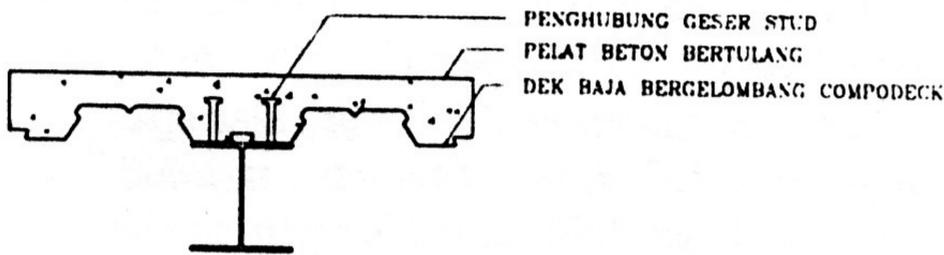
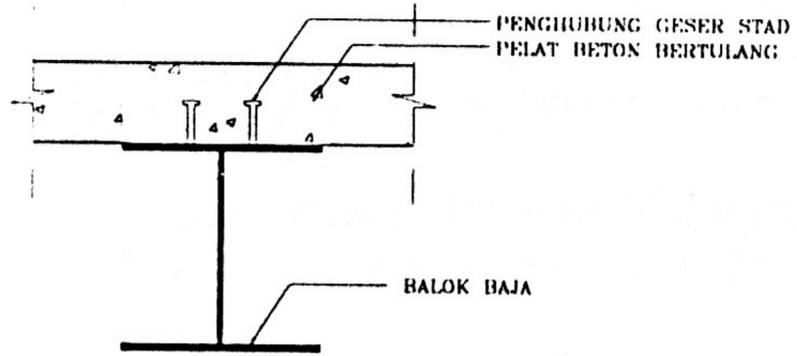
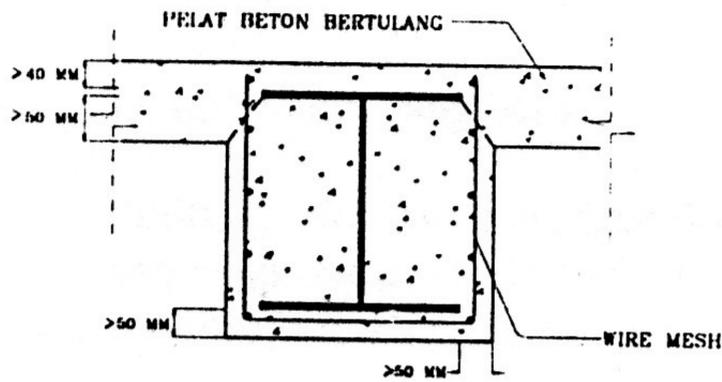


SISTEM STRUKTUR KOMPOSIT

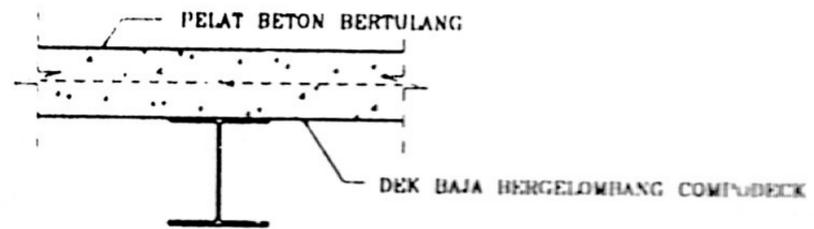
- Sistem Struktur komposit terbentuk dengan adanya interaksi antara komponen-komponen struktur baja dan beton yang masing-masing karakteristik dasar materialnya dimanfaatkan secara optimal.
- Karakteristik-karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja adalah:
 - kekuatan yang tinggi
 - modulus elastisitas yang tinggi
 - daktilitas yang tinggi
- Karakteristik-karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton adalah:
 - sifat ketahanan yang baik terhadap api
 - mudah dibentuk
 - murah
- Elemen-elemen struktur komposit:
 - Kolom komposit
 - Balok komposit
 - Pelat komposit
- Prinsip-prinsip dasar perencanaan:
 - Distribusi tegangan plastik pada daerah momen positif balok
Tegangan pada beton = $0,85 f'_c$ (tekan) → distribusi merata
Tegangan pada baja = f_y (tarik atau tekan) → distribusi merata
 - Distribusi tegangan plastik pada daerah momen negatif balok
Tegangan pada beton = 0 (tarik)
Tegangan pada tulangan beton = f_{yr} (tarik)
Tegangan pada baja = f_y (tekan atau tarik) → distribusi merata
 - Distribusi tegangan elastik → distribusi linear
Tegangan maksimum pada beton = $0,85 f'_c$ (tekan)
Tegangan maksimum pada baja = f_y (tekan atau tarik)

