

BAB VI

PERENCANAAN PORTAL

6.1 Dasar Perencanaan

Struktur Portal adalah struktur yang terdiri dari balok dan kolom yang dibebani muatan di atasnya akan timbul lenturan pada balok saja, dan akan meneruskan gaya-gaya tersebut ke kolom berupa gaya normal. Balok pada sistem demikian sama dengan balok sederhana. Adapun gaya yang bekerja pada kolom, yang lazimnya berupa gaya horisontal, tidak berpengaruh pada balok.

Dari hasil analisa portal maka diperoleh gaya-gaya dalam pada elemen-elemen balok yang kemudian digunakan untuk melakukan proses desain terutama desain penulangan, dimana konfigurasi tulangan balok yang digunakan berdasarkan hasil desain SAP 2000 v14 menggunakan ACI 318-99 dengan menyesuaikan faktor reduksinya berdasarkan SNI 03-2847-2002. Seperti telah diketahui bahwa SNI 2002 yang digunakan di Indonesia mengacu kepada ACI (*American Concrete Institute*).

Desain penulangan elemen-elemen balok didasarkan dari nilai gaya-gaya dalam maksimum dari kombinasi-kombinasi yang ada. Dalam penulisan ini analisa manual balok portal dilakukan sebagai verifikasi terhadap output konfigurasi penulangan hasil design dari SAP 2000 v14 untuk menunjukkan kelayakan penggunaan hasil design SAP 2000 v14.

6.2 Analisa Beban

Data Teknis :

Panjang Bangunan	= 22,50 m
Lebar Bangunan	= 12,15 m
Tinggi Bangunan	
a. Lantai 3	= 4,25 m
b. Lantai 2	= 4 m
c. Lantai 1	= 4 m
Luas Bangunan	= 273,375 m ²
Beban untuk kantor	= 2,5 KN/m ²
Berat jenis Beton	= 24 KN/m ²
Mutu Baja (fy)	
a. Polos	= 240 MPa
b. Ulir	= 400 MPa
Mutu beton (fc')	= 25 MPa
Berat jenis Spesi	= 21 KN/m ²
Berat jenis Keramik	= 20 KN/m ²
Berat jenis Pasangan 1/2 Bata	= 2,5 KN/m ²
Berat jenis Plafond	= 0,18 KN/m ²
Beban Pekerja	= 1,00 KN/m ²

6.3 Analisa Pembebanan

a. Beban pada Atap

Rangka atap yang digunakan pada gedung menggunakan struktur baja ringan, pembebanan perhitungan rangka merupakan beban terpusat. Sehingga gaya terpusat yang digunakan adalah reaksi tumpuan terbesar antara RBV dengan RAB

$$RAV = 16,01 \text{ KN}$$

$$RBV = 15,72 \text{ KN}$$

Sehingga tumpuan yang diambil adalah $RAV = 16,01 \text{ KN}$

Beban hidup

$$\text{Beban fungsi bangunan} = 2,50 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Koefisien Reduksi} = 1,00$$

$$\text{Beban hidup } (W_L) = 2,50 \times 1 = 2,50 \text{ KN}$$

b. Beban pada lantai

Lantai 2 dan 3

Beban Mati (W_D)

$$\checkmark \text{ Berat sendiri plat} = 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\checkmark \text{ Plafond + Penggantung} = (11+7) \text{ kg/m}^2 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\checkmark \text{ Keramik} = 0,01 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\checkmark \text{ Spesi} = 0,02 \text{ m} \times 2100 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$W_D = \frac{288 + 18 + 24 + 42}{\text{---}} = 372 \text{ kg/m}^2$$

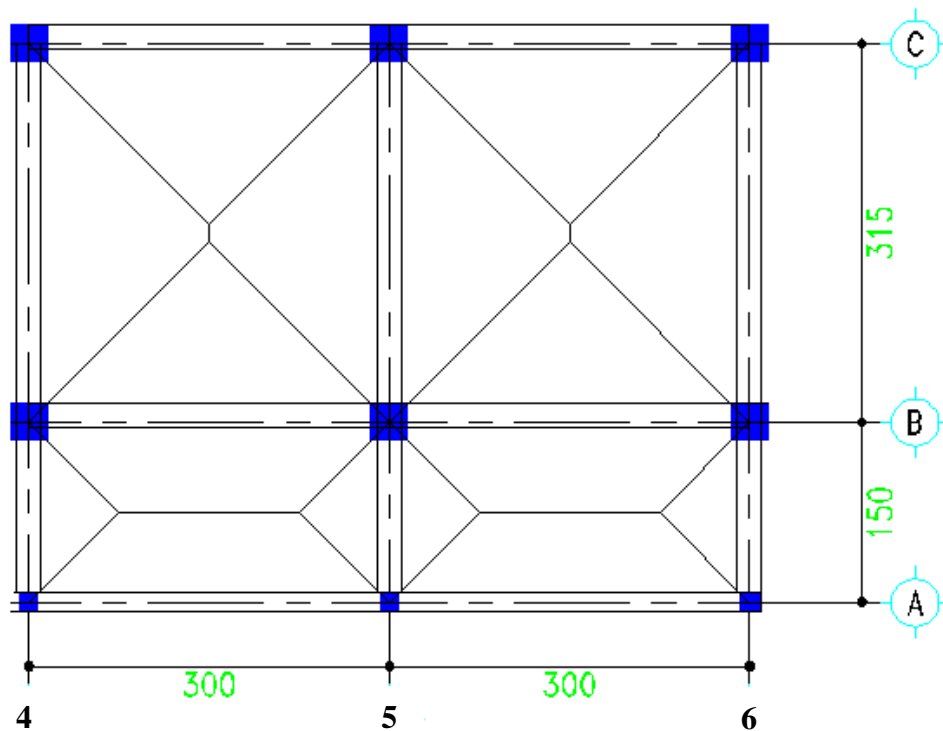
$$= 3,72 \text{ KN/m}^2$$

Beban Hidup (W_L)

$$\begin{aligned} \checkmark W_L \text{ (PPIUG 1983)} &= 250 \text{ kg/m}^2 \\ &= 2.5 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Berfaktor (W_U)

$$\begin{aligned} W_u &= 1.2 W_D + 1.6 W_L \\ &= (1.2 \times 3.72) + (1.6 \times 2.5) \\ &= 8.464 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 6.1 Pembagian beban pada lantai 2 dan 3 as 4-6

