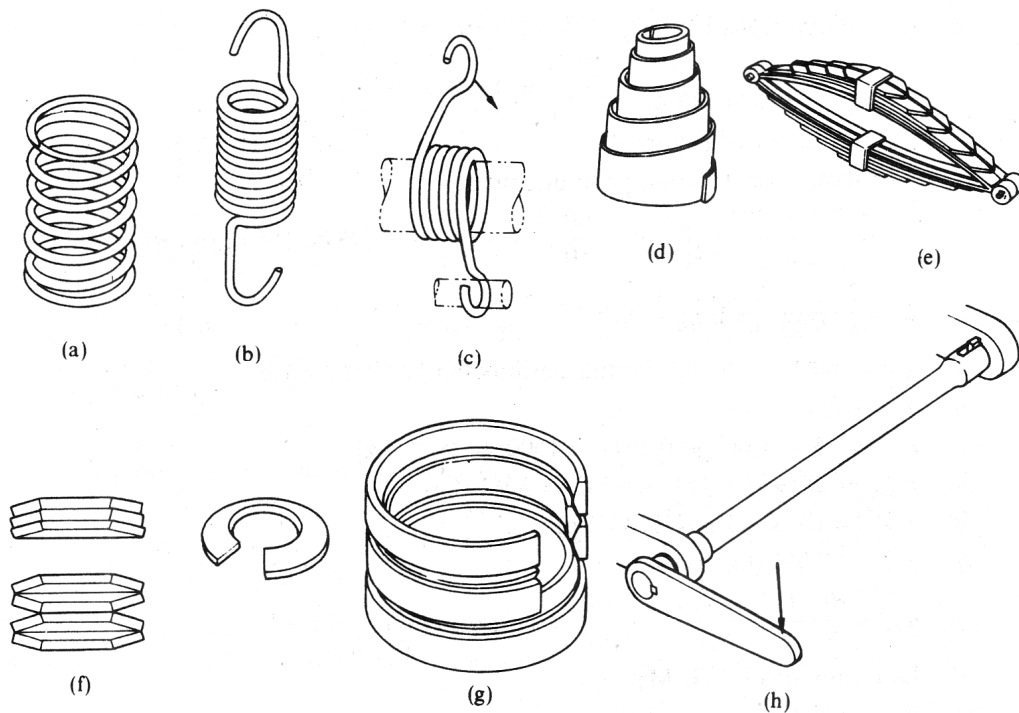


**BAGIAN IV
PEGAS**

Pegas adalah sebuah elemen mesin elastis yang berfungsi untuk mencegah distorsi pada saat pembebanan dan menahan pada posisi semula pada saat posisinya dirubah.

A. Jenis – jenis pegas :

- a. Pegas tekan atau kompresi
 - b. Pegas tarik
 - c. Pegas Puntir
 - d. Pegas Volut
 - e. Pegas daun
 - f. Pegas piring (plat)
 - g. Pegas cincin
 - h. Pegas torsi atau batang puntir
- } Pegas ulir



Gb.7.1 jenis-jenis pegas

Mechanical Engineering

Pegas dapat berfungsi sebagai pelunak tumbukan atau kejutan seperti pegas kendaraan, sebagai penyimpan energi seperti pada jam, untuk pengukur seperti pada timbangan, dll.

B. Bahan pegas

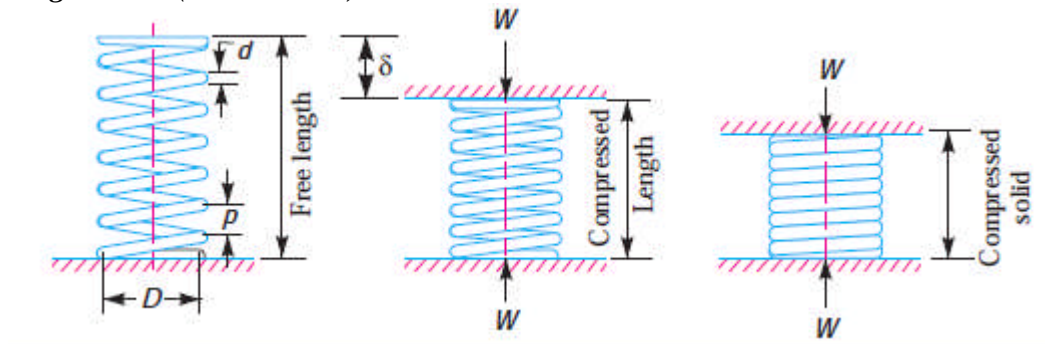
Pegas dapat dibuat dari berbagai jenis bahan sesuai pemakaiannya. Bahan baja dengan penampang lingkaran adalah yang paling banyak dipakai.

Bahan – bahan pegas terlihat pada tabel berikut :

Tabel 6.

Material	Allowable shear stress (τ) MPa			Modulus of rigidity (G) kN/m ²	Modulus of elasticity (E) kN/mm ²
	Severe service	Average service	Light service		
1. Carbon steel					
(a) Upto to 2.125 mm dia.	420	525	651	80	210
(b) 2.125 to 4.625 mm	385	483	595		
(c) 4.625 to 8.00 mm	336	420	525		
(d) 8.00 to 13.25 mm	294	364	455		
(e) 13.25 to 24.25 mm	252	315	392		
(f) 24.25 to 38.00 mm	224	280	350		
2. Music wire	392	490	612	70	196
3. Oil tempered wire	336	420	525		
4. Hard-drawn spring wire	280	350	437.5		
5. Stainless-steel wire	280	350	437.5		
6. Monel metal	196	245	306	44	105
7. Phosphor bronze	196	245	306	44	105
8. Brass	140	175	219	35	100

Material dari pegas harus memiliki kekuatan fatigue tinggi, ductility tinggi, ketahanan tinggi dan harus tahan creep.

