

## **PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG BANGUNAN HOTEL MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN**

**Ummi Chasanah<sup>1\*</sup>, Arief Kusbiantoro<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi DIII Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pandanaran  
Jl. Banjarsari Barat No. 1 Tembalang Semarang 50275  
Email\* : chasanah\_ummi@yahoo.com

### **ABSTRAK**

Yogyakarta dianggap sebagai daerah rawan gempa. Hal ini dibuktikan dengan gempa berskala kuat melanda wilayah Yogyakarta seperti yang terjadi pada tahun 2007, 2009, dan 2013. Oleh karena itu, bangunan tahan gempa perlu direncanakan dengan baik agar terhindar dari kerugian material dengan perencanaan struktur tahan gempa secara maksimal. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk merencanakan struktur beton bertulang bangunan hotel di Yogyakarta. Struktur bangunan meliputi lempengan struktural, balok, kolom, sloof dan pondasi. Perhitungan struktur tersebut didasarkan pada SNI 03-2847-2013, SNI 03-1726 - 2012, PBI 1983 dan literatur pendukung desain struktural lainnya. Perencanaan struktur dilakukan dengan menggunakan aplikasi ETABS untuk mendapatkan kekuatan internal yang terjadi. Dari kekuatan internal tersebut, diperoleh pelat penguat dengan tebal 10 cm, alas tumpuan dengan diameter 10 cm, jarak 15 cm, dan untuk diameter lapangan 10 cm jarak 20 cm, balok 25 cm / 45 cm dengan tulangan tarikan tiga dengan D22 mm, dan dua tekan dengan D22 mm. Kolom penguat Ø12, D16, sloop 35 cm / 60 cm dengan tulangan tekan 4 dengan D22 mm dan tarik 3 dengan D22 mm. pile cap dengan tebal 60 cm dan 40 cm x 40 cm tumpukan dengan 4 tulangan D16 mm dengan kedalaman 26 m.

*Kata kunci : Bangunan, Tahan Gempa, aplikasi ETABS.*

### **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak pada daerah rawan gempa, baik itu gempa vulkanik maupun gempa tektonik. Begitu pun halnya dengan Kota Yogyakarta karena terletak di antara pertemuan dua lempeng benua besar (lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia) dan patahan (sesar) Semangko, serta dekat dengan patahan Mentawai. Dengan keadaan geografis yang demikian maka konstruksi gedung di Kota Yogyakarta harus direncanakan sebaik mungkin dengan asumsi mampu menahan gaya lateral dan aksial yang akan terjadi.

Suatu struktur dikatakan cukup kuat bila kemungkinan terjadinya kegagalan struktur yang direncanakan kecil, dan disebut awet apabila struktur tersebut dapat menerima keausan dan kerusakan yang terjadi selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan.

Jika bangunan tahan gempa tidak direncanakan sebaik mungkin maka akan dapat menimbulkan kerugian jiwa dan materi yang sangat besar. Dengan merencanakan struktur tahan gempa yang baik dapat dihindari dan perencanaan menjadi maksimal. Bila terjadi gempa ringan kerusakan non-struktural tidak boleh terjadi, bila terjadi gempa sedang kerusakan non-struktural boleh terjadi tetapi kerusakan struktural tidak boleh, sedangkan pada gempa besar kerusakan non-struktural dan struktural boleh terjadi akan tetapi penghuni dapat menyelamatkan diri. Aspek yang mempengaruhi ketahanan bangunan tersebut, antara lain periode bangunan yang dipengaruhi oleh massa dan kekakuan struktur itu sendiri. Kekakuan struktur itu dipengaruhi oleh dimensi dan kondisi struktur serta bahan yang digunakan pada struktur.

Pada tulisan ini bangunan direncanakan dengan material struktur beton bertulang dengan metode sistim rangka penahan momen khusus (SRPMK) dengan konsep strong colum and weak beam

dimana komponen struktur dan joint menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Dalam tulisan ini akan dibuat contoh perencanaan sebuah bangunan hotel di Kota Yogyakarta dengan struktur beton bertulang yang ditujukan dapat menahan beban gempa yang terjadi, sesuai dengan peraturan – peraturan dalam SNI 03-1726-2012 dan SNI 03 – 2847 - 2013.

Adapun maksud dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang bangunan dengan struktur beton bertulang (SRPM) menggunakan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013.
2. Merancang Gedung Tahan Gempa sesuai dengan standar perencanaan ketahanan gempa untuk gedung sesuai SNI 03-1726-2012.

Tujuan penulisan ini adalah :

