

## 2. GAYA DALAM, PEMBEBANAN DAN TEGANGAN

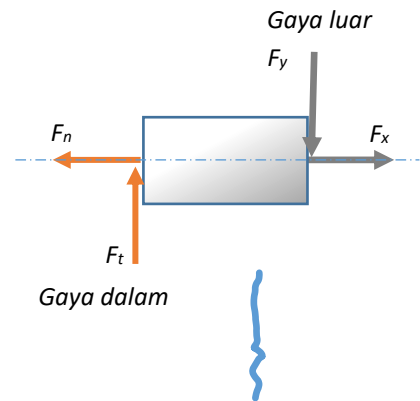
Dalam sebuah konstruksi yang menerima beban, jenis bahan dan dimensi ditentukan berdasarkan perhitungan kekuatan bahan dimana tegangan yang terjadi harus dibawah tegangan yang diizinkan.

Dari beban yang diberikan yang kita sebut gaya luar akan ditahan oleh gaya dalam yang mengakibatkan terjadinya pembebanan dan tegangan pada komponen konstruksi tersebut.

### 2.1. GAYA DALAM

GAYA DALAM adalah gaya yang terjadi didalam penampang potong komponen konstruksi yang diakibatkan adanya gaya luar yang ditimbulkan dari pembebanan yang diberikan.

Besarnya gaya dalam sama dengan besarnya gaya luar dengan arah berlawanan, gaya dalam ini merupakan gaya reaksi yang melawan gaya luar (gaya aksi)

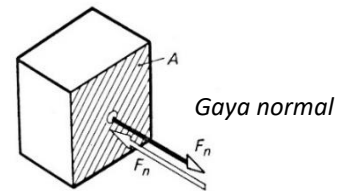


#### 2.1.1 JENIS GAYA DALAM

Dilihat dari arah gayanya terhadap penampang potong batang yang menahannya, gaya dalam terdiri dari 2 jenis, yaitu :

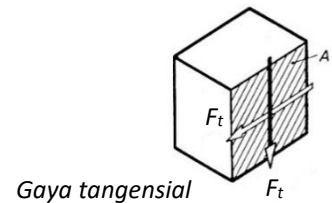
- GAYA NORMAL,  $F_n$  (Gaya axial)

Adalah gaya dalam yang bekerja tegak lurus penampang potong atau sejajar sumbu batang



- GAYA TANGENSIAL,  $F_t$  (Gaya melintang)

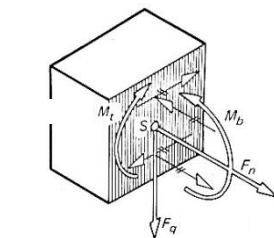
Adalah Gaya dalam yang bekerja tegak lurus sumbu batang atau sejajar penampang potong.



### 2.2 . PEMBEBANAN

Akibat pembebanan yang diberikan, pada penampang potong kemungkinan terjadi gaya dalam (gaya normal dan/atau tangensial) dan momen (momen bengkok dan/atau puntir)

Dilihat dari jenis, arah dan besarnya gaya yang diberikan terhadap komponen konstruksi yang menahannya, pembebanan terbagi dalam 5 jenis.



Gaya dalam dan momen pada penampang potong

- **Pembebanan TARIK**

Gaya bekerja sejajar sumbu atau tegak lurus penampang potong kearah luar batang (menjauh) yang mengakibatkan komponen konstruksi mengalami *perpanjangan*.



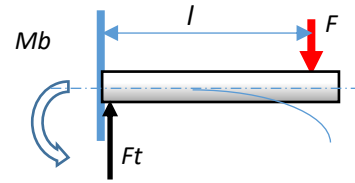
▪ **Pembebanan TEKAN**

Gaya bekerja sejajar sumbu atau tegak lurus penampang potong kearah dalam batang (menuju) yang mengakibatkan elemen konstruksi mengalami *perpendekan*.



