

PERENCANAAN ALTERNATIF STRUKTUR KOMPOSIT GEDUNG VOLENDAM HOLLAND PARK CONDOTEL DI KOTA BATU

*(Alternative Design of Composite Structure on Volendam Holland
Park Condotel in Batu City)*

Alfian Wildan Mulifandi, M. Taufik Hidayat, Desy Setyowulan
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia
Email : alfianwildanm@gmail.com

ABSTRAK

Bangunan tinggi yang ada di Indonesia pada umumnya menggunakan struktur beton bertulang. Hal tersebut dikarenakan struktur beton bertulang lebih mudah dikerjakan dan tidak memerlukan tenaga ahli khusus. Namun konstruksi menggunakan struktur beton bertulang memiliki beban mati yang relatif besar, sehingga bangunan menjadi kurang efektif karena harus memikul beban yang lebih besar. Dengan berat sendiri yang besar maka beban gempa yang harus ditahan bangunan tersebut semakin besar pula. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan lain pada Gedung Holland Park Condotel Kota Batu. Perencanaan struktur yang akan digunakan adalah struktur komposit.

Perencanaan pada Gedung Holland Park Condotel Kota Batu menggunakan bahan komposit pada bagian baloknya. Balok dan kolom yang digunakan adalah berupa baja dengan profil WF. Konsep perencanaan menggunakan metode LRFD. dimensi balok dan kolom menggunakan profil baja WF berdasarkan Tabel Profil Konstruksi Baja. Agar terjadi aksi komposit antara baja dengan beton, maka digunakan penghubung geser. Sambungan balok-kolom digunakan las, sedangkan sambungan antar balok dan sambungan antar kolom digunakan baut. Keuntungan dari pemakaian struktur komposit ini adalah mengurangi tinggi profil baja, struktur menjadi lebih kaku serta panjang bentang layan untuk balok semakin besar.

Kata Kunci : komposit, gaya gempa, LRFD

ABSTRACT

Tall buildings are there in Indonesia generally using reinforced concrete structure. That is because the reinforced concrete structure more easily worked on and does not require special expertise. However, construction using reinforced concrete structure has a relatively large dead load, so the building becomes less effective because it must bear a larger load. With its own great weight then the earthquake load that must be retained the building is getting bigger too. Therefore, it is necessary to have another planning at Holland Park Condotel Building in Batu City. The planning structure that will be used is a composite structure.

Planning at Holland Park Condotel building Batu City uses a composite material on the part of the beam. Beams and columns that are used is a steel with WF profile. The concept of planning uses the LRFD method. Dimensional beams and columns using WF steel profiles based on Steel Construction Profile Table. In the composite action between steel with concrete, then used a shear connector. The beam-column connection is used by welding, while the connection between the beam and the connection between the columns is used bolts. The advantages of using this composite structure is to reduce the height of steel profile, the structure becomes more rigid and the length of the span of the service for the larger beam.

Keywords : Composite, earthquake force, LRFD

PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk yang sangat pesat di Indonesia menjadikan salah satu faktor yang menyebabkan kebutuhan akan ruang dan lahan semakin meningkat. Untuk mendirikan bangunan yang luas masih mungkin, namun jumlah lahan semakin terbatas. Solusi yang tepat adalah dengan membangun bangunan tinggi. Bangunan tinggi yang ada di Indonesia pada umumnya menggunakan struktur beton

bertulang. Namun konstruksi menggunakan struktur beton bertulang memiliki beban mati yang relatif besar, sehingga bangunan menjadi kurang efektif karena harus memikul beban yang lebih besar. Dengan berat sendiri yang besar maka beban gempa yang harus ditahan bangunan tersebut semakin besar pula. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan lain pada Gedung Holland Park Condotel Kota Batu. Perencanaan struktur yang akan digunakan adalah struktur komposit.

METODE PENELITIAN

Gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu merupakan gedung hotel yang terdiri dari delapan lantai dengan struktur beton bertulang. Mutu beton yang digunakan pada gedung tersebut adalah $f'c = 30$ Mpa.

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan gambar dari tim teknis proyek Gambar rencana berguna sebagai acuan untuk merencanakan gedung.

Dalam perencanaan ini digunakan analisis spectrum respons desain untuk menghitung gaya pada struktur akibat gaya gempa. Adapun cara menganalisisnya yaitu dengan menggunakan aplikasi analisis struktur SAP2000 v18. Penggunaan aplikasi analisis struktur SAP2000 v18 bertujuan untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur (momen, gaya aksial, dan gaya geser).

Detail penampang yang akan digunakan pada balok adalah berupa baja dengan profil WF yang dikompositkan dengan pelat beton. Sedangkan detail penampang yang akan digunakan pada kolom profil WF. Langkah-langkah perencanaan meliputi:

1. Analisis Pembebanan
2. Analisis Statika
3. Desain Penampang
4. Gambar detail

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Dimensi Struktur

Sistem lantai yang digunakan adalah sistem diafragma. Tebal pelat yang digunakan pada perencanaan gedung ini adalah 12 cm sesuai dengan keadaan existing gedung tersebut.

