

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG BANGUNAN HOTEL MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN

Oleh

Vanzika Anndryan¹⁾, Yurisman²⁾, Indra Farni³⁾

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta

**Politeknik Negeri Padang

E-mail : vanzika@ymail.com, yurisman_pdg@yahoo.com, indrafarni@bunghatta.ac.id

Abstract

Padang is considered as earthquake-prone areas. This is proven by the latest powerful quake that struck in the areas of Padang as happened in 2007, 2009, and 2013. Therefore, earthquake resistant building need to be planned well in order to avoid life and materials losses by planning maximum earthquake-resistant structure. The purpose of this paper is to plan reinforced concrete structure of hotel buildings in Padang by using bearers moment frame system. The building structure includes structural slab, beams, columns, sloop and foundations. Structure calculations were based on SNI 03-2847 -2013, SNI 03-1726 - 2012, PBI 1983 and other structural design supporting literatures. The structure planning performed by using ETABS application to obtain internal forces that occurs. From those internal forces, it's obtained reinforcement plate with 10 cm thick, reinforcement pedestal with 10 cm in diameter, distance 15 cm, and for diameter of field 10 cm distance 20 cm, 25cm /45 cm beam with three pull reinforcement with 22 mm in diameters, and two press with 22 mm in diameter. Reinforcement column 12, 16 in diameter, sloop 35cm / 60cm with reinforcement press 4 with 22 mm in diameter and pull 3 with 22 mm in diameter. pile cap with 60cm thick and 40cm x 40cm piles with 4 reinforcement 16 mm in diameter with 26m depth.

keywords : structure, reinforce concrete, quake, hotel, padang

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak pada daerah rawan gempa, baik itu gempa vulkanik maupun gempa tektonik. Begitu pun halnya dengan Kota Padang 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 Padang 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 column 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 Padang 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.

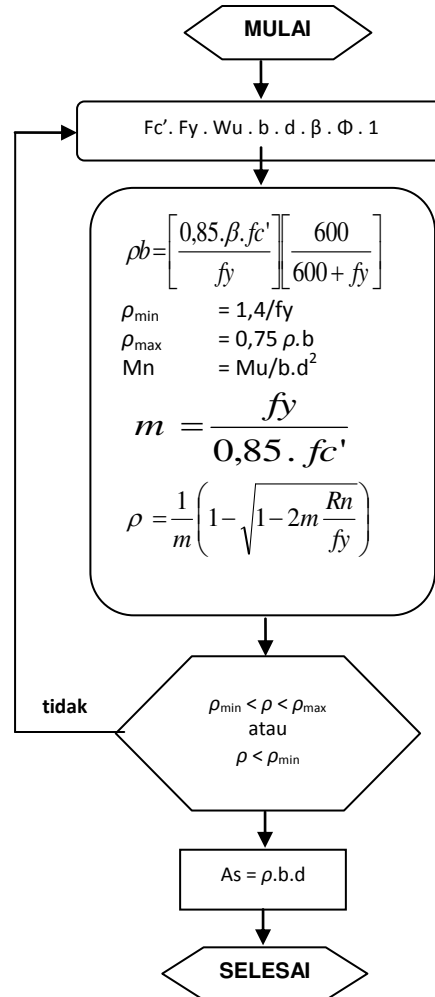
Tujuan penulisan ini adalah :

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.

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)

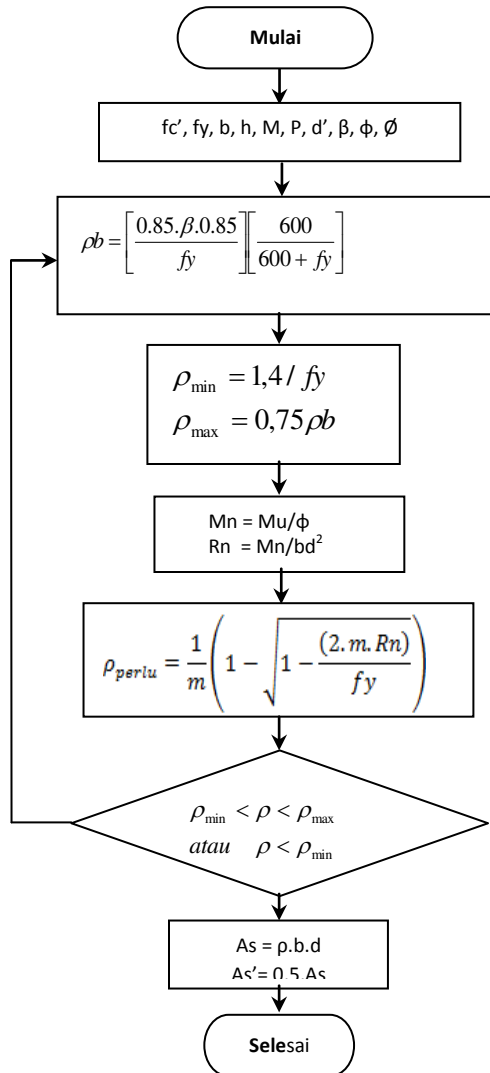
L = Lebar fondasi (m)

