

**BAB III**  
**ANALISA DAN DISAIN BALOK T**

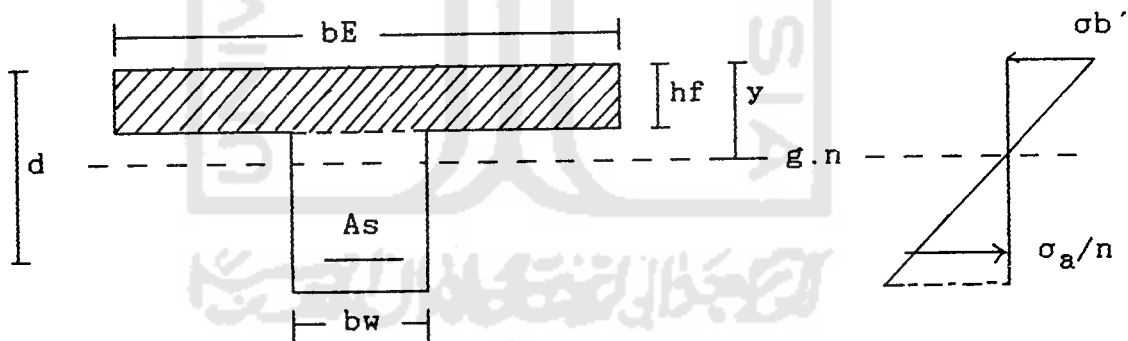
**3.1. ANALISA TAMPANG**

**3.1.1. Tinjauan secara elastis**

Pada balok tampang T terdapat dua kemungkinan kejadian letak garis netral, yaitu :

- a. garis netral terletak di dalam *flens* ( $y \leq hf$ ) pada keadaan ini, maka analisisnya sama seperti pada balok tampang empat persegi panjang.
- b. garis netral terletak di badan ( $y > hf$ ) pada keadaan ini, maka analisa dapat dilakukan dengan dua keadaan, yaitu :
  - 1. beton desak di badan diabaikan.
  - 2. beton desak di badan diperhitungkan.

Keadaan 1.



Gambar 3.1. Penampang beton desak di badan diabaikan.

persamaan garis netral :

$$bE \cdot hf (y - hf/2) = n \cdot A_s (d - y) \dots \dots \dots (3.1)$$

$$bE \cdot hf \cdot y - \frac{1}{2} bE \cdot hf^2 = n \cdot A_s \cdot d - n \cdot A_s \cdot y$$

$$y = \frac{n \cdot A_s \cdot d + \frac{1}{2} bE \cdot hf^2}{n \cdot A_s + bE \cdot hf} \dots \dots \dots (3.2)$$

Momen lembam transformasi :

$$I_t = 1/12.bE.hf^3 + bE.hf (y - \frac{1}{2} hf)^2 + n.As.(d - y)^2 \dots\dots\dots(3.3)$$

Tegangan desak beton

$$\sigma_b' = \frac{M \cdot y}{I_t} \dots\dots\dots(3.4)$$

Tegangan tarik baja

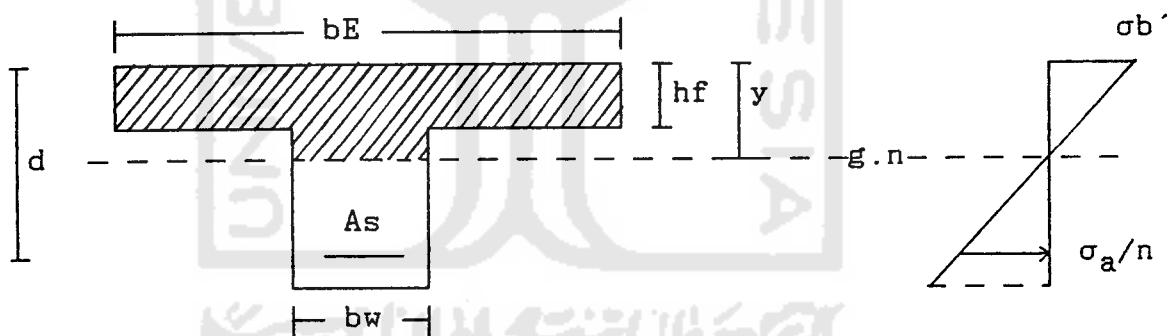
$$\sigma_a = n \cdot \frac{M \cdot (d - y)}{I_t} \dots\dots\dots(3.5)$$

Momen yang dapat didukung oleh balok :

$$M = \frac{\bar{\sigma}_b' \cdot I_t}{y} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$M = \frac{\bar{\sigma}_a \cdot I_t}{n \cdot (d - y)} \dots\dots\dots(3.7)$$

Keadaan 2.



