

## 8. PEMBEBANAN BENGKOK

### 8.1. PEMBEBANAN BENGKOK PADA BATANG 2 TUMPUAN

Sebuah batang menerima gaya sebesar  $F$  yang terletak diantara tumpuan A dan tumpuan B, batang tersebut akan mengalami pembebanan bengkok yang mengakibatkan bengkokan pada sumbu batang.

Untuk menyelesaikan permasalahan pembebanan bengkok seperti ini, sebagai langkah awal kita bisa membuat DBB (Diagram Benda Bebas), kemudian kita mencari gaya di reaksi di tumpuan A dan tumpuan B ( $F_A$  dan  $F_B$ ).

$$\sum M_A = 0 \quad F \cdot l_1 - F_B \cdot l = 0, \quad F_B = \frac{F \cdot l_1}{l}$$

Setelah gaya reaksi pada tumpuan didapat baru kita dapat menghitung besarnya momen bengkok yang terjadi di tiap potongan batang yang dianggap kritis.

Momen Bengkok yang terjadi pada batang ;

- di tumpuan A dan B adalah 0 (nol)
- diantara tumpuan ada dengan besaran yang berbeda-beda tergantung jarak, misal di pot.  $x-x$ ,  $M_{bx} = F_A \cdot x$

Pada potongan  $x-x$  selain terjadi momen bengkok  $M_b$  juga terjadi gaya geser  $F_t$

$$\sum M_s = 0 = M_x - F \cdot x = 0 \quad M_x = F \cdot x$$

$$\sum F_y = 0 = F_t - F_A = 0 \quad F_t = F_A$$

Pada pembebanan bengkok, penampang potong menerima momen bengkok  $M_b$  dan juga gaya geser  $F_t$ , sehingga terjadi tegangan bengkok  $\sigma_b$  dan tegangan geser  $\tau_g$ , tegangan bengkok biasanya lebih besar di banding tegangan geser

Tegangan maksimum terjadi di potongan  $x_1-x_1$  (area yang menerima gaya langsung)

Di Potongan  $x_1-x_1$  bagian kiri :

Momen Bengkok  $\sum M_1 = 0 = F_A \cdot l_1 - M_1 = 0$   
 $M_1 = F_A \cdot l_1 = \quad [Nmm]$

Tegangan Bengkok  $\sigma_b = \frac{M_b}{w} = \frac{M_1 [Nmm]}{w [mm^3]} = \quad [N/mm^2]$

Momen Tahanan,  $W$  tergantung dari bentuk penampang.

Gaya dalam  $\sum F_y = 0 \quad F_t = F_A \quad [N]$

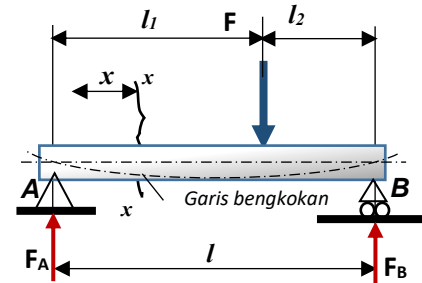
Tegangan Geser  $\tau_g = \frac{F_t}{A} \quad [N/mm^2]$

Tegangan gabungan  $\sigma_{gab.} = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_g^2)} \quad [N/mm^2]$

Di Potongan  $x_1-x_1$  bagian kanan :

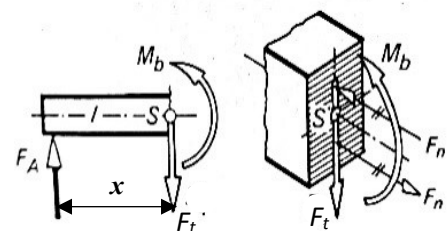
Momen bengkok  $\sum M_1 = 0 = F_B \cdot l_2 - M_1 = 0 \quad M_{X1} = F_B \cdot l_2 = \dots \quad [Nmm]$

Tegangan bengkok  $\sigma_b = \frac{M_b}{w} = \frac{M_{X2} [Nmm]}{w [mm^3]} = \quad [N/mm^2]$



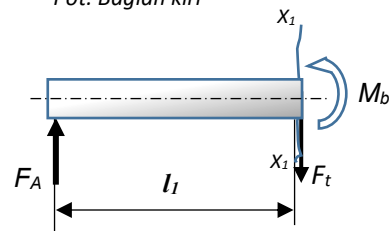
Batang pembebanan bengkok

Potongan x-x

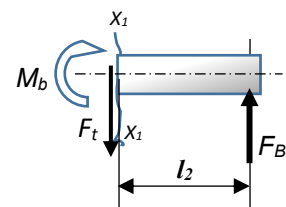


Gaya dalam dan Momen bengkok

Pot. Bagian kiri



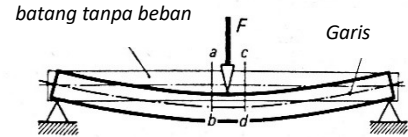
Pot. Bagian kanan



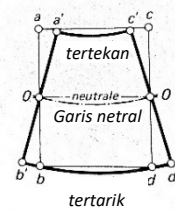
Gaya dalam  $\sum F_y = 0$   $F_t = F_B = [N]$   
 Tegangan geser  $\tau_g = \frac{F_t}{A} = [N/mm^2]$   
 Tegangan gabungan  $\sigma_{gab.} = \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_g^2)} = [N/mm^2]$