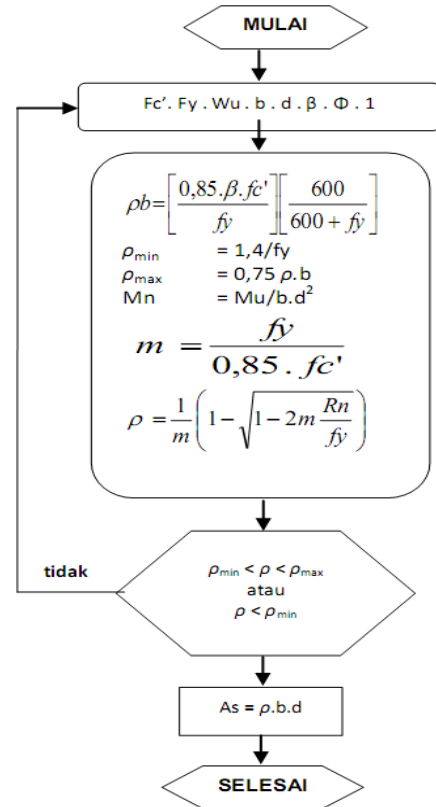
1. Mendapatkan dimensi pelat, balok dan kolom yang mampu menahan gempa dan memenuhi persyaratan keamanan struktur.
2. Mendapatkan luas tulangan dan penulangan pelat, balok dan kolom yang mampu menahan gempa dan memenuhi persyaratan keamanan struktur.
3. Memperoleh ukuran dan dimensi pondasi yang dapat memikul struktur hotel yang direncanakan berdasarkan data tanah yang dipakai.

**METODOLOGI**

Pada perhitungan struktur tersebut didasarkan pada peraturan SNI 03-2847-2013, SNI 03-1726 - 2012, dan PBI 1983 serta literatur pendukung desain struktural lainnya. Sedangkan untuk perencanaan struktur dilakukan dengan menggunakan aplikasi ETABS untuk mendapatkan kekuatan internal yang terjadi.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR**

Analisa Penulangan Pelat Flow Chart Perhitungan Pelat



**Perencanaan Pondasi**

Tahap – tahap perencanaan pondasi antara lain :

1. Menghitung pembebanan.
2. Menghitung daya dukung fondasi.
  - a. Menentukan Beban maksimum (q max)

$$q \text{ max} = \frac{N}{A} + \frac{6Mx}{BL^2} + \frac{6My}{LB^2}$$

Dimana :

N = Beban total pondasi (Kg)

B = Panjang fondasi ( m )

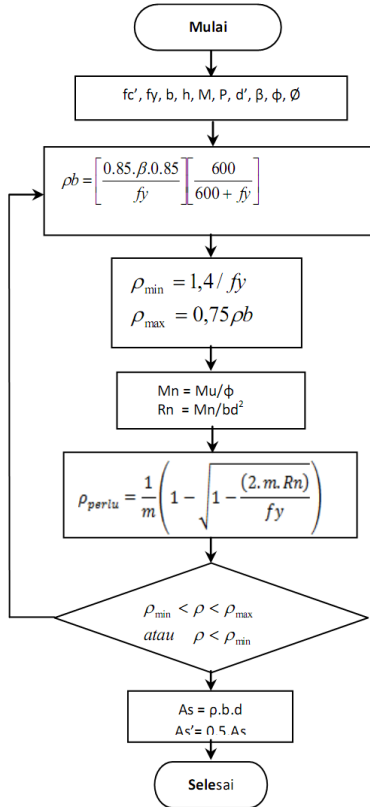
L = Lebar fondasi ( m )

A = Luas fondasi (m2)

M = Momen Yang bekerja (Kgm)

Analisa Penulangan Balok

Flow Chart Desain Balok Persegi



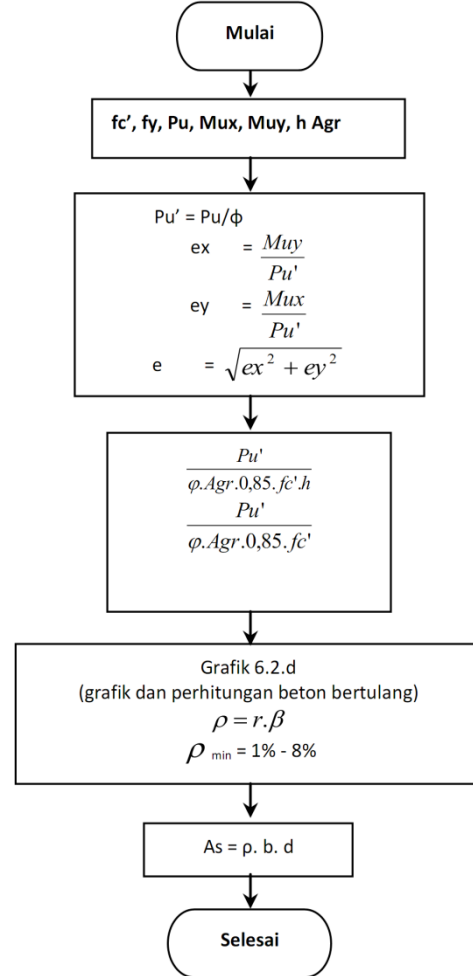
- b. Menentukan daya dukung tanah
3. Menghitung penulangan pondasi  
Setelah dilakukan cek kestabilan terhadap fondasi, tahap selanjutnya adalah perencanaan tulangan dari fondasi. Langkah perencanaan adalah :

- a. Menentukan nilai  $\rho$  min dan  $\rho$  max

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{\beta \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

Flow Chart Perhitungan Kolom



- b. Menentukan Luas tulangan ( $A_s$ ) yang digunakan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Luas Tulangan Rencana

$$A_{st} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_s}{A_{st}}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{B}{n}$$

- c. Menentukan kemampuan tulangan menahan gaya Geser

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

$$V_n = \frac{V_u}{\Phi}$$

Dimana,  $V_n < V_c$

Jika  $V_n < V_c$  artinya gaya geser terjadi lebih kecil dari gaya geser yang direncanakan.