Gambar 3.2. Penampang beton desak di badan diperhitungkan.

Persamaan garis netral :

$$bE.hf(y - \frac{1}{2}.hf) + bw (y - hf) \frac{y - hf}{2} = n.As.(d - y) \dots\dots(3.8)$$

$\frac{1}{2}bw.y^2 + (bE.hf + n.As - bw.hf)y - \{n.As.d + bE.(hf^2/2) - bw(hf^2/2)\} = 0$   
yang merupakan persamaan kuadrat. Setelah y diperoleh maka tegangan-tegangannya dapat dihitung.

Momen lembam transformasi :

$$I_t = 1/12 \cdot bE \cdot hf^3 + bE \cdot hf \left( y - \frac{1}{2} hf \right)^2 + 1/3 \cdot bw \cdot (y - hf)^3 + n \cdot A_s \cdot (d - y)^2 \dots \dots \dots (3.9)$$

Tegangan desak beton

$$\sigma_b' = \frac{M \cdot y}{I_t} \dots \dots \dots (3.10)$$

Tegangan tarik baja

$$\sigma_a = n \cdot \frac{M \cdot (d - y)}{I_t} \dots \dots \dots (3.11)$$

Momen yang dapat didukung oleh balok :

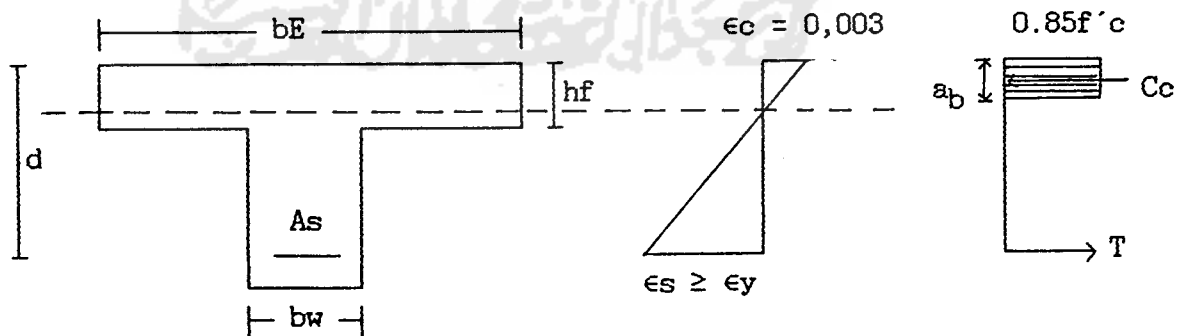
$$M = \frac{\sigma_b' \cdot I_t}{y} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$M = \frac{\sigma_a \cdot I_t}{n(d - y)} \dots \dots \dots (3.13)$$

3.1.2. Tinjauan metode kekuatan batas.

Analisa *balance* balok T

A. Garis netral terletak di *flens*.



Gambar 3.3. Penampang T garis netral di *flens*

Dengan menggunakan anggapan bahwa tulangan tarik baja telah mencapai tegangan luluh( $f_y$ ) :

a). besarnya gaya desak beton ( $C_c$ )

$$C_c = 0,85f'c.bE.a_b \dots \dots \dots (3.14)$$

b). besarnya gaya tarik baja ( $T$ )

$$T = A_s.f_y \dots \dots \dots (3.15)$$

c). berdasarkan hukum kesetimbangan gaya, maka :

$$T = C_c \dots \dots \dots (3.16)$$

$$A_s.f_y = 0,85 f'c.bE.a_b$$

$$a_b = \frac{A_s.f_y}{0,85 f'c.bE} \dots \dots \dots (3.17)$$

f). Momen yang dapat didukung oleh balok T adalah :

$$M_n = C_c (d - \frac{1}{2} a_b) \dots \dots \dots (3.18)$$

$$M_R = \phi M_n \dots \dots \dots (3.19)$$

Perhitungan diatas didasarkan pada asumsi bahwa tulangan baja telah mencapai regangan luluh (berarti juga tegangan luluhnya) sebelum beton mencapai regangan batas maksimum 0,003. Asumsi tersebut kemudian diperiksa kebenarannya.

