

BAB III

ANALISA BALOK TINGGI

3.1. Pembebanan

Pada perencanaan komponen struktur beton bertulang, harus diperhatikan beban-beban yang bekerja pada suatu konstruksi, sehingga didapatkan suatu perencanaan yang kuat dan aman. Beban-beban yang bekerja pada suatu struktur dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

1. **Beban Mati (D)**

Beban mati merupakan beban gaya berat pada suatu posisi tertentu yang bekerja terus menerus menuju arah bumi pada saat struktur telah berfungsi. Berat struktur dianggap sebagai beban mati, demikian pula segala yang menempel pada struktur tersebut seperti pipa-pipa, saluran listrik, saluran AC, penutup lantai, penutup atap, plafond, yakni segala yang tetap berada pada struktur selama masa bangunan.

2. **Beban Hidup (L)**

Beban hidup adalah beban-beban gravitasi yang bekerja pada saat struktur yang telah berfungsi, namun bervariasi dalam besar dan lokasinya. Contohnya adalah beban orang, beban air hujan pada atap, furniture, perkakas yang dapat bergerak, kendaraan dan barang-barang

yang dapat disimpan. Secara praktis beberapa beban hidup bersifat permanen, sedangkan yang lainnya sering berpindah-pindah. Beban hidup tipikal suatu struktur didasarkan pada fungsi guna bangunan tersebut.

Meskipun beban angin (W) termasuk suatu beban hidup, tetapi beban tersebut dikategorikan terpisah pada waktu mencantumkan faktor keamanannya.

Menurut SK SNI T-15-1991-03 Bab III, pasal 3.2.2, hal 13, supaya struktur dan komponen struktur memenuhi syarat yang telah ditentukan dan laik terhadap bermacam-macam kombinasi beban sebagai berikut :

1. Kuat perlu U yang menahan beban mati (D) dan beban hidup (L) paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2 (D) + 1,6 (L)$$

2. Kuat perlu U yang menahan angin (W) harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi antar beban angin (W), beban mati (D), beban hidup (L), harus diperhitungkan sebesar :

$$U = 0,75 [1,2 (D) + 1,6 (D) + 1,6 (W)]$$

Dimana kombinasi beban diperhitungkan beban hidup (L) yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya yaitu sebesar :

$$U = 0,9 (D) + 1,3 (W)$$

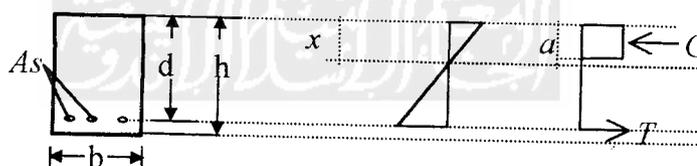
Dengan catatan bahwa setiap kombinasi beban mati (D), beban (L), beban angin (W), akan diperoleh kekuatan tidak kurang dari :

$$U = 1,2 (D) + 1,6 (L)$$

3.2. Perencanaan Lentur

Tulangan lentur utama akan direncanakan memakai persamaan-persamaan balok biasa. Yang penting disini adalah analisis kekuatan untuk menentukan kapasitas beban batas. Teori-teori yang ternyata dapat dibenarkan berdasarkan hasil percobaan, menunjukkan bahwa kekuatan lentur dapat diramalkan dengan ketelitian yang cukup baik dengan memakai metode-metode yang digunakan pada balok-balok yang memiliki perbandingan ukuran normal. Blok tegangan persegi ekuivalen dan parameter-parameter yang berhubungan dapat dipakai tanpa adanya perubahan. Dengan demikian tinggi blok tegangan a dapat diperoleh dengan persamaan :

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 3.1 Tampang Regangan dan Tegangan Balok Persegi