A = Luas fondasi (m²)

M = Momen Yang bekerja (Kgm)

Analisa Penulangan Balok

Flow Chart Disain Balok Persegi



- b. Menentukan daya dukung tanah
- 3. Menghitung penulangan pondasi

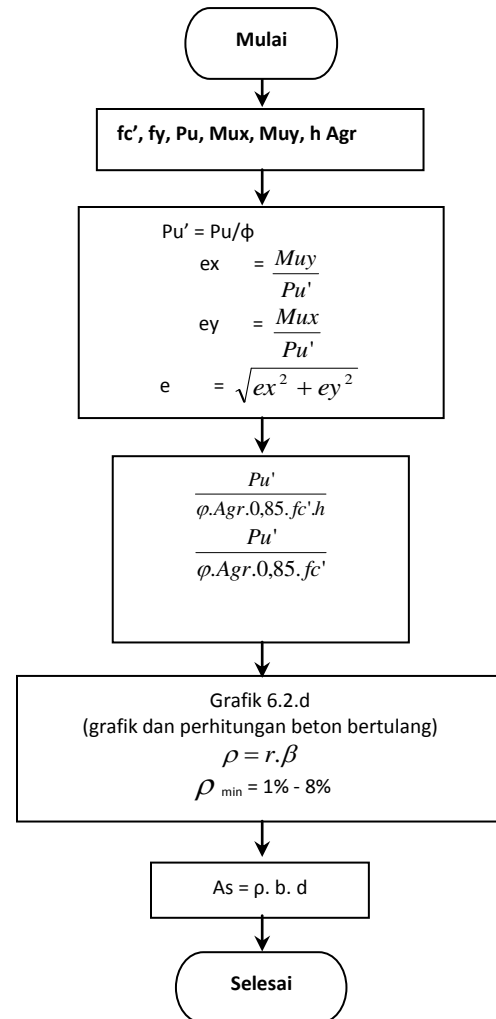
Setelah dilakukan cek kestabilan terhadap fondasi, tahap selanjutnya adalah perencanaan tulangan dari fondasi. Langkah perencanaan adalah :

- 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 (As) yang digunakan

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

Luas Tulangan Rencana

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

$$\text{Jumlah tulangan } (n) = \frac{As}{Ast}$$

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

c. Menentukan kemampuan tulangan menahan gaya Geser

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

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

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.

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

Dimana :

L_n = bentang terpanjang dikurangi lebar balok

F_y = tegangan leleh baja

β = perbandingan antara bentang bersih yang terpanjang dengan bentang bersih terpendek.

Maka :

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

$$h_{min} = \frac{4500 (0,8 + \frac{400}{1500})}{36 + 9.1,5} = 97,05 \text{ mm}$$

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

Nilai h adalah $97,05 \text{ mm} \leq h \leq 139,26 \text{ mm}$, 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 :

$$\phi P_n \max = 0,8 \cdot \phi [(0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st})) + f_y \cdot A_{st}]$$

Dimana : $\phi P_n \max$ = beban aksial maksimum

A_g = luas penampang kolom

A_{st} = 1,5 % x A_g

$$\phi P_n \max = 0,8 \cdot \phi [(0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st})) + f_y \cdot A_{st}]$$

$$\begin{aligned} P_n \max &= 0,8 [(0,85 \cdot 25 \cdot (A_g - 0,015 \cdot A_g)) + 400 \cdot 0,015 \cdot A_g] \\ &= 0,8 [(21,25 \cdot (A_g - 0,015 \cdot A_g)) + 6 \cdot A_g] \\ &= 0,8 [21,25 \cdot A_g - 0,31875 \cdot A_g + 6 \cdot A_g] \end{aligned}$$

$$A_g = 0,046 P_n \max \text{ cm}^2$$

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/m²

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 Padang, maka berdasarkan peta respon spektral percepatan 2 detik (S_s) dan 1 detik (S₁) didapatkan S_s = 1,25g dan S₁ = 0,55g

6. Koefisien situs dan parameter respon spektral

Selanjutnya tentukan koefisien periode pendek (F_a) dan koefisien periode 1 detik (F_v). F_a = 0,9 dan F_v = 0,9

7. Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan respon desain untuk periode pendek (S_{Ds} = 0,75g) dan periode 1 detik (SD₁ = 0,33g)

8. Kategori desain seismik

Berdasarkan S_{Ds} dan SD₁ 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_x) = 2107,14 kN dan V_y = 2327,5 kN

11. Distribusi gaya vertikal arah x

Tinggi	Beban Lantai		$W_i \cdot h_i^2$		C_w	V_x	V_i	V
h_i	W_i	h_i^2	$W_i \cdot h_i^2$	h_i^2		(%)	(kN)	(kN)
3	12	12,3	4654,887	37256,34	0,36	2107,14	758,57	758,57
2	8,5	8,68	4958,163	40396,85	0,38	2107,14	800,71	1559,28
1	5	5,08	4878,238	34941,45	0,22	2107,14	463,57	2022,85
Tie Beam	1	1	6010,209	6010,21	0,04	2107,14	84,29	2107,14
Jumlah			24501,598	158.604,85				