**8.2. DISTRIBUSI TEGANGAN**

Gaya luar F menekan batang ke bawah, sumbu batang yang tadinya lurus menjadi melengkung mengikuti sumbunya. Garis potong a-b dan c-d yang awalnya paralel/sejajar berubah menjadi miring, sisi atas akan memendek (*tertekan*) dan sisi bawah sebaliknya akan memanjang (*tertarik*), sementara dibagian tengah 0-0 yang disebut lapisan netral panjangnya tidak berubah dan terletak pada titik berat penampang.



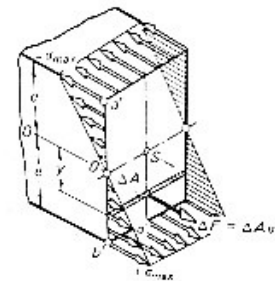
Batang pembebanan



Ilustrasi perubahan

*Pada pembebanan bengkok terjadi tegangan normal antara tegangan tarik dan tengangan tekan pada penampang yang sama, yang besarnya berubah linear dari 0 (nol) di sumbu batang membesar hingga maksimum di garis penampang terluar.*

Dengan demikian tegangan bengkok didapat dari gaya yang punya jarak terhadap penampang potong yang menahannya, sehingga terjadi *momen Bengkok* (*Gaya x jarak*) ditahan oleh *momen tahanan* penampang ( $\Delta$  luas x jarak), sehingga pada penampang tersebut akan terjadi *tegangan tarik* dan *tegangan tekan* yang besarnya berubah linear dari nol di di sumbu batang hingga maksimum di elemen luas terluar



Ilustrasi aliran Tegangan

▪ **Tegangan bengkok yang terjadi**

Tegangan Bengkok,  $\sigma_b = \frac{\text{Momen Bengkok, } M_b}{\text{Momen Tahanan, } W}$

$\sigma_b = \frac{M_b}{W} < \sigma_{izin}$

$\sigma_b$	$M_b$	$W$
$\frac{N}{mm^2}$	Nmm	mm <sup>3</sup>

▪ **Momen tahanan aksial yang di perlukan**

Momen tahanan minimal bisa didapat dari momen Bengkok dibagi dengan tegangan bengkok izin. Dari momen tahanan kita bisa mencari dimensi batang yang mampu menahan beban (*rumus momen Tahanan tergantung dari bentuk penampang potong*)

$W_{ef} > \frac{M_b}{\sigma_{izin}}$

▪ **Momen bengkok maksimal**

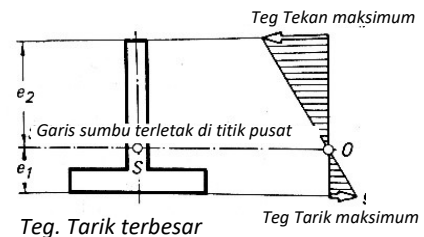
Momen bengkok bisa didapat dari momen tahanan dikali tegangan Bengkok izin.

$$M_b < W \cdot \sigma_{izin}$$

Dari momen bengkok kita bisa mencari *beban maksimal* yang dapat kita berikan tergantung dari struktur konstruksinya.

**8.3. ALIRAN TEGANGAN PADA PENAMPANG TIDAK SEMETRI**

Pada penampang yang tidak simetri jarak dari garis sumbu ke sisi terluar tidak sama besar ( $e_1 < e_2$ ), sehingga kita dapatkan harga momen tahanan yang berbeda ( $W_1 \neq W_2$ ), momen tahanan didapat dari *momem Inersia I* dibagi jarak dari garis sumbu ke sisi terluar  $e_1$ .



Momen tahanan sumbu x bagian bawah  $W_1 = \frac{I}{e_1}$ , didapat tegangan Tarik terbesar

$$\sigma_{bt1} = \frac{M_b \cdot e_1}{I} = \frac{M_b}{W_1}$$

Momen Tahanan sumbu x bagian atas  $W_2 = \frac{I}{e_2}$ , didapat tegangan Tekan terbesar

$$\sigma_{bd2} = \frac{M_b \cdot e_2}{I} = \frac{M_b}{W_2}$$

Dalam kasus seperti penampang tergambar diatas, momen tahanan 2 ( $W_2$ ) lebih kecil dibanding momen tahanan 1 ( $W_1$ ), maka tegangan bengkok maksimum terjadi di penampang bagian atas sehingga bila tidak kuat bagian atas akan rusak duluan.

