

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Baja Komposit

Secara teoritis, teori dasar pada perencanaan baja komposit ini tidak memerlukan konsep-konsep yang baru. Dalam perencanaan komposit, aksi pelat beton dalam arah sejajar balok dimanfaatkan dan digabungkan dengan balok baja penyanggah. Akibatnya, momen inersia struktur lantai dalam arah balok baja meningkat banyak. Kekakuan yang meningkat ini banyak mengurangi beban hidup dan jika penunjang (shoring) diberikan selama pembangunan, lendutan akibat beban mati juga akan berkurang. Pada aksi komposit penuh, kekuatan batas penampang jauh melampaui jumlah dari kekuatan pelat dan balok secara terpisah sehingga timbul kapasitas cadangan yang tinggi.

3.2. Konsep Dasar Perencanaan Baja Komposit

Perencanaan gelagar komposit pembanding disini berguna untuk mendapatkan gambaran kemampuan nyata gelagar dalam memikul beban kerja maksimal yang terjadi sesuai dengan ukuran dan dimensi batang yang direncanakan, dan sebagai bahan pembanding pada pengujian gelagar komposit dengan bangkitan reaksi tekan.

Baja komposit pembanding direncanakan dengan menggunakan penunjang sementara (shoring) supaya didapatkan kondisi yang hampir menyerupai dengan kondisi perencanaan dan pelaksanaan baja komposit dengan sistem bangkitan reaksi tekan.

3.2.1 Analisa Pembebanan

Kapasitas dari gelagar baja komposit sangat dipengaruhi oleh pemilihan profil yang dalam perencanaannya didasarkan pada beban-beban kerja. Kemudian dari kapasitas cadangan yang ada dalam menerima beban kerja tersebut dapat dihitung beban hidup terpusat maksimum yang masih dapat diterima oleh gelagar baja komposit.

1. Beban terbagi merata

Beban terbagi merata merupakan beban yang berasal dari berat sendiri gelagar baja ditambah dengan berat dari pelat beton diatas gelagar komposit.

Beban terbagi merata disini merupakan beban mati.

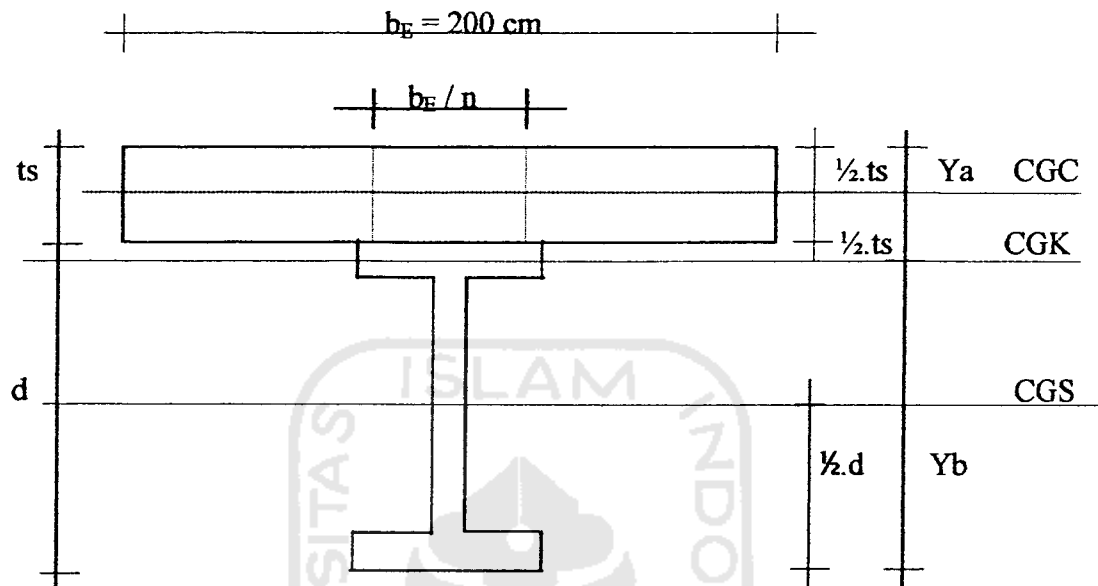
2. Beban terpusat

Beban terpusat merupakan beban hidup ditengah bentang yang diambil dari beban hidup terpusat standar Bina Marga yang nilainya diambil sebesar 70%.