**Perencanaan Dimensi Balok**

Dimensi balok direncanakan pada kondisi balok ditumpu dua tumpuan sederhana. (SNI 03-2847-2013)

1. Balok Induk

a. Tinggi Balok :

Dimana

L = bentang terpanjang antar tumpuan

L = 6500 mm

$$h \geq \frac{L}{16}$$

Maka :  $h \geq 40,25$  mm, maka tinggi balok induk yang digunakan 450 mm

b. Lebar Balok :

$$\frac{1}{2} h \leq b \leq \frac{2}{3} h$$

maka diambil lebar balok = 250 mm

Jadi ukuran balok induk yang digunakan 300 x 400 mm

2. Balok Anak

a. Tinggi Balok :

Dimana

L = bentang terpanjang antar tumpuan

L = 6500 mm

$$h \geq \frac{L}{16} \quad h \geq 40,25$$

Maka :  $h \geq 40,25$  mm, maka tinggi balok induk yang digunakan 450 mm

b. Lebar Balok :

$$\frac{1}{2} h \leq b \leq \frac{2}{3} h$$

maka diambil lebar balok = 250 mm

Jadi ukuran balok anak yang digunakan 250 x 450 mm.

**Perencanaan Dimensi Sloof**

Untuk perencanaan dimensi sloof menurut SNI 03-2847-2013 dihitung dengan rumus :

a. Tinggi Sloof :

Dimana

L = bentang terpanjang antar tumpuan

L = 6500 mm

Maka :  $h \geq 541,7$  mm, tinggi sloof yang digunakan 600 mm

b. Lebar Sloof :

$$\frac{1}{2} 600 \leq b \leq \frac{2}{3} 600$$

maka diambil lebar balok = 250 mm Jadi ukuran balok anak yang digunakan 300 x 600 mm

**Perencanaan Dimensi Pelat**

1. Perencanaan Tebal Plat

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002, pelat direncanakan monolit dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya.

$$h_{max} \geq \frac{Ln (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36}$$

Dimana :

Ln = bentang terpanjang dikurangi lebar balok

Fy = tegangan leleh baja

$\beta$  = perbandingan antara bentang bersih yang terpanjang dengan bentang bersih terpendek.

Maka :

$$Fy = 240 \text{ Mpa} \quad \beta = \frac{4500}{3000} = 1,5$$

$$h_{min} = \frac{4500 (0,8 + \frac{400}{1500})}{36 + 9 \cdot 1,5} = 97,05 \text{ mm}$$

$$h_{max} = \frac{4500 (0,8 + \frac{400}{1500})}{36} = 139,26 \text{ mm}$$

Nilai h adalah 97,05 mm h 139,26 mm, maka dicoba tebal pelat 120 mm untuk typical dan 100 mm untuk pelat atap.

**Perencanaan Dimensi Kolom**

Perhitungan dimensidirencanakan dengan asumsi sebagai berikut :

a. Pembebanan diambil dari setengah bentang

yang bersebelahan dalam arah x dan arah y

b. Ujung-ujung kolom dianggap terjepit

c. Beban yang bekerja hanya beban grafitasi saja

Perhitungan dimensi awal kolom dihitung berdasarkan SNI-03-2847-2013 dengan persamaan berikut :

$$\phi Pn_{max} = 0,8 \cdot \phi [ (0,85 \cdot fc' \cdot (Ag - Ast)) + fy \cdot Ast ]$$

dimana :

$\phi Pn_{max}$  = beban aksial maksimum

Ag = luas penampang kolom

Ast = 1,5 % x Ag

$$\begin{aligned} \phi P_n \max &= 0,8 \cdot \phi [ (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st})) \\ &\quad + f_y \cdot A_{st}] \\ P_n \max &= 0,8 [ (0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,015 \cdot A_g)) + \\ &\quad 400 \cdot 0,015 A_g \\ &= 0,8 [(21,25 \cdot (A_g - 0,015 \cdot A_g)) + 6 \cdot A_g] \\ &= 0,8 [21,25 \cdot A_g - 0,31875 \cdot A_g + 6 \cdot A_g] \\ A_g &= 0,046 P_n \max \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

**Pembebanan Struktur**

Analisa Pembebanan Akibat Gaya Gravitasi (Vertikal)

1. Pembebanan pada lantai atap
  - a. Beban mati (DL)
  $q_{DL} = (18 + 20) = 38 \text{ kg/m}^2$
  - b. Beban hidup (LL)
  $q_{DL} = (100 + 50) = 150 \text{ kg/m}^2$
2. Pembebanan pada lantai 2=1=dasar
 

Pembebanan pada lantai 1

  - a. Beban mati (DL)
  $q_{DL} = (18 + 24 + 21 + 20) = 83 \text{ kg/m}^2$
  - b. Beban hidup (LL)
 

Beban hidup Lantai 2,1 dan dasar = 250 Kg/m<sup>2</sup>

**Analisa Beban Gempa (Gaya Horizontal)**

1. Perhitungan Berat Bangunan Total (WT)

Tingkat Lantai	Berat sendiri (KN)	Beban mati tambahan (KN)	Beban hidup tambahan (KN)	Beban total (KN)
Tie Beam (Sloof)	3826,357	200,88	627,75	4654,987
Lantai 1	3711,953	2618,46	627,75	6958,163
Lantai 2	3706,249	2618,46	627,75	6878,239
Lantai 3	3290,198	2417,58	376,65	6010,209
Beban				24501,598

