

BAB IV

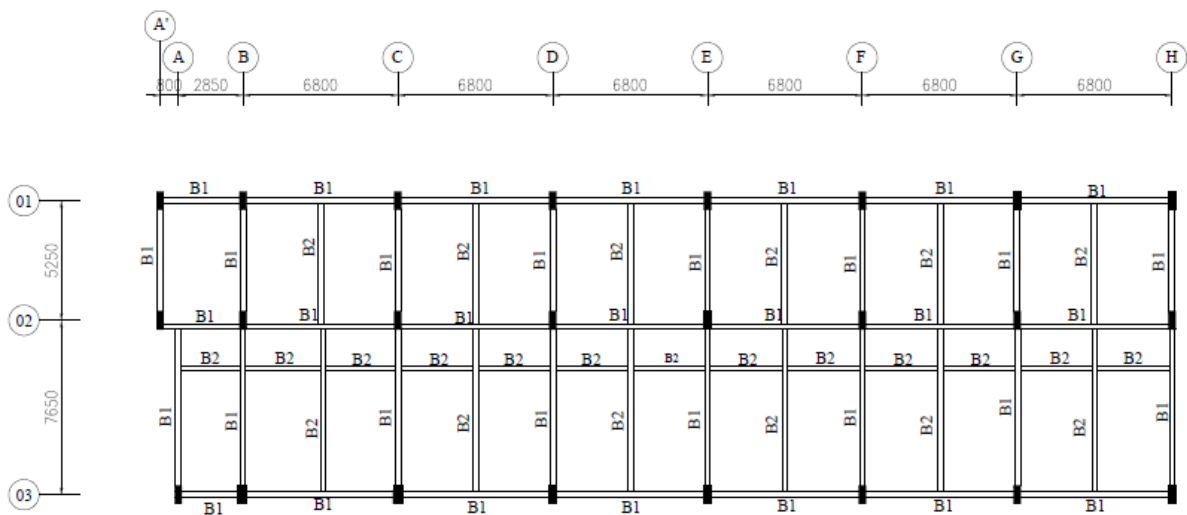
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Dimensi Struktur

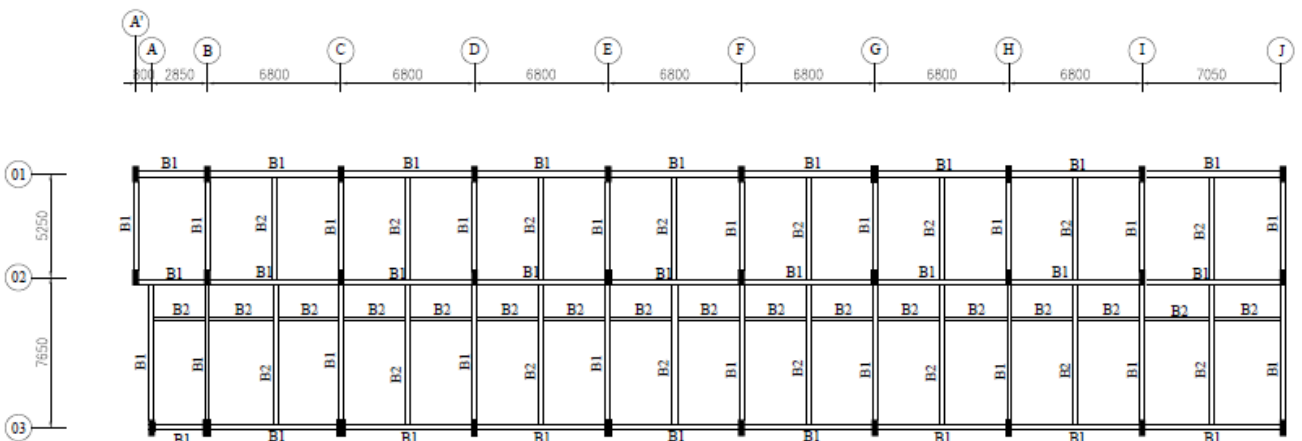
4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok

Balok yang akan direncanakan terdapat beberapa macam dimensi, yang didasarkan pada arah bentang dan besar gaya dalam yang diterima oleh balok tersebut. Dimensi balok yang direncanakan yaitu :

1. Balok Induk (B1) dengan dimensi WF 350.350.12.19
2. Balok Anak (B2) dengan dimensi WF 250.250.9.14



Gambar 4.1 Denah Lantai 1-2 Balok Neo Condotel Kota Batu.

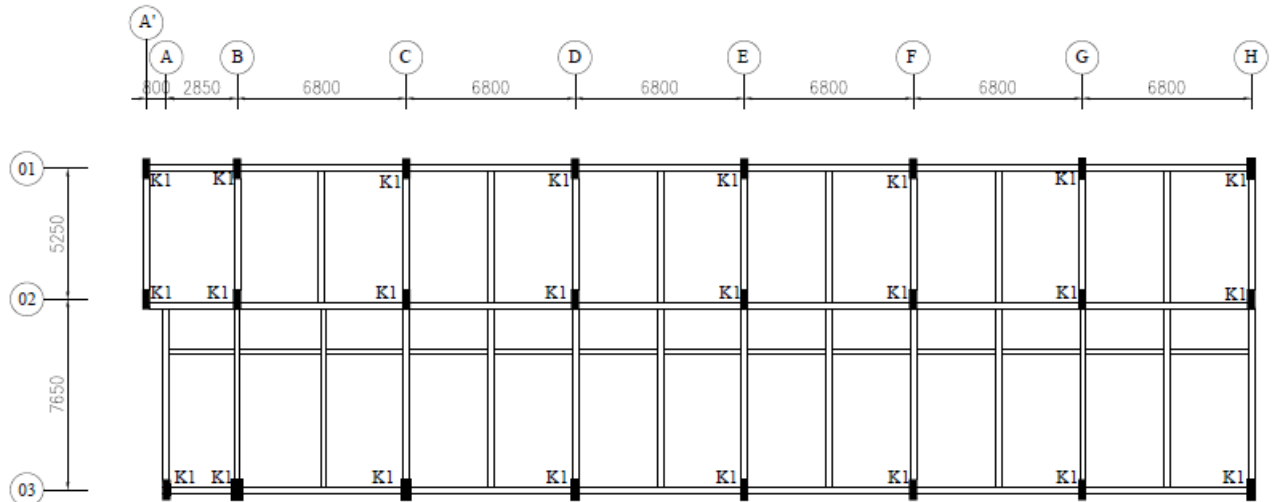


Gambar 4.2 Denah Lantai 3-7 Balok Neo Condotel Kota Batu.