PERENCANAAN BALOK KOMPOSIT

- Ada dua tipe balok komposit, yaitu:
 - a. Balok komposit dengan penghubung geser
 - b. Balok baja yang diberi selubung beton



GELOMBANG DEK SEJAJAR DENGAN SUMBU BALOK

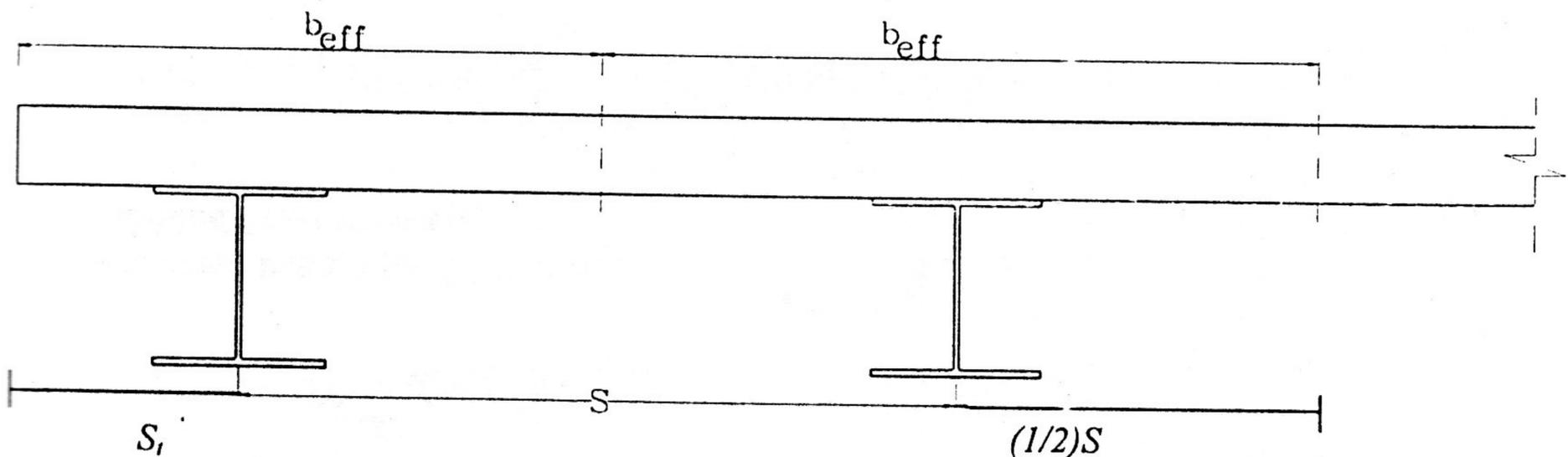


GELOMBANG DEK TEGAK LURUS DENGAN SUMBU BALOK

- Aksi komposit terbentuk dengan adanya transfer geser antara pelat beton dan balok baja yang dapat terjadi melalui:
 - a. Mekanisme interlocking antara penghubung geser mekanis dan pelat beton.
 - b. Mekanisme lekatan dan friksi disepanjang permukaan atas profil baja yang terkekang didalam beton dan mekanisme tahanan geser pada bidang antara pelat beton dan selubung beton disekitar profil baja.