Adapun besarnya beban hidup terpusat standar Bina marga adalah 12 ton.

3.2.2 Analisa Penampang

Analisa penampang gelagar komposit seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Penampang Baja Komposit

dimana : CGS adalah garis netral baja

CGC adalah garis netral beton

CGK adalah garis netral komposit

3.3. Prosedur perencanaan gelagar komposit konvensional

Langkah-langkah perencanaan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Data-data yang diperlukan untuk perancangan balok adalah
 - a. kuat desak silinder beton (f_c),
 - b. kuat tarik baja (F_y),
 - c. panjang bentang (L),
 - d. lebar efektif pelat (b_E)

2. Menentukan rasio modulus elastisitas

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (3.3.1)$$

3. Pembebanan

a. Beban mati

q_{DL} = berat pelat beton dan berat profil asumsi

$$M_{DL} = 0,125 \times q_{DL} \times L^2 \quad (3.3.2)$$

b. Beban hidup

Diambil muatan terpusat standar Bina Marga

$$P = 12 T = 26,976 \text{ kip}$$

Beban terpusat 70% standar Bina Marga

$$P_{ILL} = 0,7 \times P$$

$$M_{LL} = 0,25 \times P_{ILL} \quad (3.3.3)$$

4. Pemilihan Profil

a. $M_{TOTAL} = M_{DL} + M_{LL} \quad (3.3.4)$

b. Tegangan ijin penampang komposit dengan pelaksanaan menggunakan

dukungan sementara adalah $0,66 \times F_y$

$$\text{Str perlu} = \frac{M_{TOTAL}}{0,66 \times F_y} \quad (3.3.5)$$

c. Tegangan ijin penampang komposit ketika M_{DL} hanya bekerja pada penampang

baja saja adalah $0,6 \times F_y$

$$S_s \text{ perlu} = \frac{M_{DL}}{0,6 \times F_y} \quad (3.3.6)$$

d. Gunakan “Composite Beam Selection Table”, AISC manual untuk mendapatkan profil yang sesuai.

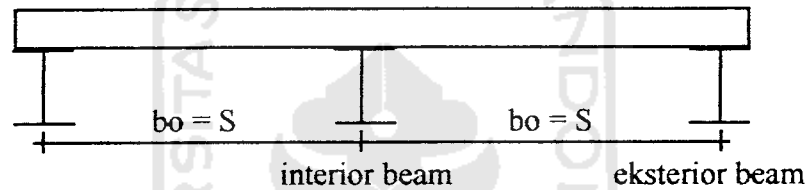
5. Tentukan lebar efektif balok (lihat gambar 3.2)

Sesuai ketentuan AASHTO, untuk “interior beam” dipakai nilai minimum dari :

$$b_E \leq L/4 \quad (3.3.7a)$$

$$b_E \leq b_o \quad (3.3.7b)$$

$$b_E \leq 12 \cdot t_s \quad (3.3.7c)$$



Gambar 3.2 Penampang Potongan Melintang Gambar

6. Menentukan momen inersia komposit

$$A_{ctr} = \frac{b_E}{n} \times t_s \quad (3.3.8)$$

$$A_{total} = A_s + A_{ctr} \quad (3.3.9)$$

$$Y_b = \frac{A_s \times (d/2) + A_{ctr} \times (d + t_s/2)}{A_{TOTAL}} \quad (3.3.10)$$