1. Beban terbagi merata balok induk as 5 A-C

- Dimensi rencana balok = 0,20 x 0,30

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,20 \times 0,30 \times 24 = 1,44 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata (plat A trapesium & plat B segitiga)

$$W_u = 8,464 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{ekuivalen}} &= 2 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot W_u \cdot l_x \cdot (3 - (l_x / l_y)^2) \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot W_u \cdot l_x \right) \\ &= 2 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot 8.464 \cdot 1,5 \cdot (3 - (1,5 / 3,15)^2) \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 8,464 \cdot 1,5 \right) \\ &= 20,2 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Total beban merata (qC1)} = 20,2 + 1,44$$

$$= \mathbf{21,64 \text{ KN/m}}$$

2. Beban terbagi merata balok induk as 4-6 A

- Beban terbagi merata balok induk as 4-6

- Dimensi rencana balok = 0,15 x 0,25

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,15 \times 0,25 \times 24 = 0,9 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata (plat B trapesium)

$$W_u = 8.464 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{ekuivalen}} &= 2 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot W_u \cdot l_x \cdot (3 - (l_x / l_y)^2) \right) \\ &= 2 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot 8,464 \cdot 0,75 \cdot (3 - (0,75 / 3)^2) \right) \\ &= 6,215 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Total beban merata (qC2)} = 6,215 + 0,9 = \mathbf{7,115 \text{ KN/m}}$$

3. Beban terbagi merata balok induk as 4 A-C

➤ Beban terbagi merata balok induk as 6 A-C

- Dimensi rencana balok = 0,20x 0,30

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,20 \times 0,30 \times 24 = 1,44 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata (plat A trapesium dan plat B segitiga)

$$W_u = 8,464 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{ekuivalen}} &= \left(\frac{1}{6} \cdot W_u \cdot l_x \cdot (3 - (l_x / l_y)^2) \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot W_u \cdot l_x \right) \\ &= \left(\frac{1}{6} \cdot 8,464 \cdot 1,5 \cdot (3 - (1,5 / 3,15)^2) \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot 8,464 \cdot 1,5 \right) \\ &= 4,711 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Total beban merata (qC3)} = 4,711 + 1,44$$

$$= \mathbf{6,151 \text{ KN/m}}$$

4. Beban terbagi merata balok induk as 4-6 C

➤ Beban terbagi merata balok induk as 4-6 C

- Dimensi rencana balok = 0,20 x 0,30

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,20 \times 0,30 \times 24 = 1,44 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata (plat A segitiga)

$$W_u = 8,464 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{ekuivalen}} &= 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 8,464 \cdot 1,575 \right) \\ &= 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 8,464 \cdot 1,575 \right) \end{aligned}$$

$$= 8,887 \text{ KN/m}$$

$$\text{Total beban merata (qC4)} = 8,887 + 1,44$$

$$= \mathbf{10,327 \text{ KN/m}}$$

5. Beban terbagi merata balok induk as 4-6 B

- Dimensi rencana balok = 0,20 x 0,30

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,20 \times 0,30 \times 24 = 1,44 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata (plat A segitiga & plat B trapesium)

$$W_u = 8,464 \text{ KN/m}$$

$$q_{\text{ekuivalen}} = 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot W_u \cdot l_x \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot W_u \cdot l_x \cdot \left(3 - \left(\frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right) \right)$$

$$= 2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 8,464 \cdot 1,575 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot 8,464 \cdot 0,75 \cdot \left(3 - \left(\frac{0,75}{3} \right)^2 \right) \right)$$

$$= 24,889 \text{ KN/m}$$

$$\text{Total beban merata (qC5)} = 24,889 + 1,44$$

$$= \mathbf{26,329 \text{ KN/m}}$$

6. Beban terbagi merata balok induk as 6 A-C

- Beban terbagi merata balok induk as 4 A-C

- Dimensi rencana balok = 0,20x 0,30

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,20 \times 0,30 \times 24 = 1,44 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata (plat A trapesium dan plat B segitiga)

$$W_u = 8,464 \text{ KN/m}$$

$$q_{\text{ekuivalen}} = \left(\frac{1}{6} \cdot W_u \cdot l_x \cdot \left(3 - \left(\frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right) \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot W_u \cdot l_x \right)$$

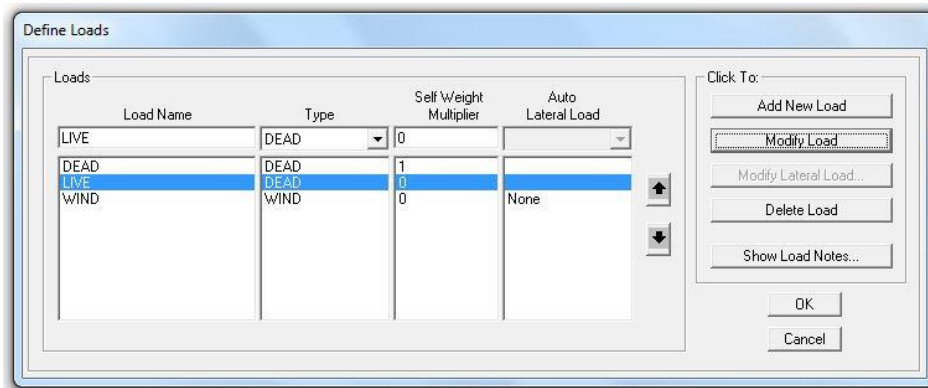
$$= \left(\frac{1}{6} \cdot 8,464 \cdot 1,5 \cdot \left(3 - \left(\frac{1,5}{3,15} \right)^2 \right) \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot 8,464 \cdot 1,5 \right)$$

$$= 4,711 \text{ KN/m}$$

$$\text{Total beban merata (qC6)} = 4,711 + 1,44$$

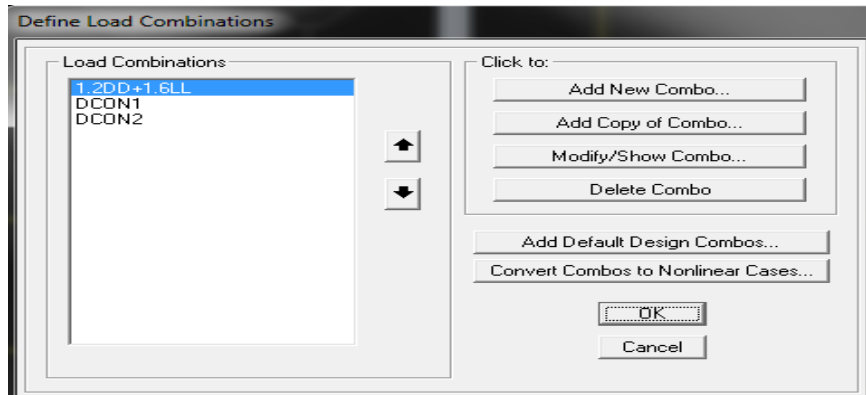
$$= \mathbf{6,151 \text{ KN/m}}$$

Kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur kuda-kuda di input ke dalam program SAP v.14 dengan cara mengisi beban apa saja yang bekerja dengan cara *Define-Load Patterns*, seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