- Lebar efektif pelat beton (b_{eff}):

- $\leq \frac{1}{4} L$
- $\leq S$
- $\leq \left(\frac{1}{2} S + S_t \right) \rightarrow$ untuk balok tepi



- Kekuatan lentur balok komposit dengan penghubung geser ($\phi_b M_n$)
 - Kekuatan lentur positif:
 - Untuk penampang berbadan kompak $\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_{yf}}}$, kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastik ($\phi_b = 0,85$).
 - Untuk penampang berbadan tidak kompak $\frac{h}{t_w} > \frac{1680}{\sqrt{f_{yf}}}$, kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan elastik (memperhitungkan pengaruh tumpuan sementara). Pada kondisi ini, kekuatan lentur batas penampang ditentukan oleh terjadinya leleh pertama ($\phi_b = 0,90$).
 - Kekuatan lentur negatif:
 - Kekuatan lentur negatif dapat dihitung dengan mengabaikan aksi komposit. Jadi kekuatan lentur negatif penampang komposit adalah sama dengan kekuatan lentur negatif penampang baja saja ($\phi_b = 0,90$) → mengacu pada Bab 8.
 - Sebagai alternatif, untuk balok dengan penampang kompak dan tidak langsing, kekuatan lentur negatif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastik dengan ikut mempertimbangkan pengaruh tulangan baja disepanjang lebar efektif pelat beton ($\phi_b = 0,85$).
- Kekuatan lentur balok baja yang berselubung beton ($\phi_b M_n$)
 - Kekuatan lentur balok baja yang berselubung beton dapat ditentukan berdasarkan superposisi tegangan-tegangan elastik pada baja dan beton yang memperhitungkan pengaruh adanya tumpuan sementara ($\phi_b = 0,90$).
 - Sebagai alternatif, kekuatan lentur balok baja yang berselubung beton dapat ditentukan berdasarkan distribusi tegangan plastik pada penampang baja saja ($\phi_b = 0,90$).

- Kekuatan Struktur Selama Pelaksanaan

Untuk struktur tanpa perancah, penampang baja harus memiliki kekuatan yang cukup untuk memikul semua pembebanan yang ada selama pelaksanaan (yaitu: selama $f_c < 75\% f'_c$)

- Kekuatan Geser Rencana

Kuat geser rencana balok komposit, $\phi_s V_n$, ditentukan berdasarkan kuat geser badan penampang baja saja. → mengacu pada Bab 8.

Contoh untuk $\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \rightarrow V_n = 0,6 F_{yw} A_w \text{ \& } \phi_s = 0,90.$

- Penghubung geser mekanis:

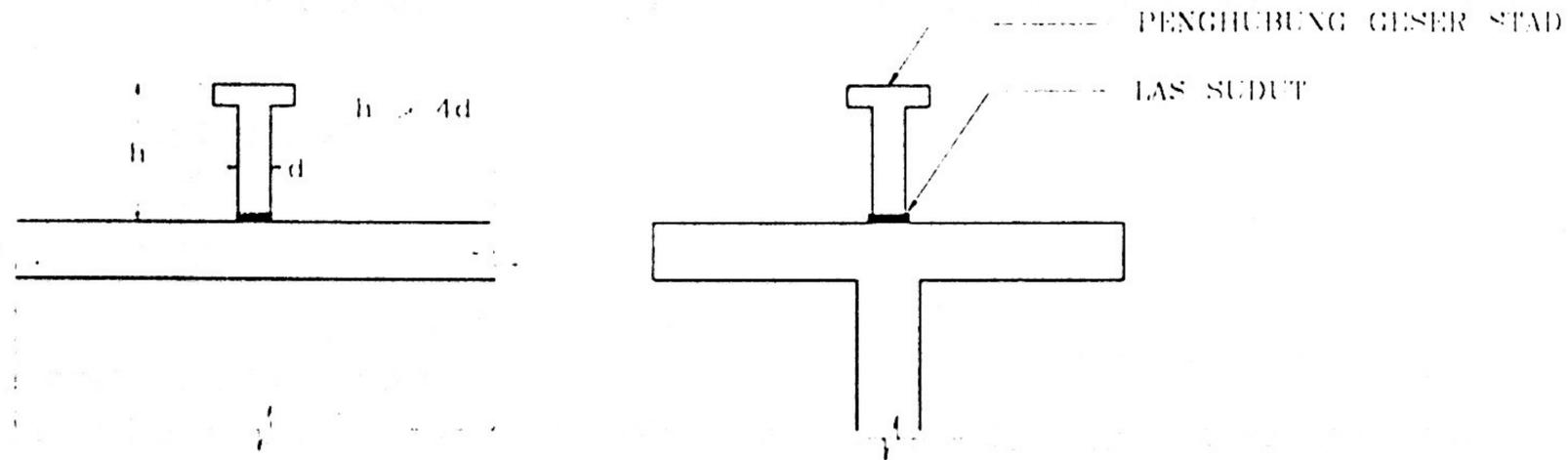
a. Kekuatan penghubung geser stad

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \left(\sqrt{f'_c E_c} \right) r_s \leq A_{sc} f_u$$

dimana $r_s \leq 1,0$ untuk dek baja bergelombang

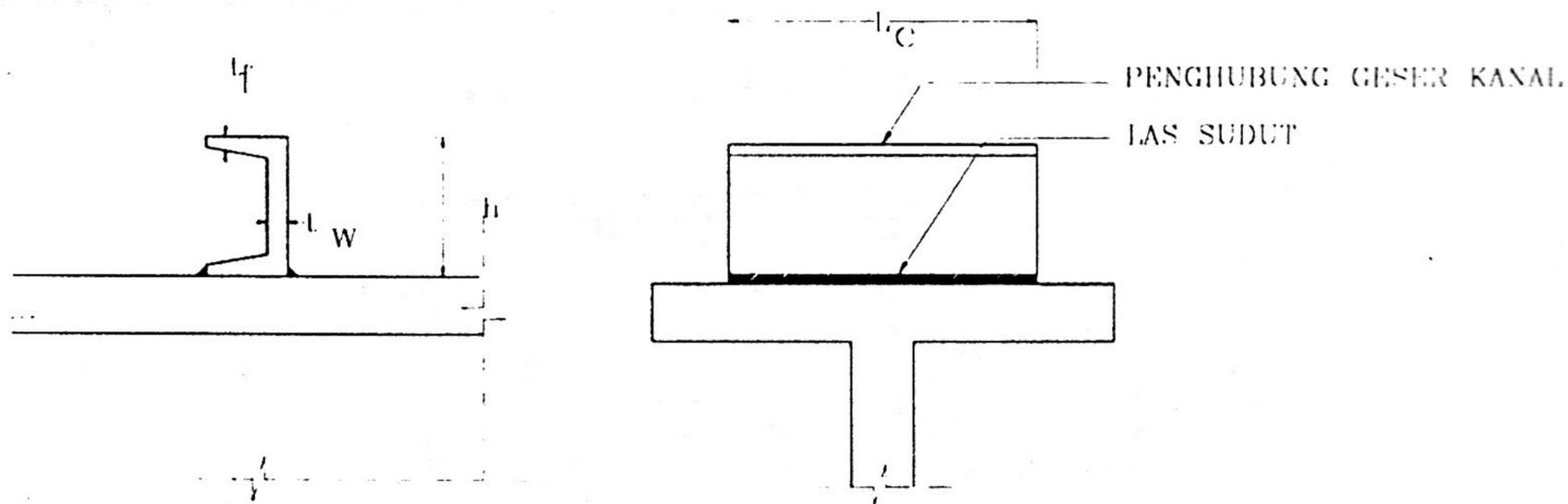
$r_s = 1,0$ untuk pelat beton biasa

Faktor reduksi r_s digunakan untuk memperhitungkan pengaruh pelemahan penghubung geser stad akibat adanya rongga pada dek baja bergelombang.



b. Kekuatan penghubung geser kanal gilas

$$Q_n = 0,3 (t_f + 0,5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c}$$



Jumlah penghubung geser yang dibutuhkan disepanjang daerah tertentu dihitung sebagai berikut:

$$n = \frac{V_h}{Q_n}$$

dimana V_h = gaya geser horizontal total pada bidang kontak antara balok baja dan pelat beton yang harus ditransfer oleh penghubung geser.