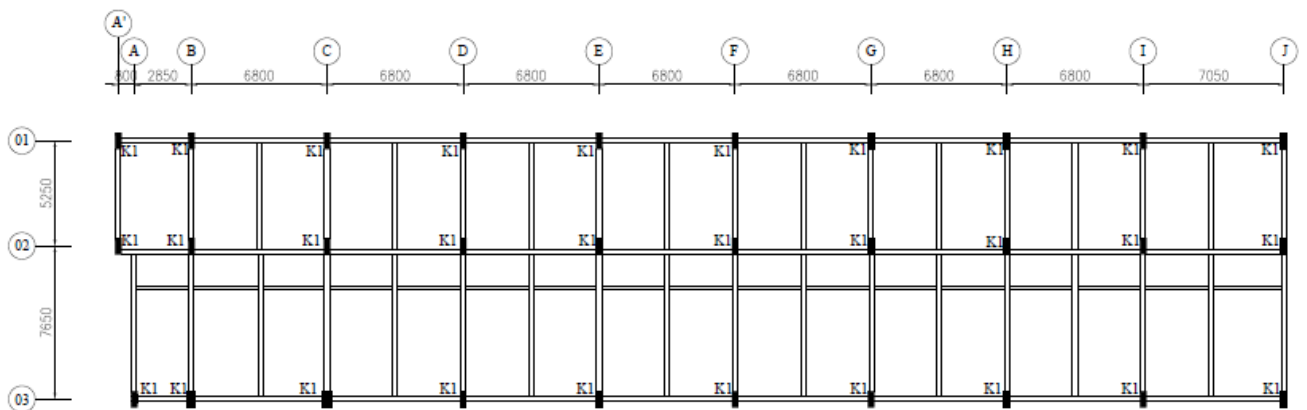
4.1.2. Perencanaan Dimensi Kolom

Pada perencanaan ini dimensi kolom harus memiliki inersia yang lebih besar dari balok, sehingga dimensi kolom direncanakan adalah sebagai berikut :

1. Kolom (K1) yang digunakan dengan dimensi WF 400.400.13.21



Gambar 4.3 Denah 1-2 Kolom Neo Condotel Kota Batu.



Gambar 4.4 Denah 3-7 Kolom Neo Condotel Kota Batu.

4.1.3. Perencanaan Tebal Pelat

Tebal pelat lantai yang digunakan pada perencanaan gedung ini adalah 12 cm dan pelat atap 10 cm.

4.2. Perencanaan Pembebanan

4.2.1. Kombinasi Pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan pada perencanaan Hotel Neo Condotel Kota Batu secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati

2. Beban Hidup
3. Beban Gempa

Berdasarkan beban – beban tersebut di atas, maka beton bertulang Hotel Neo Condotel Kota Batu harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan. Berikut ini kombinasi pembebanan menurut SNI 03-1729-2002.

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 E + L$
6. $0,9 D + 1,0 W$
7. $0,9 D + 1,0 E$

Keterangan :

- D : beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen
 L : beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung
 A : beban atap
 R : beban hidup
 W : beban angin
 E : beban gempa

4.2.2. Beban yang Terjadi Pada Struktur

4.2.2.1. Beban Mati

Sesuai dengan peraturan pembangunan Beton Bertulang Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983), beban mati diatur sebagai berikut :

Berat sendiri baja	: 7850 kg/m^3
Berat isi beton	: 2400 kg/m^3
Berat spesi per cm tebal	: 21 kg/m^3
Berat keramik	: 24 kg/m^3
Berat pasangan bata merah $\frac{1}{2}$ batu 15 cm	: 250 kg/m^3

4.2.2.2. Beban Hidup

Sesuai dengan peraturan pembangunan Beton Bertulang Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPIUG 1983), beban mati diatur sebagai berikut :

Lantai hotel	: 250 kg/m ³
Tangga dan bordes gang	: 300 kg/m

4.2.2.3. Perhitungan Pembebanan

Direncanakan :

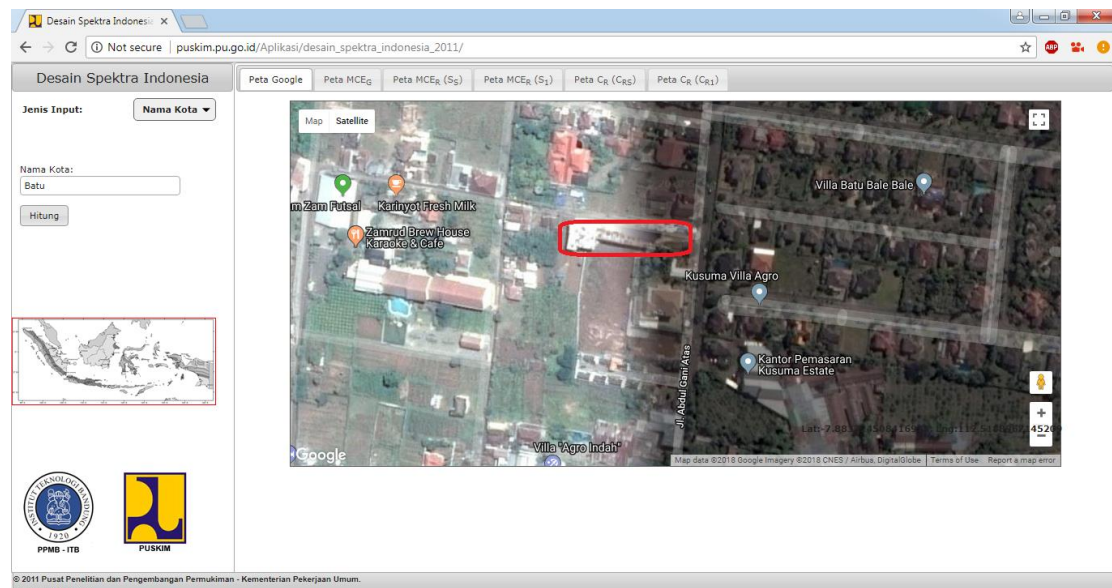
Tebal pelat lantai	: 12 cm
Tebal pelat atap	: 10 cm
Tebal spesi	: 3 cm
Tebal keramik	: 1 cm
Beban hidup pelat lantai (beban guna)	: 250 kg/m ²
Beban hidup pelat atap	: 100 kg/m ²