Mechanical Engineering**C. Pegas helik (tekan / tarik)**

Gb.7.2 pegas tekan

a. Panjang Rapat (Solid length of the spring) ;

$$L_s = n' d$$

Dimana : n' = jumlah koil lilitan

d = diameter kawat

b. Panjang Bebas (Free length of the spring)

$$L_f = n' d + \delta_{\text{mak}} + (n' - 1) \times 1 \text{ mm}$$

Dalam kasus ini, jarak antara dua kumparan yang berdekatan diambil 1 mm.

c. Indek pegas (C) didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara diameter pegas dengan diameter kawat, persamaan matematikanya adalah :

$$\text{Indek pegas (C)} = \frac{D}{d}$$

Dimana : D = diameter lilitan / pegas

d. Spring rate (k) didefinisikan sebagai sebagai beban yang diperlukan per unit defleksi pegas, persamaan matematikanya adalah :

$$k = \frac{W}{\delta}$$

Mechanical Engineering

Dimana : W = beban

δ = Defleksi dari pegas

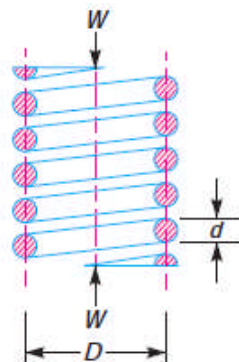
- e. **Pitch.** didefinisikan sebagai jarak aksial antara kumparan yang berdekatan pada daerah yang tidak terkompresi.

$$\text{Pitch } (p) = \frac{\text{panjang bebas}}{n'-1}$$

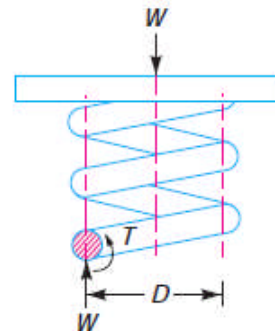
Atau dapat dicari dengan cara :

$$\text{Pitch of the coil, } p = \frac{L_F - L_S}{n'} + d$$

- f. **Tegangan pada pegas helik :**



(a) Axially loaded helical spring.



(b) Free body diagram showing that wire is subjected to torsional shear and a direct shear.

D = Mean diameter of the spring coil,

d = Diameter of the spring wire,

n = Number of active coils,

G = Modulus of rigidity for the spring material,

W = Axial load on the spring,

τ = Maximum shear stress induced in the wire,

C = Spring index = D/d ,

p = Pitch of the coils, and

δ = Deflection of the spring, as a result of an axial load W .

Mechanical Engineering

Bila tarikan atau kompresi bekerja pada pegas ulir, besarnya momen puntir T (kg.mm) adalah tetap untuk seluruh penampang kawat yang bekerja. Untuk diameter lilitan rata-rata (diukur pada sumbu kawat) D (mm), berdasarkan kesetimbangan momen besar momen puntir tersebut adalah :

$$T = W \cdot \frac{D}{2}$$

Jika diameter kawat adalah d (mm), maka besarnya momen puntir kawat yang berkorelasi dengan tegangan geser akibat torsi τ_1 (kg/mm²) dapat dihitung dari :

$$\text{Torsi} = \tau_1 \times \frac{\pi}{16} \cdot d^3$$

Sehingga,

$$\tau_1 = \frac{16}{\pi d^3} \times \frac{DW}{2}$$

$$\tau_1 = \frac{8WD}{\pi d^3}$$

Sedangkan tegangan geser langsung akibat beban W adalah :

$$\begin{aligned} \tau_2 &= \frac{\text{Load}}{\text{Cross-sectional area of the wire}} \\ &= \frac{W}{\frac{\pi}{4} \times d^2} = \frac{4W}{\pi d^2} \end{aligned}$$

Sehingga, tegangan geser maksimum yang terjadi di permukaan dalam lilitan pegas ulir adalah :

$$\begin{aligned} \tau &= \tau_1 \pm \tau_2 = \frac{8WD}{\pi d^3} \pm \frac{4W}{\pi d^2} \\ &= \text{Torsional shear stress} + \text{Direct shear stress} \\ &= \frac{8WD}{\pi d^3} + \frac{4W}{\pi d^2} = \frac{8WD}{\pi d^3} \left(1 + \frac{d}{2D} \right) \end{aligned}$$

Mechanical Engineering

$$= \frac{8WD}{\pi d^3} \left(1 + \frac{1}{2C} \right) = K_s \times \frac{8WD}{\pi d^3}$$

$$K_s = \text{Shear stress factor} = 1 + \frac{1}{2C}$$

(tegangan hanya mempertimbangkan pembebanan langsung)

$$\tau = \frac{K8WD}{\pi d^3} = \frac{K8WC}{\pi d^2}$$

(tegangan dengan mempertimbangkan efek lengkungan dan pembebanan)

D = diameter pegas rata-rata

d = diameter of the spring wire

n = jumlah lilitan aktif

G = modulus kekakuan

W = Beban aksial

C = Spring index = D/d

τ = tegangan geser

K = faktor Wah'l

$$K = \frac{4C + 1}{4C - 4} + \frac{0,615}{C}$$

Defleksi pegas :

$$\delta = \frac{8WD^3n}{d^4G} = \frac{8WC^3n}{dG}$$

Mechanical Engineering**Contoh Permasalahan :**

1. Sebuah kumparan pegas kompresi yang terbuat dari baja paduan adalah memiliki spesifikasi sebagai berikut:

diameter koil = 50 mm; diameter kawat = 5 mm; Jumlah koil aktif = 20.

Jika spring dikenakan ke beban aksial dari 500 N; hitung tegangan geser maksimum (abaikan pengaruh kelengkungan).

Jawab :

Diketahui

$$D = 50 \text{ mm} ; d = 5 \text{ mm} ; n = 20 ; W = 500 \text{ N}$$

∴ Shear stress factor,

$$K_s = 1 + \frac{1}{2C} = 1 + \frac{1}{2 \times 10} = 1.05$$

Sehingga, tegangan geser maksimum (mengabaikan pengaruh kelengkungan kawat) :

$$\begin{aligned} \tau &= K_s \times \frac{8W.D}{\pi d^3} = 1.05 \times \frac{8 \times 500 \times 50}{\pi \times 5^3} = 534.7 \text{ N/mm}^2 \\ &= 534.7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Sebuah pegas helik terbuat dari kawat dengan diameter 6 mm dan memiliki diameter luar dari 75 mm. Jika tegangan geser diperbolehkan 350 MPa dan modulus kekakuan 84 kN/mm², tentukan beban aksial dan defleksi per koil pegas.