2. Kategori Resiko Bangunan
 

Bangunan hotel termasuk dalam kategori II.
3. Faktor keutamaan
 

Karena hotel termasuk dalam kategori II, faktor keutamaannya adalah 1.
4. Klasifikasi situs
 

Berdasarkan tabel pada SNI 03-1726-2012 klasifikasi situs yang digunakan adalah kelas E karena bangunan terdapat pada tanah lunak.
5. Parameter percepatan gempa pada peta
 

Dengan lokasi bangunan yang terletak di Kota Yogyakarta, maka berdasarkan peta respon spektral percepatan 2 detik (S<sub>s</sub>) dan 1 detik (S<sub>1</sub>) didapatkan S<sub>s</sub> = 1,25g dan S<sub>1</sub> = 0,55g
6. Koefisien situs dan parameter respon spektral

Selanjutnya tentukan koefisien periode pendek (F<sub>a</sub>) dan koefisien periode 1 detik (F<sub>v</sub>). F<sub>a</sub> = 0,9 dan F<sub>v</sub> = 0,9

7. Parameter percepatan spektral desain
 

Parameter percepatan respon desain untuk periode pendek (SD<sub>s</sub> = 0,75g) dan periode 1 detik (SD<sub>1</sub> = 0,33g)
8. Kategori desain seismik
 

Berdasarkan SD<sub>s</sub> dan SD<sub>1</sub> dapat diketahui bahwa bangunan termasuk dalam kategori desain seismik D.
9. Koefisien reduksi gempa
 

Koefisien reduksi gempa yang digunakan adalah 8 berdasarkan jenis struktur (SRPMK) dan Kategori desain seismik.
10. Design base shear
 

Berdasarkan data – data yang didapat di atas, didapatkan Desain seismic arah x (V<sub>x</sub>) = 2107,14 kN dan V<sub>y</sub> = 2327,5 kN
11. Distribusi gaya vertikal arah x

Tingkat	h <sub>x</sub> (m)	h <sub>y</sub> (m)	Berat Lantai (KN)	W <sub>x</sub> (KN)	C <sub>dx</sub>	V <sub>x</sub> (%)	V <sub>y</sub> (KN)	V <sub>base</sub> (KN)
3	12	12,3	4654,987	57250,34	0,56	2107,14	756,57	756,57
2	8,5	8,68	6958,163	80390,85	0,38	2107,14	800,71	1556,28
1	5	5,08	6878,239	34941,45	0,22	2107,14	465,57	2022,85
TB	1	1	6010,209	6010,21	0,04	2107,14	84,29	2107,14
			24501,598	158,604,85				

12. Distribusi gaya vertikal arah y

Tingkat	h <sub>x</sub> (m)	h <sub>y</sub> (m)	Berat Lantai (KN)	W <sub>y</sub> (KN)	C <sub>dy</sub>	V <sub>x</sub> (%)	V <sub>y</sub> (KN)	V <sub>base</sub> (KN)
3	12	12,3	4654,987	57250,34	0,56	2327,89	837,88	837,88
2	8,5	8,68	6958,163	80390,85	0,38	2327,89	894,51	1722,40
1	5	5,08	6878,239	34941,45	0,22	2327,89	512,08	2234,58
TB	1	1	6010,209	6010,21	0,04	2327,89	93,11	2327,89
			24501,598	158,604,85				

13. Perhitungan gaya lateral gempa statik ekuivalen

Lantai	Perhitungan gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus			
	F <sub>x</sub> (kN)	30% F <sub>x</sub> (kN)	F <sub>y</sub> (kN)	30% F <sub>y</sub> (kN)
Lantai 3	756,57	227,571	837,95	251,385
Lantai 2	800,71	240,213	894,51	268,353
Lantai 1	465,57	139,671	512,08	153,624
Tie Beam	84,29	25,287	93,11	27,933

14. Menentukan eksentrisitas rencana

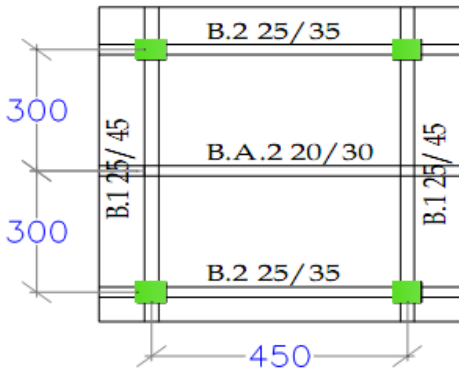
Lantai	pusat massa		pusat rotasi		eksentrisitas (e)		ed = 1,5e + 0,05b		koordinat pusat massa	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
tie beam	15,50	13,56	13,50	13,13	0,00	0,43	1,35	1,99	14,13	11,14
Lantai 1	15,50	13,57	13,50	13,15	0,00	0,42	1,35	1,99	14,13	11,16
Lantai 2	15,50	13,59	13,50	13,23	0,00	0,36	1,35	1,89	14,15	11,34
Lantai 3	15,50	13,61	13,50	13,30	0,00	0,31	1,35	1,82	14,15	11,48