4.2.3. Analisis Beban Gempa

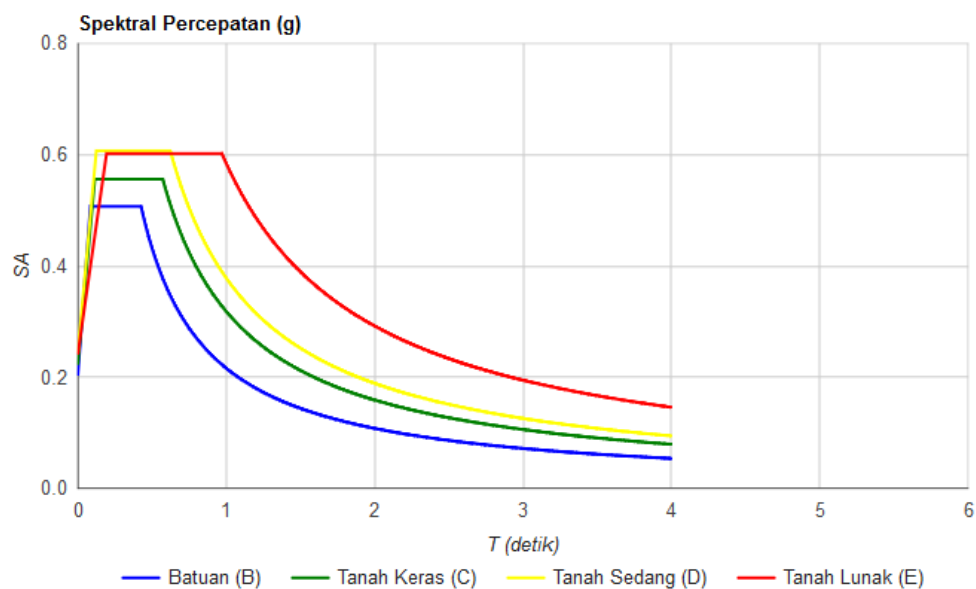
Pada perhitungan beban gempa pada Hotel Neo Condotel Kota Batu, perhitungan yang digunakan adalah spektrum respons desain dengan menggunakan program yang telah disediakan dinas PU (Pekerjaan Umum):

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.

Untuk mendapatkan data respon spektrum memasukan data koordinat lokasi ataupun nama kotak yang ditinjau, seperti berikut :



Gambar 4.5 Peta Lokasi Hotel Neo Condotel Kota Batu.



Gambar 4.6 Respons Spectral Percepatan di Permukaan

Data yang diperoleh berdasarkan program yang telah disediakan PU :

Tabel 4.1 Hasil Output Variabel Respons Spektrum

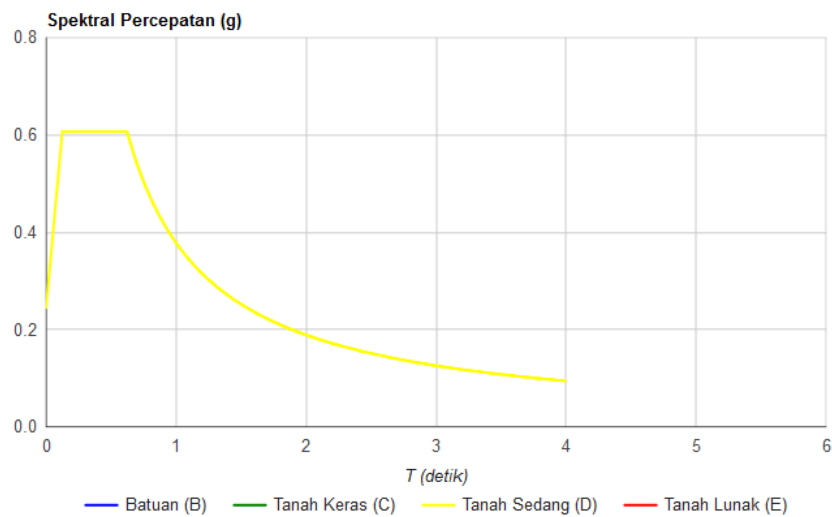
Varibel	Nilai
PGA (g)	0.388
S _s (g)	0.761
S ₁ (g)	0.324
C _{RS}	1.003
C _{R1}	0.931
F _{PGA}	1.112
F _A	1.196
F _V	1.753
PSA (g)	0.431
S _{MS} (g)	0.910
S _{M1} (g)	0.567
S _{DS} (g)	0.607
S _{D1} (g)	0.378
T ₀ (detik)	0.125
T _s (detik)	0.623

Koordinat spektrum respons desain :

Tabel 4.2 Koordinat Spektrum Respons Desain

T (detik)	SA (g)
0	0.243
T ₀	0.607
T _s	0.607
T _s +0	0.523
T _s +0.1	0.459

$T_s+0.2$	0.409
$T_s+0.3$	0.369
$T_s+0.4$	0.337
$T_s+0.5$	0.309
$T_s+0.6$	0.286
$T_s+0.7$	0.266
$T_s+0.8$	0.248
$T_s+0.9$	0.233
T_s+1	0.219
$T_s+1.1$	0.207
$T_s+1.2$	0.197
$T_s+1.3$	0.187
$T_s+1.4$	0.178
$T_s+1.5$	0.170
$T_s+1.6$	0.163
$T_s+1.7$	0.156
$T_s+1.8$	0.150
$T_s+1.9$	0.144
T_s+2	0.139
$T_s+2.1$	0.134
$T_s+2.2$	0.129
$T_s+2.3$	0.125
$T_s+2.4$	0.121
$T_s+2.5$	0.117
$T_s+2.6$	0.114
$T_s+2.7$	0.110
$T_s+2.8$	0.107
$T_s+2.9$	0.104
T_s+3	0.102
$T_s+3.1$	0.099
$T_s+3.2$	0.096
4	0.095