Pada perencanaan ini dimensi balok didasarkan pada bentuk balok dan besar gaya dalam yang ditahan balok tersebut, Berdasarkan Tabel Profil Konstruksi Baja Dimensi balok yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Profil 14' WF 14x14-1/2 (B1)
2. Profil 10' WF 10x10 (B2)

Pada perencanaan ini dimensi kolom harus memiliki inersia yang lebih besar dari balok. Dimensi kolom direncanakan adalah sebagai berikut

1. Profil 24' WF 24x14 (K1)

Analisis Beban Gravitasi

Ada dua kondisi pembebanan yang terjadi pada struktur komposit yaitu kondisi pada saat balok sebelum komposit dan balok setelah komposit sehingga pembebanan balok sebagai berikut:

- a. Beban balok sebelum komposit
 - Berat sendiri balok
 - Beban mati pelat lantai
berat sendiri = $0.12 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
 - Beban hidup pelat lantai

- Diambil beban hidup dari komponen beban hidup yang ada dalam gedung ini yaitu 100 kg/m^2

b. Beban pelat setelah komposit

- Berat sendiri balok
- Beban mati pelat lantai

berat sendiri	= $0.12 \cdot 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
berat spesi	= $3 \cdot 21 = 63 \text{ kg/m}^2$
berat keramik	= $1 \cdot 24 = 24 \text{ kg/m}^2$
plafond	= $11 = 11 \text{ kg/m}^2$
beart instalasi	= 25 kg/m^2
total berat	= 123 kg/m^2

- Beban dinding = $250 \cdot 4,5 = 1125 \text{ kg/m}$

- Beban hidup pelat lantai (beban guna)

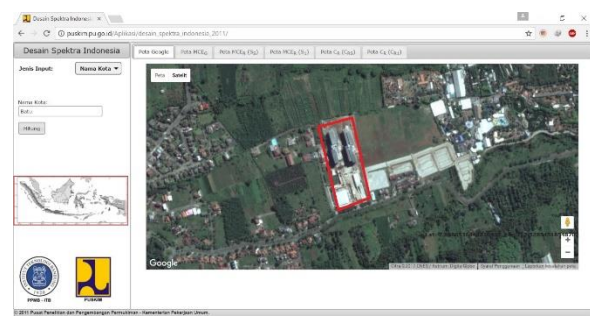
Diambil beban hidup dari komponen beban hidup yang ada dalam gedung ini yaitu 250 kg/m^2

Analisis Beban Gempa

Pada perhitungan beban gempa pada gedung Gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu, perhitungan spektrum repons desain Menggunakan program yang telah disediakan PU:

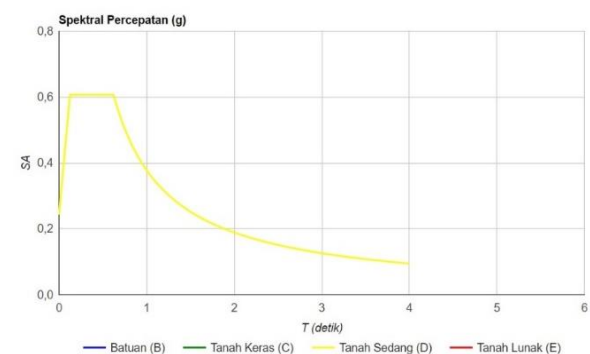
<http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra indonesia 2011/>.

Untuk mendapatkan data respons spektrum memasukan data koordinat lokasi ataupun nama kota yang ditinjau, seperti berikut:



Gambar 1 Peta lokasi gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu

Data yang di peroleh berdasarkan program yang telah disediakan PU adalah data berupa respons spectrum design yang ada pada daerah kota Batu.



Gambar 2 Respons spektrum desain

Perencanaan Balok

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi analisis struktur, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan balok ini, digunakan momen dan gaya lintang. Selanjutnya dilakukan contoh perhitungan pada balok profil 14' WF 14x14-1/2.

- Cek kelangsingan penampang.

Tekuk lokal sayap:

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{359}{2 \cdot 1,19} = 9,45$$

$$\lambda < \lambda_p \quad (\text{Maka sayap kompak})$$

Tekuk lokal sayap:

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{297,38}{11,81} = 25,18$$

$$\lambda < \lambda_p \quad (\text{Maka badan kompak})$$

Tabel 1. Rekapitulasi Kelangsingan Profil Balok

Balok	Profil	Penampang
B1	14' WF 14x14-1/2	Kompak
B2	10' WF 10x10	Kompak

- Perencanaan balok sebelum komposit

- Kuat lentur

Balok 14' WF 14x14-1/2

$$M_{u \text{ maks}} = 22975,7 \text{ kgm}$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y = 2710829 \cdot 250 = 677707213 \text{ Nmm}$$

$$M_u \leq \Phi_b \cdot M_n$$

$$22975,7 \leq 0,85 \cdot 677707213$$

$$22975,7 \text{ kgm} \leq 57605,11 \text{ kgm} \quad \text{OK}$$

Tabel 2. Rekapitulasi Kuat Lentur Balok Sebelum Komposit.

Profil	M_u (kgm)	$\Phi_b M_n$ (kgm)	Kontrol
14' WF 14x14-1/2	22975,7	57605,11	Ok
10' WF 10x10	15467,5	31415,44	Ok

- Kuat geser

Balok 14' WF 14x14-1/2

$$V_{u \text{ maks}} = 17269,9 \text{ kg}$$

$$a = \frac{b_f - t_w}{2} + t_w = \frac{359 - 11,81}{2} + 11,81 = 185,41 \text{ mm}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{185,41}{297,38}\right)^2} = 17,86$$

Asumsikan:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E_s}{f_y}}$$

Maka:

$$\frac{297,38}{11,81} \leq 1,10 \sqrt{\frac{17,86 \cdot 200000}{250}} = 25,18 \leq 131,49$$