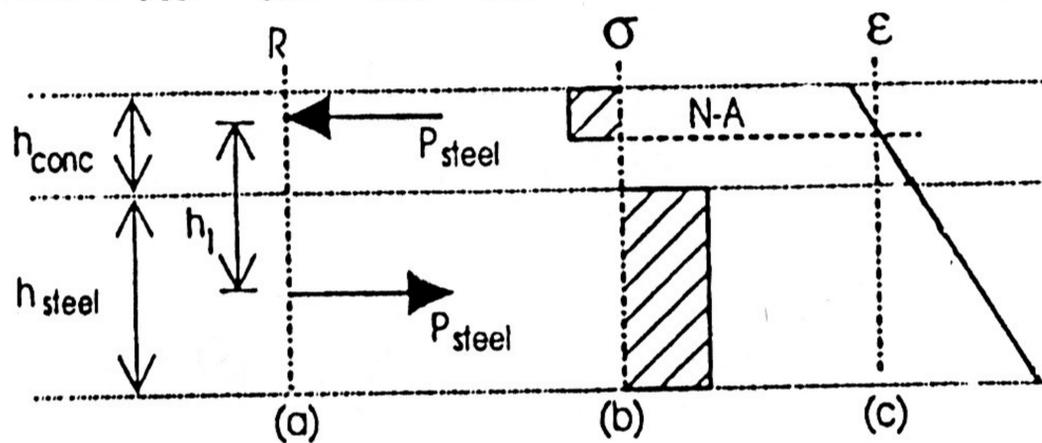
• Syarat-syarat penghubung geser:

- selimut beton lateral ≥ 25 mm, kecuali yang dipasang pada dek baja.
- diameter stad $\leq 2,5 t_f$
- spasi longitudinal stad $\geq 6d$
- spasi lateral stad $\geq 4d$
- panjang stad $\geq 4d$
- spasi longitudinal penghubung geser $\leq 8 t_s$

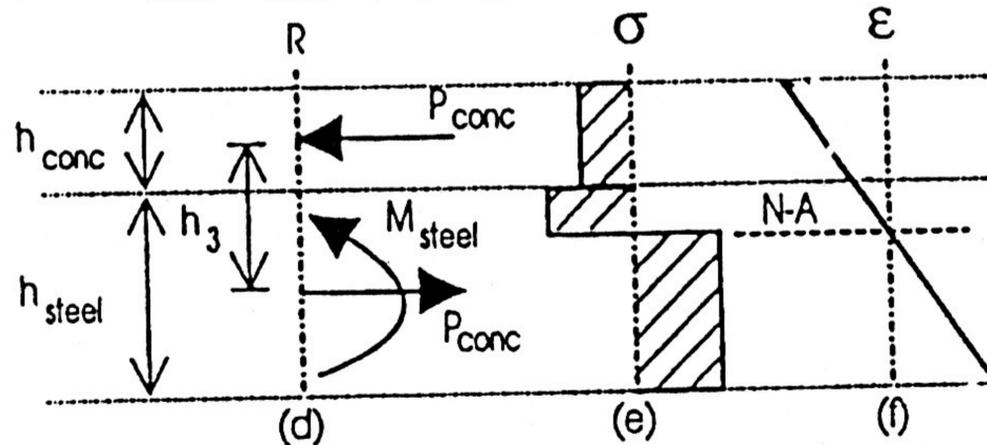
- Gaya geser horizontal total, V_h
 - a. Pada daerah momen positif
Gaya geser horizontal total pada daerah antara momen nol dan momen positif maksimum adalah nilai terkecil dari
 1. $0,85 f'_c A_c$
 2. $A_s f_y$
 3. ΣQ_n
 - b. Pada daerah momen negatif
Gaya geser horizontal total pada daerah antara momen nol dan momen negatif maksimum adalah nilai terkecil dari
 1. $A_r f_{yr}$
 2. ΣQ_n

Pada balok komposit penuh, gaya geser horizontal total ditentukan oleh kapasitas tekan beton atau kapasitas tarik baja/tulangan baja. Pada balok komposit parsial, gaya geser horizontal total ditentukan oleh kapasitas penghubung geser (nilai ΣQ_n).