**Contoh :**

Sebuah batang profil siku sama sisi L 80 x 10 menerima momen bengkok sebesar  $M_b = 520 \text{ Nm}$

Hitung tegangan bengkok yang terjadi di penampang bagian bawah dan bagian sumbu x!

Dari penyelesaian disamping didapat tegangan tarik terbesar di bagian atas,  $\sigma_{t.max}$ . dan tegangan tekan terbesar di bagian atas,  $\sigma_{d.max}$ .

Jadi tegangan bmaksimum berada di penampang bagian atas

**Penyelesaian:**  
 Dari tabel Profil kita dapatkan  
 $I_x = 87,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ ,  $e_1 = e = 23,4 \text{ mm}$ ,  
 $e_2 = (80 - 23,4) \text{ mm} = 56,6 \text{ mm}$

Maka,

$$\sigma_{bt1} = \frac{M_b \cdot e_1}{I_x} = \frac{520 \cdot 10^4 \text{ Nmm} \cdot 23,4 \text{ mm}}{87,5 \cdot 10^4} = 13,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bd2} = \frac{M_b \cdot e_2}{I_x} = \frac{520 \cdot 10^4 \text{ Nmm} \cdot 56,6 \text{ mm}}{87,5 \cdot 10^4} = 33,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

**LANGKAH-LANGKAH PERHITUNGAN TEGANGAN PADA PEMBEBANAN BENGKOK**

- Langkah 1     Buatkan Diagram Benda Bebas (DBB)
- Langkah 2     Cari gaya tumpuan dengan sistem kesetimbangan  $\sum F = 0$ .
- Langkah 3     Buatkan Diagram gaya geser *DFg* dan Diagram momen bengkok *DMb*.
- Langkah 4     Tentukan penampang-penampang potong yang dianggap kritis.
- Langkah 5     Cari gaya dalam dan momen bengkok yang ada pada setiap penampang kritis.
- Langkah 6     Cari momen tahanan untuk setiap penampang kritis.
- Langkah 7     Hitung tegangan geser dan tegangan bengkok yang terjadi pada penampang kritis.
- Langkah 8     Hitung tegangan gabungan pada setiap penampang kritis

### 8.4. PENGAMBARAN DAN PERHITUNGAN MOMEN BENGKOK

Dalam perhitungan tegangan bengkok, sebelumnya kita harus mencari besarnya momen Bengkok pada sepanjang batang, besarnya momen Bengkok bisa didapat dengan mengalikan gaya terhadap jaraknya. Dari gaya yang diberikan terlebih dahulu kita cari gaya ditumpuan ( $F_A$  dan  $F_B$ ) dengan  $\sum Fy = 0$ , kemudian kita tentukan potongan-potongan yang kita kehendaki (biasanya potongan penampang yang dianggap kritis).

Untuk mendapatkan besarnya momen bengkok di setiap potongan yang diinginkan bisa dibuatkan diagram momen bengkok yang didapat dengan menarik garis linier dari titik tumpuan ke titik momen bengkok di potongan yang menerima momen bengkok terbesar.

Sebagai contoh dari konstruksi disamping, momen bengkok di tumpuan A dan B adalah 0 (nol) dan momen bengkok maksimal berada di potongan 4 tepat gaya F,

$$M_{b4} = F_A \cdot 180 \text{ mm} \text{ atau } F_B \cdot 120 \text{ mm} = 108.000 \text{ Nmm} \text{ (} M_{bmax} \text{.)}$$

Dengan menarik garis lurus dari  $M_{bA} = 0$  dan  $M_{bB} = 0$  ke titik  $M_{b4}$ , maka kita bisa mendapatkan besaran momen di potongan yang lain dengan mengukur panjang garis vertikal y.

Selanjutnya kita bisa menghitung besar dari tegangan bengkok dengan rumus  $\sigma_b = \frac{M_b}{w}$

ingat :

Dalam setiap kasus besarnya momen bengkok pada batang yang menerima beban bengkok tidak sama karena perbedaan jarak, dimensi batang untuk batang dengan penampang yang sama bisa dihitung di penampang potong yang menerima momen bengkok terbesar  $M_{bmax}$  karena disitulah terjadi tegangan bengkok maksimal  $\sigma_{bmax}$ .

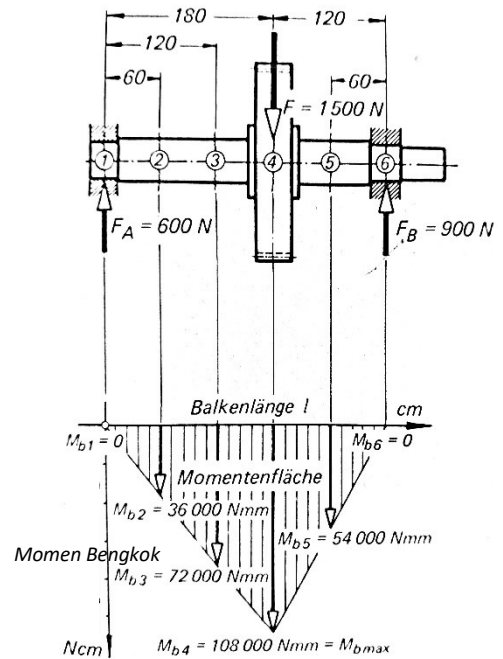


Diagram Momen Bengkok untuk sebuah poros Transmisi

Perhatikan :

untuk batang atau poros dengan dimensi tidak sama/tidak konstan atau berstep, momen Bengkok dan tegangan Bengkok harus dicari di setiap perubahan dimensi