Jawab

$$\begin{aligned} \text{diketahui} \quad \text{Given : } d &= 6 \text{ mm} ; D_o = 75 \text{ mm} ; \tau = 350 \text{ MPa} = 350 \text{ N/mm}^2 ; G = 84 \text{ kN/mm}^2 \\ &= 84 \times 10^3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

dapat dicari diameter pegas

$$d = 6 \text{ mm}, D = D_o - d = 75 - 6 = 69 \text{ mm}$$

$$\text{Spring index, } C = \frac{D}{d} = \frac{69}{6} = 11.5$$

a. mengabaikan efek lengkungan :

$$K_s = 1 + \frac{1}{2C} = 1 + \frac{1}{2 \times 11.5} = 1.043$$

Mechanical Engineering

Tegangan geser maksimum pada kawat adalah :

$$\tau = K_s \times \frac{8W.D}{\pi d^3}$$

$$350 = K_s \times \frac{8W.D}{\pi d^3} = 1.043 \times \frac{8W \times 69}{\pi \times 6^3} = 0.848 W$$

$$W = 350 / 0.848 = 412.7 \text{ N}$$

Kita ketahui persamaan defleksi adalah

$$\delta = \frac{8W.D^3.n}{G.d^4}$$

Sehingga besarnya defleksi per koil pegas adalah :

$$\frac{\delta}{n} = \frac{8W.D^3}{G.d^4} = \frac{8 \times 412.7 (69)^3}{84 \times 10^3 \times 6^4} = 9.96 \text{ mm}$$

b. mempertimbangkan efek lengkungan

kita ketahui besarnya Wahl's stress factor adalah :

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} = \frac{4 \times 11.5 - 1}{4 \times 11.5 - 4} + \frac{0.615}{11.5} = 1.123$$

Tegangan geser maksimum pada kawat adalah :

$$350 = K \times \frac{8W.C}{\pi d^2} = 1.123 \times \frac{8 \times W \times 11.5}{\pi \times 6^2} = 0.913 W$$

$$W = 350 / 0.913 = 383.4 \text{ N}$$

Kita ketahui persamaan defleksi adalah

$$\delta = \frac{8W.D^3.n}{G.d^4}$$

Sehingga besarnya defleksi per koil pegas adalah :

$$\frac{\delta}{n} = \frac{8W.D^3}{G.d^4} = \frac{8 \times 383.4 (69)^3}{84 \times 10^3 \times 6^4} = 9.26 \text{ mm}$$

Mechanical Engineering

3. Rancanglah pegas yang digunakan untuk mengukur beban 0 sampai 1000 N, dimana defleksi pegas 80 mm. Pegas akan dimasukkan ke dalam casing berukuran diameter 25 mm. Perkiraan jumlah koil adalah 30. Modulus kekakuan adalah 85 kN/mm^2 . Hitunglah juga tegangan geser maksimum.

Jawab :

Diketahui :

$$W = 1000 \text{ N} ; \delta = 80 \text{ mm} ; n = 30 ; G = 85 \text{ kN/mm}^2 = 85 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

Agar pegas dapat masuk kedalam casing, maka diameter pegas < diameter casing.

Maka,.....

Kita ketahui persamaan defleksi adalah

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{8 W \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4} \\ &= \frac{8 W \cdot C^3 \cdot n}{G \cdot d} \\ 80 &= \frac{8 W \cdot C^3 \cdot n}{G \cdot d} = \frac{8 \times 1000 \times C^3 \times 30}{85 \times 10^3 \times d} = \frac{240 C^3}{85 d} \\ \frac{C^3}{d} &= \frac{80 \times 85}{240} = 28.3\end{aligned}$$

Selanjutnya, kita asumsikan jika besarnya $d = 4 \text{ mm}$, maka,

$$\begin{aligned}C^3 &= 28.3 d = 28.3 \times 4 = 113.2 \quad \text{or} \quad C = 4.84 \\ D &= C \cdot d = 4.84 \times 4 = 19.36 \text{ mm}\end{aligned}$$

Untuk mencari diameter luar pegas, dicari melalui persamaan :

$$D_o = D + d$$

Sehingga,

$$D_o = D + d = 19.36 + 4 = 23.36 \text{ mm}$$

Besarnya D_o lebih kecil daripada diameter casing, sehingga asumsi diameter coil sebesar 4 mm telah **benar**.

.....

Mechanical Engineering

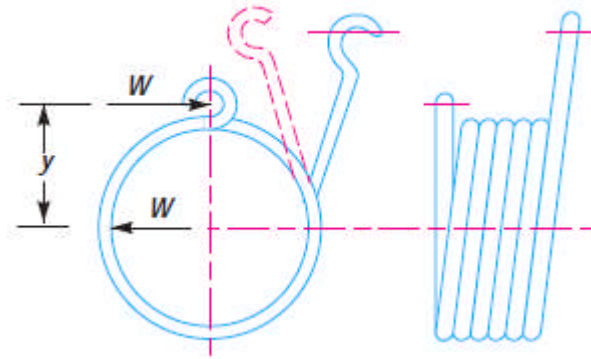
Selanjutnya besarnya tegangan geser maksimum adalah :

Wahl's stress factor,

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} = \frac{4 \times 4.84 - 1}{4 \times 4.84 - 4} + \frac{0.615}{4.84} = 1.322$$

sehingga, tegangan geser maksimum

$$\begin{aligned}\tau &= K \times \frac{8 W \cdot C}{\pi d^2} = 1.322 \times \frac{8 \times 1000 \times 4.84}{\pi \times 4^2} \\ &= 1018.2 \text{ N/mm}^2 = 1018.2 \text{ MPa}\end{aligned}$$

D. Pegas Torsi Helik

Gb. 7.4 pegas torsi helik

Tegangan lentur dapat dicari dengan persamaan :

$$\sigma_b = K \times \frac{32 M}{\pi d^3} = K \times \frac{32 W \cdot y}{\pi d^3}$$

