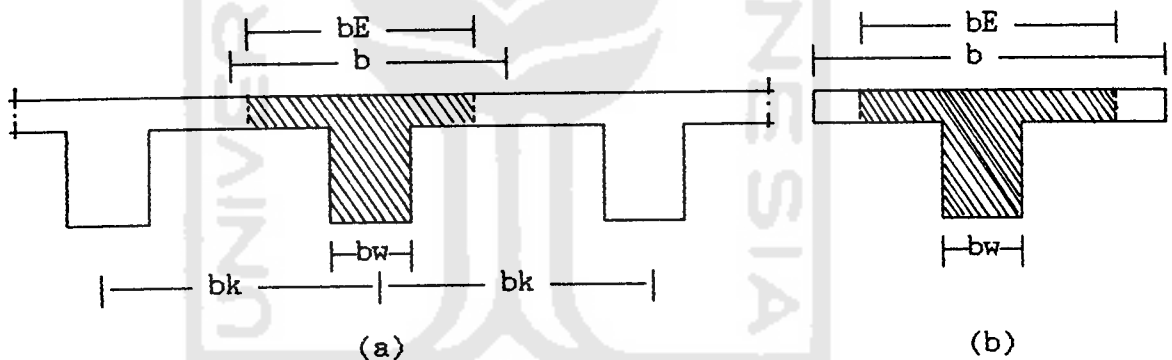


BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1. Lebar manfaat dari flens

2.1.1. Menurut PBI 1971 lebar manfaat flens (b_E) dari balok tampang T, diperoleh sebagai berikut :

Pada balok tampang T yang terletak bebas atas 2 tumpuan yang menerus yang mengalami momen akibat beban terbagi rata, beban segitiga, trapesium, parabola serta yang mengalami momen tetap, lebar manfaat flens nya b_E paling besar harus diambil nilai terkecil dari nilai-nilai b_E menurut rumus-rumus berikut :



Gambar 2.1. Lebar manfaat flens balok T, (a) balok T majemuk (b) balok T tunggal.

$$1. \quad b_E \leq b_w + \frac{l_o}{5} \dots \dots \dots (2.1a)$$

$$2. \quad b_E \leq b_w + \frac{l_o}{10} + \frac{b_k}{2} \dots \dots \dots (2.1b)$$

$$3. \quad b_E \leq b \dots \dots \dots (2.1c)$$

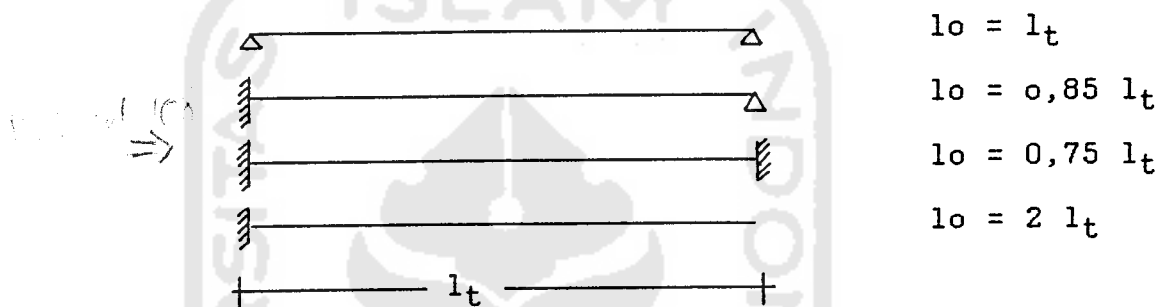
dengan :

b_w = lebar badan

b = jarak antara tengah-tengah lapangan sebelah kiri dari badan dan tengah-tengah lapangan sebelah kanan dari badan pada balok T majemuk atau lebar seluruh *flens* pada balok tunggal.

b_k = jarak terkecil antara tengah-tengah badan pada lapangan kiri dan lapangan kanan yang berbeda.

l_o = bentang balok, diambil sebesar :



2.1.2. Standar SK-SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.10 memberikan pembatasan lebar *flens efektif* balok T sebagai berikut :

- 1). lebar *flens efektif* yang diperhitungkan tidak lebih dari seperempat panjang bentang balok, sedangkan lebar efektif bagian plat yang menonjol di kedua sisi dari balok tidak lebih dari delapan kali tebal plat, dan juga tidak lebih besar dari separoh jarak bersih dengan balok disebelahnya. Atau dengan kata lain, lebar *flens efektif* yang diperhitungkan tidak lebih besar dan di ambil nilai terkecil dari nilai-nilai berikut :
 - a. seperempat panjang bentang balok
 - b. $b_w + 16hf$
 - c. jarak dari pusat ke pusat antar balok.