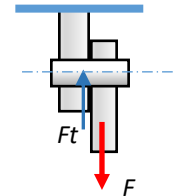
• **Pembebanan BENGKOK**

Gaya bekerja dengan jarak tertentu terhadap penampang potong yang mengakibatkan momen bengkok sehingga elemen konstruksi mengalami *bengkokan*.



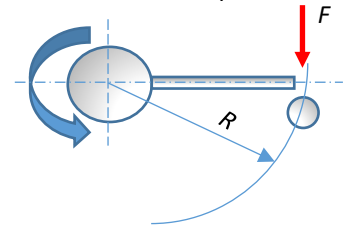
• **Pembebanan GESER**

Gaya bekerja sejajar penampang potong atau tegak lurus sumbu yang mengakibatkan elemen konstruksi mengalami *pergeseran*.



▪ **Pembebanan PUNTIR**

Gaya bekerja sejajar penampang dengan radius tertentu terhadap sumbu batang yang mengakibatkan momen puntir sehingga elemen konstruksi mengalami *puntiran*.



Momen Tahanan

Bentuk Penampang	Momen Tahanan Bengkok, $W_x, W_y$	Momen Tahanan Puntir, $W_p$
	$W = \frac{\pi d^3}{32}$	$W_p = \frac{\pi d^3}{16}$
	$w_x = \frac{bh^2}{6}$ $w_y = \frac{hb^2}{6}$	$W_p = c_1 \cdot b^3$
	$W = \frac{a^3}{6}$	$W_p = 0,208 a^3$

$$\frac{h}{b} = n > 1$$

n	1	1,5	2	3
$C_1$	0,208	0.346	0,493	0.801

**2.3 . TEGANGAN**

Gaya luar yang dilawan gaya dalam pada penampang potong batang mengakibatkan terjadinya tegangan pada batang atau elemen kostruksi, jadi besarnya gaya dalam akan ditahan oleh besarnya luas penampang.

$$Tegangan = \frac{Gaya\ dalam}{Luas\ penampang\ potong}$$

Definisi tegangan :

**TEGANGAN adalah GAYA per satuan LUAS**

$$Satuan\ Tegangan = \frac{N}{mm^2}$$

2.3.1 TEGANGAN DASAR

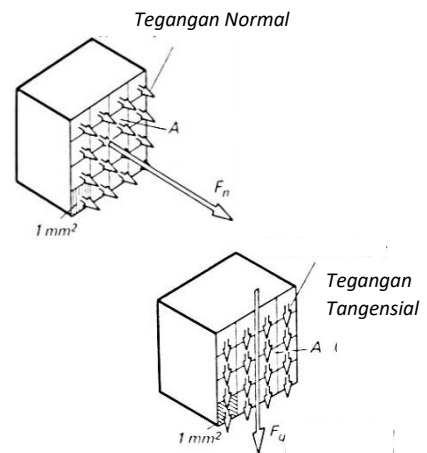
Dilihat dari arah gaya dalam yang terjadi, tegangan terdiri dari 2 kelompok, yaitu :

TEGANGAN NORMAL,

Tegangan yang diakibatkan oleh gaya normal.

TEGANGAN TANGENSIAL

Tegangan yang diakibatkan oleh gaya tangensial



2.3.2 JENIS TEGANGAN DASAR

Berdasarkan jenis pembebanan yang diberikan, tegangan terdiri dari:

Tegangan normal		Tegangan tangensial	
Tegangan tarik	$\sigma_t = \frac{F_n}{A}$	Tegangan geser	$\tau_g = \frac{F_t}{A}$
Tegangan tekan	$\sigma_d = \frac{F_n}{A}$	Tegangan puntir	$\tau_p = \frac{M_p}{W_p}$
Tegangan bengkok	$\sigma_b = \frac{M_b}{w}$		