Dimana :

M = momen lentur = W x y

d = diameter kawat

$$K = \text{Faktor Wahl} = \frac{4C - C - 1}{4C^2 - 4C}$$

Sudut defleksi :

$$*\theta = \frac{M l}{E I} = \frac{M \times \pi D n}{E \times \pi d^4 / 64} = \frac{64 M D n}{E d^4}$$

l = panjang kawat

n = jumlah lilitan

Mechanical Engineering

defleksi,

$$\delta = \theta \times y = \frac{64 M D n}{E d^4} \times y$$

Jika pegas berbentuk kotak, dimana lebar = b dan tebal = t, maka :

$$\sigma_b = K \times \frac{6 M}{t b^2} = K \times \frac{6 W \times y}{t b^2}$$

Dimana Wahl's stress factor,

$$K = \frac{3C^2 - C - 0.8}{3C^2 - 3C}$$

Sudut defleksi,

$$\theta = \frac{12 \pi M D n}{E t b^3};$$

$$\delta = \theta y = \frac{12 \pi M D n}{E t b^3} \times y$$

Dalam kasus pegas terbuat dari kawat persegi dengan tiap sisi sama dengan b, kemudian mengganti t = b, persamaan diatas menjadi :

$$\sigma_b = K \times \frac{6 M}{b^3} = K \times \frac{6 W \times y}{b^3}$$

$$\theta = \frac{12 \pi M D n}{E b^4}; \quad \text{and} \quad \delta = \frac{12 \pi M D n}{E b^4} \times y$$

Contoh permasalahan :

1. Sebuah pegas torsi helik memiliki diameter 60 mm terbuat dari kawat berdiameter 6 mm. Jika torsi sebesar 6 Nm diterapkan pada pegas, tentukan tegangan lentur dan sudut defleksi (derajat) dari pegas.

Jika diketahui indeks pegas adalah 10 dan modulus elastisitas untuk material pegas adalah 200 kN/mm^2 . Jumlah koil efektif sebesar 5,5.

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{diketahui} \quad & D = 60 \text{ mm} ; d = 6 \text{ mm} ; M = 6 \text{ N-m} = 6000 \text{ N-mm} ; C = 10 ; E = 200 \text{ kN/mm}^2 \\ & = 200 \times 10^3 \text{ N/mm}^2 ; n = 5.5 \end{aligned}$$

Mechanical Engineering

- Wahl's stress factor,

$$K = \frac{4C^2 - C - 1}{4C^2 - 4C} = \frac{4 \times 10^2 - 10 - 1}{4 \times 10^2 - 4 \times 10} = 1.08$$

- Tegangan lentur :

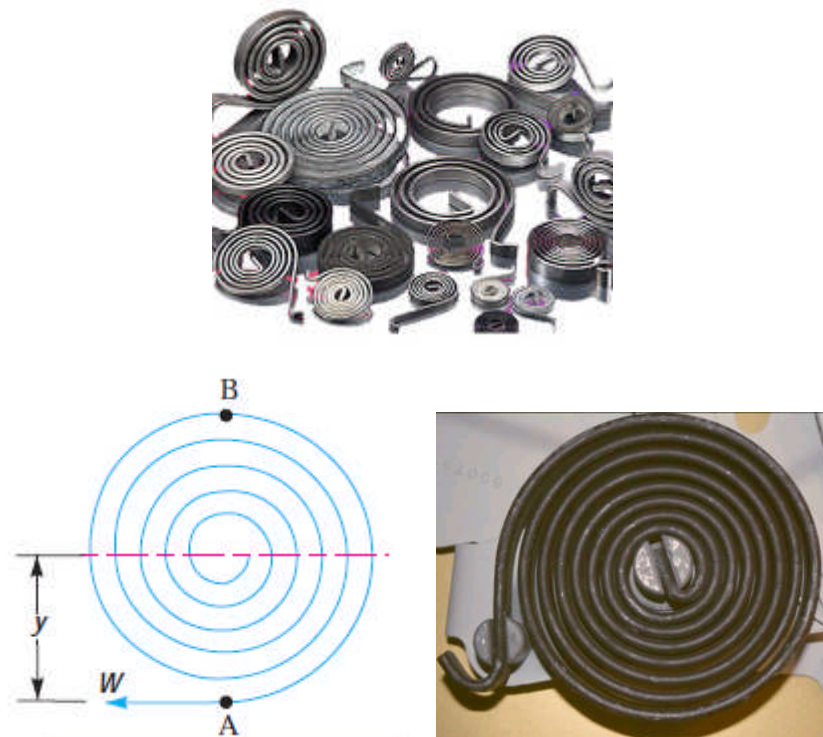
$$\sigma_b = K \times \frac{32 M}{\pi d^3} = 1.08 \times \frac{32 \times 6000}{\pi \times 6^3} = 305.5 \text{ N/mm}^2 \text{ or MPa}$$

- Sudut defleksi (dalam derajat)

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{64 M D n}{E d^4} = \frac{64 \times 6000 \times 60 \times 5.5}{200 \times 10^3 \times 6^4} = 0.49 \text{ rad} \\ &= 0.49 \times \frac{180}{\pi} = 28^\circ \end{aligned}$$

Mechanical Engineering**E. Pegas Plat Spiral**

Pegas plat spiral terdiri dari bahan tipis, panjang dan merupakan material elastis seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 7.5. Sering digunakan dalam jam dan produk yang membutuhkan sebagai media untuk menyimpan energy.