Jadi asumsi benar, sehingga:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w = 0,6 \cdot f_y \cdot ((d - 2t_f)t_w) = 0,6 \cdot 250 \cdot ((369 - 38) \cdot 11,81) = 586367 \text{ N} = 58936,7 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \Phi_b \cdot V_n$$

$$17269,9 \leq 0,85 \cdot 58936,7$$

$$17269,9 \text{ kg} \leq 49841,15 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Tabel 3. Rekapitulasi Kuat Geser Balok Sebelum Komposit

Profil	V_u (kg)	$\Phi_b V_n$ (kg)	Kontrol
14' WF 14x14-1/2	17269,9	49841,1	Ok
10' WF 10x10	16025,3	39152,6	Ok

- Lendutan

Menurut Tabel 6.4-1 SNI 03-1729-2002, batas lendutan untuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas adalah $L/360$, dengan L adalah bentang balok.

$$\text{Panjang bentang (L)} = 5,6 \text{ m} = 5600 \text{ mm}$$

$$\text{Lendutan maksimum } (\Delta_{\text{maks}}) = 11,06 \text{ mm}$$

$$\text{Lendutan ijin } (\Delta_{\text{ijin}}) = \frac{L}{360} = \frac{5600}{360} = 15,56 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{maks}} \leq \Delta_{\text{ijin}}$$

$$11,06 \text{ mm} \leq 15,56 \text{ mm}$$

- Perencanaan balok sebelum komposit

- Kuat lentur positif

Kuat lentur positif profil 14' WF 14x14-1/2

$$M_{u \text{ maks}} = 22467,39 \text{ kgm}$$

Menentukan lebar efektif

$$b_e = L/4 = 3650/4 = 912,5 \text{ mm}$$

$$b_e = b_o = L = 3650 \text{ mm}$$

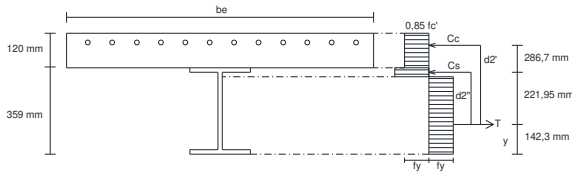
Jadi lebar efektifnya = 912,5 mm (diambil yang terkecil)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_e} = \frac{18030 \cdot 250}{18030 \cdot 250}$$

$$a = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 912,5}{18030 \cdot 250}$$

$$a = 193,72 \text{ mm} > 120 \text{ mm}$$

Sumbu netral plastis (PNA) jatuh pada profil baja, sehingga:



Gambar 3 Distribusi tegangan plastis lentur positif

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot t_s \cdot b_E$$

$$C_c = 0.85 \cdot 35 \cdot 120 \cdot 912,5$$

$$C_c = 2792250 \text{ N}$$

$$T' = C_c + C_s$$

Besarnya T' sekarang lebih kecil daripada $A_s \cdot f_y$ yaitu

$$T' = A_s \cdot f_y - C_s$$

Sehingga

$$C_c + C_s = A_s \cdot f_y - C_s$$

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - C_c}{2}$$

$$C_s = \frac{18030 \cdot 250 - 2792250}{2}$$

$$C_s = 8572625 \text{ N}$$

tinggi blok tekan pada sayap baja dihitung sebagai berikut

$$df = \frac{C_s}{bf \cdot f_y}$$

$$df = \frac{8572625}{359 \cdot 250}$$

$$df = 9,56 \text{ mm} < t_f = 19 \text{ mm}$$

Letak titik berat dari profil baja diukur dari serat bawah profil

$$\bar{Y} = \frac{A_s \cdot (0.5 \cdot d) - df \cdot bf \cdot (d - 0.5 \cdot df)}{A_s - df \cdot bf}$$

$$\bar{Y} = 142,27 \text{ mm}$$

Momen nominal

$$M_n = C_c \cdot d2' + C_s \cdot d2''$$

$$d2' = (d - \bar{Y}) + \frac{ts}{2}$$

$$d2' = (369 - 142,27) + \frac{120}{2}$$

$$d2' = 286,73 \text{ mm}$$

$$d2'' = (d - \bar{Y}) - \frac{df}{2}$$

$$d2'' = (369 - 142,27) + \frac{9,56}{2}$$

$$d2'' = 221,95 \text{ mm}$$

$$M_n = 2792250 \cdot 286,73 + 826692,9 \cdot 221,95$$

$$M_n = 801479676,62 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 80147,97 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \Phi_b \cdot M_n$$

$$22467,39 \leq 0,85 \cdot 80147,97$$

$$22467,39 \text{ kgm} \leq 68125,77 \text{ kgm} \quad \text{OK}$$

Tabel 4. Rekapitulasi Kuat Lentur Positif Balok Setelah Komposit

Profil	$M_u(+)$ (kgm)	$\Phi_b M_n(+)$ (kgm)	Kontrol
14' WF 14x14-1/2	22467,3	68125,7	Ok
10' WF 10x10	16842,6	31500,7	Ok