15. Selanjutnya input beban gempa yang dihitung ke aplikasi ETABS

**PENULANGAN PORTAL**

Penulangan Pelat Lantai Atap

**1. PELAT DUA ARAH**



$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \text{ qu}/x^2 \quad X \quad X = 36,5 \\
 &= 0,001 (573,6) (2,75)^2 (32,95) \\
 &= 142,93 \text{ kg.m} \\
 M_{ly} &= 0,001 \text{ qu}/x^2 \quad X \quad \text{dimana } X = 16,5 \\
 &= 0,001 (573,6) (2,75)^2 (18,35) \\
 &= 71,57 \text{ kg.m} \\
 M_{tx} &= - 0,001 \text{ qu}/x^2 \quad X \quad X = 77,5 \\
 &= - 0,001 (573,6) (2,75)^2 (77,5) \\
 &= - 336,18 \text{ kg.m} \\
 M_{ty} &= - 0,001 \text{ qu}/x^2 \quad X \quad \text{dimana } X = 57 \\
 &= - 0,001 (573,6) (2,75)^2 (57) \\
 &= - 247,26 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

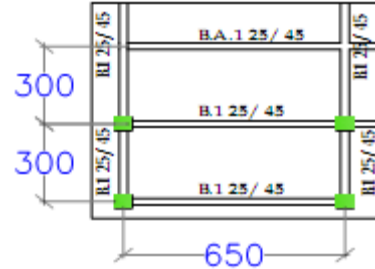
**Penulangan**

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} = 0,0403
 \end{aligned}$$

1. Lapangan X  
As = 0,0058.1000.65  
= 377 mm<sup>2</sup> (P10-200)
2. Lapangan Y  
As = 0,0058.1000.65  
= 377 mm<sup>2</sup> (P10-200)
3. Tumpuan X  
As = 0,0071.1000.75  
= 534 mm<sup>2</sup> (P10-140)

4. Tumpuan Y  
As = 0,0076.1000.75  
= 494 mm<sup>2</sup> (P10-140)

**2. PLAT SATU ARAH**



qu = 573,6 kg/m, momen di tumpuan eksterior = 1,81 kN/m<sup>2</sup>

k = 0,41 MPa

$$\varphi_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

$$\varphi_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot 25}{240} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,41}{0,85 \cdot 25}} \right)$$

$\varphi_{\text{perlu}} = 0,0017$

$$\frac{\varphi_b}{\varphi_{\text{perlu}}} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\varphi_b = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} \times \frac{600}{600 + 240}$$

$\varphi_b = 0,054$

$\varphi_{\text{max}} = 0,075 \cdot \varphi_b = 0,75 \times 0,054 = 0,0405$

$$\varphi_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

As = 0,0058.1000.74 = 429,2 mm<sup>2</sup>(P12-250)

Momen di tengah bentang

M (+) = 3,1 kN/m<sup>2</sup>

K = 0,708 MPa

$\varphi_{\text{perlu}} = 0,00422$

$\varphi_b = 0,054$

$\varphi_{\text{max}} = 0,0405$

$\varphi_{\min} = 0,0058$

As = 0,0058.1000.74 = 429,2 mm<sup>2</sup>(P12-250)

Momen diibentang interior

K = 0,99 MPa

$\varphi_{\text{perlu}} = 0,00422$

$\varphi_b = 0,054$

$\varphi_{\text{max}} = 0,0405$

$$\phi_{min} = 0,0058$$

$$As = 0,0058 \cdot 1000 \cdot 74 = 429,2 \text{ mm}^2 \text{ (P12-250)}$$

Luas tulangan susut :

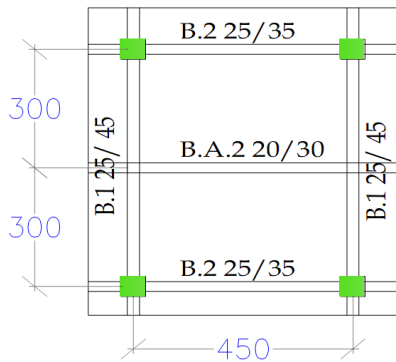
Menurut buku struktur bertulang  $\rho$  minimal = 0,0018

$$\begin{aligned} \text{As tulangan susut} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan  $\phi$  10 – 300 mm ( 262 mm<sup>2</sup> )

Penulangan Pelat Lantai Typical

### 1. PELAT DUA ARAH



$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 qu /x^2 X \text{ dimana } X = 36,5 \\ &= 0,001 (845,2) (4,25)^2 (36,5) \\ &= 503,028 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 qu /x^2 X \text{ dimana } X = 16,5 \\ &= 0,001 (845,2) (4,25)^2 (16,5) \\ &= 280,14 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mtx &= - 0,001 qu /x^2 X \text{ dimana } X = 77,5 \\ &= - 0,001 (845,2) (4,25)^2 (77,5) \\ &= - 1093,07 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= - 0,001 qu /x^2 X \text{ dimana } X = 57 \\ &= - 0,001 (845,2) (4,25)^2 (57) \\ &= - 870,19 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

PENULANGAN

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 240} = 0,0403$$

1. Lapangan X

$$\begin{aligned} As &= 0,0058 \cdot 1000 \cdot 65 \\ &= 377 \text{ mm}^2 \text{ (P10-200)} \end{aligned}$$