Gb.7.5 pegas plat spiral

Analisis Pegas Plat Spiral

W = Beban tarik ujung pegas

y = Jarak pusat gravitasi ke titik A

l = panjang plat pegas

b = lebar plat

t = tebal plat

$$I = \text{momen inersia} = \frac{bt^3}{12}$$

Mechanical Engineering

$$Z = \text{modulus permukaan} = \frac{bt^2}{6}$$

Ketika ujung pegas A ditarik oleh gaya W, maka momen lentur pada pegas :

$$M = W \times y$$

Momen lentur terbesar terjadi pada pegas di B yang berada pada jarak maksimum dari beban tarik W.

$$M_B = M_{\max} = W \times 2y = 2Wy = 2M$$

Tegangan lentur maksimum pada material pegas :

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{2W \times y}{bt^2/6} = \frac{12Wy}{bt^2} = \frac{12M}{bt^2}$$

Dengan asumsi bahwa kedua ujung pegas dijepit, sudut defleksi (dalam radian) dari pegas adalah :

$$\theta = \frac{Ml}{EI} = \frac{12Ml}{Ebt^3}$$

Sehingga defleksinya adalah :

$$\delta = \theta \times y = \frac{Ml.y}{EI}$$

Energi yang tersimpan dalam pegas :

$$= \frac{(\sigma_b)^2}{24 E} \times btl = \frac{(\sigma_b)^2}{24 E} \times \text{Volume of the spring}$$

Mechanical Engineering

Contoh permasalahan :

Sebuah pegas terbuat dari plat dengan lebar 6 mm dan tebal 0,25 mm. Panjang plat adalah 2,5 meter. Dengan asumsi tegangan maksimum 800 MPa terjadi pada titik momen lentur terbesar. Jika $E = 200 \text{ kN/mm}^2$, hitunglah momen lentur, jumlah putaran pegas, dan energi regangan yang tersimpan pada pegas.

Jawab :

diketahui : $b = 6 \text{ mm}$; $t = 0.25 \text{ mm}$; $l = 2.5 \text{ m} = 2500 \text{ mm}$ $\sigma_b = 800 \text{ MPa} = 800 \text{ N/mm}^2$;
 $E = 200 \text{ kN/mm}^2 = 200 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$

- Momen lentur pada pegas :

Jika M = Momen lentur pada pegas, dan kita ketahui bahwa tegangan lentur maksimum pada material pegas (σ_b) :

$$\sigma_b = \frac{12M}{bt^2}$$

$$800 = \frac{12M}{bt^2} = \frac{12M}{6(0.25)^2} = 32M$$

$$M = 800 / 32 = 25 \text{ N-mm}$$

- Jumlah putaran pegas :

Kita tahu bahwa sudut defleksi pegas :

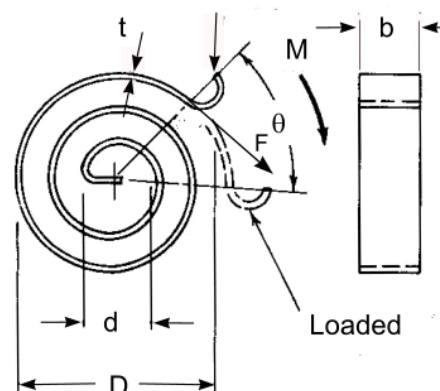
$$\theta = \frac{12Ml}{Ebt^3} = \frac{12 \times 25 \times 2500}{200 \times 10^3 \times 6(0.25)^3} = 40 \text{ rad}$$

Karena satu putaran pegas sama dengan 2π radian, maka jumlah putaran untuk pegas adalah :

$$= 40 / 2\pi = 6.36 \text{ putaran}$$

- Energi regangan yang tersimpan pada pegas :

$$= \frac{1}{2} M \theta = \frac{1}{2} \times 25 \times 40 = 500 \text{ N-mm}$$



Mechanical Engineering

F. Pegas Daun

Pegas ini biasanya dibuat dari plat baja yang memiliki ketebalan 3 – 6 mm. susunan pegas daun terdiri atas 3 – 10 lembar plat yang diikat menjadi satu menggunakan baut atau klem pada bagian tengahnya. Pada ujung plat terpanjang dibentuk mata pegas untuk pemasangannya. Sementara itu bagian belakang dari plat baja paling atas dihubungkan dengan kerangka menggunakan ayunan yang dapat bergerak bebas saat panjang pegas berubah-ubah karena pengaruh perubahan beban.



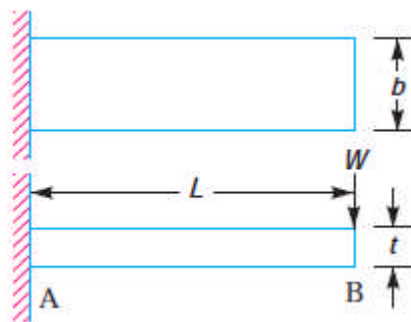
Pemasangan pegas daun : yaitu pegas daun dipasang diatas poros roda belakang dan pegas daun dipasang dibawah poros roda belakang. Kebanyakan pegas daun dipasang tepat ditengah-tengah panjang pegas tersebut sehingga bagian depan dan belakang sama panjang. Tetapi ada juga pemasangan pegas daun yang tidak tepat ditengah, yaitu bagian depan lebih pendek dari bagian belakang.. getaran yang timbul ketika kendaraan direm atau meluncur dapat dikurangi. Pada kendaraan-kendaraan yang berat seperti truk dan bus, pegas daun mengalami beda tekanan pada saat kosong dan berisi muatan penuh. Untuk memenuhi beban saat pengangkutan pada kendaraan berat biasanya menggunakan pegas ganda, yaitu pegas primer dan sekunder. Saat kendaraan berat tidak

Mechanical Engineering

menerima beban berat maka yang digunakan saat itu pegas primer, sedangkan saat diberi beban berat maka pegas primer dan sekunder akan bekerja bersama-sama.

Analisis Pegas Daun

Pada kasus plat tunggal, salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya diberikan beban W seperti ditunjukkan pada Gambar. 7.5. Plat ini dapat digunakan sebagai pegas datar.



Gb. 7.5 pegas daun

t = Tebal pelat,

b = Lebar pelat, dan

L = Panjang pelat atau jarak dari beban W ke ujung kantilever.