- Kuat lentur negatif

Kuat lentur negatif profil 14' WF 14x14-1/2

$$M_{u \text{ maks}} = 27616 \text{ kgm}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{250}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0055$$

$$A_{c \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

$$A_{c \text{ min}} = 0,0055 \cdot 1000 \cdot 130$$

$$A_{c \text{ min}} = 719,083$$

Maka digunakan tulangan $\emptyset 10-110$

Menentukan gaya Tarik tulangan

$$T_{sr} = n \cdot A_{sr} \cdot f_{yr}$$

$$T_{sr} = 12 \cdot 78,5 \cdot 240$$

$$T_{sr} = 226080 \text{ N}$$

$$C_{\text{maks}} = A_s \cdot f_y$$

$$C_{\text{maks}} = 18030 \cdot 250$$

$$C_{\text{maks}} = 4507500 \text{ N}$$

Karena $C_{\text{maks}} > T_{sr}$ maka sumbu netral plastis jatuh pada profil baja

$$T_s = \frac{C_{\text{maks}} - T_{sr}}{2}$$

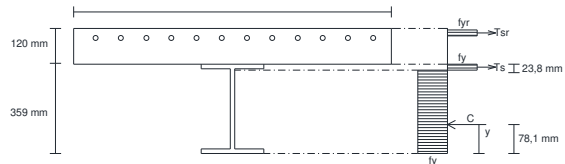
$$T_s = \frac{4507500 - 226080}{2}$$

$$T_s = 2140710 \text{ N}$$

Jarak sumbu netral plastis dari tepi atas flens

$$\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} = \frac{2140710}{250 \cdot 359}$$

$$\bar{Y} = 23,85 \text{ mm}$$



Gambar 4 Distribusi tegangan plastis lentur negatif

Menentukan letak garis kerja T_s diukur dari bagian bawah profil

$$y = \frac{874385,5}{11209}$$

$$y = 78,01 \text{ mm}$$

Momen nominal

$$M_{n1} = T_{sr} (d - y \cdot t_s - 30)$$

$$M_{n1} = 226080 (369 - 78,01 \cdot 120 - 30)$$

$$M_{n1} = 86134795,85 \text{ Nmm}$$

$$M_{n1} = 86134,79 \text{ kgm}$$

$$M_{n2} = T_s (d - y - (x/2))$$

$$M_{n2} = 226080 (369 - 78,01 \cdot (23,79/2))$$

$$M_{n2} = 597400639,08 \text{ Nmm}$$

$$M_{n2} = 597400,63 \text{ kgm}$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_n = 86134,79 + 597400,63$$

$$M_n = 68353,54 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
M_u &\leq \phi_b \cdot M_n \\
27616 &\leq 0,85 \cdot 68353,54 \\
27616 \text{ kgm} &\leq 58100,51 \text{ kgm} \quad \mathbf{OK}
\end{aligned}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Kuat Lentur Negatif Balok Setelah Komposit

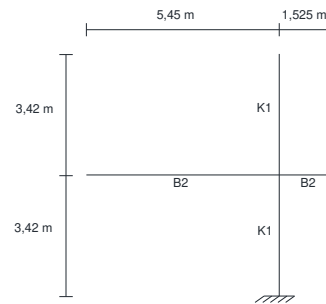
Profil	$M_u(-)$ (kgm)	$\Phi_b M_n(-)$ (kgm)	Kontrol
14' WF 14x14-1/2	27616	58100,5	Ok
10' WF 10x10	18055,9	32948,1	Ok

- Lendutan
Menurut Tabel 6.4-1 SNI 03-1729-2002, batas lendutan untuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas adalah $L/360$, dengan L adalah bentang balok.
Panjang bentang (L) = 5,6 m
= 5600 mm
Lendutan maksimum (Δ_{maks}) = 11,06 mm
Lendutan ijin (Δ_{ijin}) = $\frac{L}{360}$
= $\frac{5600}{360}$
= 15,56 mm
 $\Delta_{maks} \leq \Delta_{ijin}$
14,96 mm \leq 15,56 mm

Perencanaan Kolom

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi analisis struktur, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan kolom ini, digunakan momen dan gaya normal (aksial). Selanjutnya dilakukan analisis pada kolom berdasarkan SNI 03-1729-2002.

- Kontrol penampang
Periksa kelangsingan penampang
Flens
 $\frac{b/2}{t_f} = \frac{357/2}{25,91} = 6,89$
 $\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{290}} = 14,68$
 $\frac{b/2}{t_f} < \lambda_r$ (Maka sayap kompak)
Web
 $\frac{h}{t_w} = \frac{526,18}{15,44} = 34,08$
 $\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39,05$
 $\frac{h}{t_w} < \lambda_r$ (Maka badan kompak)
Faktor panjang efektif
 $G_A = 1$ (jepit)
Momen inersia kolom 24' WF 24x14
 $I_x = 1899000000 \text{ mm}^4$
Momen inersia balok 14' WF 14x14-1/2
 $I_x = 175100000 \text{ mm}^4$
Faktor panjang efektif k



Gambar 4.5 Struktur portal yang ditinjau

$$\begin{aligned}
G_B &= \frac{\sum \left(\frac{I}{L}\right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{I}{L}\right)_{\text{balok}}} \\
G_B &= \frac{1110526,32}{121287,67 + 227025,64} \\
G_B &= 7,55
\end{aligned}$$

- Analisis balok - kolom
 $k_c = 0,86$ (dari nomogram diagram)

$$\begin{aligned}
\lambda_c &= \frac{k_c \cdot L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E_s}} \\
\lambda_c &= \frac{0,86 \cdot 3420}{262,78 \cdot \pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} \\
\lambda_c &= 0,14
\end{aligned}$$

Karena $\lambda_c < 0,25 = 0,14$, maka:

$$\begin{aligned}
\omega &= 1 \\
f_{cr} &= \frac{f_y}{\omega} \\
f_{cr} &= 290 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Kuat rencana nominal

$$\begin{aligned}
N_n &= A_s \cdot f_{cr} \\
N_n &= 27500 \cdot 290 \\
N_n &= 797500 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_u &\leq \phi \cdot N_n \\
318408,47 &\leq 0,85 \cdot 797500 \\
318408,47 \text{ kg} &\leq 677875 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}
\end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{3318408}{677875} = 0,47 > 0,2 \text{ Maka menggunakan}$$

$$\text{persamaan } \frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1,0$$