$$I_{komp} = (I_s + A_s \times (Y_b - d/2)^2) + (I_c + A_c \times (d + t_s/2 - Y_b)^2) \quad (3.3.11)$$

$$Strt = \frac{I_{KOMP}}{Y_a} \quad (3.3.12)$$

$$Strb = \frac{I_{KOMP}}{Y_b} \quad (3.3.13)$$

7. Perhitungan ulang beban mati

$$q_{DL} = \text{berat pelat beton} + \text{berat profil}$$

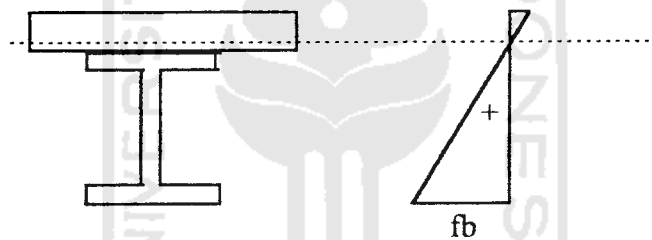
$$M_{DL} = 0,125 \times q_{DL} \times L^2$$

$$M_{TOTAL} = M_{DL} + M_{LL}$$

8. Kontrol tegangan (lihat gambar 3.3)

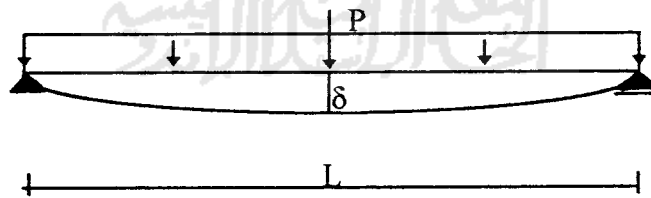
$$f_c = \frac{M_{TOTAL}}{S_{trt} \times n} < 0,45 \times f'_c \quad (3.3.14)$$

$$f_b = \frac{M_{TOTAL}}{S_{trb}} < 0,66 \times F_y \quad (3.3.15)$$



Gambar 3.3. Tegangan Baja Komposit

9. Kontrol lendutan gelagar komposit (lihat gambar 3.4)



Gambar 3.4. Lendutan Gelagar Komposit

$$\delta_{TOTAL} = \delta_{DL} + \delta_{LL} \leq L/360 \quad (3.3.16)$$

$$\delta_1 = \frac{5 \times q_{DL} \times L^4}{384 \times E \times I_s} + \frac{q_{LL} \times L^3}{48 \times E \times I_k} \leq \frac{L}{360} \quad (3.3.17)$$

10. Menentukan Pmaksimum yang masih dapat ditahan gelagar komposit

Dari sisa tegangan antara tegangan baja dan tegangan beton dengan tegangan ijin ataupun antara lendutan ijin dengan lendutan yang terjadi dicoba dicari Pmax yang masih dapat didukung oleh penampang gelagar komposit.

11. Menentukan alat penyambung geser (“Shear Connector”)

$$V_H = \frac{C_{MAKS}}{2} = \frac{0.85 \times F'_c \times A_c}{2} \quad (3.3.18)$$

$$V_H = \frac{T_{MAKS}}{2} = \frac{A_s \times F_y}{2} \quad (3.3.19)$$

$$N_1 = \frac{V_H \text{ terkecil}}{q} \quad (3.3.20)$$

$$S = \frac{\frac{1}{2} \times L}{(N_1 - 1)} \quad (3.3.21)$$

dimana :

V_H = gaya geser horisontal yang harus ditahan antar titik momen positif maksimum dan titik momen nol.