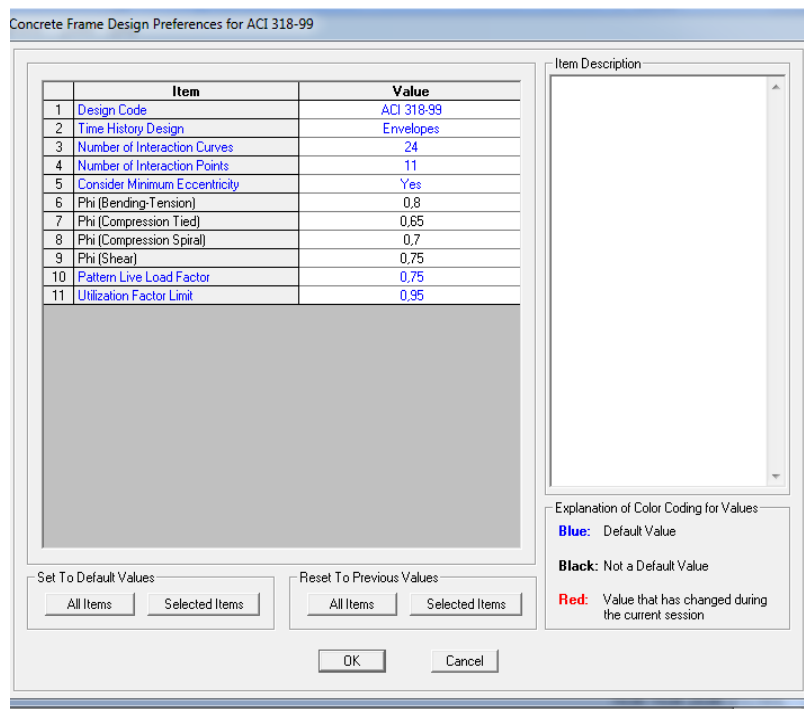
Gambar 6.2 Input beban

Kombinasi pembebanannya dapat diinput dengan cara *Define-Load Combinations*. Kombinasi pembebanan yang diinput dengan sap ditunjukkan pada gambar berikut :



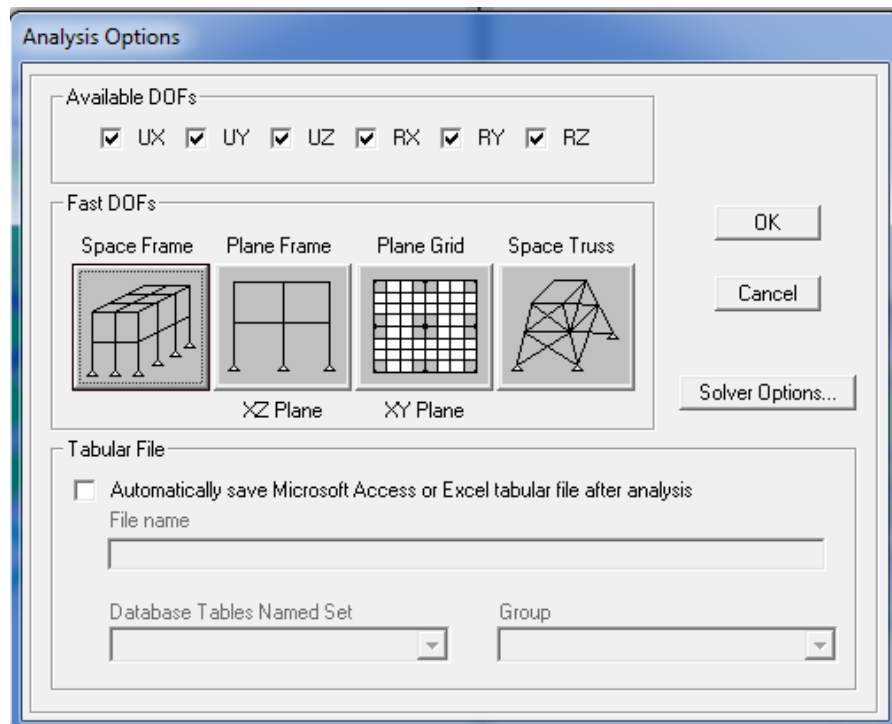
Gambar 6.3 Input Kombinasi

Acuan perencanaan yang akan digunakan dilakukan dengan cara *Design – Concrete Frame Design- View/Revise Preferences*, kemudian pilih ACI-318- 99 dengan memasukkan koefisien seperti gambar di bawah ini :



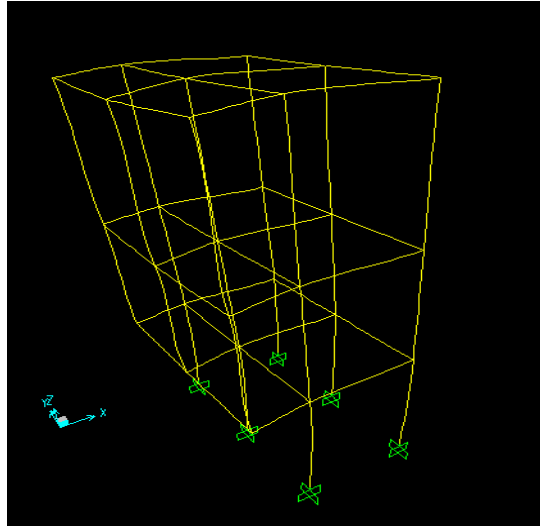
Gambar 6.4 Setting Acuan ACI-318- 99

Karena struktur akan dianalisis secara 3 dimensi maka pilih *Analyze - Set Analysis Options* dengan memilih sumbu *Space frame*.