Cek kelangsingan penampang profil

$$\begin{aligned}
\lambda &= \frac{h}{t_w} \\
\lambda &= 34,08 \\
\lambda_p &= \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right) > \frac{665}{\sqrt{f_y}} \\
\lambda_p &= 54,61 > 39,05 \\
\lambda &< \lambda_p
\end{aligned}$$

$$34,08 < 54,61 \text{ (Maka penampang kompak)}$$

Kontrol tekuk lateral :

$$\begin{aligned}
L_p &= \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y \\
L_p &= 3761,49 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$f_L = 220$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E_s \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$X_1 = 16781,41 \text{ MPa}$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)$$

$$X_2 = 5,603 \text{ mm}^4/N^2$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_L} \sqrt{1 + X_2(f_1)^2}$$

$$L_r = 141280 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

$$3420 < 3761,5 \text{ mm (Bentang Pendek) (OK)}$$

$$\text{Sehingga } M_n = M_p$$

Untuk Mnx

$$M_{px} = Z_x \cdot f_y$$

$$M_{px} = 5595031,32 \cdot 290$$

$$M_{px} = 1622559082 \text{ Nmm}$$

$$M_{px} = 1622559,08 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_{nx} = 0,9 \times M_{px}$$

$$= 0,9 \times 1622559,08$$

$$= 1460303,17 \text{ kgm}$$

Untuk Mny

$$M_{py} = Z_y \cdot f_y$$

$$M_{py} = 2175781 \cdot 290$$

$$M_{py} = 630976498,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{py} = 630976,49 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_{ny} = 0,9 \times M_{py}$$

$$= 0,9 \times 630976,49$$

$$= 567878,84 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen δ_b Mux :

Hubungan Balok – Kolom

$$M_1 = 605,77 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 943,87 \text{ kgm}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{0,86 \cdot 3420}{262,78}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = 11,19$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$C_m = 0,34$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot E_s \cdot A_g}{\left(\frac{k_c \cdot L}{r_x} \right)^2}$$

$$N_{el} = 13785911,74 \text{ kg}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{el}}}$$

$$\delta_b = 0,35 \leq 1 \text{ (maka diambil 1)}$$

$$M_{ux} = \delta_b \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1 \cdot 943,87 = 943,87 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen δ_b Muy :

Hubungan Balok – Kolom

$$M_1 = 745,17 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 1656,74 \text{ kgm}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_y} = \frac{0,86 \cdot 3420}{81,08}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_y} = 36,27$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$C_m = 0,42$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot E_s \cdot A_g}{\left(\frac{k_c \cdot L}{r_y} \right)^2}$$

$$N_{el} = 13112529,1 \text{ kg}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{el}}}$$

$$\delta_b = 0,56 \leq 1 \text{ (maka diambil 1)}$$

$$M_{uy} = \delta_b \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1 \cdot 1656,74 = 1656,74 \text{ kgm}$$

Kontrol kuat tekan lentur :

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

$$\frac{318408,47}{677875} + \frac{8}{9} \left(\frac{943,87}{1460303,2} + \frac{1656,74}{567878,8} \right) \leq 1,0$$

$$0,473 \leq 1,0$$

- Akibat portal bergoyang

$$k_c = 1,82 \text{ (dari nomogram diagram)}$$

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

$$\lambda_c = \frac{1,82 \cdot 3420}{262,78 \cdot \pi} \sqrt{\frac{290}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,29$$

Karena $0,25 < \lambda_c = 0,252 < 1,2$, maka:

$$\omega = \frac{1,4}{1,6 - (0,67 \cdot \lambda_c)}$$

$$\omega = 1,02$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = 285,46 \text{ Mpa}$$

Cek kelangsingan penampang profil

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda = 34,08$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\emptyset_c N_y} \right) > \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_p = 54,61 > 39,05$$

$$\lambda < \lambda_p$$

$$34,08 < 54,61 \text{ (Maka penampang kompak)}$$

Kontrol tekuk lateral :

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y$$

$$L_p = 3761,49 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$f_L = 220$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E_s \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$X_1 = 16781,41 \text{ MPa}$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)$$

$$X_2 = 5,603 \text{ mm}^4/N^2$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_L} \sqrt{1 + X_2(f_1)^2}$$

$$L_r = 141280 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

$$3420 < 3761,5 \text{ mm (Bentang Pendek) (OK)}$$

$$\text{Sehingga } M_n = M_p$$

Untuk Mnx

$$\begin{aligned}
M_{px} &= Z_x \cdot f_y \\
M_{px} &= 5595031,32 \cdot 290 \\
M_{px} &= 1622559082 \text{ Nmm} \\
M_{px} &= 1622559,08 \text{ kgm} \\
\emptyset M_{nx} &= 0,9 \times M_{px} \\
&= 0,9 \times 1622559,08 \\
&= 1460303,17 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

Untuk Mny

$$\begin{aligned}
M_{py} &= Z_y \cdot f_y \\
M_{py} &= 2175781 \cdot 290 \\
M_{py} &= 630976499 \text{ Nmm} \\
M_{py} &= 630976,49 \text{ kgm} \\
\emptyset M_{ny} &= 0,9 \times M_{py} \\
&= 0,9 \times 630976,49 \\
&= 567878,85 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

Menentukan perbesaran momen δ_b Mux :