F'_c = kekuatan tekan silinder beton umur 28 hari

A_c = $bE.ts$ = luas beton efektif

A_s = luas balok baja

F_y = tegangan titik leleh untuk balok baja

q = gaya geser ijin satu alat penyambung

N_1 = jumlah alat penyambung yang diperlukan

L = panjang bentang

S = jarak alat penyambung

3.4. Konsep Dasar Perencanaan Gelagar Komposit Sistem Bangkitan Reaksi Tekan.

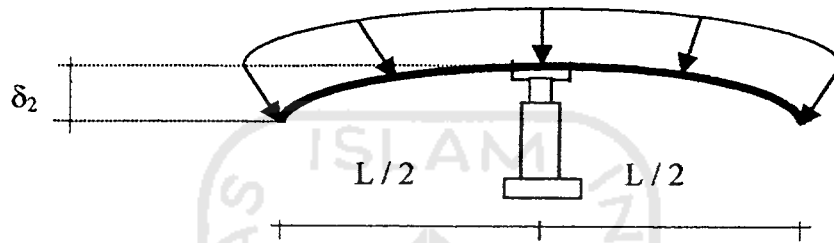
Perencanaan gelagar komposit ini dimaksudkan untuk melihat berapa besar kemampuan gelagar komposit yang dapat ditingkatkan jika dengan profil yang sama kemudian diberikan bangkitan reaksi tekan.

3.4.1. Prosedur Pelaksanaan.

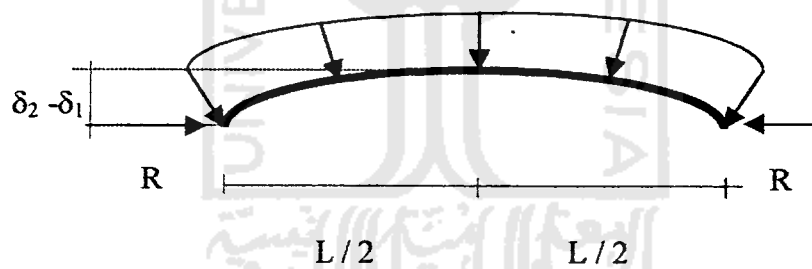
1. "Connector" dipasang pada profil baja penyangga sesuai ukuran dan dimensi yang telah direncanakan, agar profil baja dapat membentuk satu kesatuan dengan pelat beton yang akan dicor diatas profil baja penyangga.
2. Setelah pelat beton precast dipasang pada profil baja kemudian dilakukan pendongkrakan pada tengah-tengah bentang, sehingga kedua ujung gelagar melendut dan batang membentuk lengkungan.
3. Agar gelagar komposit tetap melengkung keatas, jarak sisa antara penampang komposit dan abutment dicor, sehingga gelagar komposit tidak diijinkan bergerak horisontal.
4. Setelah shear connector antara pelat lantai dan gelagar baja dan celah antara segmental dicor dan mencapai kekuatan penuh, peralatan dongkrak dilepas. Dalam keadaan ini gelagar komposit sudah bekerja dengan bangkitan reaksi tekan.

3.4.2. Prosedur Perencanaan.

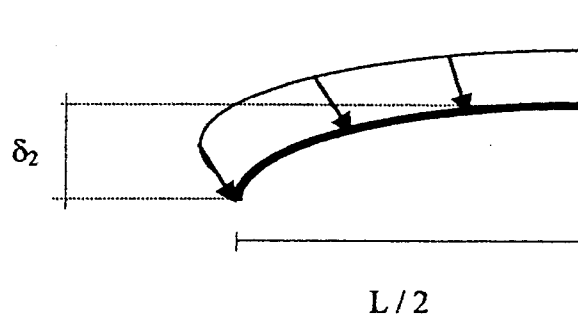
1. Gunakan type profil yang sama dengan type profil yang dipergunakan pada gelagar komposit konvensional.
2. Hitung besar lendutan maksimum yang terjadi akibat pendongkrakan.
(lihat gambar 3.5 sampai dengan gambar 3.7)