Gambar 4.7 Respons Spektrum Desain

4.3. Pemodelan Pada SAP 2000 v19

Ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk membuat pemodelan struktur pada software SAP2000 v19. Berikut ini adalah beberapa tahapan dan input yang dimasukkan pada software SAP2000 v19 :

1. *Grid System*

Grid system adalah untuk memuat informasi tentang letak koordinat titik – titik pada struktur dalam sumbu x, y, dan z.

2. *Define → Materials*

Memuat informasi tentang data material atau mutu bahan yang digunakan dalam pemodelan struktur.

3. *Define → Section Properties*

Memuat informasi tentang data dimensi balok, kolom dan pelat. Juga data – data dari elemen struktur batang tiga dimensi pada struktur yang dianalisis melalui *property*, dan momen inersia dari setiap elemen.

4. *Assign → Joint → Restraint*

Memuat informasi mengenai macam – macam tumpuan yang akan digunakan.

5. *Function → Respons Spektrum*

Memuat tentang data respons spektrum yang akan bekerja sebagai beban gempa pada pemodelan struktur.

6. *Define → Load Patterns*

Memuat informasi tentang data – data dari elemen batang tiga dimensi pada struktur yang dianalisis meliputi beban yang bekerja pada elemen. Beban yang bekerja dari analisis struktur yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Dead Load
2. Live Load
3. Quake
4. Other

7. *Define → Load Combination*

Memuat informasi mengenai kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisis struktur utama.

8. *Analyze → Run Analyze*

Memuat informasi untuk mendapatkan hasil dari data input yang telah dimasukkan.

9. Display → Show Tables

Membuat tabel lengkap dari besaran momen, gaya lintang maupun gaya normal pada elemen setelah dianalisis.

4.4. Perencanaan Balok Non Komposit

4.4.1. Kontrol Profil Secara Keseluruhan

4.4.1.1. Balok Induk

Data – data profil WF 350.350.12.19

$b_f = 350 \text{ mm}$	$f_y = 290 \text{ MPa}$
$d = 350 \text{ mm}$	$f_u = 500 \text{ MPa}$
$h = 272 \text{ mm}$	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$f'_c = 25 \text{ MPa}$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$A_s = 17390 \text{ mm}^2$
$r_x = 152 \text{ mm}$	$S_x = 2300000 \text{ mm}^3$
$r_y = 884 \text{ mm}$	$Z_x = 2493200 \text{ mm}^3$
$I_x = 403000000 \text{ mm}^4$	$I_y = 136000000 \text{ mm}^4$

1. Kuat lentur

$$\begin{aligned}
 M_{u \max} &= 33939,44 \text{ kgm} \\
 M_n &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 2493200 \cdot 290 \\
 &= 723028000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &\leq \phi_b \cdot M_n \\
 33939,44 &\leq 0,85 \cdot 723028000 \\
 33939,44 \text{ kgm} &\leq 61457,38 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

OK

2. Kuat geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= 35229,61 \text{ kg} \\
 a &= \frac{b_f - t_w}{2} + t_w \\
 &= \frac{350 - 12}{2} + 12 \\
 &= 181 \text{ mm} \\
 K_n &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \\
 &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{181}{272}\right)^2} \\
 &= 16,291
 \end{aligned}$$

Asumsikan

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

Maka,

$$\frac{272}{12} \leq 1,10 \sqrt{\frac{16,291.200000}{290}}$$

$$22,667 \leq 116,595$$

Jadi asumsi benar, sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot f_y \cdot ((d - 2t_f)t_w) \\ &= 0,6 \cdot 290 \cdot ((350 - 2 \cdot 19) \cdot 12) \\ &= 651456 \text{ N} \\ &= 65145,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi_b \cdot V_n \\ 35229,61 &\leq 0,9 \cdot 65145,6 \\ 35229,61 \text{ kg} &\leq 58631,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

OK

4.4.1.2. Balok Anak

Data – data profil WF 250.250.9.14

$b_f = 250 \text{ mm}$	$f_y = 290 \text{ MPa}$
$d = 250 \text{ mm}$	$f_u = 500 \text{ MPa}$
$h = 190 \text{ mm}$	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$f'_c = 25 \text{ MPa}$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$A_s = 9218 \text{ mm}^2$
$r_x = 108 \text{ mm}$	$S_x = 867000 \text{ mm}^3$
$r_y = 629 \text{ mm}$	$Z_x = 936900 \text{ mm}^3$
$I_x = 108000000 \text{ mm}^4$	$I_y = 36500000 \text{ mm}^4$

1. Kuat lentur

$$M_{u \max} = 6705,4 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 936900 \cdot 290 \\ &= 271701000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &\leq \phi_b \cdot M_n \\ 6705,4 &\leq 0,85 \cdot 271701000 \\ 6705,4 \text{ kgm} &\leq 23094,58 \text{ kgm} \end{aligned}$$

OK

2. Kuat geser

$$V_u = 4932,2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{b_f - t_w}{2} + t_w \\ &= \frac{250 - 9}{2} + 9 \\ &= 129,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_n &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \\
 &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{129,5}{190}\right)^2} \\
 &= 15,763
 \end{aligned}$$

Asumsikan

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

Maka,

$$\frac{190}{9} \leq 1,10 \sqrt{\frac{15,763 \cdot 200000}{290}}$$

$$21,111 \leq 114,69$$

Jadi asumsi benar, sehingga :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\
 &= 0,6 \cdot f_y \cdot ((d - 2t_f)t_w) \\
 &= 0,6 \cdot 290 \cdot ((250 - 2 \cdot 14) \cdot 9) \\
 &= 347652 \text{ N} \\
 &= 34765,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi_b \cdot V_n \\
 4932,2 &\leq 0,9 \cdot 34765,2 \\
 4932,2 \text{ kg} &\leq 31288,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