Hubungan Balok – Kolom

$$M_1 = 16949,03 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 10422,02 \text{ kgm}$$

$$k_c \cdot L = 1,82 \cdot 3420$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{1,82 \cdot 3420}{262,78}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = 23,68$$

$$\sum N_u = 6707909 \text{ kg}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot E_s \cdot A_g}{\left(\frac{k_c \cdot L}{r_x}\right)^2}$$

$$N_{el} = \frac{3078148,87 \text{ kg}}$$

$$\sum N_{el} = 31 \times 3078148,87 = 95422615 \text{ kg}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\sum N_{el}}}$$

$$\delta_s = 1,06 \geq 1 \text{ (maka diambil 1,06)}$$

$$M_{ux} = \delta_s \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1,07 \cdot 1694903$$

$$= 182305,83 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = \delta_s \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$= 1,07 \cdot 1694903$$

$$= 182305,83 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} = 182305,83 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 182305,83 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen δ_b Muy :

Hubungan Balok – Kolom

$$M_1 = 31771,97 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 27587,1 \text{ kgm}$$

$$k_c \cdot L = 1,82 \cdot 3420$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_y} = \frac{1,82 \cdot 3420}{81,08}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_y} = 76,76$$

$$\sum N_u = 6707909 \text{ kg}$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot E_s \cdot A_g}{\left(\frac{k_c \cdot L}{r_y}\right)^2}$$

$$N_{el} = \frac{293064,4 \text{ kg}}$$

$$\sum N_{el} = 31 \times 293064,4 = 9084997 \text{ kg}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\sum N_{el}}}$$

$$\delta_s = 3,82 \geq 1 \text{ (maka diambil 3,82)}$$

$$M_{ux} = \delta_s \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$= 3,82 \cdot 31771,97$$

$$= 121429,4 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = \delta_s \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$= 3,82 \cdot 31771,97$$

$$= 121429,4 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} = 121429,4 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 121429,4 \text{ kgm}$$

Periksa persamaan

$$M_{ux} = \delta_b \cdot M_{ntux} + \delta_s \cdot M_{ltux}$$

$$= 943,87 \text{ kgm} + 183249,69 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
&= 183249,69 \text{ kgm} \\
M_{uy} &= \delta_b \cdot M_{ntuy} + \delta_s \cdot M_{ltuy} \\
&= 1656,74 \text{ kgm} + 121429,4 \text{ kgm} \\
&= 123086,1 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

Kontrol kuat tekan lentur :

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

$$\frac{318408,47}{677875} + \frac{8}{9} \left(\frac{183249,69}{1460303,2} + \frac{123086,1}{567878,8} \right) \leq 1,0$$

$$0,77 \leq 1,0$$

Perencanaan Penghubung Geser

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi selip pada saat masa layan. Analisis terhadap jumlah dan jarak antar penghubung geser dilakukan berdasarkan SNI 03-1729-2002. Contoh perhitungan pada profil 14' WF 14x14-1/2 bentang 3,65 m.

Data-data penghubung geser:

Dipakai penghubung geser *stud*

$$\text{Diameter } stud = \frac{3}{4}'' = 19,05 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi } stud = 70 \text{ mm}$$

$$f_u \text{ } stud = 400 \text{ Mpa}$$

Menentukan gaya geser horizontal pada balok. Karena balok diasumsikan berperilaku sebagai komposit penuh, maka nilai C diambil dari nilai terkecil antara $A_s \cdot f_y$ dan $0,85 \cdot f_c \cdot A_c$:

$$A_s \cdot f_y = 18030 \cdot 250$$

$$= 4507500 \text{ N}$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot A_c = 0,85 \cdot 35 \cdot t_s \cdot b_E$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 120 \cdot 912,5$$

$$= 2792250 \text{ N}$$

$$V_h = 2792250 \text{ N (diambil yang terkecil)}$$

Syarat diameter maksimum *stud* (SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.6)

$$\emptyset < 2,5 \cdot t_f$$

$$19,05 < 2,5 \cdot 19$$

$$19,05 \text{ mm} < 47,5 \text{ mm}$$

Luas penampang melintang *stud*

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4}$$

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 19,05^2}{4}$$

$$A_{sc} = 284,878 \text{ mm}^2$$

Menentukan kuat geser sebuah *stud*

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} (f_c \cdot E_c)^{0,5}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 284,878 (30 \cdot 20000)^{0,5}$$

$$Q_n = 110332,95 \text{ N}$$

$$Q_n = A_{sc} f_u \text{ } stud$$

$$Q_n = 284,878 \cdot 400$$

$$Q_n = 113951,385 \text{ N}$$

$$Q_n = 110332,95 \text{ N (diambil yang terkecil)}$$

Jarak minimum longitudinal = $6 \cdot \emptyset$

$$= 6 \cdot 19,05$$

$$= 114,3 \text{ mm}$$

Jarak minimum trasnfersal = $4 \cdot \emptyset$

$$= 4 \cdot 19,05$$

$$= 76,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak maksimum longitudinal} &= 8 \cdot t_s \\ &= 8 \cdot 120 \\ &= 960 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jumlah *stud* yang diperlukan untuk setengah bentang balok.

$$\begin{aligned} N &= V_h / Q_n \\ N &= 2792250 / 110332,95 \\ N &= 25,31 \\ N &= 26 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak longitudinal antar *stud* (dipasang secara 2 baris)

$$\begin{aligned} s &= \frac{\frac{1}{2} L \cdot 2}{N} \\ s &= \frac{\frac{1}{2} 3650 \cdot 2}{26} \\ s &= 140,385 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan jumlah dan jarak *stud* pada bentang lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi jumlah dan jarak antar *stud*.