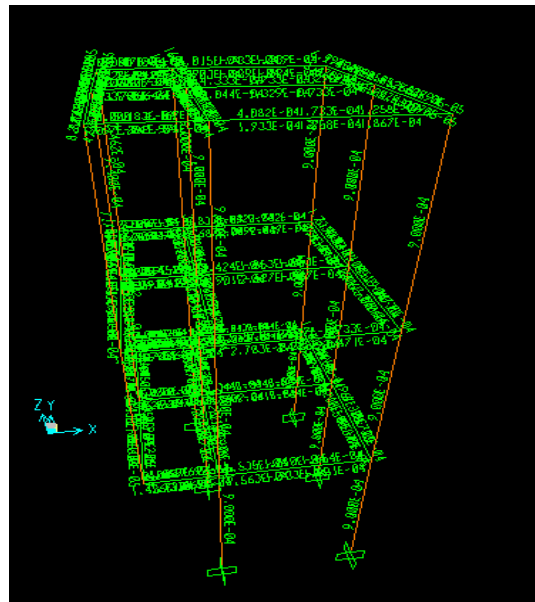
Gambar 6.5 Set Analysis Options

Kemudian pilih *Analyze- Run Analysis* atau tekan F5, selanjutnya akan muncul dilaaog *Set Load Cases to Run* kemudian pada *MODAL* klik *Do Not Run Case*. Selanjutnya *Klik Run Now* dan tunggu sampai proses *Analysis Complete*. Maka output dari proses *Run Analysis* ditunjukkan pada gambar berikut:



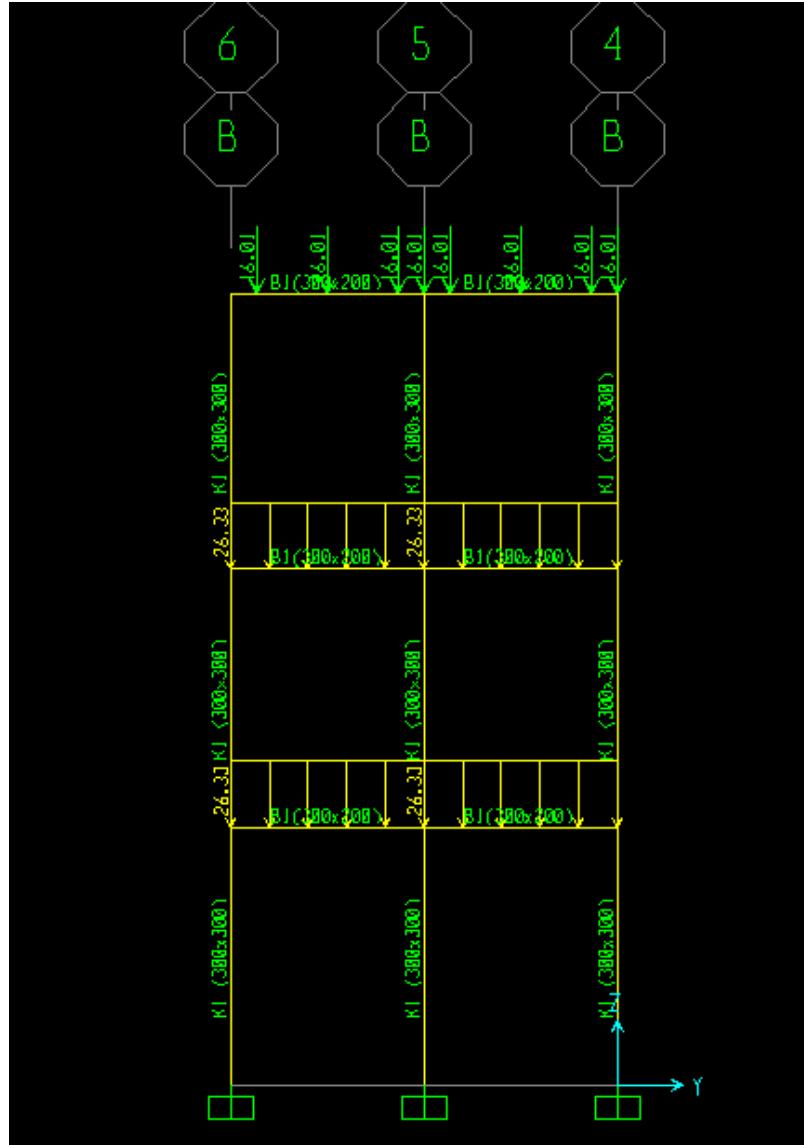
Gambar 6.6 *Output* Dari Proses *Run Analysis*

Untuk melihat kemampuan struktur dalam menerima beban dapat dilakukan dengan cara *Design - Concrete Frame Design – Start Design/ Check of Structures*.