Gambar 3.5. Pendongkrakan Gelagar Komposit



Gambar 3.6. Gelagar pada saat Dongkrak dilepas



Gambar 3.7. Camber pada Gelagar Komposit

$$Y_{\max} = \delta_2 = \frac{q \times L^4}{8 \times E_s \times I_s} \quad (3.4.1)$$

Lendutan maksimum pada jarak L :

$$\delta_0 = \frac{L}{360} \quad (3.4.2)$$

Jika $\delta_2 > \delta_0$ dipakai δ_0

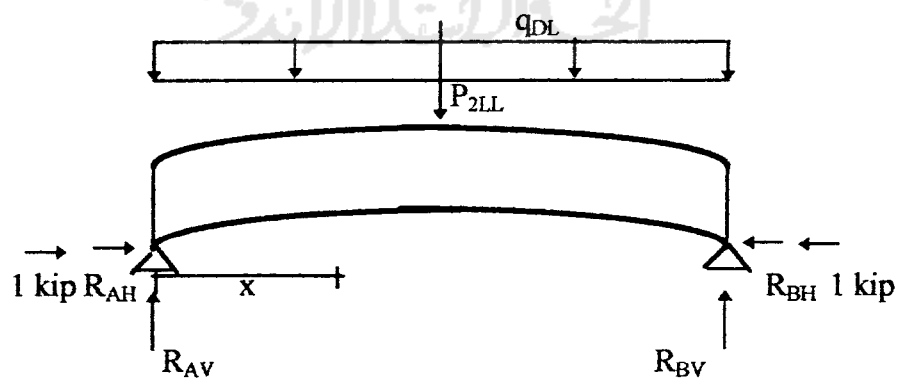
$\delta_2 < \delta_0$ dipakai δ_2

3. Momen akibat pendongkrakan

$$\begin{aligned} M &= -\frac{1}{2} \times L \times q_{DL} \times \frac{1}{4} \times L \\ &= -\frac{1}{8} \times q_{DL} \times L^2 \\ &= -M_{DL} \end{aligned} \quad (3.4.3)$$

4. Perhitungan reaksi tekan (lihat gambar 3.8)

Untuk menghitung reaksi tekan yang terjadi digunakan metode “Virtual Works”



Gambar 3.8. Pola pembebanan dengan Metode “Virtual Works”

$$d_B^H = 2 \int_0^{\frac{1}{2}L} \frac{Mx \cdot mx}{EI} dx \quad (3.4.4)$$

$$d_{bb}^H = 2 \int_0^{\frac{1}{2}L} \frac{mx^2}{EI} dx \quad (3.4.5)$$

$$d_B^H + H_B \cdot d_{bb}^H = 0 \quad (3.4.6)$$

$$Mx = R_{AV} \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_{DL} \cdot x^2 \quad (3.4.7)$$

$$mx = -1 \cdot Y \quad (3.4.8)$$

$$R_{AV} = \frac{1}{2} \cdot P + \frac{1}{2} \cdot q_{DL} \cdot L \quad (3.4.9)$$

$$Y = \{ ax^2 + bx + y_b \} \quad (3.4.10)$$

Dimana :

Mx = momen akibat beban luar.

mx = momen akibat beban satu satuan dititik B dalam arah mendatar.

d_B^H = defleksi yang disebabkan oleh beban luar dalam arah mendatar.

d_{bb}^H = defleksi yang disebabkan oleh beban satu satuan dalam arah mendatar.