#### 8.4.1. Penggambaran diagram $M_{b,max}$ dengan bantuan metoda jaring

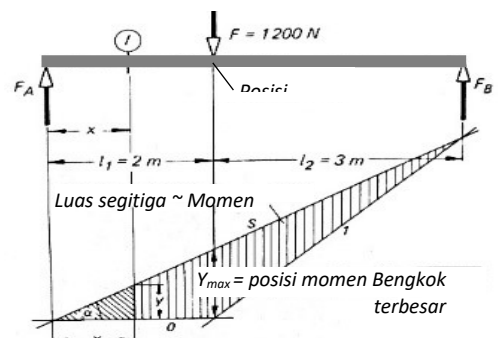
Sebuah batang panjang  $l = 5 \text{ m}$  diberi beban  $F = 1200 \text{ N}$  pada jarak  $l_1 = 2 \text{ m}$  dari tumpuan A.

Cari besar momen bengkok yang terjadi pada batang tersebut dengan cara grafis dan Analitis.

Langkah-langkah pengerjaan

1. Gambarkan garis struktur batang dalam skala panjang  $SP : 1 \text{ cm} \cong 1 \text{ m}$ .

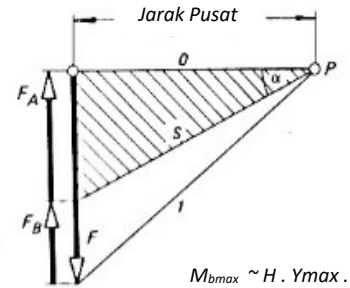
#### Garis Struktur



#### Garis Gaya

Skala Panjang  $SP : 1 \text{ cm} \sim 1 \text{ m}$  ( $SP = 1 \frac{\text{m}}{\text{cm}}$ )

2. Gambarkan garis gaya yang diberikan dengan skala gaya SG : 1 cm ≅ 500 N.
3. Tentukan titik pusat jaring sembarang tapi terukur.
4. Tarik garis jaring dari titik pusat P ke titik awal Gaya (garis 0), dan dari P ke ujung gaya F (garis 1).
5. Pindahkan paralel garis 0 dan 1 ke gambar garis struktur ,
  - Garis 0 memotong perpanjangan garis gaya FA dan garis gaya F,
  - Garis 1 memotong perpotongan garis 0, garis gaya F1 dan memotong garis gaya FB.



$$M_{bmax} \sim H \cdot y_{max}$$

**Garis Gaya**

Skala Gaya, 1cm ~ 500 N (SG : 500  $\frac{N}{cm}$ )

$$M_b \cong H \cdot y \cdot SG \cdot SP$$

$$M_{bmax} \cong H \cdot y_{max} \cdot SG \cdot SP$$

6. Hubungkan titik potong garis gaya FA dan titik potong garis gaya FB (garis S), kemudian pindahkan garis S ke gambar Garis Gaya maka didapat panjang garis gaya FB dan FA
7. Ukur panjang garis Gaya FB dan FA kalikan dengan dengan Skala Gaya.
8. Buatlah garis Arsir vertikal pada bidang luas momen Bengkok. (panjang garis Arsir menyatakan besarnya momen Bengkok).

9. Momen Bengkok bisa didapat dari perbandingan panjang garis arsir dikali panjang jarak H, misal di potongan x :  $\frac{F_A}{H} = \frac{y}{x}$        $F \cdot x = H \cdot y$

atau

10. Besar momen bengkok dapat pula dicari dengan mengukur garis arsir y dikalikan dengan panjang jarak H dikalikan skala gaya dan dikalikan skala panjang

$$M_b = y \cdot H \cdot SG \cdot SP$$

11. Momen bengkok maksimal didapat dari y terpanjang

$$M_{b,max} = y_{max} \cdot H \cdot SG \cdot SP$$

Jadi dengan bantuan metoda Jaring selain bisa mencari besarnya gaya di tumpuan juga bisa mendapatkan harga momen Bengkok dengan cara mengukur panjang garis arsir vertikal kemudian masukan rumus  $M_b = y \cdot H \cdot SG \cdot SP$ .

contoh :

dari konstruksi batang diatas panjang 5 m dengan gaya F =1200 N pada jarak 2 m dari tumpuan A,