Ababila dalam satu penampang potong terjadi lebih dari satu jenis tegangan normal dan atau tegangan tangensial pada waktu yang bersamaan, maka terjadi :

▪ Tegangan normal maksimal

Bila pada satu penampang potong terjadi lebih dari satu tegangan normal

Bengkok dengan Tarik at tekan

$$\sigma_{gab.} = \sigma_b + \sigma_{t,d}$$

▪ Tegangan tangensial maksimal

Bila pada satu penampang potong terjadi lebih dari satu tegangan tangensial

Puntir denaan Geser

$$\tau_{max.} = \tau_p + \tau_g$$

▪ Tegangan Gabungan

Bila pada satu penampang potong terjadi tenangan normal dan tegangan tangensial.

Bengkok dengan Puntir

$$\sigma_{gab.} = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_p^2)}$$

Konversi tegangan

Harga konversi tegangan dari tangensial ke normal tergantung dari jenis dan kasus pembebanan

Konsentrasi Tegangan

$$\alpha = \frac{\sigma_b \text{ ganti}}{1,73 \cdot \tau_p \text{ ulang}}$$

## Langkah-langkah perhitungan mencari tegangan yang terjadi

- Langkah 1 **Gaya luar**, definisikan terhadap sumbu  $x$  dan  $y$
- Langkah 2 **Penampang kritis**, pada pembebanan maksimum dan/atau pada penampang potong minimum
- Langkah 3 **Gaya-gaya dalam** ( $F_n$ ,  $F_t$ .) dan **momen** (momen bengkok,  $M_b$  dan atau momen puntir,  $M_p$ .) pada penampang kritis, gambarkan **DBB** (Diagram Gaya Bebas) dengan sistem kesetimbangan (hukum Newton)
- Langkah 4 **Tegangan yang terjadi**, sesuai dengan gaya dalam dan momen yang ada (tegangan tarik, tekan, bengkok, geser dan puntir)

## CONTOH SOAL

### PEMBEBANAN TARIK

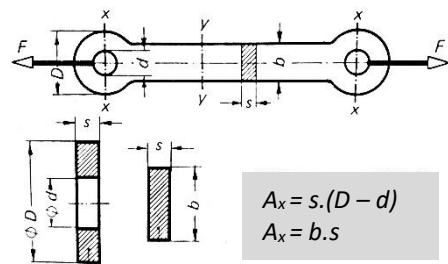
#### 1. Batang Penyambung

Sebuah batang seperti tergambar ditarik dengan gaya sebesar  $F = 10 \text{ kN}$

Dimensi batang :

$$b = 15 \text{ mm} \quad D = 25 \text{ mm}$$

$$s = 5 \text{ mm} \quad d = 10 \text{ mm}$$



- Hitung tegangan tarik yang terjadi pada batang !

#### Penyelesaian

Batang akan patah di potongan x-x atau y-y

Potongan x-x  $A_x = s \times (D-d) = \dots \text{ mm}^2$

$$\sigma_t = F / A_x = \dots \text{ N/mm}^2$$

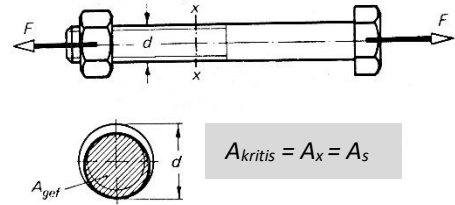
Potongan y-y  $A_y = s \times b = \dots \text{ mm}^2$

$$\sigma_t = F / A_y = \dots \text{ N/mm}^2$$

**2. Baut**

Batang baut M 10 menerima gaya tarik sebesar  $F = 15 \text{ kN}$

- Hitung tegangan yang terjadi pada batang baut !



$A_s$  Luas penampang tegangan

Penyelesaian

Penampang kritis batang terletak di potongan x yaitu di penampang tegangan  $A_s$ .