H_B = reaksi tekan yang terjadi

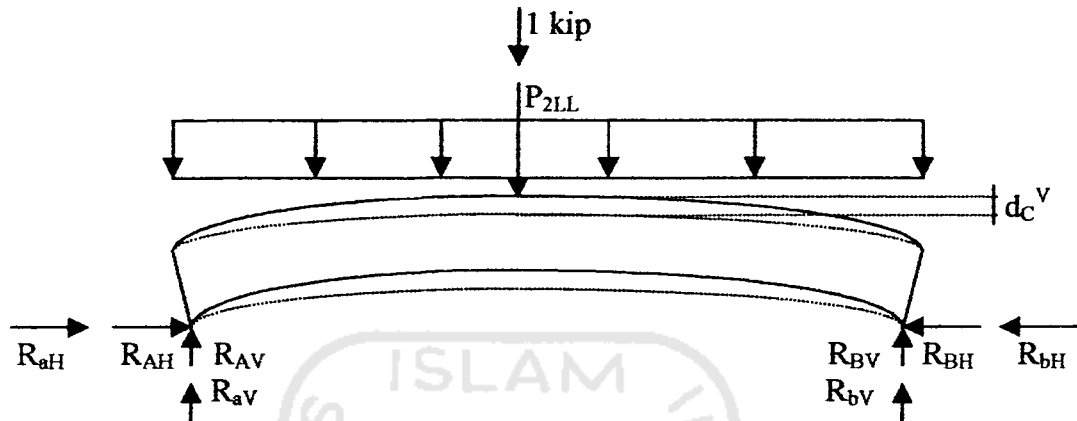
R_{AV} = reaksi perletakan arah vertikal .

Y = fungsi kelengkungan

y_b = serat bawah baja terhadap garis netral

5. Perhitungan lendutan (lihat gambar 3.9)

Untuk menghitung defleksi yang terjadi digunakan juga metode kerja virtual.



Gambar 3.9. Pola Pembebanan pada perhitungan defleksi

$$d_c^v = 2 \int_0^{\frac{1}{2}L} \frac{Mx \cdot mx}{EI} dx$$

$$Mx = R_{AV} \cdot X - R_{AH} \cdot Y - \frac{1}{2} \cdot q_{DL} \cdot X^2 \quad (3.4.11)$$

$$mx = R_{aV} \cdot X - R_{aH} \cdot Y \quad (3.4.12)$$

Dimana :

Mx = momen akibat beban luar

mx = momen akibat beban satu satuan ditengah bentang dalam arah vertikal

d_c^v = defleksi akibat beban luar dalam arah vertikal ditengah bentang

R_{AH} = reaksi perletakan arah horisontal akibat beban luar

R_{aH} = reaksi perletakan arah horisontal akibat beban satu satuan ditengah bentang

R_{AV} = reaksi perletakan arah vertikal akibat beban luar

R_{aV} = reaksi perletakan arah vertikal akibat beban satu satuan ditengah bentang

6. Perhitungan momen total setelah beban hidup bekerja

Momen total diperhitungkan dengan memperhitungkan defleksi yang terjadi setelah beban yang ada bekerja.

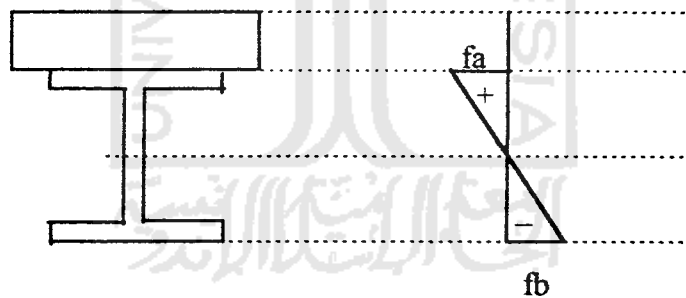
$$M_{\text{total}} = R_{AV} \times \frac{1}{2} \times L - R_{AH} \times (Yb + (\delta_0 - d_{CV}) - 0,125 \times q_{DL} \times L^2) \quad (3.4.13)$$