Skala Panjang SP : 1 cm ≅ 1 m

Skala Gaya SG : 1 cm ≅ 500 N

Jarak H = 2,75 cm,

$y_{max}$  (diukur) = 1 cm,

maka besarnya Momen Bengkok adalah :

$$M_{bmax} \cong H \cdot y_{max} \cdot SG \cdot SP$$

$$M_{bmax} \cong 2,75 \text{ cm} \cdot 1 \text{ cm} \cdot 500 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

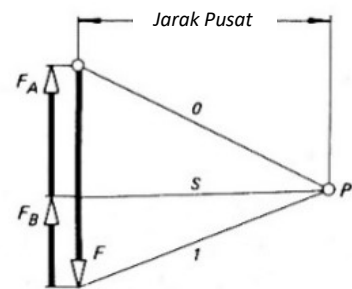
$$\cong 1.375 \text{ Nm}$$

**8.4.2. Penggambaran diagram momen bengkok max.**

**$M_{b,max}$  dengan bantuan luas gaya geser**

Langkah-langkah pengerjaan :

Setelah kita menggambar DBB (Diagram Benda Bebas) dan mendapatkan gaya tumpuan FA dan FB secara analitis dengan sistem kesetimbangan (hukum Newton)  $\sum M = 0$ ,  $\sum Fy = 0$ , kemudian dengan metoda jaring kita buatlah gambar garis gaya dengan skala gaya disesuaikan kondisi (misal, SG : 1 cm ≅ 500 N). Titik pusat P diletakkan sembarang.



**Garis Gaya**

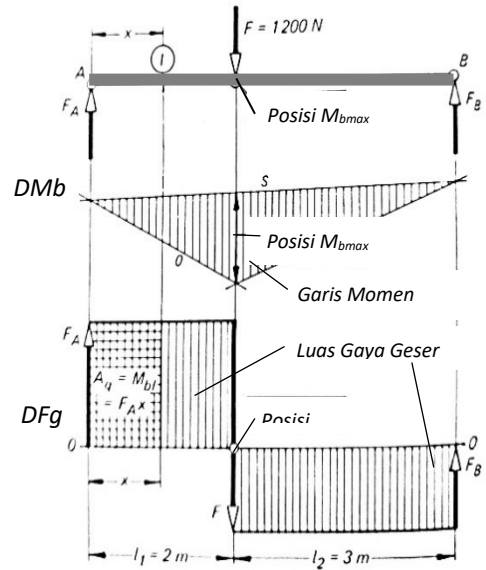
Skala Gaya, 1cm ≅ 500 N (SG : 500  $\frac{N}{cm}$ )

Kemudian kita buat *diagram momen bengkok DMb* dengan cara seperti sebelumnya (*lihat 8.4.1*)

Langkah-langkah penggambaran *diagram gaya geser (DFg)*

1. Buat garis nol horizontal memotong garis gaya  $F_A$  dan garis gaya  $F_B$ .
2. Gambarkan besar gaya  $F_A$  dari garis nol searah gaya (keatas)
3. Tarik garis horizontal dari ujung gaya  $F_A$  hingga memotong garis gaya  $F$
4. Gambarkan besar gaya  $F$  searah gaya (kebawah)
5. Tarik garis horizontal dari ujung gaya  $F$  hingga memotong garis gaya  $F_B$ .
6. Gambarkan  $F_B$  kembali ke garis nol.
7. Besarnya momen bengkok identik dengan luas gaya geser  $A_q$  (tinggi x panjang) misal  $M_b$  di pot. 1 dengan jarak  $x$  dari tumpuan A,  $M_{bx} = F_A \cdot x$
8. Momen bengkok maksimum terletak di perpotongan gaya dengan garis nol  
 $M_{bmax} = F_A \cdot l_1$  atau  $F_B \cdot l_2$

Besarnya momen bengkok  $M_{bmax}$ . identik dengan *luas laya leser  $A_q$*   
 Momen bengkok maksimal terletak di perpotongan  $F$  dengan garis nol pada *DFg*, atau di garis momen terpanjang  $y_{max}$ . pada *DMb*



**Garis Gaya**

Skala Panjang SP : 1 cm ~ 1 m (SP = 1  $\frac{m}{cm}$ )

Contoh :

$F_A = 720$  N,  $F_B = 480$  N (dihitung secara analitis dengan sistem kesetimbangan )  
 $l_1 = 2$  m,  $l_2 = 3$  m