- 2). Untuk balok yang hanya mempunyai *flens* pada satu sisi, lebar bagian plat yang menonjol yang diperhitungkan tidak lebih besar dari seperduabelas panjang bentangan balok, atau $\frac{1}{2}$ jarak bersih dengan balok di sebelahnya.
- 3). Untuk balok yang khusus dibentuk sebagai balok T dengan maksud untuk mendapatkan tambahan luasan daerah tekan, ketebalan *flens* tidak boleh lebih besar dari separuh lebar balok, dan lebar *flens* total tidak boleh lebih besar dari empat kali lebar balok.

2.2 Metode Elastis

2.2.1. Faktor yang mempengaruhi keamanan struktur

Keamanan struktur pada metode elastis ditentukan berdasarkan hal-hal sebagai berikut :

- A. Tegangan ijin.
- B. Koefisien keamanan.
- C. Angka ekuivalensi adalah perbandingan modulus baja terhadap modulus beton (nilai "n")

A. Tegangan ijin

Tegangan ijin adalah tegangan yang tidak boleh dilampaui oleh tegangan-tegangan perencanaan. Tegangan ijin ini diperoleh dari :

$$\text{Tegangan ijin} = \frac{\text{kekuatan bahan}}{\tau_p \cdot \tau_m \cdot \tau_s} \dots\dots\dots(2.2)$$

Kekuatan bahan beton diperoleh dari kuat desak karakteristik (σ'_{bk}), sedangkan kekuatan baja tulangan digunakan tegangan leleh karakteristik (σ_{au}) atau tegangan karakteristik yang memberikan regangan tetap sebesar 0,2 % ($\sigma_{0,2}$). Tegangan-tegangan baja yang diijinkan dan tegangan-tegangan beton yang diijinkan diambil pada PBI 1971, tabel 10.4.1, halaman 103 dan tabel 10.4.2, halaman 105.

Tabel 2.1

Tegangan baja yang diijinkan.

| Mutu Baja | Tegangan tarik/tekan yang diijinkan $\sigma_a = \sigma'_a$ (kg/cm ²) | |
|-----------|---|---|
| | Pada pembebanan tetap | Pada pembebanan sementara |
| U 22 | 1.250 | 1.800 |
| U 24 | 1.400 | 2.000 |
| U 32 | 1.850 | 2.650 |
| U 39 | 2.250 | 3.200 |
| U 48 | 2.750 | 4.000 |
| Umum | 0,58 σ_{au} 0,58 $\sigma_{0,2}$ | 0,83 σ_{au} 0,83 $\sigma_{0,2}$ |

Tabel 2.2

Tegangan-tegangan beton yang diijinkan untuk $\phi = 1$

| Mutu | Notasi | Tegangan yang diijinkan (kg/cm ²) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--------------|--------------|--------------|------------------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| | | Pada pembebanan tetap | | | | | Pada pembebanan sementara | | | | | |
| | | B ₁ 100 | K 125 125 | K 175 175 | K 225 225 | Umum σ'_{bk} | B ₁ 100 | K 125 125 | K 175 175 | K 225 225 | Umum σ'_{bk} | |
| Kekuatan tekan beton karakteristik | σ'_{bk} | | | | | | | | | | | |
| Lentur tanpa dan/atau dengan gaya normal: | σ'_b | tekan | 35 | 40 | 60 | 75 | $0,33 \sigma'_{bk}$ | 55 | 70 | 100 | 125 | $0,56 \sigma'_{bk}$ |
| | | tarik | 5 | 5,5 | 6,5 | 7 | $0,48 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ | 7 | 7,5 | 9 | 10 | $0,63 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ |
| Gaya aksial : | σ'_{bs} | tekan | 35 | 40 | 60 | 75 | $0,33 \sigma'_{bk}$ | 55 | 70 | 100 | 125 | $0,56 \sigma'_{bk}$ |
| | | tarik | 4 | 4 | 5 | 5,5 | $0,36 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ | 5 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | $0,51 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ |
| Geser oleh lentur atau puntir: tanpa tulangan geser dengan tulangan geser | $\bar{\tau}_b$ $\bar{\tau}_{bm}$ | tanpa tulangan geser | 4,5 | 5 | 5,5 | 6,5 | $0,43 \sigma'_{bk}$ | 7 | 7,5 | 9 | 10 | $0,68 \sigma'_{bk}$ |
| | | dengan tulangan geser | 11 | 12 | 14 | 16 | $1,08 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ | 17 | 19 | 22 | 25 | $1,70 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ |
| Geser oleh lentur dengan puntir: tanpa tulangan geser dengan tulangan geser | $\bar{\tau}_b$ $\bar{\tau}_{bm}$ | tanpa tulangan geser | 5,5 | 6 | 7 | 8 | $0,54 \sigma'_{bk}$ | 8,5 | 9,5 | 11 | 13 | $0,85 \sigma'_{bk}$ |
| | | dengan tulangan geser | 14 | 15 | 18 | 20 | $1,35 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ | 21 | 24 | 28 | 32 | $2,12 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ |
| Geser pons pada penampang kritis : | $\bar{\tau}_{bp}$ $\bar{\tau}_{bpm}$ | tanpa tulangan geser | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 10 | $0,65 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ | 10 | 11 | 13 | 15 | $1,02 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ |
| | | dengan tulangan geser | 13 | 15 | 17 | 20 | $1,30 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ | 20 | 22 | 26 | 30 | $2,04 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ |

Untuk $\phi \neq 1$ nilai-nilai tegangan yang diijinkan menurut tabel di atas harus dikalikan dengan ϕ yang sesuai.

B. Koefisien keamanan

Koefisien keamanan adalah suatu nilai yang dipakai untuk mendapatkan tegangan-tegangan ijin dalam perencanaan, bermaksud memberikan nilai keamanan pada perencanaan.

Menurut FBI 1971 koefisien keamanan ini harus diperhitungkan terhadap hal-hal sebagai berikut :

- koefisien pemakaian (τ_p),
- koefisien bahan (τ_m),
- koefisien beban (τ_s).

a. Koefisien pemakaian (τ_p)

Koefisien pemakaian digunakan untuk memperhitungkan kemunduran kekuatan bahan akibat pemakaian konstruksi, baik terhadap beton maupun baja tulangan.

1. Untuk beton, koefisien pemakaian τ_{pb} harus diambil menurut ketentuan PBI 1971 tabel 10.1.1, halaman 98.

Tabel 2.3

Koefisien pemakaian untuk beton

| | Pada pembebanan tetap $\tau_{pb,t}$ | Pada pembebanan sementara $\tau_{pb,s}$ |
|--|--|--|
| Lentur tanpa/dengan gaya normal: tegangan tekan tegangan tarik | 1,2 1,0 | 1,0 1,0 |
| Gaya aksial : tegangan tekan tegangan tarik | 1,2 1,0 | 1,0 1,0 |
| Lentur /puntir : tegangan geser | 1,1 | 1,0 |
| Pons : tegangan geser | 1,1 | 1,0 |

2. Untuk baja tulangan, koefisien pemakaian τ_{pa} dapat diambil = 1,0.

b. Koefisien bahan (τ_m)

Koefisien bahan digunakan untuk memperhitungkan kekuatan bahan akibat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan.

1. Untuk beton

$$\tau_{mb} = \frac{1,4}{\phi} \dots\dots\dots(2.3)$$

nilai ϕ tergantung dari cara pembuatan dan pengecoran beton, diambil sesuai dengan ketentuan PBI 1971, tabel 10.1.2, halaman 99.

Tabel 2.4

Koefisien ϕ

| Uraian | ϕ |
|---|--------|
| 1. Untuk beton yang dibuat di pabrik dengan pengawasan yang baik, dicor dalam lapis-lapis horisontal atau dengan kemiringan maks. 30° | 1,08 |
| 2. Untuk beton yang dibuat di tempat pekerjaan, dengan pengawasan normal, dicor dalam lapis-lapis horisontal atau dengan kemiringan maks. 30°, atau untuk beton yang dibuat di pabrik, dicor dalam lapis-lapis vertikal atau dengan kemiringan lebih dari 30° | 1,00 |
| 3. Untuk beton yang dibuat di tempat pekerjaan, dengan pengawasan normal, dicor dalam lapis-lapis vertikal atau dengan kemiringan lebih dari 30° | 0,93 |
| 4. Untuk beton yang dibuat di tempat pekerjaan, dengan pengawasan kurang, dicor dalam lapis-lapis horisontal atau dengan kemiringan maks. 30° | 0,90 |
| 5. Untuk beton yang dibuat di tempat pekerjaan, dengan pengawasan kurang, dicor dalam lapis-lapis vertikal atau dengan kemiringan lebih dari 30° | 0,87 |

2. Untuk baja, koefisien bahan harus diambil sebesar :

$$\tau_{ma} = 1,15 \dots\dots\dots(2.4)$$

c. Koefisien beban (τ_s).

Koefisien beban digunakan untuk memperhitungkan kemungkinan-kemungkinan pengaruh beban kerja yang meningkat sampai beban batas yang menyebabkan keruntuhan konstruksi.

