

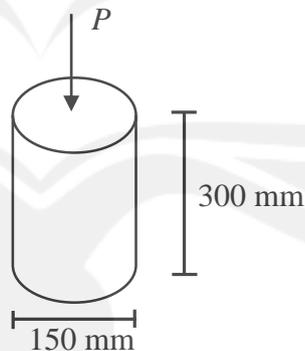
## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ( $f_c'$ ) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).



Gambar 3.1. Uji Kuat Tekan Beton pada Benda Uji Silinder

Persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3-1)$$

Keterangan :

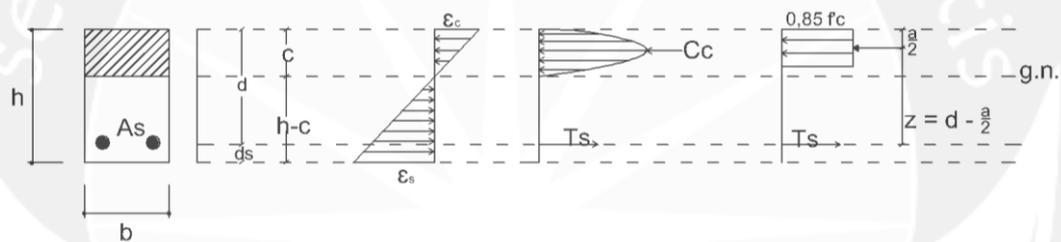
$f_c'$  = kuat tekan beton (MPa)

A = luas bidang desak benda uji ( $\text{mm}^2$ )

P = beban tekan (N)

### 3.2. Balok Tulangan Tunggal

Perancangan balok beton bertulang harus direncanakan sedemikian rupa sehingga semua materialnya (beton dan baja tulangan) mencapai kapasitasnya sebelum runtuh. Gaya tekan pada balok beton bertulang tunggal hanya ditahan oleh beton ( $C_c$ ) dan gaya tariknya ditahan oleh baja tulangan ( $T_s$ ). Analisa balok bertulang tunggal dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Distribusi Tegangan dan Regangan pada Balok Bertulang Tunggal

Supaya kesetimbangan gaya horizontal terpenuhi, gaya tekan  $C_c$  pada beton dan gaya tarik  $T_s$  pada tulangan harus saling berimbang, dan dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$C_c = T_s \dots\dots\dots (3-2)$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y \dots\dots\dots (3-3)$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots\dots\dots (3-4)$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (3-5)$$

Karena  $C_c = T_s$  , maka persamaan momen dapat ditulis sebagai berikut ini.

$$Mn = Cc \times z \dots\dots\dots (3-6)$$

$$Mn = 0,85 \times fc' \times a \times b \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (3-7)$$

$$Mu = Mn \dots\dots\dots (3-8)$$

Menentukan beban maksimum ( $P$ ) dengan persamaan yaitu :

$$Mu = \frac{1}{6} \times P \times L \dots\dots\dots (3-9)$$

$$P = \frac{6 \times Mu}{L} \dots\dots\dots (3-10)$$

Keterangan :

$Cc$  : gaya tekan beton (MPa)

$Ts$  : gaya tarik tulangan (MPa)

$fc'$  : kuat tekan beton (MPa)

$fy$  : tegangan luluh baja (MPa)

$b$  : lebar balok (mm)

$h$  : tinggi balok (mm)

$L$  : panjang balok (mm)

$d$  : jarak dari serat tarik terluar ke titik berat tulangan tarik (mm)

$a$  : tinggi blok tegangan beton tekan (mm)

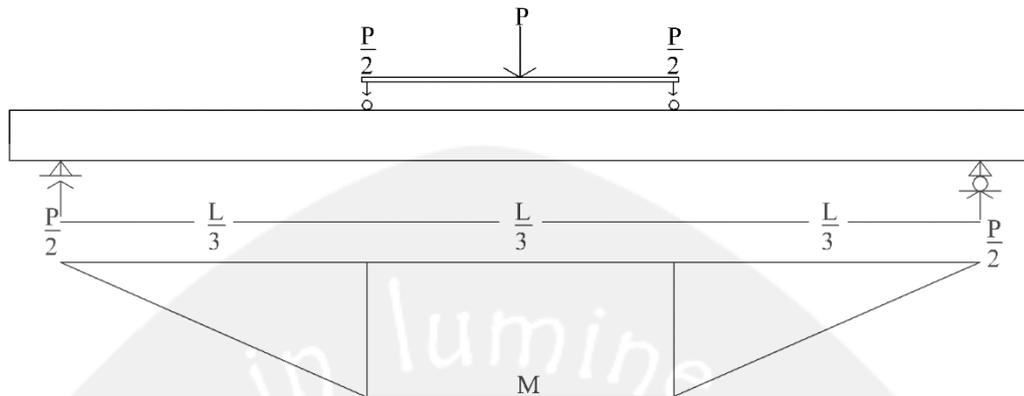
$c$  : jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan (mm)

$As$  : luas tulangan tarik (mm<sup>2</sup>)

### **3.3. Kuat Lentur Balok Beton**

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah (SNI 03-4431-2011).

Agar struktur dapat mengembangkan tahanan momennya sebelum terjadinya kegagalan diperlukan syarat kekompakan penampang, hal ini agar kegagalan karena tekuk lokal tidak terjadi. Syarat tersebut menurut SNI 03-1729-2002 serta perhitungan kuat lentur dapat dilihat pada persamaan berikut ini.