Hitung letak garis netral ( $c$ )

$$a = \beta_1 c \dots \dots \dots (3.20)$$

maka,  $c = \frac{a}{\beta_1}$

regangan yang terjadi dalam tulangan baja tarik bila regangan beton mencapai 0,003.

$$\frac{0,003}{c} = \frac{\epsilon_s}{(d - c)} \dots \dots \dots (3.21)$$

$$\text{maka, } \epsilon_s = \frac{(d - c)}{c} \cdot 0,003$$

Regangan luluh tulangan baja ( $\epsilon_y$ ) dapat ditentukan berdasarkan hukum Hooke,

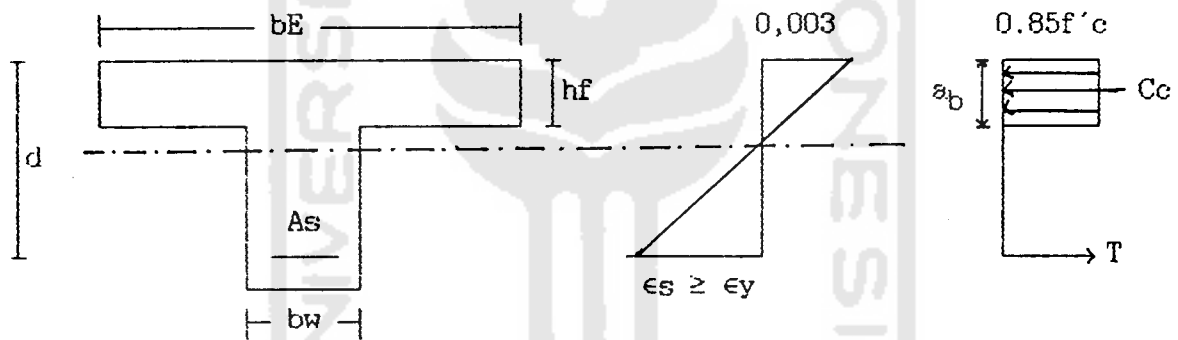
$$E_s = \frac{f_y}{\epsilon_y} \dots\dots\dots(3.22)$$

$$\text{maka, } \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

Jika  $\epsilon_s \geq \epsilon_y$  maka  $f_s = f_y$  (asumsi benar)

Jika  $\epsilon_s < \epsilon_y$  maka  $f_s = \epsilon_s \cdot E_s$

B. Garis netral terletak di badan.



Gambar 3.4. Penampang T garis netral jatuh dibadan

a). jarak garis netral  $C_b$  dan tinggi diagram tegangan persegi  $a_b$  untuk keadaan regangan berimbang :

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} (d) \dots\dots\dots(3.23)$$

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b \dots\dots\dots(3.24)$$

b). besarnya gaya desak beton ( $C_c$ ) =  $C_1 + C_2$

$$C_1 = 0,85 f'c bw.a_b \dots\dots\dots(3.25a)$$

$$C_2 = 0,85 f'c (bE - bw)hf \dots\dots\dots(3.25b)$$

$$C_c = 0,85.f'c \{bw.a_b + (bE - bw)hf \} \dots\dots\dots(3.25c)$$

c). besarnya gaya tarik baja ( $T$ )

$$T = A_s_b .f_y \dots\dots\dots(3.26)$$

d). berdasarkan hukum kesetimbangan gaya, maka :

$$T = C_c \dots\dots\dots(3.27)$$

$$A_s_b . f_y = 0,85f'c \{ bw.a_b + (bE - bw)hf \}$$

$$A_s_b = \frac{0,85f'c \{ a_b.bw + (bE -bw)hf \}}{f_y} \dots\dots\dots(3.28)$$

$$\text{Prosentase tulangan } \rho_b = \frac{A_s_b}{bw.d}$$

$$\rho_b = \frac{0,85f'c \{(bw.a_b + (bE - bw).hf \}}{f_y.bw.d} \dots\dots\dots(3.29)$$