Momen lentur maksimum pada titik A,

$$M = WL$$

Modulus permukaan :

$$Z = \frac{1}{6} \times b t^2$$

Tegangan lentur pegas :

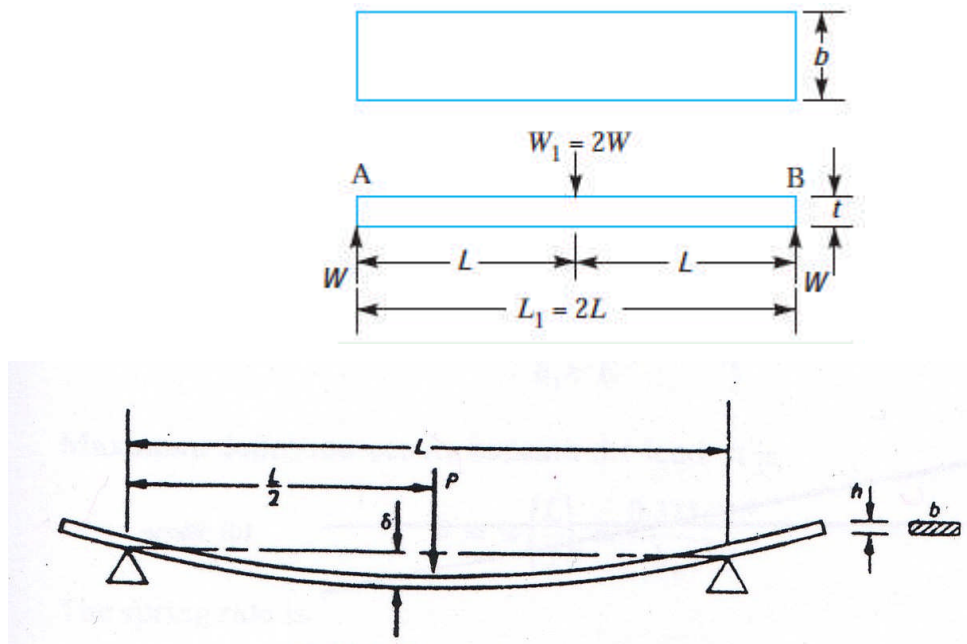
$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{WL}{\frac{1}{6} \times b t^2} = \frac{6WL}{b t^2} \quad \dots (i)$$

Mechanical Engineering

Defleksi maksimum untuk kantilever dengan beban terkonsentrasi pada ujung bebas adalah :

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{W L^3}{3EI} = \frac{W L^3}{3E \times b t^3 / 12} = \frac{4 W L^3}{E b t^3} \quad \dots(ii) \\ &= \frac{2 \sigma L^2}{3 E t} \quad \dots \left(\because \sigma = \frac{6 W L}{b \cdot t^2} \right)\end{aligned}$$

Jika pegas bukan tipe kantilever tetapi seperti balok tumpuan sederhana (untuk konstruksi dimana pegas ditumpu pada kedua ujungnya), dengan panjang $2L$ dan beban di tengah $2W$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 7.6



Gb.7.6 pegas daun dua tumpuan

Mechanical Engineering

maka :

- Momen bending maksimum di tengah,

$$M = WL$$

- Modulus permukaan

$$Z = b.t^2 / 6$$

- Tegangan bending maksimum

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{M}{Z} = \frac{WL}{b.t^2 / 6} \\ &= \frac{6WL}{b.t^2}\end{aligned}$$

Defleksi maksimum balok sederhana berada ditengah, yaitu :

$$\delta = \frac{W_1 (L_1)^3}{48 EI} = \frac{(2W) (2L)^3}{48 EI} = \frac{WL^3}{3 EI}$$

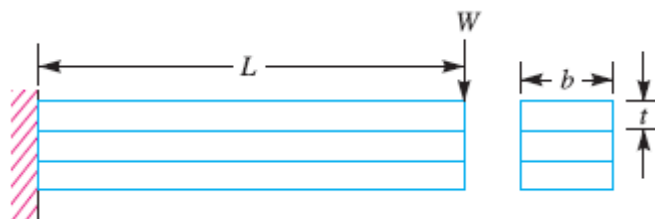
... (∵ dimana , $W_1 = 2W$, $L_1 = 2L$)

Dari atas kita melihat bahwa pegas seperti pegas mobil dengan panjang 2L di pusat dan diberikan beban 2W, dapat diperlakukan sebagai kantilever ganda.

Selanjutnya jika plat kantilever dipasang seperti ditunjukkan pada Gambar. 7.7, maka persamaan (i) dan (ii) dapat ditulis sebagai :

$$\sigma = \frac{6WL}{nbt^2} \quad \dots(iii)$$

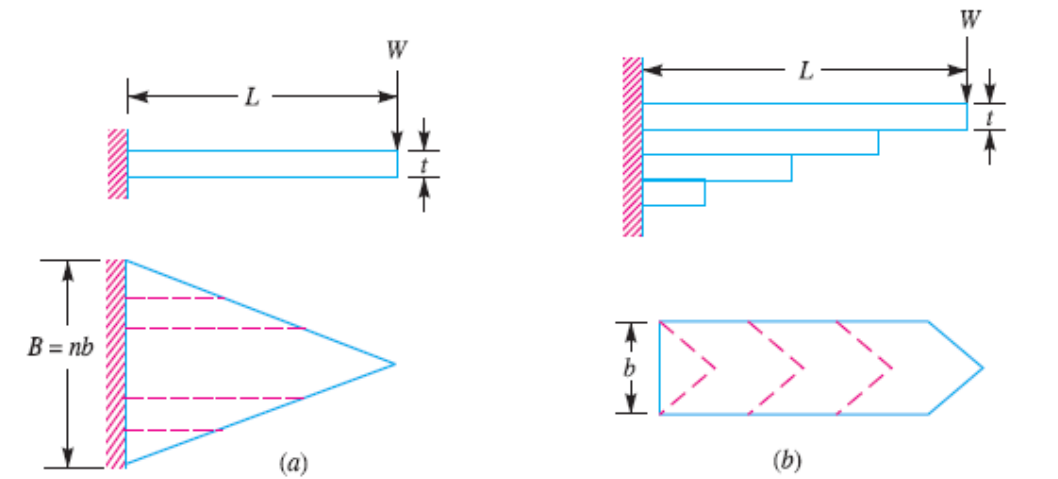
$$\delta = \frac{4WL^3}{nEbt^3} = \frac{2\sigma L^2}{3Et} \quad \dots(iv)$$



Gb.7.7 pegas dengan plat jamak

Mechanical Engineering

Hubungan di atas memberikan tegangan dan defleksi pegas daun seragam. Ada dua kondisi susunan pegas, yaitu susunan pegas triangular menyamping/mendatar seperti ditunjukkan pada Gambar. 7.8 (a), dan susunan pegas triangular yang lebarnya seragam dimana ditempatkan satu di bawah yang lain (susunan menurun / vertikal), seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 7.8 (b).