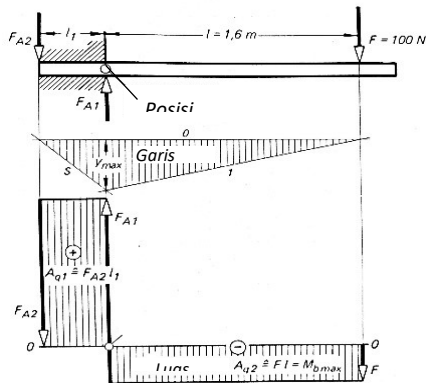
Momen Bengkok maksimal,

$M_{bmax} = F_A \cdot l_1 = 720$  N . 2 m = 1.440 Nm  
 atau

$M_{bmax} = F_B \cdot l_2 = 480$  N . 3 m = 1.440 Nm

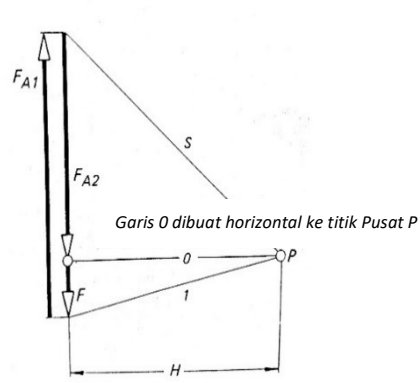
**8.4.3. Batang konsol dengan gaya singel**

Sebuah batang konsol panjang  $l = 1,6$  m dijepit ditumpuan A, besar gaya yang diberikan  $F = 100$  N, cari momen bengkok maksimal dengan diagram momen bengkok *DMb* dan diagram gaya geser *DFg*.



**Garis struktur**

Skala Panjang : SP : 1 cm  $\cong$  0,4 m (SP = 0,4  $\frac{m}{cm}$ )



**Garis gaya**

Skala Gaya: 1cm  $\cong$  150 N (SG : 150  $\frac{N}{cm}$ )

Dengan bantuan metoda Jaring kita dapatkan bidang Diagram momen bengkok dengan  $y_{max} = 0,9 \text{ cm}$  terletak di sisi tumpuan jepit.

Jarak pusat  $H = 3 \text{ cm}$  (ditentukan),

Skala Gaya  $SG : 1 \text{ cm} \cong 150 \text{ N}$

Skala Panjang  $SP : 1 \text{ cm} \cong 0,4 \text{ m}$

Maka didapat  $M_{bmax} = 162.000 \text{ Nmm}$

Luas gaya geser ada dua, yaitu sebelah bawah dan sebelah atas garis 0, atau sebelah kanan dan kiri batas tumpuan dengan luas sama,  $A_{q1} = A_{q2}$

Momen bengkok maksimal terletak pada garis Gaya yang memotong garis nol,

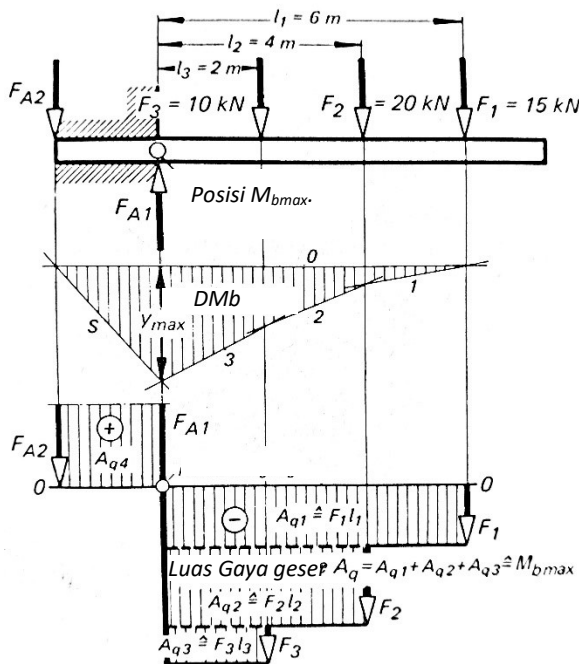
$$M_{bmax} \approx H \cdot y_{max} \cdot SG \cdot SP$$

$$M_{bmax} \approx 3 \text{ cm} \cdot 0,9 \text{ cm} \cdot 150 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \cdot 0,4 \frac{\text{m}}{\text{cm}} = 162 \text{ Nm} = 162.000 \text{ Nmm}$$

$$M_{bmax} = A_{q1} = A_{q2}$$

$$M_{bmax} = F \cdot l = F_{A2} \cdot l_1 = 100 \text{ N} \cdot 1,6 \text{ m} = 160 \text{ Nm} = 160.000 \text{ Nmm}$$

### 8.4.3. Batang konsol dengan gaya banyak terpusat

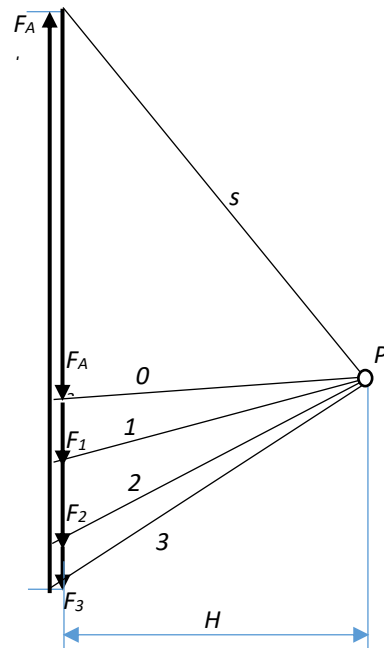


Garis struktur

Skala Panjang :  $SP : 1 \text{ cm} \cong 2 \text{ m}$  ( $SP = 2 \frac{\text{m}}{\text{cm}}$ )