2. Lapangan Y

$$\begin{aligned} As &= 0,0058 \cdot 1000 \cdot 65 \\ &= 377 \text{ mm}^2 \text{ (P10-200)} \end{aligned}$$

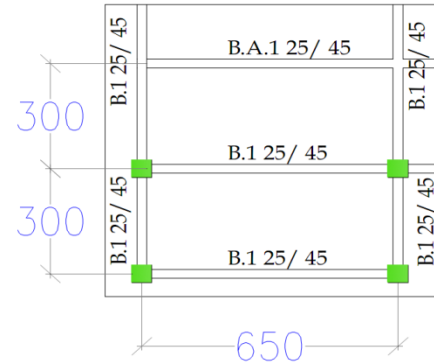
3. Tumpuan X

$$\begin{aligned} As &= 0,0067 \cdot 1000 \cdot 94 \\ &= 627 \text{ mm}^2 \text{ (P12-150)} \end{aligned}$$

4. Tumpuan Y

$$\begin{aligned} As &= 0,0067 \cdot 1000 \cdot 84 \\ &= 560,28 \text{ mm}^2 \text{ (P12-150)} \end{aligned}$$

### 2. PLAT SATU ARAH



$$\begin{aligned} qu &= 845,2 \text{ kg/m}^2, \text{ momen di tumpuan} \\ \text{eksterior} &= 2,66 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$k = 0,34 \text{ MPa}$$

$$\phi_{perlu} = \frac{0,85 \cdot fc'}{fy} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot fc'}} \right)$$

$$\phi_{perlu} = \frac{0,85 \cdot 25}{240} x \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,41}{0,85 \cdot 25}} \right)$$

$$\phi_{perlu} = 0,0017$$

$$\phi b = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot \beta}{fy} x \frac{600}{600 + fy}$$

$$\phi b = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} x \frac{600}{600 + 240}$$

$$\phi b = 0,054$$

$$\phi_{max} = 0,075. \phi_b = 0,75 \times 0,054 = 0,0405$$

$$\phi_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$As = 0,0058 \cdot 1000 \cdot 74 = 429,2 \text{ mm}^2 \text{ (P12-250)}$$

**Momen di tengah bentang**

$$M (+) = 3,1 \text{ kN/m}^2$$

$$K = 0,708 \text{ MPa}$$

$$\Phi_{perlu} = 0,00422$$

$$\Phi b = 0,054$$

$$\Phi_{max} = 0,0405$$

$$\Phi_{min} = 0,0058$$



$$\begin{aligned} A_s &= 0,0058.1000.74 \\ &= 429,2 \text{ mm}^2 \text{ (P12-250)} \end{aligned}$$

**Momen diibentang interior**

$$\begin{aligned} K &= 0,99 \text{ MPa} \\ \phi_{perlu} &= 0,00422 \\ \phi_b &= 0,054 \\ \phi_{max} &= 0,0405 \\ \phi_{min} &= 0,0058 \\ A_s &= 0,0058.1000.74 \\ &= 429,2 \text{ mm}^2 \text{ (P12-250)} \end{aligned}$$

**PENULANGAN KOLOM**

Pada Portal B  
 Tulangan Utama Kolom 40/40  
 $Pu' = 547,774 \text{ N (Kolom K.1 Lantai 1)}$   
 $Mu = 14913283,9 \text{ Nmm,}$   
 $Agr = 136800 \text{ mm}^2$   
 $A_s \text{ total} = Agr \cdot \rho = 136800 \cdot 0,015 = 2052 \text{ mm}^2$   
 Digunakan tulangan 12D16 ( $A_s = 2411,52$ ),  
 Tulangan geser yang digunakan :  
 Tumpuan : 10P – 90, Lapangan : 10P – 150

**Penulangan Balok**

**Pada Portal B**  
 Balok 25/45  
 Daerah tumpuan  
 $Mu = 96821225,9 \text{ N.mm (Portal B 5 – 6)}$   
 Tinggi efektif balok (d)  
 $d = 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22$   
 $= 389 \text{ mm}$   
 $d' = h - d$   
 $= 450 - 389$   
 $= 61 \text{ mm}$   
 $R_n = 2,56 \text{ Mpa}$   
 $\rho_{min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \left( 0,85 \beta_1 x \frac{f_c}{f_y} x \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,0203 \end{aligned}$$

Nilai perbandingan tegangan

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} \\ &= 18,824 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot m \cdot R_n)}{f_y}} \right) \\ &= 0,00684 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00684 \times (250) \times (389) \\ &= 665,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan 3 D22 dengan  $A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$

Daerah Lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= 97305634,41 \text{ N.mm (Portal B 5 – 6)} \\ d &= 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 389 \text{ mm} \\ d' &= 450 - 389 = 61 \text{ mm} \\ \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \left( 0,85 \beta_1 x \frac{f_c}{f_y} x \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,0203 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,824$$

Maka diperoleh nilai rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot m \cdot R_n)}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,824} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,824 \cdot 2,57}{400}} \right) \\ &= 0,0531 (0,129) = 0,00686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,5 \times A_s \\ &= 0,5 \times (667,135) \\ &= 569,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

di pakai tulangan 2 D22 ( $759,88 \text{ mm}^2$ )

