

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang di syaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya. (SNI 03 – 2487 – 2002, Pasal 3.13).

Beton memiliki sifat yang sangat kuat menahan gaya tekan sedangkan baja tulangan dapat menahan gaya tarik. Dari sifat itu dapat dimengerti bahwa tiap bahan memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga apabila kedua bahan (baja tulangan dan beton) disatukan menjadi satu kesatuan secara komposit, maka didapatkan bahan yang baru disebut beton bertulang.

#### 3.2 Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan adalah kemampuan beton dalam menerima gaya tekan dalam satuan luas, yang berdampak benda uji beton akan hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang di hasilkan mesin tekan. Kuat tekan beton adalah salah satu sifat terpenting dalam melihat kualitas beton. Kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh pengaturan dari perbandingan bahan beton dan perawatan beton (*Curing*).

Beban tekan maksimum yang dihasilkan dari pengujian tekan beton dijadikan sebagai dasar untuk menentukan kuat tekan beton, yaitu dengan memakai persamaan berikut ini.

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

Keterangan :

$f_c$  = Kuat tekan beton (MPa)  
 P = Beban tekan (N)  
 A = Luas Penampang Benda Uji (mm<sup>2</sup>)

### 3.3 Modulus Elastisitas

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu (Murdock dan Brook, 1986). SNI 2847-2013 persamaan modulus elastisitas beton adalah sebagai berikut :

$$E_c = W_c^{1,5} (0,043) \sqrt{f_c} \quad (3-2)$$

Keterangan :

$E_c$  = Modulus elastisitas beton (Mpa)  
 $W_c$  = Berat Beton (Kg/m<sup>3</sup>)  
 $f_c$  = Kuat tekan beton (MPa)

Sedangkan menurut ASTM C 469 – 02, perhitungan pada modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

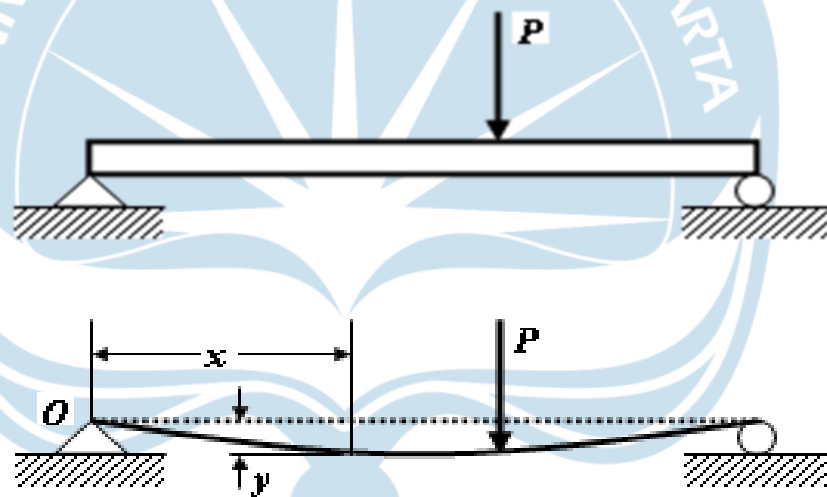
$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)} \quad (3-3)$$

Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (kg/cm<sup>2</sup>)  
 S<sub>2</sub> = Tegangan pada 40% tegangan runtuh (kg/cm<sup>2</sup>)  
 S<sub>1</sub> = Tegangan pada saat nilai kurva regangan  $\epsilon_1 = 0,000050$  (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\epsilon_2$  = Nilai kurva regangan yang terjadi pada saat S<sub>2</sub>