Menurut PBI 1971 koefisien beban τ_s ditetapkan sebagai berikut:

a. untuk beban tetap : $\tau_{St} = 1,5 \dots\dots\dots(2.5a)$

b. untuk beban sementara : $\tau_{Ss} = 1,05 \dots\dots\dots(2.5b)$

C. Angka ekivalensi (nilai "n").

Menurut PBI 1971 pada keadaan elastis dianggap terdapat hubungan antara tegangan tekan beton dan regangan tekan beton, hubungan ini ditentukan oleh modulus sekan beton E_b . Dalam segala hal, modulus sekan beton tidak boleh diambil kurang dari pada menurut rumus-rumus berikut :

- untuk pembebanan tetap :

$$E_b = 6400 \sqrt{\sigma'_{bk}} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.5a)$$

- untuk pembebanan sementara :

$$E_b = 9600 \sqrt{\sigma'_{bk}} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.5b)$$

Besaran "n" disebut angka ekivalensi dan ditentukan oleh rumus :

$$n = \frac{E_a}{E_b} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan : $E_a =$ Modulus elastisitas baja = $2,1 \cdot 10^6$ (kg/cm²)

$E_b =$ Modulus sekan beton.

1. Untuk pembebanan tetap :

$$n = \frac{330}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \dots\dots\dots(2.6a)$$

2. Untuk pembebanan sementara :

$$n = \frac{220}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \dots\dots\dots(2.6b)$$

Angka ekivalensi maksimum diambil menurut PBI 1971, Tabel 11.1.1, halaman 132.

Tabel 2.5

Angka ekivalensi maksimum n

| Mutu beton | σ'_{bk} (kg/cm ²) | Angka ekivalensi maksimum n | |
|------------|---|-----------------------------|---------------------------|
| | | Pada pembebanan tetap | Pada pembebanan sementara |
| B 1 | 100 | 33 | 22 |
| K125 | 125 | 30 | 20 |
| K175 | 175 | 24 | 16 |
| K225 | 225 | 21 | 14 |
| Umum | σ'_{bk} | 330 | 220 |
| | | $\sqrt{\sigma'_{bk}}$ | $\sqrt{\sigma'_{bk}}$ |

2.3. Metode Kekuatan Batas

2.3.1. Faktor yang mempengaruhi keamanan struktur

SK-SNI T-15-1991-03 menetapkan untuk provisi keamanan sebagai berikut :

A. Faktor beban (τ)

Faktor beban adalah faktor yang dipakai untuk menaikkan beban-beban yang diperkirakan bekerja dalam perencanaan, agar mencapai beban runtuh yang menyebabkan struktur diambang keruntuhan. Dengan dipakainya faktor beban, berarti struktur direncanakan mampu menahan beban-beban dalam keadaan kritis, sehingga struktur dapat menyediakan keamanan yang cukup tinggi.

Ketidakpastian besar beban mati pada struktur lebih kecil dari pada ketidakpastian beban hidup, mengakibatkan perbedaan dari nilai faktor-faktor beban . Adapun nilai faktor beban (τ) menurut SK-SNI T-15-1991-03, ditentukan sebagai berikut :

untuk beban mati (τ_D) = 1,2

untuk beban hidup (τ_L) = 1,6

untuk beban angin (τ_W) = 1,6

Penjumlahan dari beban-beban yang telah dikalikan dengan faktor beban, dinamakan kuat perlu, yang menjadi dasar perencanaan kekuatan struktur. Adapun rumus yang diberikan untuk kuat perlu (U) adalah sebagai berikut ini.

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

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots(2.7)$$

- 2). bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D, L, dan W harus dipelajari untuk menentukan nilai U yang terbesar :

$$U = 0,75(1,2D + 1,6L + 1,0W) \dots\dots\dots(2.8)$$

- 3). bila ketahanan struktur terhadap beban gempa (beban E) harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai U harus diambil sebagai berikut :

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E) \dots\dots\dots(2.9a)$$

atau

$$U = 0,9 (D \pm E) \dots\dots\dots(2.9b)$$

B. Faktor reduksi kekuatan (ϕ)

Dalam menentukan kuat rencana suatu komponen struktur, maka kuat minimalnya harus direduksi dengan faktor reduksi kekuatan yang sesuai dengan sifat beban seperti berikut : [5].

- 1). lentur, tanpa beban aksial 0,80
- 2). aksial tarik, dan aksial tarik dengan
lentur 0,80
- 3). aksial tekan, dan aksial tekan dengan
lentur 0,65
- 4). geser dan torsi 0,60