**Penulangan Geser**

Daerah Tumpuan

$$Vu \text{ max} = 72178,5 \text{ N}$$

Kapasitas kemampuan beton (tanpa petulangan geser) untuk menahan geser

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$



$$M_n^- = 1139,82.400 \left( 389 - \frac{85,82}{2} \right)$$

$$M_n^- = 157792121,5 N.mm$$

$$M_n^+ = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$$

$$M_n^- = 759,88.400 \left( 389 - \frac{85,82}{2} \right)$$

$$M_n^- = 105194747,7 N.mm$$

$$V_e = \frac{M_n^- + M_n^+}{L_n}$$

$$V_e = 43831,14$$

Kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

$$V_s = \frac{v_u}{\phi} = \frac{72178,5}{0,75} = 96238 N$$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 mm$$

Jarak sengkang

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{78,5 \cdot 400 \cdot 389}{96238} = 126,9 mm$$

$$\frac{1}{4} d = \frac{1}{4} \cdot 389 = 90 mm$$

Maka digunakan  $\phi$  10 – 90

Daerah Lapangan

$$V_u \text{ max} = 62545 N$$

Kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

$$V_s = \frac{v_u}{\phi}, V_s = \frac{62545}{0,75} = 83393,33 N$$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 mm$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{78,5 \cdot 400 \cdot 389}{83393,33} = 146 mm$$

maksimum pemasangan tulangan geser

$$\frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \cdot 389 = 194,5 mm$$

Maka digunakan  $\phi$  10 – 175

## PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pemilihan Jenis Pondasi

Mutu beton ( $f_c'$ ) = 25 Mpa

Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa

Ukuran =  $\phi$  40 cm

Luas penampang = 1256 cm<sup>2</sup>

Keliling = 125,6 cm

Kedalaman tanah keras = 26 m

Jenis pondasi = Tiang pancang

Daya Dukung Tiang Tunggal

1. Daya Dukung Tiang Ujung ( $Q_e$ )

Daya dukung ujung suatu penampang dihitung dengan rumus:

$$Q_e = \frac{A_{tiang} \cdot x \cdot p}{3}$$

dimana:

Atiang = Luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>).

p = Nilai konus pada ujung tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

Faktor keamanan = 3

Faktor keamanan (2 s/d 3) = 3

$$p = 100 kg/cm^2$$

Kedalaman tanah keras tercapai pada kedalaman 26 meter.

Luas penampang tiang

$$A_{tiang} = \frac{1}{4} \pi D^2 = 1256 cm^2$$

$$Q_e = \frac{A_{tiang} \cdot x \cdot p}{3}$$

$$= \frac{1256 \cdot x \cdot 100}{3} = 41866,67 kg$$

Daya Dukung Friksi ( $Q_s$ )

$$S_f = 3 - 5$$

$$Q_s = \frac{KLL \cdot L \cdot x \cdot C}{5}$$

dimana :

KLL = Keliling tiang pancang (cm)

L = Kedalaman pondasi (cm)

c = Harga cleef rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)

5 = Faktor keamanan

Perhitungan harga cleef rata-rata :

Panjang tiang dibagi menjadi 5 bagian

Harga cleef rata-rata :

$$C = \frac{0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5}{5} = 0,5$$

Nilai daya dukung friksi adalah :

$$Q_s = \frac{KLL \cdot L \cdot x \cdot C}{5}$$

$$Q_s = 33158,4 \text{ kg}$$

$$Q_{all} = Q_e + Q_s$$

$$= 41866,67 + 33158,4$$

$$= 75025 \text{ kg} = 75,025 \text{ T}$$

**Beban Kerja**

$$P_u \text{ maks} = 214,23 \text{ T}$$

$$P_u \text{ total} = P_u \text{ maks} + \text{berat pile cap}$$

$$= 214,23 + 5\% \times 214,23$$

$$= 224,94 \text{ T}$$

**Daya Dukung Tiang Kelompok**

**Jumlah dan Susunan Tiang**

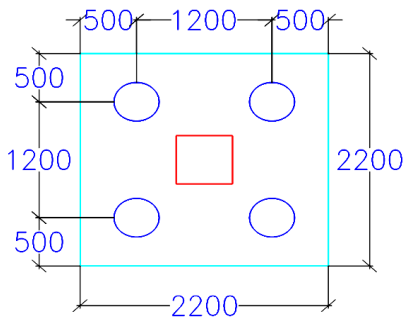
$$n \text{ buah} = \frac{P_u \text{ total}}{Q_{all}} = \frac{224,94}{75,205} = 2,99 = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tiang (s)} = 2.5 \text{ s/d } 3 \text{ D}$$

$$= 3 (40) = 120 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak tiang ke sisi luar} = 1,25 \text{ D}$$

$$= 1,25 (40) = 50 \text{ cm}$$



Perencanaan Perencanaan Pile Cap  
 Direncanakankan tebal pile cap (h) = 60 cm  
 Dimensi pile cap = 2,2 x 2,2 m  
 Penulangan Pile Cap

$$P_u = 224,94 \text{ T}$$

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Lebar penampang kritis

$$B' = \text{lebar pile cap} / 2 - \text{Lebar kolom} / 2$$

$$= 2200 / 2 - 400 / 2 = 900 \text{ mm}$$

Berat pile cap pada penampang kritis q'

$$q' = \text{berat jenis beton} \times A$$

$$= 2400 \times 2,2 \times 0,6$$

$$= 3168 \text{ kg/m}$$

$$M_u = 2 (P_u/4)(s) - \frac{1}{2} q' B'^2$$

$$= 2 (224940/4) (0,3) - \frac{1}{2} (3168) \cdot (0,9)$$

$$= 32315,4 \text{ kg.m} = 323,15 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2} a)$$

Bila dipakai tulangan D 16 – 200 (terpasang 12 tulangan).