Untuk M 10  $A_s = \dots \text{ mm}^2$  (lihat tabel baut)

Tegangan tarik

$$\sigma_t = F / A_s = \dots \text{ N/mm}^2$$

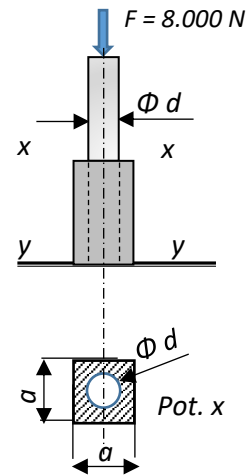
PEMBEBANAN TEKAN

**3. Dudukan bertingkat**

Sebuah tiang seperti tergambar disamping menumpu beban sebesar  $F = 8.000 \text{ N}$

Dimensi batang sbb. :  $a = 36 \text{ mm}$   
 $\Phi d = 20 \text{ mm}$

- Hitung tegangan tekan yang terjadi pada potongan x-x dan potongan y-y



Penyelesaian

Batang akan patah di potongan x atau y

Potongan x-x  $A_x = \dots = \dots \text{ mm}^2$   
 $\sigma_d = F / A_x = \dots \text{ N/mm}^2$

Potongan y-y  $A_y = \dots = \dots \text{ mm}^2$   
 $\sigma_d = F / A_y = \dots \text{ N/mm}^2$

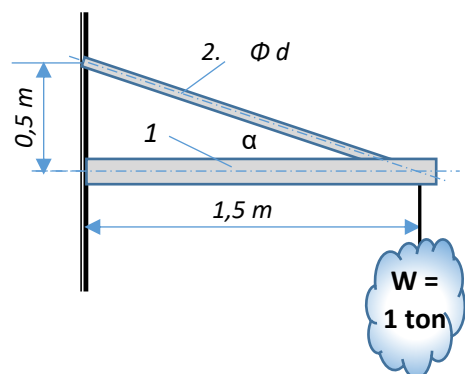
PEMBEBANAN TARIK TEKAN

**4. Batang Penggantung**

Sebuah konstruksi batang penggantung menerima beban sebesar 1 ton, konstruksi terbuat dari 2 buah batang sbb. :

Batang 1 berpenampang bujur sangkar  $22 \times 22$   
 Batang 2 berpenampang bulat  $\Phi 20$

- Hitung tegangan yang terjadi pada batang-batang tsb.!



Penyelesaian :

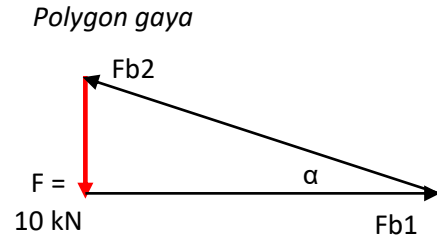
- Sudut  $\alpha$  dengan trigonometri :  

$$\alpha = \text{arc.tan } 0,5/1,5 \quad \alpha = \quad ^\circ$$
- Gaya batang 1 dan 2 dengan segi 3 Poligon gaya  

$$F_{b1} = F / \tan \alpha = \quad N \quad (\text{tekan})$$

$$F_{b2} = F / \sin \alpha = \quad N \quad (\text{tarik})$$
- Tegangan yang terjadi  

Batang 1, Tekan	$\sigma_d = F_{b1} / A1 =$	$N/mm^2$
Batang 2, Tarik	$\sigma_t = F_{b2} / A2 =$	$N/mm^2$



PEMBEBANAN GESER

5. Pena penyangga

Sebuah pelat penggantung diikat dengan pena penyangga berdiameter  $d = 10 \text{ mm}$  mengangkat beban sebesar  $500 \text{ kg}$ .