OK

Tabel 4.3 Rekapitulasi Kuat Lentur Balok Non Komposit

Balok	Profil	M_u (kgm)	$\phi_b \cdot M_n$ (kgm)	Kontrol
Balok Induk	WF 350.350.12.19	33939,44	61457,38	OK
Balok Anak	WF 250.250.9.14	6705,4	23094,58	OK

Tabel 4.4 Rekapitulasi Kuat Geser Balok Non Komposit

Balok	Profil	V_u (kgm)	$\phi_b \cdot V_n$ (kgm)	Kontrol
Balok Induk	WF 350.350.12.19	35229,61	58631,04	OK
Balok Anak	WF 250.250.9.14	4932,2	31288,68	OK

4.4.2. Kontrol Profil Secara Perbagian

4.4.2.1. Balok Induk

Data – data profil WF 350.350.12.19

$$\begin{aligned}
 b_f &= 350 \text{ mm} & f_y &= 290 \text{ MPa} \\
 d &= 350 \text{ mm} & f_u &= 500 \text{ MPa} \\
 h &= 272 \text{ mm} & E_s &= 200000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$t_f = 19 \text{ mm}$	$f'_c = 25 \text{ MPa}$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$A_s = 17390 \text{ mm}^2$
$r_x = 152 \text{ mm}$	$S_x = 2300000 \text{ mm}^3$
$r_y = 884 \text{ mm}$	$Z_x = 2493200 \text{ mm}^3$
$I_x = 403000000 \text{ mm}^4$	$I_y = 136000000 \text{ mm}^4$

Cek kelangsingan penampang profil WF 350.350.12.19

Tekuk lokal sayap

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9,98$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{350}{2 \cdot 19} = 9,21$$

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

Tekuk lokal badan

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,65$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{12} = 22,67$$

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

4.4.2.2. Balok Anak

Data – data profil WF 250.250.9.14

$b_f = 250 \text{ mm}$	$f_y = 290 \text{ MPa}$
$d = 250 \text{ mm}$	$f_u = 500 \text{ MPa}$
$h = 190 \text{ mm}$	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$f'_c = 25 \text{ MPa}$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$A_s = 9218 \text{ mm}^2$
$r_x = 108 \text{ mm}$	$S_x = 867000 \text{ mm}^3$
$r_y = 629 \text{ mm}$	$Z_x = 936900 \text{ mm}^3$
$I_x = 108000000 \text{ mm}^4$	$I_y = 36500000 \text{ mm}^4$

Cek kelangsingan penampang profil WF 250.250.9.14

Tekuk lokal sayap

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9,98$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{250}{2.14} = 8,92$$

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

Tekuk lokal badan

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,65$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{190}{9} = 21,11$$

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

Tabel 4.5 Rekapitulasi Kelangsingan Profil Balok

Balok	Profil	Penampang
Balok Induk	WF 350.350.12.19	Kompak
Balok Anak	WF 250.250.9.14	Kompak

4.4.3. Lendutan

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

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok (L)} &= 5,25 \text{ m} \\ &= 5250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lendutan maksimum } (\Delta_{maks}) = 0,022 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan ijin } (\Delta_{ijin}) &= \frac{L}{360} \\ &= \frac{5250}{360} \\ &= 14,58 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$0,022 \text{ mm} \leq 14,58 \text{ mm}$$

OK

4.5. Perencanaan Kolom

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program 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.

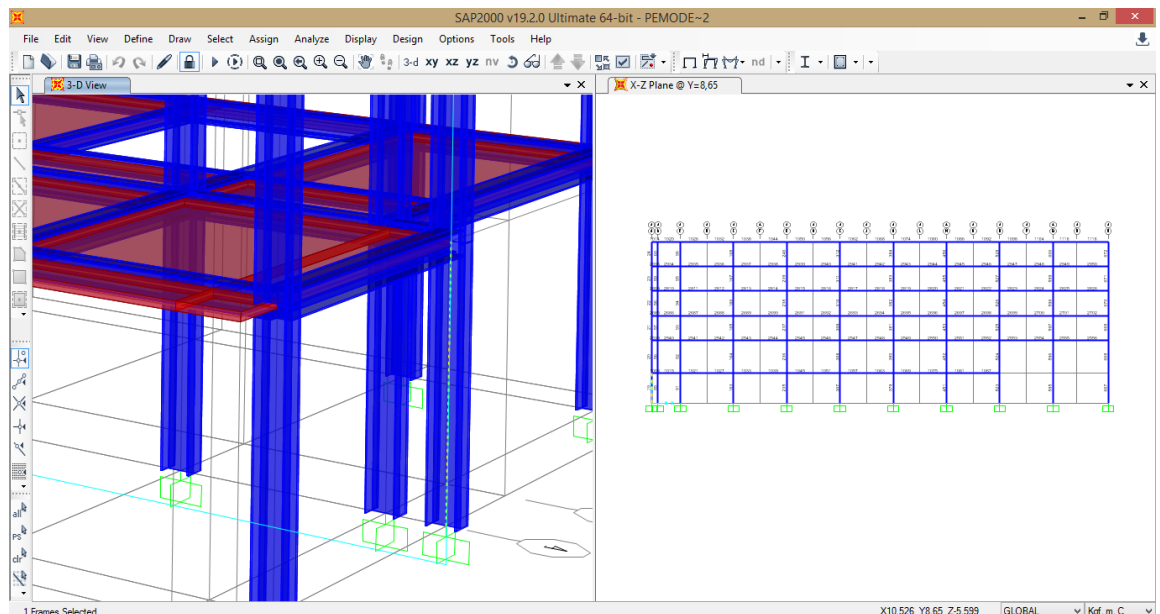
Data – data profil WF 400.400.13.21

$b_f = 400 \text{ mm}$	$f_y = 290 \text{ MPa}$
$d = 400 \text{ mm}$	$f_u = 500 \text{ MPa}$
$h = 314 \text{ mm}$	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
$t_f = 21 \text{ mm}$	$f'_c = 25 \text{ MPa}$
$t_w = 13 \text{ mm}$	$A_s = 21870 \text{ mm}^2$
$r_x = 175 \text{ mm}$	$S_x = 3330000 \text{ mm}^3$
$r_y = 101 \text{ mm}$	$Z_x = 36001330 \text{ mm}^3$
$I_x = 666000000 \text{ mm}^4$	$I_y = 224000000 \text{ mm}^4$