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 12$$

$$A_s = 2411,52 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{2411,52 \times 400}{0,85 \times 25 \times 2200} = 20,63 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 2411,52 (529 - 0,5 \times 20,63)$$

Jadi tulangan D16 – 200 bisa dipakai, untuk tulangan atas dipakai D16 – 200

Penulangan tiang pancang

Diameter tiang = 40 cm

Selimit beton = 50 mm

$$d = 400 - 50 - 8 - 11 = 331 \text{ mm}$$

$$R_n = M_u / b \cdot d^2 = \frac{10,931}{0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,331^2}$$

$$= 311,784 \text{ KN/m}^2$$

Dari Tabel 5.1.d Cur ( $\phi = 0,8$ ) hal 47

$$\rho = 0,00125$$

Syarat :  $\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ maks}$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho \text{ maks} = 0,75 \left( 0,85 \beta_1 x \frac{f_c}{f_y} x \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,0203$$

$$0,0035 \leq 0,00125 \leq 0,024$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0035 \times (400) \times (331)$$

$$= 463,4 \text{ mm}^2$$

di pakai tulangan 2D22 (759,88 mm<sup>2</sup>)

**SIMPULAN**

**A. Dimensi**

1) Dimensi Pelat Lantai :

Lantai dasar, 1 dan 2 : 120 mm

Lantai Atap (3) : 100 mm

2) Dimensi Balok :

Balok Induk : 25 cm x 45 cm: 25 cm x 35

Balok Anak : 25 cm x 45 cm: 20 cm x 30 cm

3) Dimensi Kolom Utama: 40 cm x 40 cm

4) Dimensi Sloof : 35 cm x 60 cm\ : 25 cm x 40 cm

5) Pondasi Tiang Pancang :

Diameter Tiang : Dia 40 cm

Jumlah Tiang : 4 Buah per titik kolom  
Kedalaman : 26,4 m

- 6) Pilecap  
Dimensi : 220 cm x 220 cm  
Tebal : 600 cm

B. Penulangan

- 1) Pelat Lantai Atap
  - a. Pelat lantai atap dua arah  
Arah x tumpuan : P 10 – 150  
Arah x lapangan : P 10 – 200  
Arah y tumpuan : P 10 – 150  
Arah y lapangan : P 10 – 200
  - b. Pelat lantai satu arah  
Arah x : P 12 – 250, Arah y : P 12 – 300
- 2) Pelat Lantai typical
  - a. Pelat lantai atap dua arah  
Arah x tumpuan : P 12 – 150  
Arah x lapangan : P 12 – 200  
Arah y tumpuan : P 12 – 150  
Arah y lapangan : P 12 – 200
  - b. Pelat lantai satu arah  
Arah x : P 12 – 250  
Arah y : P 12 – 300
- 3) Balok Portal B (25 x 45)  
Tulangan Pokok
  - Tumpuan : atas 3 D22, bawah 2 D22,  
Lapangan : atas 2 D22, bawah 3 D22
  - Tulangan Geser
    - Tumpuan 2 P 10 – 90
    - Lapangan 2 P 10 – 150
- 4) Balok Portal ( 25 x 35 )  
Tulangan Pokok
  - Tumpuan : atas 2 D16, bawah 2 D16,  
Lapangan : atas 2 D16, bawah 2 D16
  - Tumpuan P 10 – 100
  - Lapangan P 10 – 140
- 5) Kolom Portal B Lantai 1 (40x40)  
Tulangan Pokok : 12 D 16 Sengkang
  - Tumpuan 2P 10 – 100
  - Lapangan 2P 10 – 200
- 6) Sloof
  - Tumpuan : atas 4 D22, bawah 2 D22,  
Lapangan : atas 2 D22, bawah 4 D22
  - Tumpuan P 10 – 90
  - Lapangan P 10 – 150
- 7) Pilecap :  
Tulangan Arah x : D 16 – 200  
Tulangan Arah y : D 16 – 200

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah Pamungkas dan Erny Haryanti. 2003. *Desain Pondasi Tahan Gempa sesuai SNI 03– 1726– 2002 dan SNI 03– 2847– 2002*. CV ANDI OFFSET. Yogyakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI 03 – 1726 – 2012*, BSN. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Tata Cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03 – 2847 – 2012*, BSN. Jakarta
- Joseph E. Bowles. 1988. *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Ke 4 Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Juniman Silalahi. 2008. *Struktur Beton Bertulang 2 Berdasarkan Standar SNI-03-2847-2002*. UNP Press . Yogyakarta
- Juniman Silalahi. 2008. *Mekanika Struktur Jilid 1 Berdasarkan Standar SNI-03-2847-2002*. UNP Press . Yogyakarta
- W.C. Vis, Ir dan Gideon H. Kusuma. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Seri Beton 4*. Erlangga. Jakarta.