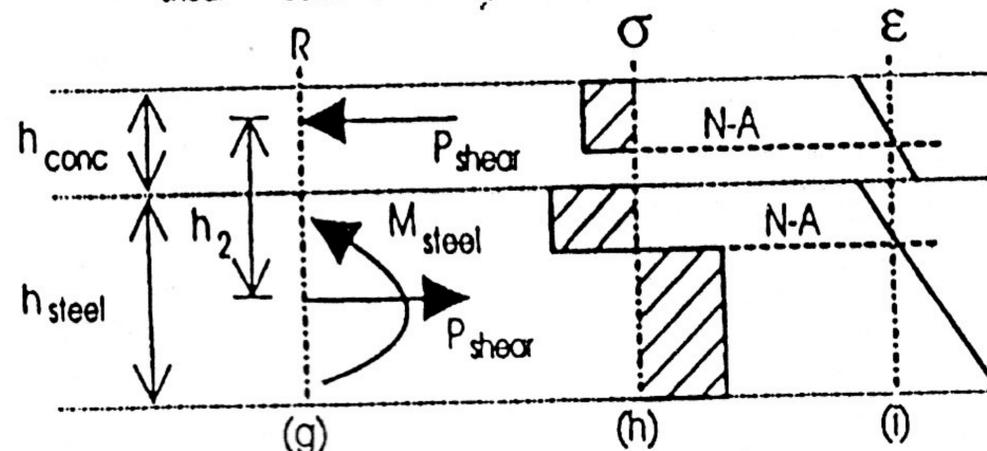
Case 1: $P_{steel} < P_{conc}$; $P_{shear} > P_{steel}$; full shear connection



Case 2: $P_{conc} < P_{steel}$; $P_{shear} > P_{conc}$; full shear connection



Case 3: $P_{shear} < P_{conc}$; $P_{shear} < P_{steel}$; partial shear connection



Perilaku Balok Komposit Penuh/Parsial

- Balok komposit parsial

Pada balok komposit parsial, kekuatan balok dalam menahan lentur dibatasi oleh kekuatan penghubung geser. Balok komposit parsial ini biasanya diaplikasikan pada struktur dimana kerjasama antara penampang baja dan pelat beton tidak perlu dieksploitasi secara penuh untuk memperoleh kekuatan penampang yang dibutuhkan. Kondisi ini dapat terjadi pada kasus-kasus:

- Lantai beton tidak ditumpu pada pengecoran, sehingga dimensi balok baja lebih ditentukan oleh kondisi pembebanan selama pengecoran lantai.
- Kondisi dimana dimensi balok lebih ditentukan oleh persyaratan defleksi.
- Pertimbangan ekonomis dan teknis dari dua alternatif, yaitu:
 - Penampang baja yang besar + jumlah penghubung geser secukupnya
 - Penampang baja yang minimum + jumlah penghubung geser yang banyak.