- dimana :
- a = Tinggi blok tegangan beton tekan
 - A_s = Jumlah luas penampang tulangan baja tarik
 - f_y = Tegangan luluh baja (Mpa)
 - f'_c = Kuat tekan beton (Mpa)
 - b = Lebar balok

kekuatan lentur nominal M_n dari persamaan :

$$M_n = M_u/\phi \dots\dots\dots (2)$$

$$M_n = A_s f_y (d - a/2) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

M_n = Kuat momen nominal suatu penampang (Nm)

M_u = Momen terfaktor pada penampang

d = Tinggi efektif balok

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

Harga perbandingan tulangan seimbang :

$$\rho_b = \frac{0,85f'_c}{f_y} \beta_1 \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \dots\dots\dots (4.a)$$

dimana β_1 adalah konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton.

Menurut standart SK SNI T-15-1991-03 menetapkan :

$$1. \text{ Jika } f'_c \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 \dots\dots\dots (4.b)$$

$$2. \text{ Jika } f'_c > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \geq 0,65 \dots\dots (4.c)$$

Pedoman menentukan bahwa :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks} \dots\dots\dots (5.a)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (5.b)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b \dots\dots\dots (5.c)$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots (5.d)$$

untuk menentukan ρ dapat digunakan tabel pada SKSNI T-15-1991-03 dengan menghitung besarnya M_u/bd^2 , dimana : ρ = rasio penulangan dan ρ_b = rasio penulangan keadaan seimbang (balance)

3.3. Perencanaan Geser

Pada balok dimana perbandingan antara bentangan dengan tinggi balok $l_n/d < 5$, maka terdapat aturan-aturan khusus yang mengatur masalah perhitungan gaya gesernya. Pada balok tinggi prinsip-prinsip hitungan tradisional dari analisis tekanan tidak lagi memadai untuk menentukan kekuatan balok tinggi.

Oleh karena itu, menurut SK SNI T-15-1991-03, untuk balok dimana l_n/d kurang dari 5 dan dibebani pada bagian atas dari permukaan tekannya, harus diberikan ketentuan-ketentuan khusus bagi geser yang bekerja padanya. Apabila beban-beban bekerja pada sisi atau bagian bawah batang, maka ditetapkan ketentuan-ketentuan perencanaan seperti yang berlaku pada balok-balok biasa.

Dasar perencanaan adalah :

$$V_u \leq \phi V_n \dots\dots\dots (6)$$

Dimana untuk geser $\phi = 0,60$ dan besarnya V_n dapat dihitung dengan rumus :

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

V_u = Kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = Kuat geser nominal

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

Peraturan SK SNI T-15-1991-03 BAB III, pasal 3,4,6, hal. 45, menyebutkan bahwa gaya geser rencana V_u harus memenuhi kondisi :

$$V_n \leq \left(2 \times \frac{\sqrt{f_c}}{3} \right) b_w d \text{ untuk } l_n/d < 2,0 \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{atau } V_n \leq \frac{1}{18} \left\{ 10 \cdot \frac{l_n}{d} \sqrt{f_c} \right\} b_w d \text{ untuk } 2 \leq l_n/d \leq 5 \dots\dots\dots (9)$$

dimana :

f'_c = Kuat tekan beton yang diisyaratkan (Mpa)

l_n = Bentang bersih yang diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)

b_w = Lebar badan balok (mm)

d = Jarak dari serat tekan terluar terhadap tulangan tarik longitudinal (mm)

Jika tidak memenuhi keadaan ini, penampang harus diperbesar.

Oleh karena penulangan geser yang dibutuhkan pada penampang kritis harus dipakai untuk seluruh bentang, maka geser terfaktor V_u ditentukan cukup pada satu tempat saja. Penampang kritis dapat didefinisikan sebagai lokasi dengan suatu jarak dari tumpuan.

Untuk pembebanan terbagi rata penampang kritis bagi geser harus diambil pada suatu jarak $0,15 l_n$ dari permukaan perletakan dan $0,5a$ bila dibebani dengan beban terpusat, tetapi untuk kedua keadaan tersebut besar jarak ini tidak boleh melampaui d dihitung dari permukaan perletakan.