4.5.1.1. Kontrol Penampang

Kuat rencana pada profil WF 400.400.13.21

$$N_{u \max} = 56075,28 \text{ kg}$$



Gambar 4.8 Letak Terjadinya N_u maksimum Pada Profil WF 400.400.13.21

Cek kelangsingan penampang profil WF 400.400.13.21

Tekuk lokal sayap

$$\frac{b/2}{t_f} = \frac{400/2}{21} = 9,52$$

$$\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{290}} = 14,68$$

$$\frac{b/2}{t_f} < \lambda_r \quad (\text{Maka sayap kompak})$$

Tekuk lokal badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{314}{13} = 14,95$$

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39,05$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_r \quad (\text{Maka badan kompak})$$

Faktor panjang efektif

$$G_A = 1 \text{ (jepit)}$$

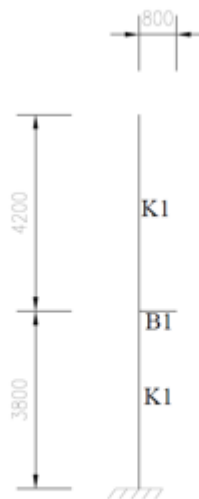
Momen Inersia Kolom WF 400.400.13.21

$$I_x = 666000000 \text{ mm}^4$$

Momen Inersia Balok Induk WF 350.350.12.19

$$I_x = 403000000 \text{ mm}^4$$

Faktor panjang efektif k



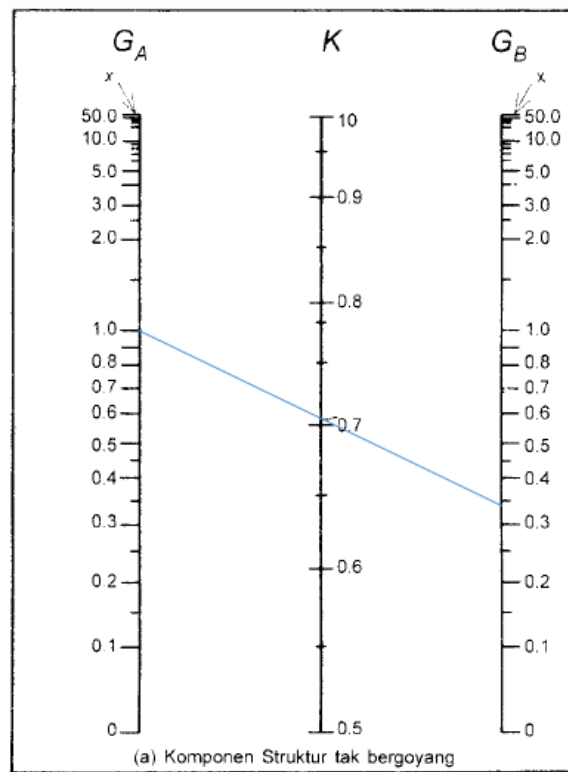
Gambar 4.9 Struktur Portal yang Ditinjau

$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{\text{Kolom}}}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{\text{Balok}}}$$

$$G_B = \frac{175263157,9}{503750000}$$

$$G_B = 0,34$$

4.5.1.2. Akibat Portal Tak Bergoyang



Gambar 4.10 Nomogram Faktor Panjang, k (SNI 03-1729-2002 Gb.7.6-2)

$$K_c = 0,71$$

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

$$\lambda_c = \frac{0,71 \cdot 3800}{175 \cdot \pi} \sqrt{\frac{290}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,18$$

Karena, $\lambda_c < 0,25 = 0,18$, maka :

$$\omega = 1$$

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

$$f_{cr} = \frac{290}{1}$$

$$f_{cr} = 290 \text{ MPa}$$

Kuat rencana nominal

$$N_n = A_s \cdot f_{cr}$$

$$= 21870 \cdot 290$$

$$= 6342300 \text{ N}$$

$$= 634230 \text{ kg}$$

$$N_u \leq \phi_b \cdot N_n$$

$$56075,28 \leq 0,85 \cdot 634230$$

$$56075,28 \text{ kg} \leq 539095,5 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{56075,28}{539095,5} = 0,1 < 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan

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

Cek kelangsingan penampang profil

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

$$\lambda = \frac{314}{13}$$

$$\lambda = 24,15$$

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

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{290}} \left(2,33 - \frac{56075,28}{539095,5} \right) > \frac{665}{\sqrt{290}}$$

$$\lambda_p = 65,35 > 39,05$$

$$\lambda < \lambda_p$$

24,15 < 65,35 (Maka penampang kompak)

Kontrol tekuk lateral

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

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{290}} \cdot 101$$

$$L_p = 4685,43 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$f_L = 300 - 70$$

$$f_L = 230$$

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

$$X_1 = \frac{\pi}{3330000} \sqrt{\frac{200000 \cdot 80000 \cdot 2743492,67 \cdot 21870}{2}}$$

$$X_1 = 20669,35$$

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

$$X_2 = \frac{4 \cdot 8,0438960 \cdot 10^4}{224000000} \left(\frac{3330000}{80000 \cdot 2743492,67} \right)$$

$$X_2 = 2,179 \text{ mm}^4 / N^2$$

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

$$L_r = 101 \frac{20669,35}{230} \sqrt{1 + 2,179 (230)^2}$$

$$L_r = 167244,8 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

$3800 < 4685,43 \text{ mm}$ (Bentang pendek) OK

Sehingga $M_n = M_p$

Untuk M_{mx}

$$\begin{aligned}
 M_{px} &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 36001330 \cdot 290 \\
 &= 10440385700 \text{ Nmm} \\
 &= 10440385,7 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_{nx} &= 0,9 \cdot M_{px} \\
 &= 0,9 \cdot 10440385,7 \\
 &= 9396347,13 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Untuk M_{ny}

$$\begin{aligned}
 M_{py} &= Z_y \cdot f_y \\
 &= 1695125,5 \cdot 290 \\
 &= 491586395 \text{ Nmm} \\
 &= 491586,395 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