e). syarat tulangan tarik yang diijinkan SK-SNI 1991 :

$$\rho \geq \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{tulangan minimum})$$

$$\rho \leq 0,75 \rho_b \quad (\text{tulangan maksimum})$$

$$A_s = \rho.bw.d$$

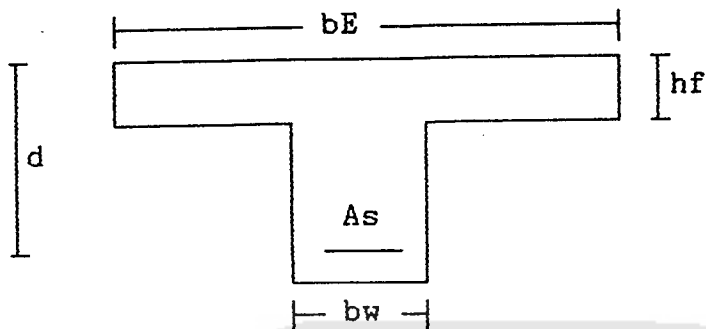
f). Momen yang dapat didukung oleh balok T adalah :

$$M_n = 0,85f'c.bw.a_b.(d - \frac{1}{2} a_b) + 0,85f'c.hf (bE - bw)(d - \frac{1}{2}.hf) \dots\dots\dots(3.30)$$

$$MR = \phi M_n$$

### 3.2. Disain balok T.

#### 3.2.1. Disain metode elastis.



Lebar manfaat flens :

$$bE \leq bw + \frac{l_o}{5}$$

$$bE \leq bw + \frac{l_o}{10} + \frac{bk}{2}$$

$$bE \leq b$$

Perencanaan balok tampang T dilakukan dengan coba-coba, dengan langkah-langkah perencanaan sebagai berikut :

1. karena luas beton desak cukup besar, maka tegangan desak beton < tegangan desak beton izin.
2. diambil titik tangkap gaya desak terletak ditengah-tengah tebal sayap :  $z = 1/2 \cdot hf$   
maka lengan momen =  $d - hf/2$
3. dicari luas tulangan kira-kira dengan rumus :

$$A_{\text{kira-kira}} = \frac{M}{\bar{\sigma}_a (d - hf/2)}$$

4. Dengan  $A_{\text{kira-kira}}$  dicari letak garis netral :

Disini karena hanya terdapat tulangan tarik saja, luasan beton desak di badan diabaikan.

$$bE \cdot hf \cdot (y - hf/2) = n \cdot As \cdot (d - y)$$

$$\sigma_{b1} = \frac{y - hf}{y} \cdot \sigma_b'$$

5. Menghitung luas tulangan tarik, dicari titik tangkap gaya desak : - dengan statis momen terhadap tepi atas beton-desak.

Gaya desak		lengan terhadap tepi atas	Momen
$D_{b1}$	$+ \frac{1}{2} \sigma_b' \cdot y \cdot bE$	$y/3$	$+$
$D_{b2}$	$- \frac{1}{2} \sigma_{b1}' \cdot (y - hf) \cdot bE$	$\frac{y - hf}{3} + hf$	$-$
$\Sigma D_b$			$\Sigma M$

$$z = \frac{\Sigma M}{\Sigma D_b} \quad \text{dan lengan momen} = d - z$$

$$D_b = T = \frac{M}{d - z}$$

Maka luas tulangan tarik :

$$A = \frac{T}{\sigma_a} \leq A_{\text{kira-kira}}$$

6. Hitung tegangan desak beton yang terjadi :

$$\sigma_b' = \frac{D_b}{(\Sigma D_b / \sigma_b')}$$

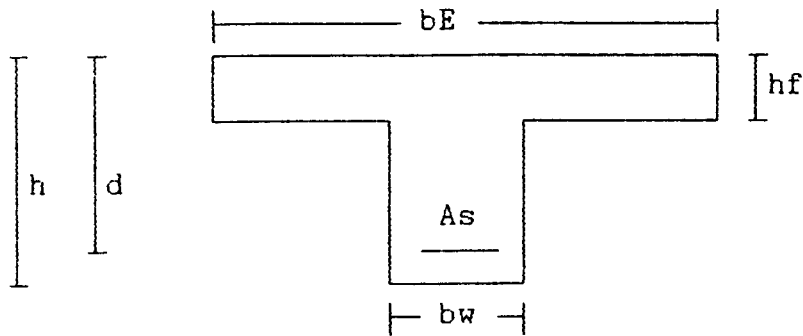
7. Momen yang tersedia dapat dihitung dengan :