Karena adanya penambahan kekuatan geser pada balok tinggi akibat adanya aksi busur, maka ketentuan SK SNI T-15-1991-03 mengijinkan sumbangan kekuatan geser yang diberikan oleh beton dapat dihitung dengan rumus :

$$V_c = \left[3,5 - 2,5 \frac{M_u}{V_{ud}} \right] \frac{1}{7} \left[\sqrt{f'_c} \cdot 120 \rho \frac{V_{ud}}{M_u} \right] bwd \leq \frac{1}{2} \sqrt{f'_c} bwd$$

Dimana $1,0 < \left[3,5 - 2,5 \frac{M_u}{V_{ud}} \right] \leq 2,5$. Faktor ini merupakan pengali dari persamaan dasar V_c dari balok biasa untuk memperhitungkan besarnya kapasitas tahanan balok tinggi.

dimana :

M_u = Momen terfaktor

ρ = Rasio luas tulangan tarik dengan luas efektif penampang beton

a = Jarak antara beban terpusat dan muka dari tumpuan (mm)

Apabila gaya geser rencana V_u melampaui ϕV_c , maka perlu dipakai penulangan geser untuk memikul kelebihan gaya geser tersebut, agar memenuhi persamaan (6) dan (7), dimana kuat geser V_s dapat dihitung dengan :

$$V_s = \left[\frac{A_v}{s} \left(\frac{1 + \ln/d}{12} \right) + \frac{A_{vh}}{s_2} \left(\frac{11 - \ln/d}{12} \right) \right] f_y d \dots\dots\dots (11)$$

dimana :

A_v = Luas penampang sengkang vertikal

A_{vh} = Luas penampang tulangan geser memanjang

s = Jarak sengkang

s_2 = Jarak spasi vertikal tulangan geser memanjang

f_y = Kuat leleh yang diisyaratkan dari tulangan non pratekan (MPa)

$$\left. \begin{array}{l} s \text{ maksimum } \leq d/5 \text{ atau } 500 \text{ mm} \\ s_2 \text{ maksimum } \leq d/3 \text{ atau } 500 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{ Dipilih yang terkecil } \dots\dots\dots (12)$$

$$A \text{ minimum} = 0,0015bws \dots\dots\dots (13)$$

$$A_{vh} \text{ minimum} = 0,0025bws_2 \dots\dots\dots (14)$$

Penulangan geser yang diperlukan pada penampang kritis harus diberikan di seluruh balok tinggi.

Dengan mengkombinasikan persamaan-persamaan (6), (7) dan (11) untuk besar tulangan geser yang dibutuhkan pada balok tinggi akan didapat persamaan :

$$\frac{A_v}{s} \left(\frac{1 + l_n/d}{12} \right) + \frac{A_{vh}}{s_2} \left(\frac{11 - l_n/d\phi}{12} \right) = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_y d} \dots\dots\dots (15)$$

Untuk tujuan perencanaan, perlu dicatat bahwa koefisien-koefisien yang terdapat pada persamaan (15) merupakan faktor-faktor bobot untuk menyatakan keefektifan relatif dari tulangan badan vertikal dan horisontal. Harga faktor-faktor ini sebagai suatu fungsi dari parameter l_n/d . Dapat dilihat bahwa untuk balok-balok yang sangat tinggi dengan harga l_n/d relatif kecil tulangan horisontal A_{vh} menjadi sangat efektif dan penambahan tulangan vertikal A_v hanya akan memberikan sedikit saja bagi penambahan kekuatan. Dengan bertambahnya harga perbandingan $l_n/d = 5$ (batas dari balok tinggi menurut definisi yang ditentukan oleh pedoman) tulangan vertikal dan horisontal sama-sama akan berfungsi secara efektif.