7. Hitung tegangan yang terjadi

a. saat pendongkrakan

$$f_a = \frac{M_{DL} \times Y_a}{I_s} \quad (3.4.14)$$

$$f_b = \frac{M_{DL} \times Y_b}{I_s} \quad (3.4.15)$$

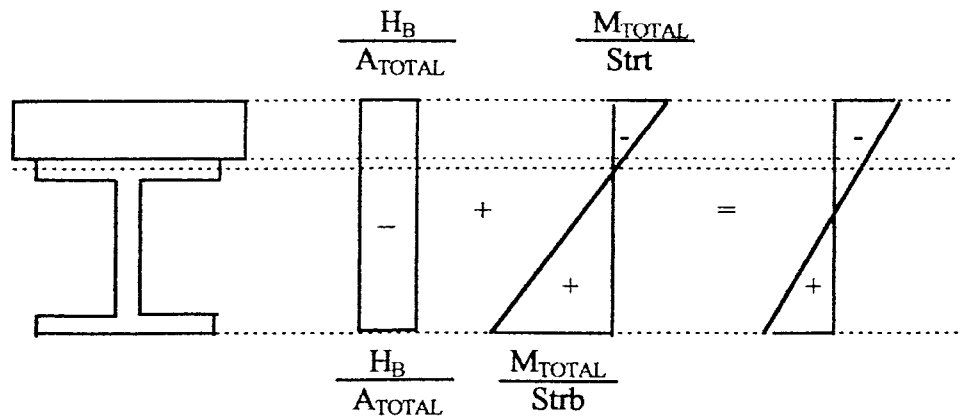


Gambar 3.10. Tegangan baja saat pendongkrakan

b. Saat layan

$$f_a = -\frac{H_B}{A_{\text{TOTAL}}} - \frac{M_{\text{TOTAL}}}{S_{trt}}$$

$$f_b = -\frac{H_B}{A_{\text{TOTAL}}} + \frac{M_{\text{TOTAL}}}{S_{trb}}$$



Gambar 3.11. Tegangan Baja Komposit Sistem Bangkitan Reaksi Tekan

8. Menentukan alat penyambung geser ("Shear Connector")

$$V_H = \frac{C_{maks}}{2} = \frac{0.85 \times f'_c \times A_c}{2}$$

$$H = \frac{T_{maks}}{2} = \frac{A_s \times F_y}{2}$$

$$N_1 = \frac{V_H \text{ terkecil}}{q}$$

$$S = \frac{\frac{1}{2} \times L}{(N_1 - 1)}$$

dimana :

V_H = gaya geser horisontal yang harus ditahan antar titik momen positif maksimum dan titik momen nol.

f'_c = kekuatan tekan silinder beton umur 28 hari

A_c = $b_e \cdot t_s$ = luas beton efektif

A_s = luas balok baja

F_y = tegangan titik leleh untuk balok baja

- q = gaya geser ijin satu alat penyambung
 N_1 = jumlah alat penyambung yang diperlukan
 L = panjang bentang
 S = jarak alat penyambung

9. Menentukan segmen pada pelat beton pracetak

Segmen pada beton pracetak ditentukan dengan melihat jumlah dan penempatan dari shear connector.

10. Konsep Peningkatan Beban Kerja

Hitung peningkatan beban hidup, jika dari perhitungan diketahui P_{1LL} dan P_{2LL} .

maka :

$$\% P = \frac{P_{2LL} - P_{1LL}}{P_{1LL}} \times 100 \% \quad (3.4.18)$$

P_{1LL} = beban hidup awal maksimum gelagar omposit konvensional

P_{2LL} = beban hidup maksimum gelagar komposit sistem bangkitan reaksi tekan

11. Konsep Efisiensi Volume Baja

Efisiensi volume baja diperoleh dengan menghitung ulang gelagar baja komposit metode konvensional dengan menggunakan beban hidup maksimal dari gelagar baja komposit sistem bangkitan reaksi tekan.

$$\% V = \frac{V_2 - V_1}{V_2} \times 100 \% \quad (3.4.19)$$

V_2 = volume profil gelagar komposit sistem bangkitan reaksi tekan

V_1 = volume profil gelagar komposit konvensional