Bentang (m)	Profil	N	S (mm)
3,65	14' WF 14x14-1/2	26	140,38
5,6	14' WF 14x14-1/2	40	140,00
3	14' WF 14x14-1/2	22	136,36
2,6	14' WF 14x14-1/2	18	144,44
1,95	14' WF 14x14-1/2	14	139,29
1,525	10' WF 10x10	12	127,08
5,45	10' WF 10x10	38	143,42
2	10' WF 10x10	14	142,86

Sambungan Antar Balok – Kolom

Pada sambungan antara balok baja dan kolom baja menggunakan sambungan las. Contoh perhitungan dilakukan pada balok profil 14' WF 14x14-1/2.

Data-data las:

Digunakan electrode las E80

$$f_{uw} = 560 \text{ Mpa}$$

Data-data pada balok

$$M_{u \text{ maks}} = 22467,39 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ maks}} = 20044,9 \text{ kg}$$

Las pada badan

Persyaratan ukuran las

$$a_{\text{maks}} = t_w - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 11,81 - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 10,21 \text{ mm}$$

$$a_{\text{min}} = 6 \text{ mm (tabel 13.5-1 SNI 03-1729-2002)}$$

Diambil nilai $a = 6 \text{ mm}$

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$t_e = 0,707 \cdot 6$$

$$t_e = 4,24 \text{ mm}$$

Gaya akibat geser

$$R_{uv} = V_u$$

$$R_{uv} = 20044,9 \text{ N}$$

Kuat rencana las ukuran 10 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_{uw}$$

$$\phi R_{nw} = 0,75 \cdot 4,42 \cdot 0,6 \cdot 560$$

$$\phi R_{nw} = 1068,98 \text{ N/mm}$$

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{R_{uv}}{\phi R_{nw}}$$

$$L_w = \frac{20044,9}{1068,98}$$

$$L_w = 187,51 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 200 \text{ mm}$$

Kuat rencana las baja

$$\phi T_n = L_w \cdot \phi R_{nw}$$

$$\phi T_n = 200 \cdot 1068,98$$

$$\phi T_n = 213796 \text{ N}$$

Las pada sayap

Persyaratan ukuran las

$$a_{\text{maks}} = t_f - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 19 - 1,6$$

$$a_{\text{maks}} = 17,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{min}} = 6 \text{ mm (tabel 13.5-1 SNI 03-1729-2002)}$$

Diambil nilai $a = 15 \text{ mm}$

$$t_e = 0,707 \cdot a$$

$$t_e = 0,707 \cdot 15$$

$$t_e = 10,61 \text{ mm}$$

Gaya akibat momen

$$R_{uM} = M_u / d$$

$$R_{uM} = 22467,39 / 369$$

$$R_{uM} = 60887,36 \text{ N}$$

Kuat rencana las ukuran mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_{uw}$$

$$\phi R_{nw} = 0,75 \cdot 14,14 \cdot 0,6 \cdot 560$$

$$\phi R_{nw} = 3563,280 \text{ N/mm}$$

Panjang total las yang dibutuhkan

$$L_w = \frac{R_{uM}}{\phi R_{nw}}$$

$$L_w = \frac{60887,36}{3563,280}$$

$$L_w = 170,88 \text{ mm}$$

$$L_w \approx 180 \text{ mm}$$

Kuat rencana las baja

$$\phi T_n = L_w \cdot \phi R_{nw}$$

$$\phi T_n = 180 \cdot 3563,280$$

$$\phi T_n = 641390,4 \text{ N}$$

Tabel 7. Rekapitulasi tebal dan panjang las sudut antara balok dan kolom.

profil	badan		sayap	
	a (mm)	Lw (mm)	a (mm)	Lw (mm)
14' WF 14x14-1/2	6	200	15	180
10' WF 10x10	6	180	15	240

Sambungan Antar Kolom

Untuk menyambung antar kolom baja digunakan sambungan berupa baut. Contoh perhitungan dilakukan pada kolom profil 24' WF 24x14.

Data-data baut:

Digunakan baut A325

$$\emptyset = 22 \text{ mm}$$

$$A_b = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$f_u^b = 825 \text{ Mpa}$$

Data-data pada kolom

$$f_u = 500 \text{ Mpa}$$

$$M_u \text{ maks} = 190720,40 \text{ kgm}$$

$$V_u \text{ maks} = 90043,24 \text{ kg}$$

Tahanan nominal baut (ϕR_{nw})

- Geser

$$1 \text{ bidang geser} = 0,75 \cdot 0,4 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$1 \text{ bidang geser} = 94035,15 \text{ N}$$

$$2 \text{ bidang geser} = 2 \cdot 94035,15$$

$$2 \text{ bidang geser} = 188070,3 \text{ N}$$

- Tumpu

$$\text{Badan profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot \emptyset \cdot t_w$$

$$\text{Badan profil} = 305712,30 \text{ N}$$

$$\text{Sayap profil} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot \emptyset \cdot t_f$$

$$\text{Sayap profil} = 513018 \text{ N}$$

a. Baut pada badan

Tinggi pelat penyambung direncanakan 700 mm

Menghitung tebal pelat penyambung

$$I_{\text{pelat penyambung}} \geq I_{\text{badan}}$$

$$2 \cdot 1/12 \cdot t_p \cdot 500^3 \geq 1/12 \cdot t_w \cdot h^3$$

$$2 \cdot 1/12 \cdot t_p \cdot h_p^3 \geq 1/12 \cdot 15,44 \cdot 526,18^3$$

$$t_p \geq 8,997 \text{ mm}$$

$$t_p \approx 9 \text{ mm}$$

Tahanan geser nominal 2 bidang lebih kecil dari pada tahanan tumpu, sehingga tahanan nominal baut ditentukan oleh tahanan geser nominal 2 bidang.