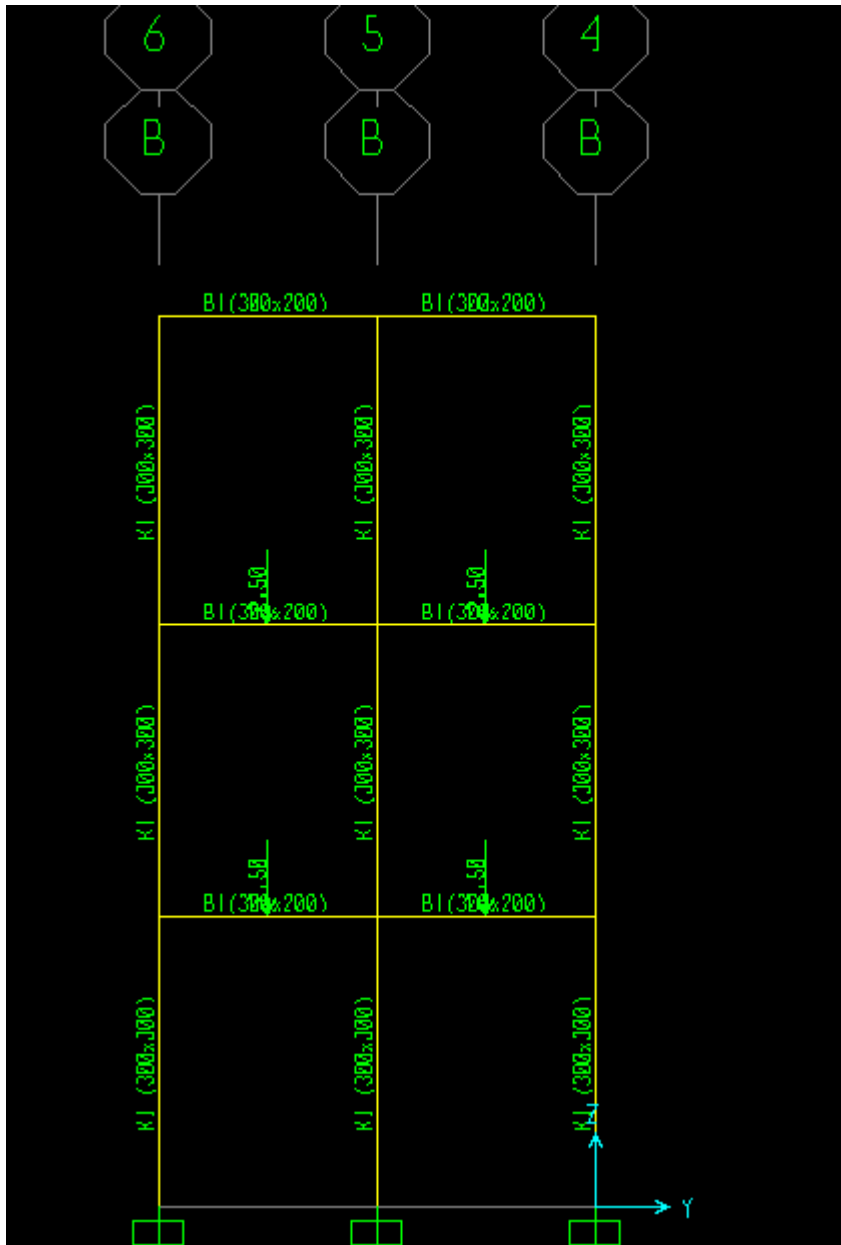


Gambar 6.7 Nilai Rasio Tegangan Elemen

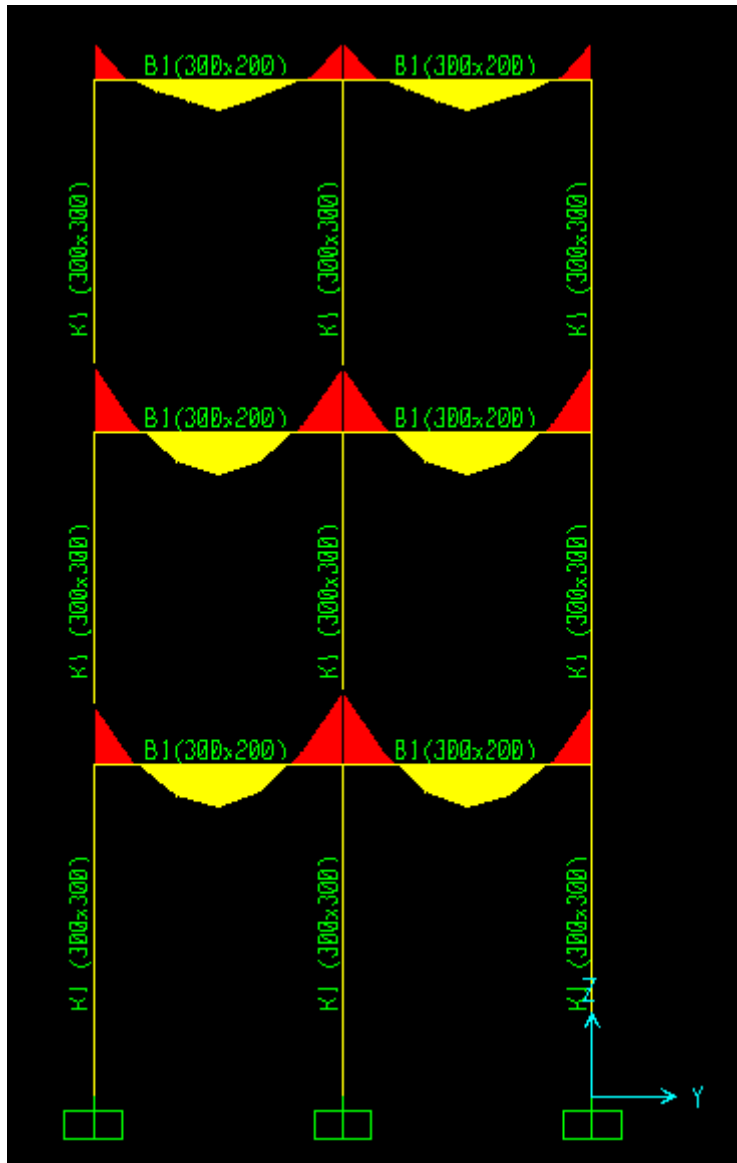
Hasil pembebanan pada portal menggunakan SAP v.14