- berdasarkan luas tulangan yang dipakai dicari letak garis netral
- titik tangkap gaya desak, lengan momen

$$M_{\text{tersedia}} = A \cdot \sigma_a \cdot (d - z) > M_{\text{terjadi}} \quad (\text{Disain aman})$$



### 3.2.2. Disain metode kekuatan batas.



Langkah - langkah penyelesaian :

1. pilihlah suatu penampang balok bertulangan tunggal yang dapat menahan momen luar rencana  $M_u$ , juga momen akibat berat sendirinya.

2. Menghitung lebar manfaat *flens*.

$$bE = L/4$$

$$bE = bw + 16hf$$

$bE$  = jarak pusat ke pusat dari balok dipakai  $bE$  yang terkecil

3. Menentukan apakah balok akan berperilaku sebagai *balok T murni* atau persegi dengan cara menghitung momen tahanan  $M_R$ , dan menganggap seluruh *flens* berada di daerah tekan.

$$M_R = \phi (0,85.f'c)bE.hf (d - hf/2)$$

a.  $M_R > M_u$ , balok berperilaku sebagai *balok persegi*

b.  $M_R < M_u$ , balok berperilaku sebagai *balok T murni*

a. **Balok persegi**

- Hitunglah perkiraan jarak lengan momen dalam.

$$z = (d - hf/2)$$

- Hitunglah luas tulangan tarik yang diperlukan.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot z}$$

- Cek luas tulangan baja tarik.

$$a_b = \beta_1 \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$A_{s_b} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \{b_w \cdot a_b + (b_E - b_w)h_f\}}{f_y}$$

$$A_s \geq A_{s_{min}} ; A_{s_{min}} = (1,4 \cdot b_w \cdot d) / f_y$$

$$A_s \leq A_{s_{max}} ; A_{s_{max}} = 0,75 A_{s_b}$$

- Pilih diameter tulangan yang diperlukan.
- Pemeriksaan kapasitas balok dengan analisis MR :

$$C_c = 0,85 f'_c \cdot b_E \cdot a$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$M_n = T(d - a/2)$$

$$MR = \phi M_n$$

- Lakukan pemeriksaan,

$$MR > M_u , \text{ berarti disain aman.}$$

$$MR < M_u , \text{ berarti disain tidak aman.}$$

Disain ulang :

Disain ulang dilakukan dengan cara :

- memperbesar dimensi balok  $b_w$  dan  $h$ ,
- memperbesar mutu bahan  $f'_c$  dan  $f_y$ ,
- memperbesar luas tulangan.

**b. Balok T murni**

- Gunakan metode momen ganda

$$C_1 = 0,85.f'c.bw.a$$

$$C_2 = 0,85.f'c.(bE - bw).hf$$

$$Mn \text{ perlu} = C_1(d - a/2) + C_2(d - hf/2)$$

Cari a dengan rumus ABC

- Hitung luas tulangan tarik yang diperlukan.

$$As_1 = \frac{T_1 = C_1}{fy}$$

$$As_2 = \frac{T_2 = C_2}{fy}$$

$$As = As_1 + As_2$$

- Cek luas tulangan baja tarik.

$$As \geq As_{min} ; As_{min} = (1,4.bw.d)/fy$$

$$As \leq As_{max} ; As_{max} = 0,75 As_b$$

- Tentukan luas tulangan tarik yang diperlukan.

- Pemeriksaan kapasitas balok dengan analisis MR :

$$C_1 = 0,85 f'c.bE.a$$

$$C_2 = 0,85.f'c.(bE - bw)hf$$

$$Mn = C_1(d - a/2) + C_2(d - hf/2)$$

$$MR = \phi Mn$$

- Lakukan pemeriksaan.

$$MR > Mu , \text{ berarti disain aman.}$$

$$MR < Mu , \text{ berarti disain tidak aman .}$$