Gambar 3.3. Beban dan Momen pada Balok

Oleh karena beban P yang diberikan pada balok akan mengakibatkan terjadinya defleksi  $\delta$ , dan rotasi pada badan  $\theta$ . Hubungan nilai P dan  $\delta$  ini kemudian dijadikan menjadi hubungan M dengan  $\delta$ . Melalui gambar 3.3. hubungan P dan M dinyatakan dengan persamaan (3-11)

$$M = \frac{P}{2} \times \left(\frac{L}{3}\right) \dots\dots\dots (3-11)$$

$$M = \frac{PL}{6}$$

Keterangan :

P = gaya / beban yang diterima (kN)

L = panjang bentang balok (m)

M = momen lentur (kNm)

**3.4. Perancangan Keruntuhan Lentur**

Perhitungan perancangan untuk balok beton bertulang tunggal untuk keruntuhan lentur adalah sebagai berikut.

$V_u$  dapat dihitung dari :

$$V_u = \frac{1}{2} P \dots\dots\dots (3-12)$$

$$\phi V_n = V_u \dots\dots\dots (3-13)$$

(SNI 03 – 2847 – 2002 Pasal 13.1.1)

Dengan  $V_u$  adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan  $V_n$  adalah kuat geser nominal yang dihitung dari :

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (3-14)$$

(SNI 03 – 2847 – 2002 Pasal 13.1.1)

Gaya geser tahanan nominal  $V_c$  dapat dihitung dari :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \dots\dots\dots (3-15)$$

(SNI 03 – 2847 – 2002 Pasal 13.3.1.1)

Untuk perhitungan tulangan geser adalah sebagai berikut

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \dots\dots\dots (3-16)$$

Maka jarak antar sengkang dapat dicari dengan rumus :

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \dots\dots\dots (3-17)$$

Dengan jarak sengkang maksimum :

$$s_{maks} = \frac{d}{2} \dots\dots\dots (3-18)$$

Keterangan :

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (kN)

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (kN)

$f_c'$  = kuat tekan beton (MPa)

$b_w$  = lebar penampang balok (mm)

$A_v$  = luas tulangan geser dalam daerah sejarak  $s$  (mm<sup>2</sup>)

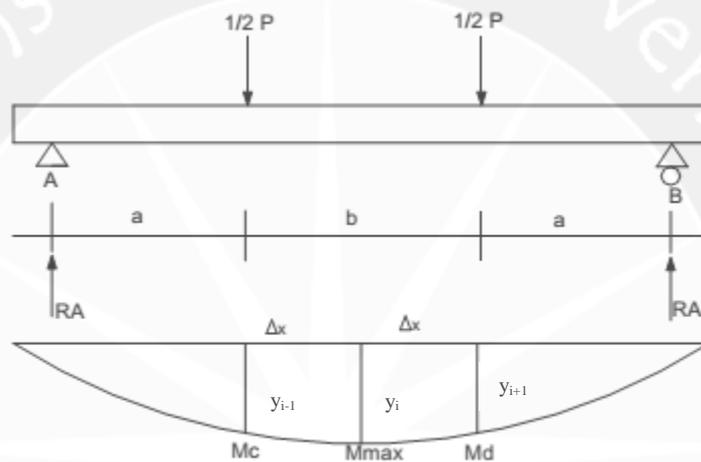
$f_y$  = tegangan leleh baja (MPa)

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik (mm)

$s$  = jarak antar sengkang (mm)

**3.5. Kelengkungan Balok**

Kelengkungan adalah ukuran seberapa tajam suatu balok melentur (Timoshenko, 2000). Pada suatu potongan balok, kelengkungan dapat ditentukan dengan pendekatan metode *central difference* dengan memanfaatkan tiga titik diskrit yang berurutan (Chapra dan Canale, 1989). Mengacu kepada Gambar 3.4. dan dari *deret taylor*.



Gambar 3.4. Lendutan Balok Tumpuan Sederhana Akibat Beban Terpusat (Sumber : Chapra dan Canale, 1989)

$$f(y_{i+1}) = f(y_i) + f'(y_i) \Delta x + \frac{f''(y_i)}{2} \Delta x^2 \dots\dots\dots (3-19)$$

Untuk mendapatkan turunan kedua digunakan  $f(y_{i+2})$  sehingga *deret taylor* adalah sebagai berikut.

$$f(y_{i+2}) = f(y_i) + f'(y_i)2\Delta x + \frac{f''(y_i)}{2} (2\Delta x)^2 \dots\dots\dots (3-20)$$

Apabila persamaan (3-19) dikalikan 2 kemudian untuk mengurangi persamaan 3-20, maka diperoleh :

$$f(y_{i+2}) - 2f(y_{i+1}) = -f'(y_i) + \frac{f''(y_i)}{2} \Delta x^2 \dots\dots\dots (3-21)$$

$$f(y_{i+2}) = \frac{f(y_{i+1}) - 2f(y_i) + f(y_{i+1}))}{\Delta x^2} \dots\dots\dots (3-22)$$

Untuk bentang tengah :

$$f''(y_i) = \frac{f(y_{i+1}) - 2f(y_i) + f(y_{i-1}))}{\Delta x^2} \dots\dots\dots (3-23)$$

Dimana,

$$f'' = \frac{d^2y}{dx^2} = \varphi \dots\dots\dots (3-24)$$

Sehingga :

$$\varphi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \dots\dots\dots (3-25)$$

Keterangan :

- $\varphi$  = kelengkungan
- $y_{i+1}$  = dial LVDT 1
- $y_i$  = dial LVDT 2
- $y_{i-1}$  = dial LVDT 3
- $\Delta x$  = jarak antar dial

### **3.6. Beban pada Saat Retak Pertama**

Menurut (Vis dan Gideon, 1993) modulus retak ( $f_r$ ) dapat dihitung pada persamaan (3-26).

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (3-26)$$

Keterangan :

- $f_r$  = beban pada saat retak pertama (MPa)
- $f_c'$  = kuat tekan beton (MPa)