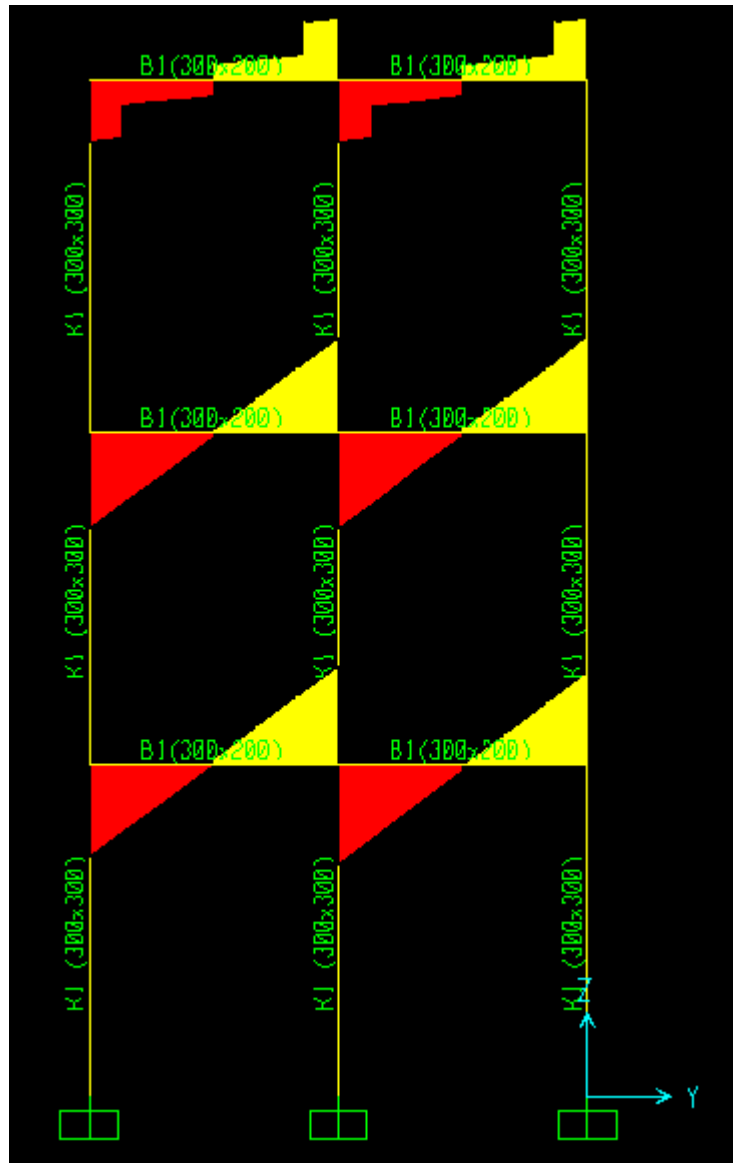
Gambar 6.8 Beban Mati



Gambar 6.9 Beban Hidup



Gambar 6.10 Momen Pada Balok dan Kolom



Gambar 6.11 Gaya Geser Balok dan Kolom

6.4 Pendimensian

Data Teknis :

BAHAN STRUKTUR			
Kuat Tekan Beton	$F_c=$	25	MPa
Tegangan Leleh baja (Polos) untuk tulangan lentur	$F_y=$	240	MPa
Tegangan Leleh baja (Ulir) untuk tulangan Geser	$F_y=$	390	MPa
DIMENSI BALOK RENCANA			
Lebar Balok	$b=$	200	mm
Tinggi Balok	$h=$	300	mm
Diameter Tulangan Ulir	$D=$	16	mm
Diameter Tulangan Polos	$\phi=$	10	mm
Selimut beton	$t_s=$	40	mm

BALOK (20 x 30)

HASIL OUTPUT SAP 2000			
Momen Rencana Positif akibat beban terfaktor	$M_u=$	27.439	KNm
Momen Rencana Negatif akibat beban terfaktor	$M_u=$	87,797	KNm
Gaya Geser Rencana akibat beban terfaktor	$V_u=$	98,185	KN
Momen Torsi Rencana akibat beban terfaktor	$T_u=$	0,001	KNm

Faktor pembentuk Distribusi tegangan beton (β_1)

(Pasal 12.2.7.3 SNI 03-2847-2002)

$$\begin{aligned} \text{Untuk } : f_c' \leq 30 \text{ MPa} \quad (\beta_1) &= 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 \\ (\beta_1) &= 0,85 - 0,05 * (20 - 30) / 7 \\ (\beta_1) &= 0,85 \end{aligned}$$

Penentuan Jarak Tulangan

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan sisi luar beton} \quad d' &= t_s + 1/2 \phi \text{ tul} + \phi \\ d' &= 40 + (0,5 \times 16) + 10 \\ d' &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif balok} \quad d &= h - d' \\ d &= 300 - 58 \\ d &= 242 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan Tulangan Lentur

Tulangan Momen Positif

$$M_u^+ = 27,439 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{27,439 \times 10^6}{0,8 \times 200 \times 242^2} = 2,928 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{390}{0,85 \times 25} = 18,353$$

Karena Mutu Baja (F_y) = 390 MPa

$$\rho_{\min} = 1,4/F_y = 1,4/390 = 0,0036$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n \cdot m}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{22,941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,928 \times 22,941}{390}} \right)$$

$$= 0,0081$$

$$\rho_b = \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \times \frac{0,85 \times 25}{390} \cdot \frac{600}{600 + 390}$$

$$= 0,028$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \times 0,028 = 0,021$$

Karena,

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \quad \text{Termasuk tulangan tunggal}$$

$$0,0036 < 0,0081 < 0,021 \quad \text{--> Maka pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0,0081 \times 200 \times 242 \\
 &= 392,640 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{392,640}{0,25 \times \pi \times 16^2} \\
 &= 1,953 \quad \approx 2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ Ada}} &= 0,25 \times \pi \times 16^2 \times 2 \\
 &= 402,123 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan **2 D 16** $A_s \rightarrow 402,1 \text{ mm}^2$

Cek :

$$\begin{aligned}
 a &= A_{s \text{ Ada}} \times F_y / (0,85 \times f_c \times b) \\
 &= 402,123 \times 390 / (0,85 \times 25 \times 200) \\
 &= 36,901 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \times F_y \times (d - (a/2)) \\
 &= 392,640 \times 390 / (242 - 39,9/2) \\
 &= 35058906,66 \text{ Nmm} \\
 &= 35,1 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Tahanan Momen balok

$$\phi M_n = 0,8 \times 35,1 \text{ KNm} = 28,05 \text{ KNm}$$

Syarat :

$$\phi M_n > M_u$$

$$28,05 > 27,439 \quad \rightarrow \quad \text{AMAN}$$

Tulangan Momen Negatif $M_u^- = 87,797 \text{ KNm}$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{87,797 \times 10^6}{0,8 \times 200 \times 242^2} = 9,370 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{390}{0,85 \times 25} = 18,353$$

Karena Mutu Baja (F_y) = 390 MPa

$$\rho_{\min} = 1,4/F_y = 1,4/390 = 0,0036$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n \cdot m}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,37 \times 18,353}{390}} \right)$$

$$= 0,043$$

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \times \frac{0,85 \times 25}{390} \cdot \frac{600}{600 + 390}$$

$$= 0,028$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \times 0,028 = 0,021$$

Karena,

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \quad \text{Termasuk tulangan tunggal}$$

$$0,0036 > 0,0430 < 0,021 \quad \text{--> pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,043 \times 200 \times 242$$

$$= 2081,2 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{2081,2}{0,25 \times \pi \times 16^2}$$

$$= 10,351 \approx 11$$

$$A_{S\text{ Ada}} = 0,25 \times \pi \times 16^2 \times 4 = 2211,681 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipasang tulangan } \mathbf{4 D 16} \quad A_s = 2211,681 \text{ mm}^2$$