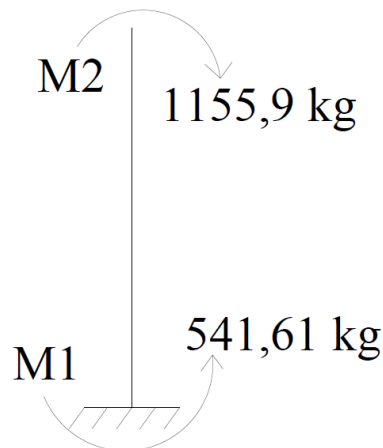
$$\begin{aligned}
 \phi M_{ny} &= 0,9 \cdot M_{py} \\
 &= 0,9 \cdot 491586,395 \\
 &= 442447,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Menentukan perbesaran momen $\delta_b \cdot M_{ux}$

Hubungan balok – kolom

$$M1 = 541,61 \text{ kgm}$$

$$M2 = 1155,9 \text{ kgm}$$



Gambar 4.11 Momen Ujung Akibat Portal Tak Bergoyang Pada Arah X

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{0,69 \cdot 3800}{175} = 14,98$$

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

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{541,61}{1155,9} \right)$$

$$C_m = 0,09$$

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

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 21870}{\left(\frac{0,69 \cdot 3800}{175}\right)^2}$$

$$N_{el} = 61212395,28 \text{ N}$$

$$N_{el} = 6121239,528 \text{ kg}$$

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

$$\delta_b = \frac{0,09}{1 - \frac{56075,28}{6121239,528}}$$

$$\delta_b = 0,09 \leq 1 \text{ (maka diambil 1)}$$

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

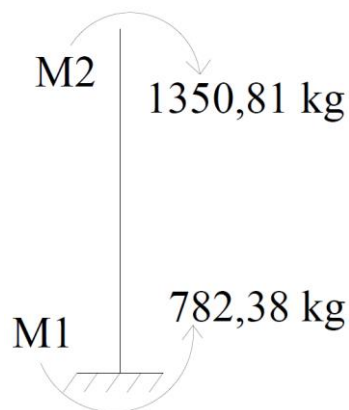
$$M_{ux} = 1.1155,9 = 1155,9 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen $\delta_b \cdot M_{uy}$

Hubungan balok – kolom

$$M1 = 782,38 \text{ kgm}$$

$$M2 = 1350,81 \text{ kgm}$$



Gambar 4.12 Momen Ujung Akibat Portal Tak Bergoyang Pada Arah Y

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{0,69 \cdot 3800}{101} = 25,96$$

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

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{782,38}{1350,81} \right)$$

$$C_m = 0,1$$

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

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 21870}{\left(\frac{0,69 \cdot 3800}{101} \right)^2}$$

$$N_{el} = 20389474,1 \text{ N}$$

$$N_{el} = 2038947,41 \text{ kg}$$

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

$$\delta_b = \frac{0,1}{1 - \frac{56075,28}{2038947,41}}$$

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

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

$$M_{uy} = 1.1350,81 = 1350,81 \text{ kgm}$$

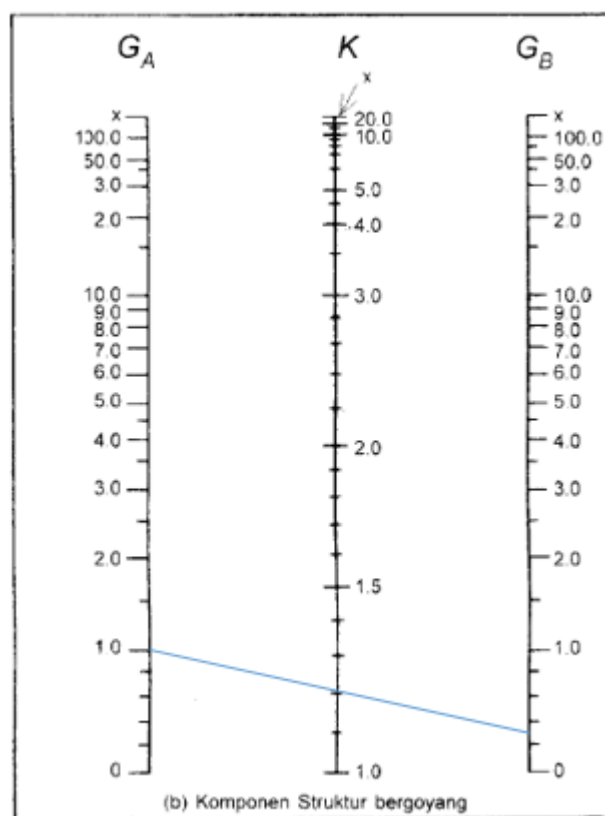
Kontrol kuat tekan lentur

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

$$\frac{56075,28}{2.539095,5} + \left(\frac{1155,9}{9396347,13} + \frac{1350,81}{442447,75} \right) \leq 1,0$$

$$0,05 \leq 1,0$$

4.5.1.3. Akibat Portal Bergoyang



Gambar 4.13 Nomogram Faktor Panjang, k (SNI 03-1729-2002 Gb.7.6-2)

$$K_c = 1,2$$

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

$$\lambda_c = \frac{1,2 \cdot 3800}{175 \cdot \pi} \sqrt{\frac{290}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,31$$

Karena, $0,25 < \lambda_c = 0,31$, maka :