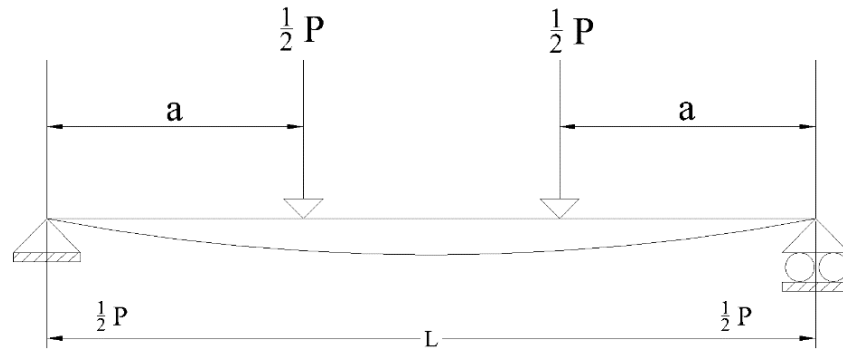
### 3.4 Lendutan

Lendutan adalah lenturan yang terjadi pada balok sebagai akibat dari bekerjanya gaya transversal. Lendutan merupakan perubahan posisi garis netral awal ke garis netral setelah diberi gaya. Besaran lendutan adalah jarak perpindahan garis netral sebelum dan setelah diberi gaya pada jarak arah  $y$ , sedangkan jarak arah  $x$  merupakan panjang tertentu pada balok. Lendutan dipengaruhi salah satunya oleh bahan atau material serta bentuk penampang dari balok tersebut.



Gambar 3.1 Balok setelah diberi gaya dan mengalami lendutan pada balok.

Lendutan pada balok yang disebabkan oleh beban terpusat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :



Gambar 3.2 Lentutan pada balok disebabkan oleh beban terpusat

$$EI\Delta = \frac{1}{2} \left( \frac{L}{2} \right) \left( \frac{PL}{2} \right) \left( \frac{2L}{3} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{L-2a}{2} \right) \times \left[ - \left( \frac{PL}{2} - \frac{P}{2} a \right) \right] \left[ a + \frac{2}{3} \left( \frac{L-2a}{2} \right) \right] \quad (3-5)$$

$$EI\Delta = \left( \frac{PL^2}{16} - \frac{P \cdot a^3}{12} \right) \quad (3-6)$$

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI} \left( \frac{3 \cdot a}{L} - \frac{4 \cdot a^3}{L^3} \right) \quad (3-7)$$

#### Keterangan

- E = Modulus elastisitas beton (MPa) ;
- I = Momen inersia pada balok bertulang (mm<sup>4</sup>) ;
- Δ = Lentutan (mm) ;
- P = Beban luar (N) ;
- L = Panjang bentang balok (mm) ; dan
- a = Jarak beban dari tumpuan.

### 3.5 Kekakuan

Kekakuan (*stiffness*) adalah kemampuan suatu elemen untuk bersifat kaku atau tidak elastis. Kekakuan stuktur pada suatu bangunan merupakan sifat yang sangat penting terutama dalam mendesign bangunan tahan gempa. Kekakuan balok diartikan sebagai hasil bagi antara beban dan lentutan dihitung dengan persamaan berikut :

$$K = \frac{P}{\delta} \quad (3-8)$$

Keterangan :

$K$  = Kekakuan (KN/mm)

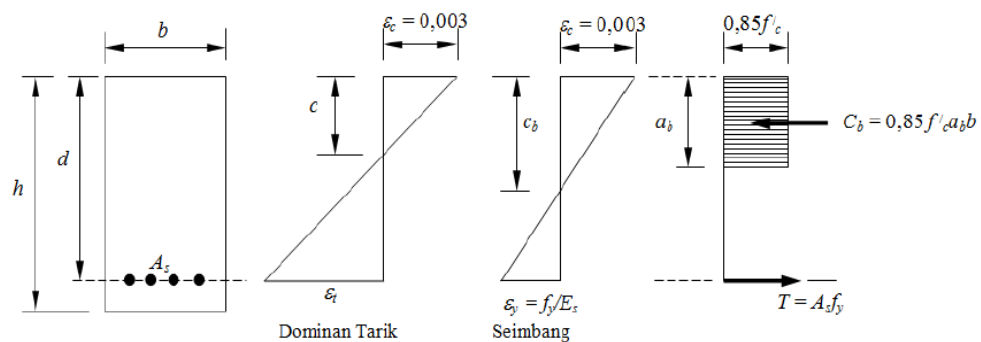
$P$  = Beban (KN)

$\delta$  = Lendutan (mm)

Pada perhitungan kekakuan beban yang digunakan adalah beban pengujian dan lendutan yang digunakan adalah lendutan disebabkan oleh beban pengujian.