Gb.7.8 Susunan pegas

Maka persamaan pegas triangular:

$$\sigma = \frac{6 W L}{n b t^2} \quad \dots(v)$$

$$\delta = \frac{6 W L^3}{n E b t^3} = \frac{\sigma L^2}{E t} \quad \dots(vi)$$

n = jumlah susunan bertingkat

Dengan pengaturan di atas pegas menjadi kompak sehingga ruang yang ditempati oleh pegas dapat berkurang. Kita lihat dari persamaan (iv) dan (vi) bahwa untuk defleksi yang sama, tegangan pada pegas susunan penuh (rata) lebih besar 50% dari pegas susunan triangular dengan asumsi bahwa setiap unsur pegas adalah elastis. Jika F dan G digunakan untuk menunjukkan perbandingan pegas daun susunan penuh dan pegas daun susunan triangular, maka :

Mechanical Engineering

$$\sigma_F = \frac{3}{2} \sigma_G$$

$$\frac{6 W_F L}{n_F b t^2} = \frac{3}{2} \left[\frac{6 W_G L}{n_G b t^2} \right] \quad \text{or} \quad \frac{W_F}{n_F} = \frac{3}{2} \times \frac{W_G}{n_G}$$

$$\frac{W_F}{W_G} = \frac{3 n_F}{2 n_G} \quad \dots(vii)$$

Pengembangan dari persamaan di atas diperoleh :

Tegangan lentur maksimum :

$$\sigma_F = \frac{6 W_F L}{n_F b t^2} = \frac{6 L}{n_F b t^2} \left(\frac{3 n_F}{2 n_G + 3 n_F} \right) W = \frac{18 W L}{b t^2 (2 n_G + 3 n_F)}$$

$$\sigma_F = \frac{3}{2} \sigma_G,$$

$$\sigma_G = \frac{2}{3} \sigma_F = \frac{2}{3} \times \frac{18 W L}{b t^2 (2 n_G + 3 n_F)} = \frac{12 W L}{b t^2 (2 n_G + 3 n_F)}$$

Defleksi :

$$\delta = \frac{2 \sigma_F \times L^2}{3 E t} = \frac{2 L^2}{3 E t} \left[\frac{18 W L}{b t^2 (2 n_G + 3 n_F)} \right] = \frac{12 W L^3}{E b t^3 (2 n_G + 3 n_F)}$$

W = beban total = $W_G + W_F$

W_G = beban yang dikenakan pada susunan bertingkat

W_F = beban yang dikenakan pada susunan rata

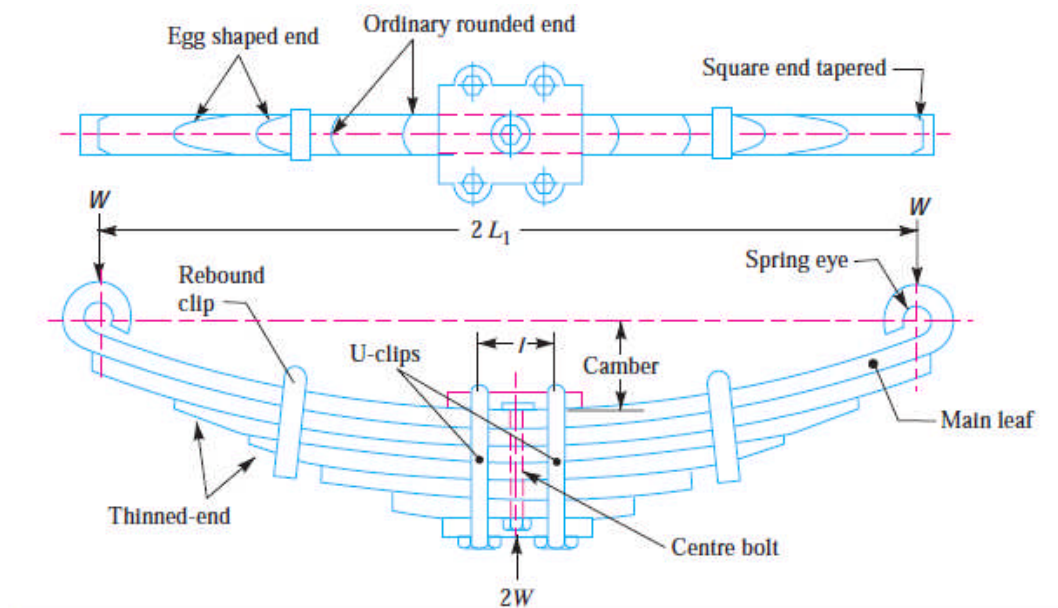
n_F = jumlah plat yang tersusun rata

n_G = jumlah plat yang tersusun betingkat

Mechanical Engineering

Konstruksi susunan pegas daun pada mobil :

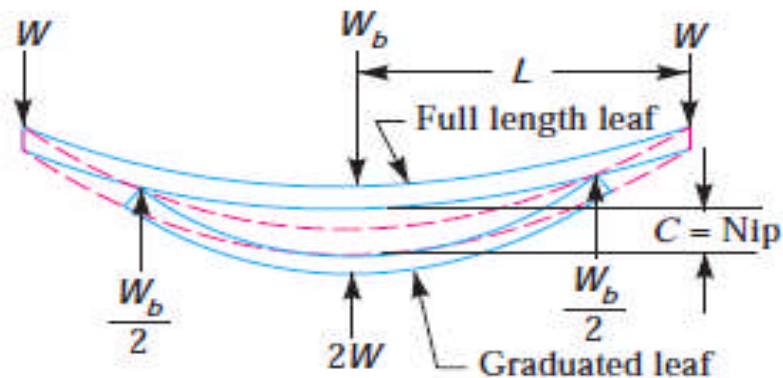
Sebuah pegas daun umum digunakan dalam mobil adalah bentuk semi-elips seperti ditunjukkan pada Gambar. 7.10. Hal ini dibangun dari sejumlah pelat (dikenal sebagai daun). Daun biasanya diberikan kelengkungan awal atau melengkung. Daun disatukan dengan menggunakan band atau baut. Band dapat memberikan efek yang kaku dan memperkuat.