Proses penyelesaian konstruksi batang Konsol dengan gaya lebih dari satu, sama dengan konsol dengan gaya singel. bedanya dalam penggambaran garis gaya digambarkan gaya berurutan sesuai dengan urutan dan posisinya  $F_1, F_2, F_3$ , kemudian dipindahkan paralel satu per satu masing2 memotong garis gaya yang nengapitnya,

Dengan garis momen maksimal  $y_{max} = 1,12 \text{ cm}$ , jarak pusat jaring  $H = 3,4 \text{ cm}$ , skala gaya  $SG : 1 \text{ cm} \cong 25 \text{ kN}$  dan skala panjang  $SP : 1 \text{ cm} \cong 2 \text{ m}$ , maka didapat  $M_{bmax} = 190.10^6 \text{ Nmm}$



Garis gaya

Skala Gaya:  $1 \text{ cm} \cong 25 \text{ kN}$  ( $SG : 25 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ )

$$M_{bmax} \approx H \cdot y_{max} \cdot SG \cdot SP$$

$$M_{bmax} \approx 3,4 \text{ mm} \cdot 1,12 \text{ mm} \cdot 25 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{cm}}$$

$$M_{bmax} \approx 190 \text{ kNm} = 190.10^6 \text{ Nmm}$$

Besarnya *momen bengkok* juga bisa dicari dari luas gaya geser, *luas gaya geser*  $A_q = A_{q1} + A_{q2} + A_{q3} = A_{q4}$

Luas gaya geser sebelah bawah garis nol - sama dengan luas gaya geser sebelah atas +

Jadi besarnya *momen bengkok* bisa didapatkan dari :

- *Diagram momen bengkok*,  
 $M_b \cong H \cdot y \cdot SG \cdot SP$
- *Diagram gaya geser*,  $M_{bmax} \cong \sum A_q$
- *Analitis*  $M_{bmax} \cong \sum F \cdot l$

$$M_{bmax} \cong A_{q1} + A_{q2} + A_{q3} = A_{q4}$$

$$M_{bmax} \cong F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3$$

$$M_{bmax} \cong 15 \text{ kN} \cdot 6\text{m} + 20 \text{ kN} \cdot 4\text{m} + 10 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}$$

$$M_{bmax} \cong 190 \text{ kNm} = 190 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{bmax} = \sum F \cdot l$$

$$M_{bmax} = F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3$$

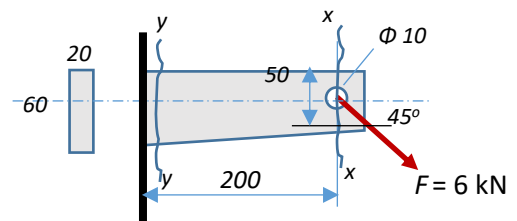
## SOAL – SOAL LATIHAN

### ▪ Batang Konsol

Sebuah konsol di bebani beban miring  $45^\circ$  terhadap sumbu batang sebesar  $F = 6000 \text{ N}$

Cari :

- Momen bengkok yang terjadi pada batang.
- Tegangan yang terjadi di potongan x-x.
- Tegangan yang terjadi di potongan y-y.

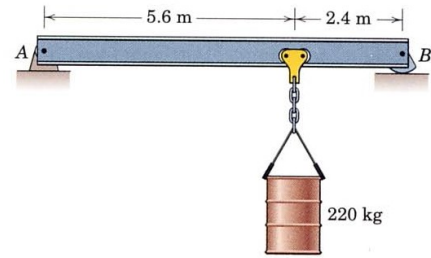




▪ **Batang Pembawa**

Batang yang terbuat dari profil INP 50, mengangkat beban 220 kg

St.37 dengan tegangan izin 100 N/mm<sup>2</sup>



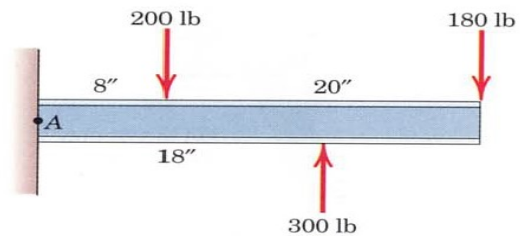
Tugas anda :

- Cari **momen bengkok** maksimal yang terjadi pada batang  
(Gambarkan diagram momen bengkok *DMb* & diagram gaya geser *DFg*)
- Hitung **tegangan** yang terjadi pada batang.
- Berapa **factor keamanan** yang ada terhadap kekuatan mulur