Pada balok komposit parsial, distribusi tegangan pada penampang adalah sedemikian rupa sehingga gaya tarik pada balok baja ataupun gaya tekan pada beton besarnya adalah ΣQ_n . Berdasarkan hal tersebut, tinggi tekan efektif pada penampang beton adalah:

$$a = \frac{\Sigma Q_n}{0,85 b f' c}$$

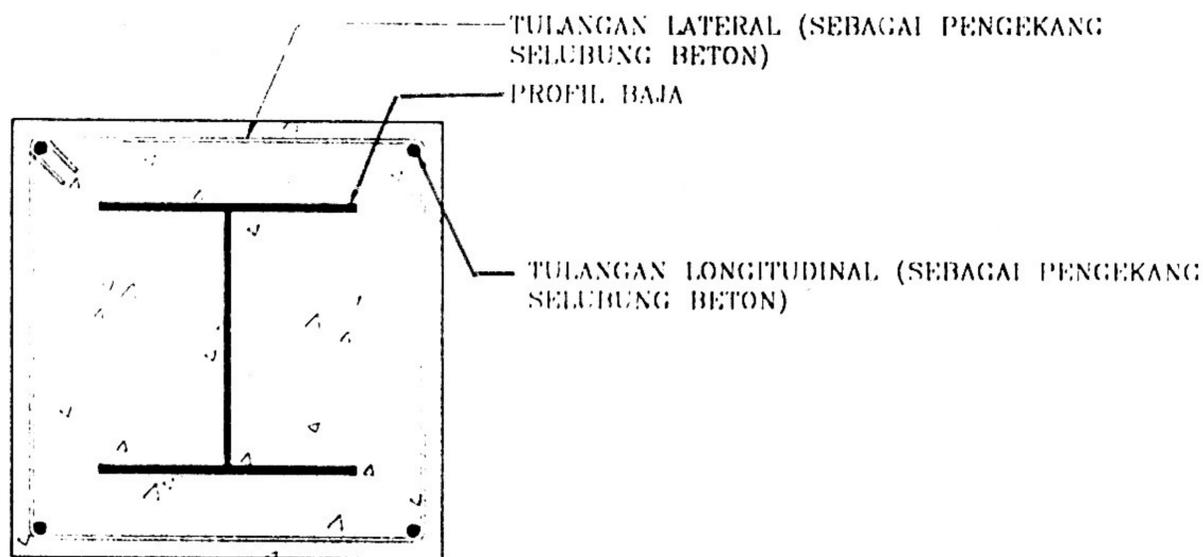
Momen inersia I_{eff} balok komposit parsial yang diperlukan untuk perhitungan defleksi dapat ditentukan sebagai berikut:

$$I_{eff} = I_s + (I_{tr} - I_s) \sqrt{\frac{\Sigma Q_n}{C_f}}$$

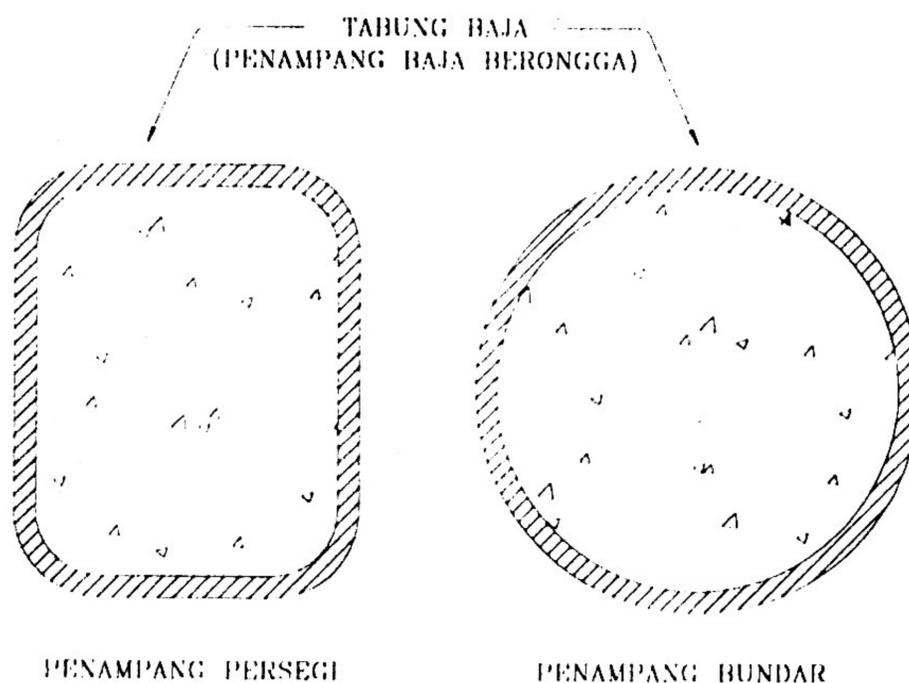
dimana rasio $\frac{\Sigma Q_n}{C_f} \geq 0,25$