$$n = \frac{R_{uv}}{\phi R_{nw}} = \frac{900043,24}{188070,3}$$

$$n = 4,788$$

$$n \approx 6 \text{ buah}$$

Tahanan geser menentukan, sehingga tahanan untuk 6 baut:

$$\phi T_n = n \cdot \phi R_n$$

$$\phi T_n = 6 \cdot 188070,3$$

$$\phi T_n = 1128422,8 \text{ N}$$

Jarak antar baut

$$3 \emptyset < S < 15 \cdot t_w \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil jarak 66mm)}$$

Jarak baut dengan tepi pelat

$$1,5 \emptyset < S < 4 \cdot t_w + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil jarak 33mm)}$$

b. Baut pada sayap

Tinggi pelat penyambung direncanakan 330 mm

Menghitung tebal pelat penyambung

$$S = \frac{M_u}{2bf}$$

$$S = 2671154,06 \text{ N}$$

$$A_n = \frac{S}{f_u}$$

$$A_n = \frac{2671154,06}{500}$$

$$A_n = 5342,31 \text{ mm}^2$$

$$t_p = \frac{A_n}{h_1}$$

$$t_p = \frac{5342,31}{330}$$

$$t_p = 16,19 \text{ mm}$$

$$t_p \approx 18 \text{ mm}$$

Tahanan geser nominal 2 bidang lebih kecil daripada tahanan tumpu, sehingga tahanan nominal baut ditentukan oleh tahanan geser nominal 1 bidang. Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = \frac{S}{\phi R_{nw}} = \frac{2671154,06}{94035,150}$$

$$n = 14,20$$

$$n \approx 16 \text{ buah}$$

Tahanan geser menentukan, sehingga tahanan untuk 16 baut:

$$\phi T_n = n \cdot \phi R_n$$

$$\phi T_n = 16 \cdot 94035,15$$

$$\phi T_n = 1504562,4 \text{ N}$$

Jarak antar baut

$$3 \emptyset < S < 15 \cdot t_w \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil jarak 100mm)}$$

Jarak baut dengan tepi pelat

$$1,5 \emptyset < S < 4 \cdot t_w + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 \text{ mm} < S < 200 \text{ mm (diambil jarak 50mm)}$$

KESIMPULAN

Perencanaan Gedung Vollendam Holland Park Condotel Kota Batu menggunakan struktur komposit memiliki beberapa kelebihan, yaitu menghemat tinggi profilbaja, kekakuan lantai meningkat, dan panjang bentang layan untuk balok tertentu bias lebih panjang. Balok dan kolom yang digunakan pada perencanaan ini adalah balok baja dan kolom baja dengan profil WF. Pada balok memiliki 2 tipe profil yaitu untuk balok 1 dengan profil 14' WF 14x14-1/2, balok 2 dengan profil 10' WF 10x10. Untuk kolom menggunakan profil 24' WF 24x14. Gedung ini dirancang dengan konsep perencanaan berdasarkan LRFD (*Load Resistance Factor Design*). Beban dianalisis dengan metode respon spectrum dengan bantuan program aplikasi analisis struktur.

SARAN

Seiring kemajuan teknologi komputerisasi seperti saat ini, perencanaan struktur gedung portal 3D, program aplikasi analisis truktur mampu menghasilkan gaya-gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan secara langsung, tetapi dari hasil yang diperoleh tersebut harus tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku, agar dapat diperoleh hasil yang dapat dipertanggung jawabkan serta dapat diperoleh hasil yang lebih efisien dan dapat menghemat biaya pelaksanaan pekerjaan. Selain itu ,para perencana harus lebih teliti dalam memasukkan data dalam program analisis, karena kesalahan *input* data akan berakibat fatal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (1983). *Peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-1726-2012*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-1729-2002*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Budiono, B., & Supriatna, L. (2002). *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 Dan RSNi 03-1726-201x*. Jakarta: Erlangga.
- Gere, James. M., & Timoshenko, Stephen. P. 1972. *Mekanika Bahan Jilid 1 Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Lahamukang, K.S., Pah, J.J.S. & Messah, Y.A. (2014). Kuat Geser Komposit Baja-Beton Dengan Variasi Bentuk Penghubung Geser Ditinjau Dari Uji Geser Murni. *Jurnal Teknik Sipil Vol.(3)*
- Mursid, M., Kristijanto, H. & Soewardjo, R. (2013). Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Telkomsel di Surabaya Barat Menggunakan Baja-Beton. *Jurnal Teknik Pomits Vol.(1):1-6*
- Muto, K. (1987). *Analisis Perancangan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta: Erlangga.
- Nasution, A. (2000). *Analisa Struktur dengan Metoda Matrik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Salmon, C. G., & Johnson, J. E. (1991). *Struktur Baja Desain Dan Perilaku jilid 2 Edisi Kedua*. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira M. S. CE. Jakarta: Erlangga.
- Schueller, W. (1991). *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: Refika Aditama.
- Setiawan, A. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Erlangga.
- Taranath, B. S. 1998. *Steel, Concrete, and Composite Design of Tall Buildings*. USA: Mc Graw-Hill.
- Tular, R. B. 1984. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Viest, I. M. & Fountain, R. S. (1958). *Composite Construction In Steel and Concrete*. Ohio: Lorain.