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

$$\omega = \frac{1,4}{1,6 - (0,67 \cdot 0,31)}$$

$$\omega = 1,0$$

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

$$f_{cr} = \frac{290}{1,0}$$

$$f_{cr} = 290 \text{ MPa}$$

Kuat rencana nominal

$$\begin{aligned} N_n &= A_s \cdot f_{cr} \\ &= 21870 \cdot 290 \\ &= 6342300 \text{ N} \\ &= 634230 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$56075,28 \leq 0,85 \cdot 634230$$

$$56075,28 \text{ kg} \leq 539095,5 \text{ kg}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} = \frac{56075,28}{539095,5} = 0,1 < 0,2$$

Maka, menggunakan persamaan

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

Cek kelangsingan penampang profil

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

$$\lambda = \frac{314}{13}$$

$$\lambda = 24,15$$

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

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{290}} \left(2,33 - \frac{56075,28}{539095,5} \right) > \frac{665}{\sqrt{290}}$$

$$\lambda_p = 65,35 > 39,05$$

$$\lambda < \lambda_p$$

$$24,15 < 65,35 \text{ (Maka penampang kompak)}$$

Kontrol tekuk lateral

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

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{290}} \cdot 101$$

$$L_p = 4685,43 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$f_L = 290 - 70$$

$$f_L = 220$$

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

$$X_1 = \frac{\pi}{3330000} \sqrt{\frac{200000 \cdot 80000 \cdot 2743492,67 \cdot 21870}{2}}$$

$$X_1 = 20669,35$$

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

$$X_2 = \frac{4 \cdot 8,0438960 \cdot 10^4}{224000000} \left(\frac{3330000}{80000 \cdot 2743492,67} \right)$$

$$X_2 = 2,179 \text{ mm}^4 / \text{N}^2$$

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

$$L_r = 101 \frac{20669,35}{230} \sqrt{1 + 2,179 (230)^2}$$

$$L_r = 167244,8 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

$$3800 < 4685,43 \text{ mm} \dots\dots (\text{Bentang pendek}) \text{ OK}$$

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

Untuk M_{nx}

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

$$= 36001330 \cdot 290$$

$$= 10800399000 \text{ Nmm}$$

$$= 10800399 \text{ kgm}$$

$$\phi M_{nx} = 0,9 \cdot M_{px}$$

$$= 0,9 \cdot 10800399$$

$$= 9720359,1 \text{ kgm}$$

Untuk M_{ny}

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

$$= 1695125,5 \cdot 290$$

$$= 508537650 \text{ Nmm}$$

$$= 508537,65 \text{ kgm}$$

$$\phi M_{ny} = 0,9 \cdot M_{py}$$

$$= 0,9 \cdot 508537,65$$

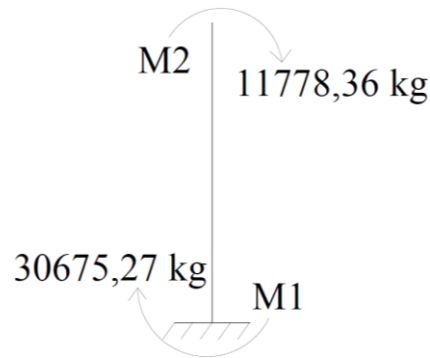
$$= 457683,88 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen $\delta_b \cdot M_{ux}$

Hubungan balok – kolom

$$M1 = 30675,27 \text{ kgm}$$

$$M2 = 11778,36 \text{ kgm}$$



Gambar 4.14 Momen Ujung Akibat Portal Bergoyang Pada Arah X

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{1,2 \cdot 3800}{175} = 26,05$$

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

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 21870}{\left(\frac{1,2 \cdot 3800}{175}\right)^2}$$

$$N_{el} = 20238348,1 \text{ N}$$

$$N_{el} = 2023834,81 \text{ kg}$$

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

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{56075,28}{2023834,81}}$$

$$\delta_s = 1,02 \geq 1 \text{ (maka diambil 1,06)}$$

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

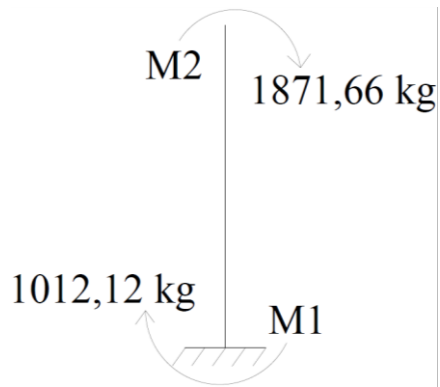
$$M_{uy} = 1,02 \cdot 30675,27 = 31288,78 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen $\delta_b \cdot M_{uy}$

Hubungan balok – kolom

$$M1 = 1012,12 \text{ kgm}$$

$$M2 = 1871,66 \text{ kgm}$$



Gambar 4.15 Momen Ujung Akibat Portal Bergoyang Pada Arah Y

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{1,2 \cdot 3800}{101} = 45,14$$

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

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot 200000 \cdot 21870}{\left(\frac{1,2 \cdot 3800}{101}\right)^2}$$

$$N_{el} = 6741269,8 \text{ N}$$

$$N_{el} = 674126,98 \text{ kg}$$

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

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{56075,28}{674126,98}}$$

$$\delta_s = 1,09 \geq 1 \text{ (maka diambil 1,09)}$$

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

$$M_{uy} = 1,09 \cdot 1871,66 = 2041,47 \text{ kgm}$$

Periksa persamaan

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \delta_b \cdot M_{ntux} + \delta_s \cdot M_{sltux} \\ &= 1155,9 \text{ kgm} + 31288,78 \text{ kgm} \\ &= 32444,68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{uy} &= \delta_b \cdot M_{ntuy} + \delta_s \cdot M_{sltuy} \\
&= 1350,81 \text{ kgm} + 2041,47 \text{ kgm} \\
&= 3392,28
\end{aligned}$$

Kontrol kuat tekan lentur

$$\begin{aligned}
\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_c \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) &\leq 1,0 \\
\frac{56075,28}{2.539095,5} + \left(\frac{32444,68}{9720359,1} + \frac{3392,28}{457683,88} \right) &\leq 1,0
\end{aligned}$$

$$0,06 \leq 1,0$$

(Halaman Dikосongkan)