PERENCANAAN KOLOM KOMPOSIT

- Ada dua tipe kolom komposit:
 - Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton disekelilingnya (kolom baja berselubung beton)



- Kolom komposit yang terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton)



- Batasan:

- Luas penampang baja $\geq 4\%$ luas penampang komposit total.
- Kolom baja berselubung beton harus diberi tulangan longitudinal dan tulangan lateral minimum sebesar $0,18 \text{ mm}^2/\text{mm}$ spasi tulangan.
- $21 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 55 \text{ MPa}$
- $f_y \leq 380 \text{ MPa}$ (untuk perhitungan)
- Ketebalan minimum dinding penampang baja berongga:

$$\text{Penampang persegi} \rightarrow t_{min} = b \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$\text{Penampang bundar} \rightarrow t_{min} = D \sqrt{\frac{f_y}{8E}}$$

Kekuatan Aksial Rencana Kolom Komposit ($\phi_c = 0,85$)

$$N_u = \phi_c N_n \quad ; \quad N_n = A_s f_{cr} = A_s \frac{f_{my}}{\omega}$$

untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$

untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25\lambda_c^2$

dimana :

$$\lambda_c = \frac{k_c L}{r_m \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

$$f_{my} = f_y + c_1 f_{yr} \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + c_2 f'_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_m = E + c_3 E_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right); \quad E_c = 0,041 w^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

Untuk pipa baja yang diisi beton: $c_1 = 1,0$, $c_2 = 0,85$ dan $c_3 = 0,4$

Untuk profil baja yang diberi selubung beton: $c_1 = 0,7$, $c_2 = 0,6$ dan $c_3 = 0,2$

Pada persamaan diatas nilai f_{my} diturunkan berdasarkan konsep kompatibilitas regangan antara balian beton dan bahan baja, sedangkan nilai E_m ditentukan dengan menggunakan nilai E_c (modulus beton) yang direduksi.

- Penyaluran Beban

Bagian kekuatan rencana kolom komposit penahan beban aksial yang dipikul oleh beton harus disalurkan melalui tumpuan langsung pada sambungan. Kekuatan maksimum rencana beton penumpu harus diambil sebesar

$$1,7 \phi_c f'_c A_B \quad (\phi_B = 0,60) \rightarrow \text{hanya berlaku untuk kondisi luas bidang penumpu lebih}$$

besar dari pada luas daerah pembebanan. Untuk kondisi yang berbeda gunakan $0,85 \phi_B f'_c A_B$

- Kombinasi aksial dan lentur

(a) Untuk $\frac{N_u}{\phi_c N_n} \geq 0,2$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

(b) Untuk $\frac{N_u}{\phi_c N_n} < 0,2$

$$\frac{N_u}{2 \phi_c N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

Jika $\frac{N_u}{\phi_c N_n} \geq 0,3$

$$M_n = M_p \cong Z f_y + \frac{1}{3} (h_2 - 2c_r) A_r f_{yr} + \left(\frac{h_2}{2} - \frac{A_w f_y}{1,7 f'_c h_1} \right) A_w f_y$$

dimana:

A_w = luas badan penampang baja; $A_w = 0$ untuk penampang berongga

h_2 = dimensi penampang sejajar bidang lentur

h_1 = dimensi penampang tegak lurus bidang lentur

c_r = tebal selimut beton rata-rata terhadap tulangan longitudinal

Jika $0 \leq \frac{N_u}{\phi_c N_n} < 0,3$

M_n ditentukan berdasarkan interpolasi antara nilai M_n pada $\frac{N_u}{\phi_c N_n} = 0,3$ dan nilai M_n untuk balok komposit.