### 3.6 Kuat Tarik Lentur

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997). Analisis kuat lentur pada balok bertulang tunggal bergantung pada ditetapkan dari kuat nominal momen pada suatu penampang ( $M_n$ ) yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :



Gambar 3.3 Distribusi Tegangan pada Penampang Balok Tulangan tunggal (Asroni , 2010)

$$M_n = C \cdot z = T \cdot z$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \left( d - \frac{a}{2} \right) = A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3-9)$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.3.5 mensyaratkan bahwa nilai  $\epsilon_t$  pada kondisi kuat lentur nominal harus lebih besar atau sama dengan 0,004.

$$e_t = 0,003 \cdot \left(\frac{d-c}{c}\right) \quad (3-10)$$

Tinggi balok tegangan beton dengan persamaan :

$$a = \frac{A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (3-11)$$

Letak garis netral :

$$C = \frac{a}{\beta} \quad (3-12)$$

Keterangan :

- $M_n$  = Momen Nominal Lentur (Kg.cm)
- $a$  = Tinggi Blok Tegangan Tulangan Tekan(mm<sup>2</sup>)
- $b$  = Lebar balok (mm)
- $c$  = Jarak Serat Terluar ke Garis Netral (cm)
- $d$  = Jarak Serat Terluar menuju Pusat Tulangan Tarik (cm)

### **3.7 Perancangan Kekuatan Geser Balok**

Mc Cormac (2001) melakukan penelitian yang menyatakan keruntuhan geser pada balok bertulang adalah sangat berbeda jika dibandingkan dengan keruntuhan lentur. Keruntuhan geser dapat terjadi dengan sangat tiba – tiba baik dengan maupun tanpa peringatan.

Nawy (1998 : 162) menyatakan bahwa untuk menentukan besaran tegangan geser yang terjadi pada balok bertulang adalah berdasarkan nilai tegangan geser rerata nominal dengan persamaan berikut.

Kemampuan beton (tanpa tulangan geser), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \lambda \sqrt{f_c'}\right) b d \quad (3-13)$$

Keterangan :

- $V_c$  = Kapasitas Geser Beton (N)  
 $f'_c$  = Kuat Tekan Beton (MPa)  
 $b$  = Lebar Balok (mm)  
 $d$  = Tinggi Efektif Penampang Balok (mm)  
 $\lambda$  = 1 pada beton normal

Jika  $V_u > V_c$  maka diperlukan sengkang dengan  $\phi = 0,75$   
 Luas penampang sengkang,  $A_v$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$A_v = n \cdot 0,25 \cdot \pi d^2 \quad (3-14)$$

Keterangan :

- $A_v$  = Luas penampang sengkang  
 $n$  = Jumlah tulangan  
 $d$  = diameter sengkang (mm)

Tulangan geser,  $V_s$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (3-15)$$

Keterangan :

- $V_s$  = Gaya Geser Nominal yang Tersedia pada Sengkang (N)  
 $A_v$  = Luas Penampang Sengkang ( $\text{mm}^2$ )  
 $f_y$  = Kuat Luluh Sengkang (MPa)  
 $d$  = Tinggi Efektif Penampang Balok (mm)  
 $s$  = Jarak antara Pusat ke Pusat tulangan geser menuju arah sejajar tulangan utama memanjang (mm)

Kekuatan geser menurut Cormac (2001 : 240), adalah kekuatan geser nominal ( $V_n$ ) menjadi jumlah dari kekuatan yang diberikan oleh tulangan dan beton dengan persamaan 3.21 berikut.

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-16)$$

Keterangan :

- $V_n$  = Kekuatan Gaya Geser Nominal (KN)  
 $V_c$  = Kekuatan Geser yang disebabkan oleh Beton (KN)  
 $V_s$  = Kekuatan Geser yang disebabkan oleh Tegangan Geser (KN)