Cek :

$$a = \frac{A_{s\text{ ada}} \times F_y}{(0,85 \times f_c \times b)}$$

$$= \frac{2211,68 \times 390}{(0,85 \times 25 \times 200)}$$

$$= 202,954 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s\text{ ada}} \times F_y \times (d - (a/2))$$

$$= 2211,68 \times 390 / (242 - 202,95 / 2)$$

$$= 121208792,04 \text{ Nmm}$$

$$= 121,2 \text{ KNm}$$

Tahanan Momen Balok

$$\phi M_n = 0,8 \times 121,2 = 96,97 \text{ KNm}$$

Syarat :

$$\phi M_n > M_u$$

$$96,97 > 87,797 \rightarrow \text{AMAN}$$

Menghitung Kebutuhan Tulangan Geser

$$V_u = 98,185 \text{ KN}$$

$$\text{Faktor reduksi geser} = 0,75$$

$$\text{Tegangan leleh tulangan} = 240 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \times 1/6 \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &= \phi \times 1/6 \times \sqrt{25} \times 200 \times 242 \\ &= 30250 \text{ N} \\ &= 30,25 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$1/2 \cdot \phi V_c = 15,125 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}V_s &= (V_u/\phi) - V_c \\ &= (98,185/0,75) - 30,25 \\ &= 100,6633333 \text{ KN} \\ &= 100663,3333 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\min}} &= 1/3 \times b \times d \\
 &= 1/3 \times 200 \times 242 \\
 &= 16133 \text{ N} \\
 &= 16,133 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\text{maks}}} &= 2/3 \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\
 &= 2/3 \times \sqrt{25} \times 200 \times 242 \\
 &= 161333,3333 \text{ N} \\
 &= 161,3333333 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Cek kebutuhan tulangan :

jika :

$$V_u < 1/2 \cdot \phi V_c \quad \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser} \quad \text{NOT}$$

$$1/2 \cdot \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad \rightarrow \text{Pasang tulangan geser minimum} \quad \text{NOT}$$

$$\phi V_c \leq V_u \leq V_{S_{\text{maks}}} \quad \rightarrow \text{Perlu tulangan geser} \quad \text{OK}$$

$$\text{Karena : } \phi V_c \leq V_u \leq V_{S_{\text{maks}}}$$

$$30,25 \leq 98,185 \leq 161,3333 \rightarrow \text{maka perlu tulangan geser}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vs} &= 2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2 \\
 &= 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{\phi \times A_{vs} \times F_y \times d}{V_s}$$

$$V_s$$

$$= \frac{0,75 \times 157,08 \times 240 \times 242}{100663,333}$$

$$100663,333$$

$$= 67,973 \text{ mm}$$

diambil $S_{pakai} = 100 \text{ mm}$

Maka dipasang tulangan geser $\phi 10 - 100$

Menghitung tulangan akibat Geser +Torsi

$$V_u = 98185 \quad \text{N}$$

$$T_u = 1000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} C_t &= \frac{b_w \cdot d}{\Sigma x^2 \cdot y} \\ &= \frac{200 \times 242}{200^2 \times 300} \\ &= 0,00403 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1/6 \sqrt{f_c} b \cdot d}{\sqrt{1+(2,5 \cdot C_t \cdot T_u/V_u)^2}} \\ &= \frac{1/6 \cdot \sqrt{25 \cdot 200 \cdot 242}}{\sqrt{1+(2,5 \cdot 0,004 \cdot 1000/98185)^2}} \\ &= 40333,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \cdot V_c \\ &= 0,75 \cdot 40333,33 \\ &= 30249,99984 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_c &= \frac{1}{15} \sqrt{f_c \Sigma x^2 \cdot y} \\
&\quad \sqrt{1 + ((0,4 \cdot V_u) / C_t \cdot T_u)^2} \\
&= \frac{1}{15} \cdot \sqrt{25 \cdot 200^2 \cdot 300} \\
&\quad \sqrt{1 + ((0,4 \cdot 98185) / (0,004 \cdot 1000))^2} \\
&= 410,7891544 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi T_c &= 0,75 \cdot 410,7891544 \\
&= 308,0918658 \text{ N}
\end{aligned}$$

Kontrol

$$V_u \leq 5 \cdot \phi V_c$$

$$98185 \leq 5 \cdot 40333,33$$

$$98185 \leq 151249,9992 \quad \text{--> OK desain boleh dilanjutkan}$$

$$T_u \leq 5 \cdot \phi T_c$$

$$1000 \leq 5 \cdot 308,09$$

$$1000 \leq 1540,459329 \quad \text{--> OK desain boleh dilanjutkan}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
\phi V_s &= V_u - \phi V_c \\
&= 98185 - 30250 \\
&= 67935,00016 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi T_s &= T_u - \phi T_c \\
&= 1000 - 308,09 \\
&= 691,9081342 \text{ N}
\end{aligned}$$

Menghitung Luasan tulangan :

a. Akibat Geser

$$\underline{A_v} = \underline{\phi V_s}$$

$$S = \phi F_{ys} \cdot d$$

$$= \underline{67935}$$

$$0,75 \cdot 240 \cdot 242$$

$$= 1,560 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$X1 = b - 2(\text{tebal selimut} + 1/2 \text{ d.sengkang})$$

$$= 200 - 2 (40 + 1/2 \cdot 10)$$

$$= 110 \text{ mm}$$

$$Y1 = h - 2(\text{tebal selimut} + 1/2 \text{ d.sengkang})$$

$$= 300 - 2 (40 + 1/2 \cdot 10)$$

$$= 210 \text{ mm}$$

$$\alpha_t = \frac{2 + Y1/X1}{3} \leq 1,5$$

3

$$= \frac{2 + 210/110}{3} \leq 1,5$$

3

$$= 2,636 > 1,5 \rightarrow \text{maka gunakan } \alpha_t = 1,5$$

$$\begin{aligned} \underline{At} &= \frac{\phi Ts}{S} \\ &= \frac{691,9081342}{0,75 \cdot 1,5 \cdot 240 \cdot 110 \cdot 210} \\ &= 0,0001162 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{Avt} &= \frac{Av}{S} + 2 \frac{At}{S} \\ &= 1,56 + 2 \cdot 0 \\ &= 1,560 \end{aligned}$$

dipakai tulangan Senggang (ϕ) 10 mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{1,560} \\ &= 157,080 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser ϕ 10 - 150