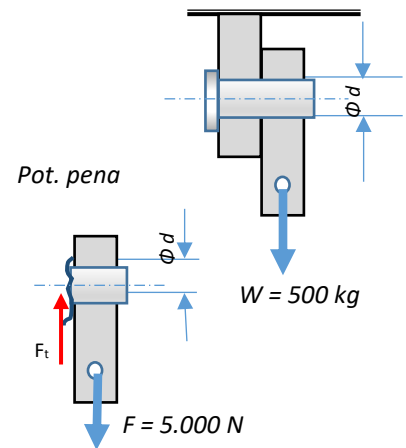
- Hitung Tegangan geser yang terjadi pada pena!

Penyelesaian

Luas penampang pena  $A = \pi \cdot d^2 / 4 = \dots \dots \text{ mm}^2$

Tegangan geser

$$\tau_g = F_t / A = \dots \dots \text{ N/mm}^2$$



PEMBEBANAN BENGKOK

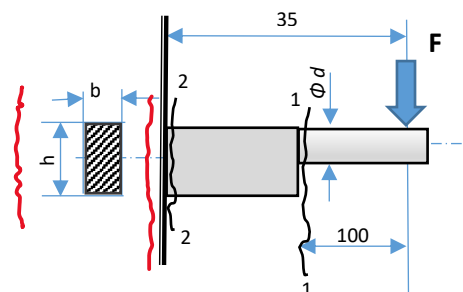
6. Batang Konsol

sebuah batang bertingkat menerima beban sebesar  $F = 500 \text{ N}$ .

Batang bagian depan berpenampang bulat dan bagian belakang berpenampang persegi panjang

Dimensi :  $\Phi d = 20 \text{ mm}$   
 $b \times h = 20 \times 40 \text{ mm}$

- Cari tegangan-tegangan yang terjadi di potongan 1 dan 2 !



Penyelesaian

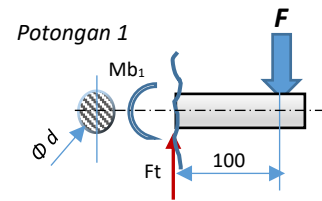
Potongan 1

Gaya dalam  $F_t = F = N$

Momen bengkok  $M_{b1} = F \times 100 = Nmm$

Tegangan yang terjadi :

- Tegangan geser  $\tau_g = F_t / A_1 = N/mm^2$
- Tegangan bengkok  $\sigma_b = M_{b1} / W_1 = N/mm^2$
- Tegangan gabungan  $\sigma'_{gab.} = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \times \tau_g^2)} = N/mm^2$



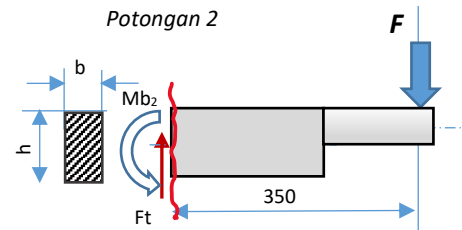
Potongan 2

Gaya dalam  $F_t = F = N$

Momen bengkok  $M_{b2} = F \times 350 = Nmm$

Tegangan yang terjadi :

- Tegangan geser  $\tau_g = F_t / A_2 = N/mm^2$
- Tegangan bengkok  $\sigma_b = M_{b2} / W_2 = N/mm^2$
- Tegangan gabungan  $\sigma'_{gab.} = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \times \tau_g^2)} = N/mm^2$



7. Batang Gilder

Batang Gilder mengangkat drum seberat 220 kg dibuat dari batang Profi INP 100,

- Hitung tegangan bengkok yang terjadi pada batang!