▪ **BATANG KONSOL**

Batang konsol terbuat dari batang profil INP

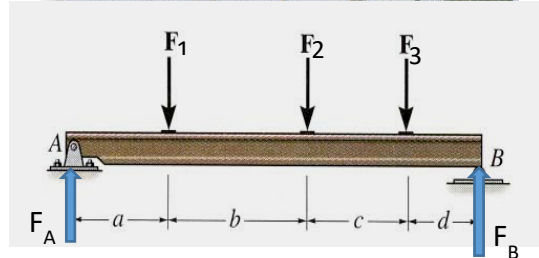
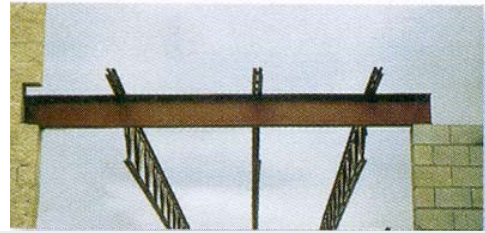
St.37 dengan tegangan izin 100 N/mm<sup>2</sup>



- Buat Diagram momen bengkok *DMb* dan Diagram gaya geser *DFg*
- Tentukan **dimensi** batang profil yang kuat menahan beban tersebut

▪ **BATANG PENYANGGA**

Batang penyangga dari profil INP 50 Stt. 37 mendapat beban  $F_1 = 3000\text{ N}$ ,  $F_2 = 1000\text{ N}$ ,  $F_3 = 2000\text{ N}$  dengan jarak  $a = 1\text{ m}$ ,  $b = 1,5\text{ m}$ ,  $c = 1\text{ m}$ ,  $d = 0,5\text{ m}$



- Cari besarnya **momen bengkok** pada tiap posisi beban, (*gambaran Diabram Momen bengkoknya*)
- Hitung **tegangan bengkok** maksimal yang terjadi pada batang profil I tersebut
- Berapa **faktor keamanan** yang ada terhadap kekuatan mulur

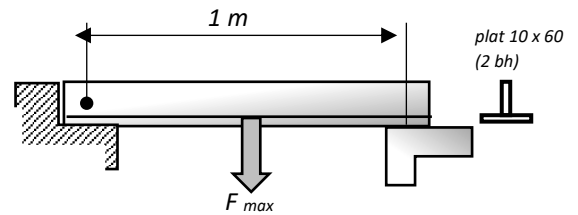
—

▪ **BATANG PENGGANTUNG**

Sebuah batang penggantung terbuat dari 2 pelat berukuran  $10 \times 60\text{ mm}$  panjang  $1\text{ m}$ , dilas seperti tergambar.

Bahn St 37 ( $\sigma_{izin} = 120\text{ N/mm}^2$ )

Beban  $F_{max}$  diberikan tepat di tengah.



- *Hitung beban maksimal  $F_{max}$ . yang dapat diberikan pada batang !*

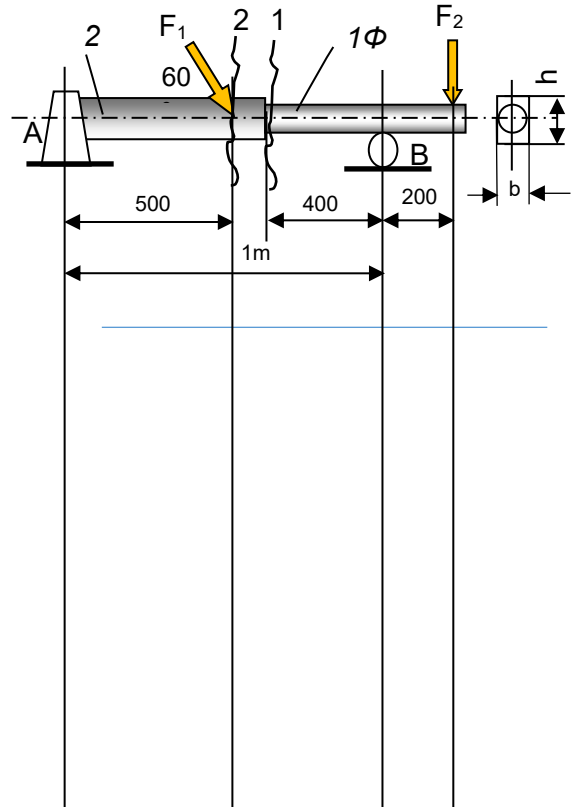
▪ **BATANG BERTINGKAT**

Batang bertingkat terbuat dari bahan St. 37  
 ( $\sigma_{izin} \approx 100 \text{ N/mm}^2$ )

Menerima gaya

$F_1 = 8.000 \text{ N}$  (posisi  $60^\circ$  terhadap sumbu batang)

$F_2 = 4.000 \text{ N}$  (vertical)



TUGAS ANDA

- Cari momen bengkok yang ada di
  - Tumpuan A dan B
  - Potongan 1 dan 2
- Gambarkan
  - Diagram momen bengkok, DMb
  - Diagram gaya geser, DFg
  - Diagram gaya normal, DFn
- Tentukan dimensi
  - Batang 1, Tentukan diameter batang
  - Batang 2, Bila lebar batang  $b = 50 \text{ mm}$   
Tentukan tinggi  $h$