Gb.7.10 konstruksi pegas daun

Seperti telah disampaikan didepan bahwa tegangan pada susunan rata lebih besar 50% dari susunan bertingkat, sehingga konstruksi pegas daun hal tersebut tidak diijinkan. Untuk itu harus disamakan tegangannya dengan cara sebagai berikut :

- Ketebalan plat pegas pada susunan penuh dibuat lebih tipis dari susunan bertingkat
- Radius kelengkungan pegas pada susunan penuh dibuat lebih besar dari susunan bertingkat, kemudian disatukan.

Mechanical Engineering

Gb.7.11 menyamakan tegangan

Pertimbangkan bahwa dalam kondisi beban maksimum, tegangan semua daun sama. Kemudian pada beban maksimum, defleksi total susunan daun bertingkat akan melebihi defleksi total susunan daun rata.

Cara diatas dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\delta_G = \delta_F + C$$

$$C = \delta_G - \delta_F = \frac{6 W_G \cdot L^3}{n_G E b t^3} - \frac{4 W_F L^3}{n_F E b t^3} \quad \dots(i)$$

Dimana C adalah selisih.

Karena tegangan dibuat sama ,maka :

$$\sigma_G = \sigma_F$$

$$\frac{6 W_G L}{n_G b t^2} = \frac{6 W_F L}{n_F b t^2} \quad \text{or} \quad \frac{W_G}{n_G} = \frac{W_F}{n_F}$$

$$W_G = \frac{n_G}{n_F} \times W_F = \frac{n_G}{n} \times W$$

$$W_F = \frac{n_F}{n_G} \times W_G = \frac{n_F}{n} \times W$$

Persamaan diatas jika dimasukan dalam persamaan (1) diperoleh :

$$C = \frac{6 W L^3}{n E b t^3} - \frac{4 W L^3}{n E b t^3} = \frac{2 W L^3}{n E b t^3} \quad \dots(ii)$$

Mechanical Engineering

Beban W_b yang dipakai untuk merapatkan pegas daun :

$$W_b = \frac{2 n_F n_G W}{n (2 n_G + 3 n_F)} \quad \dots(iii)$$

Tegangan akhir dari pegas daun :

$$\sigma = \frac{6 W L}{b t^2} \left[\frac{3(n_F + n_G) - n_G}{n(2n_G + 3n_F)} \right] = \frac{6 W L}{n b t^2} \quad \dots(iv)$$

Panjang pegas daun

$$\text{Panjang terpendek} = \frac{\text{panjang efektif}}{n-1} + \text{panjang tidak efektif}$$

$$\text{Panjang selanjutnya} = \frac{\text{panjang efektif}}{n-1} \times (2) + \text{panjang tidak efektif}$$

$$\text{Panjang ke } (n-1) = \frac{\text{panjang efektif}}{n-1} \times (n-1) + \text{panjang tidak efektif}$$

$$\text{Panjang efektif} = 2L$$

$$= 2L_1 - l$$

$$\text{Panjang tidak efektif} = \text{jarak antar U pengikat} = l$$

$$\text{Panjang busur pegas} = 2L_1$$

$$n = \text{jumlah total pegas}$$

$$t = \text{tebal pegas daun}$$

Mechanical Engineering

Contoh permasalahan :

Sebuah pegas truk memiliki 12 daun, dua di antaranya adalah daun yang tersusun rata. Panjang busur pegas 1,05 m dan panjang tidak efektifnya 85 mm. Beban pusat 5,4 kN dengan tegangan yang diizinkan 280 MPa. Tentukan ketebalan dan lebar pegas daun serta defleksi pegas. Perbandingan tebal total dan lebar pegas adalah 3.

Jawab :

diketahui : $n = 12$; $n_F = 2$; $2L_1 = 1.05 \text{ m} = 1050 \text{ mm}$; $l = 85 \text{ mm}$; $2W = 5.4 \text{ kN} = 5400 \text{ N}$ or $W = 2700 \text{ N}$; $\sigma_F = 280 \text{ MPa} = 280 \text{ N/mm}^2$

Panjang efektif: $2L = 2L_1 - l = 1050 - 85 = 965 \text{ mm}$

$$L = 482,5 \text{ mm}$$

$$2W = 5,4 \text{ KN} = 5400 \text{ N}$$

$$W = 2700 \text{ N}$$

Karena mengingat bahwa rasio dari total kedalaman pegas ($n \times t$) dan lebar pegas (b) adalah 3,

$$\frac{12t}{b} = 3 \quad b = 4t$$

Dengan asumsi bahwa daun awalnya tidak memiliki tegangan, sehingga tegangan maksimum atau tegangan lentur untuk panjang penuh daun (σ_F) adalah :

$$280 = \frac{18 W L}{b t^3 (2n_G + 3n_F)} = \frac{18 \times 2700 \times 482.5}{4 t \times t^3 (2 \times 10 + 3 \times 2)} = \frac{225 476}{t^3}$$

$$t^3 = 225 476 / 280 = 805.3 \quad \text{or} \quad t = 9.3 \text{ say } 10 \text{ mm}$$

dan

$$b = 4 t = 4 \times 10 = 40 \text{ mm}$$

Jadi tebal plat diambil 10 mm dan lebarnya $b = 4 \times 10 = 40 \text{ mm}$

Defleksi pegas :

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{12 W L^3}{E b t^3 (2n_G + 3n_F)} \\ &= \frac{12 \times 2700 \times (482.5)^3}{210 \times 10^3 \times 40 \times 10^3 (2 \times 10 + 3 \times 2)} \text{ mm} \\ &= 16.7 \text{ mm} \quad \dots (\text{Taking } E = 210 \times 10^3 \text{ N/mm}^2) \end{aligned}$$