Kebutuhan Tulangan Memanjang Torsi

$$\begin{aligned} AL &= 2 \cdot \frac{At}{S} (X1+Y1) \\ &= 2 \cdot 0 (110 + 210) \\ &= 0,070 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka Satu Sisi Menerima

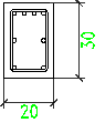
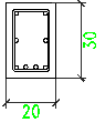
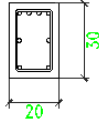
$$\frac{AL}{4} = \frac{0,070}{4}$$

$$= 0,018$$

$$n = \frac{0,018}{0,25 \times \pi \times 16^2}$$

$$= 0,000092 \approx 1$$

Dipakai Tulangan **1 D 16** → $A_s = 201,1 \text{ mm}^2$

B1 20x30	Gambar Penampang Balok	Tumpuan (1/4L)	Lapangan	Tumpuan (1/4L)
				
Tul. Atas	4 D16	2 D16	4 D16	
Tul. Tengah	1 D16	1 D16	1 D16	
Tul. Bawah	2 D16	4 D16	2 D16	
Sengkang	∅10-100	∅10-150	∅10-100	

Gambar 6.12 Tulangan Balok

6.5 Perhitungan Kolom

Direncanakan ukuran kolom :

$$b = 300 \text{ mm} \quad D = 19 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm} \quad \phi = 10 \text{ mm}$$

$$t_s = 40 \text{ mm} \quad f_{ys} = 240 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa} \quad f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} A_{gr} &= 300 \times 300 \\ &= 90000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Out put Dari SAP :

$$P_u = 28,635 \text{ KN}$$

$$M_u = 17,263 \text{ KNm}$$

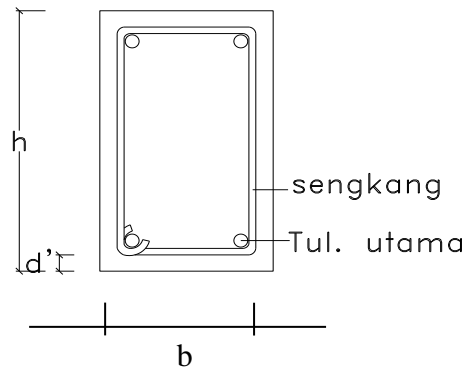
$$e_t = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{17,263}{28,635}$$

$$= 0,6028 \text{ m} = 602,8 \text{ mm}$$

$$= \frac{e_t}{h}$$

$$= \frac{602,8}{300} = 2,009 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 d' &= t_s + 1/2 D \text{ tul.} + \emptyset \\
 &= 40 + (0,5 \times 19) + 10 \\
 &= 59,5 \leq 70 \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - d' \\
 &= 300 - 59,5 \\
 &= 240,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} = \frac{28,635}{0,8 \cdot 90000 \cdot 0,85 \cdot 25} = 0,23 > 0,1$$

$$\left(\frac{P_u}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c} \right) \cdot \left(\frac{e_t}{h} \right) = 0,23 \cdot 2,009 = 0,46$$

Dari tabel struktur beton bertulang berdasar pada SKSNI T-15-1991-03 Pasal

3.2.3 didapatkan :

$$r = 0,036 ; \beta = 0,8 \text{ (nilai } f'_c = 20) ; \rho = 0,36$$

$$A_{st} = \rho \cdot A_{gr} = 0,36 \cdot 90000 = 3240 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{A_{st}}{4} = \frac{3240}{4} = 810 \text{ mm}^2 \quad \text{Per sisi}$$

Jadi, dari tabel struktur beton bertulang berdasar pada SKSNI T-15-1991-03

Tabel A-4, maka digunakan tulangan 3 D 19 \rightarrow A_s yang ada $850,5 \text{ mm}^2$

untuk persisi.

Menghitung tulangan geser kolom

Hasil Dari Sap :

$$V_u = 7,74 \text{ KN}$$

$$\text{Faktor reduksi geser} = 0,75$$

$$\text{Tegangan leleh tulangan} = 240 \text{ MPa}$$

$$\phi V_c = \phi \times 1/6 \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$= \phi \times 1/6 \times \sqrt{25} \times 300 \times 240 \times 5$$

$$= 45093,75 \text{ N}$$

$$= 45,09375 \text{ KN}$$

$$1/2 \cdot \phi V_c = 22,546875 \text{ KN}$$

$$V_s = (V_u/\phi) - V_c$$

$$= (7,74 / 0,75) - 45,09375$$

$$= -34,77375 \text{ KN}$$

$$= -34773,75 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ min}} = 1/3 \times b \times d$$

$$= 1/3 \times 300 \times 240,5$$

$$= 24050 \text{ N}$$

$$= 24,05 \text{ KN}$$

$$V_{s \text{ maks}} = 2/3 \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$= 2/3 \times \sqrt{20} \times 300 \times 240,5$$

$$= 240500 \text{ N}$$

$$= 240,5 \text{ KN}$$

$$\text{Dipasang sengkang } \varnothing 10 \rightarrow A_v = 2 \times (0,25 \times \pi \times 10^2) = 157 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak sengkang}(S) = \frac{A_v \times f_{ys} \times d}{v_s} = \frac{157 \times 240 \times 240,5}{-30264,633} = 299,426 \text{ mm}$$

$$v_s = -30264,633$$

$$6 \times D = 6 \times 19 = 114 \text{ mm} \approx 150$$

Jadi sengkang yang di pakai $\varnothing 10 - 150$

jika :

$V_u < 1/2. \phi V_c$ Tidak perlu tulangan geser OK

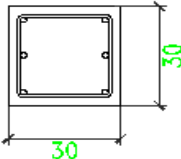
$1/2. \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$ Pasang tulangan geser minimum NOT

$\phi V_c \leq V_u \leq V_{s \text{ maks}}$ Perlu tulangan geser NOT

Karena : $V_u < 1/2. \phi V_c$

$$7.74 < 20,292$$

maka tidak perlu tulangan geser

K1 30x30	Gambar Penampang Kolom	
	Tul. Utama	6 D19
	Sengkang	$\varnothing 10-150$

Gambar 6.13 tulangan kolom