Penyelesaian :

- Gaya tumpuan  $F_A$  dan  $F_B$ :

$$\sum M_A = 0 \quad F \times 5,6 \text{ m} - F_B \times 8 \text{ m} = 0$$

$$F_B = (F \times 5,6) / 8 = N$$

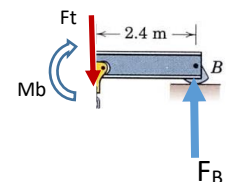
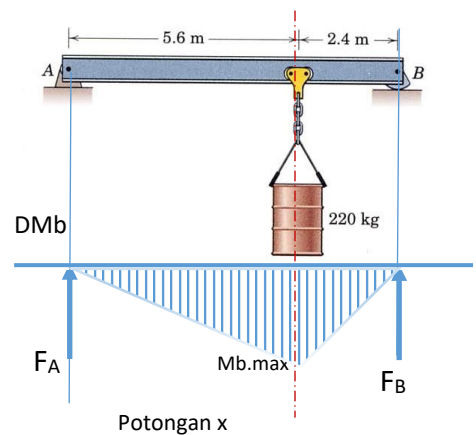
- Momen bengkok max

$$M_b = F_B \times 2.400 \text{ mm} = Nmm$$

- Tegangan bengkok

profil INP 100  $W_x = \dots \text{ cm}^3$  (tabel profil)

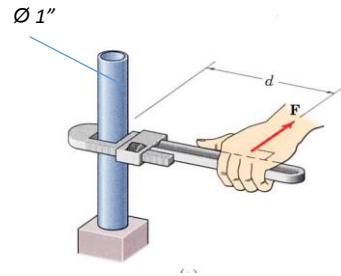
$$\sigma_b = M_b / W_x = N/mm^2$$



PEMBEBANAN PUNTIR

8. Tiang puntir

Sebuah pipa hollow dengan  $\varnothing 1''$  diputar dengan kunci inggris dengan gaya tangan  $F_h = 300 \text{ N}$  pada jarak  $d = 300 \text{ mm}$



- Hitung tegangan puntir yang terjadi pada batang pipa tersebut!

Penyelesaian

Dimensi pipa hollow  $\varnothing 1''$  (lihat table pipa standar)

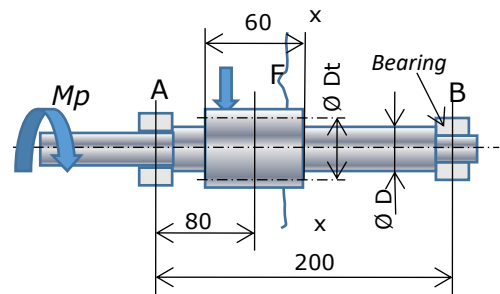
Momen puntir  $M_p = F_h \times d = \quad \quad \quad \text{Nmm}$

Tegangan puntir  $\tau_p = M_p / W_p = \quad \quad \quad \text{N/mm}^2$

TEGANGAN GABUNGAN (BENKOK DAN PUNTIR)

9. Poros

Sebuah poros, berdiameter  $D = 30 \text{ mm}$ , diameter tusuk roda gigi  $D_t = 40 \text{ mm}$  menerima momen puntir  $M_p = 50 \text{ Nm}$  dan gaya pada roda gigi  $F = 2660 \text{ N}$



- Hitung tegangan gabungan di potongan x-x (Tegangan bengkok dan puntir)

Penyelesaian :

- Gaya tumpuan  $F_A$  dan  $F_B$ :

$$\sum M_A = 0 \quad F \times 80 \text{ mm} - F_B \times 200 \text{ mm} = 0$$

$$F_B = (F \times 80) / 200 = \quad \quad \quad \text{N}$$

Di Potongan x-x :

- Momen bengkok max

$$M_b = F_B \times (200 - 80 - 30) = \quad \quad \quad \text{Nmm}$$

- Tegangan gabungan

Tegangan bengkok

$$W_x = \frac{\pi D^3}{32} = \quad \quad \quad \text{mm}^3 \quad \sigma_b = M_b / W_x = \quad \quad \quad \text{N/mm}^2$$

Tegangan puntir

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} = \quad \quad \quad \text{mm}^3 \quad \tau_p = M_p / W_p = \quad \quad \quad \text{N/mm}^2$$

Tegangan gabungan

$$\sigma'_{gab} = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \times \tau_p^2)} = \quad \quad \quad \text{N/mm}^2$$