12. Distribusi gaya vertikal arah y

Tinggi	Beban Lantai		$W_i \cdot h_i^2$		C_w	V_y	V_i	V
h_i	W_i	h_i^2	$W_i \cdot h_i^2$	h_i^2		(%)	(kN)	(kN)
3	11	12,3	4654,887	37256,34	0,36	2327,69	837,68	837,68
2	7,5	8,68	4958,163	40396,85	0,38	2327,69	884,51	1722,19
1	4	5,08	4878,238	34941,45	0,22	2327,69	512,08	2234,24
Tie Beam	1	1	6010,209	6010,21	0,04	2327,69	93,11	2327,69
Jumlah			23011,5	158.604,85				

13. Perhitungan gaya lateral gempa statik ekuivalen

Lantai	Perhitungan gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus			
	F_x (kN)	30% F_x (kN)	F_y (kN)	30% F_y (kN)
Lantai 3	758,57	227,571	837,95	251,385
Lantai 2	800,71	240,213	884,51	265,353
Lantai 1	463,57	139,071	512,08	153,624
Tie Beam	84,29	25,287	93,11	27,933

14. Menentukan eksentrisitas rencana

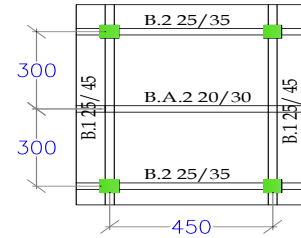
Lantai	pusat massa		pusat rotasi		eksentrisitas (e)		$ed = 1,5e + 0,05b$		koordinat pusat massa	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Tie beam	15,50	13,56	15,50	13,13	0,00	0,43	1,35	1,99	14,15	11,14
Lantai 1	15,50	11,57	15,50	11,15	0,00	0,42	1,35	1,99	14,15	11,14
Lantai 2	15,50	11,59	15,50	13,23	0,00	0,36	1,35	1,89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



$$M_{lx} = 0,001 qu lx^2 X \quad X = 36,5$$

$$= 0,001 (573,6) (2,75)^2 (32,95)$$

$$= 142,93 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = 0,001 qu lx^2 X \quad \text{dimana } X = 16,5$$

$$= 0,001 (573,6) (2,75)^2 (18,35)$$

$$= 71,57 \text{ kg.m}$$

$$M_{tx} = - 0,001 qu lx^2 X \quad X = 77,5$$

$$= - 0,001 (573,6) (2,75)^2 (77,5)$$

$$= - 336,18 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = - 0,001 qu lx^2 X \quad \text{dimana } X = 57$$

$$= - 0,001 (573,6) (2,75)^2 (57)$$

$$= - 247,26 \text{ kg.m}$$

Penulangan

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

ρ_{max}

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

1. Lapangan X

$$A_s = 0,0058 \cdot 1000 \cdot 65 = 377 \text{ mm}^2 (\text{P10-200})$$

2. Lapangan Y

$$A_s = 0,0058 \cdot 1000 \cdot 65 = 377 \text{ mm}^2 (\text{P10-200})$$

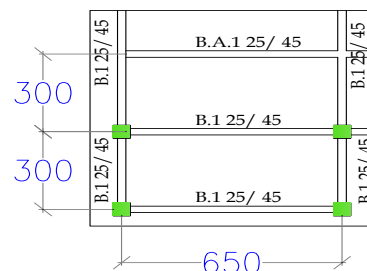
3. Tumpuan X

$$A_s = 0,0071 \cdot 1000 \cdot 75 = 534 \text{ mm}^2 (\text{P10-140})$$

4. Tumpuan Y

$$A_s = 0,0076 \cdot 1000 \cdot 75 = 494 \text{ mm}^2 (\text{P10-140})$$

2. Plat satu arah



qu = 573,6 kg/m² momen di tumpuan
eksterior = 1,81 kN/m²

k = 0,41 MPa

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

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

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

$$\phi_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

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

$$\phi_b = 0,054$$

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

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

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

Momen di tengah bentang

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

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

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

$$\phi_b = 0,054$$

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

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

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

Momen di bentang interior

$$K = 0,99 \text{ MPa}$$

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

$$\phi_b = 0,054$$

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

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

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

Luas tulangan susut :

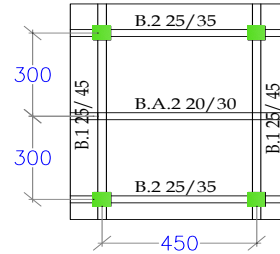
Menurut buku struktur bertulang p minimal = 0,0018

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

Digunakan $\phi 10 - 300 \text{ mm}$ (262 mm²)

Penulangan Pelat Lantai Typical

1. Pelat dua arah



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

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

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

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

$$\text{Penulangan } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

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

1. Lapangan X

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

2. Lapangan Y

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

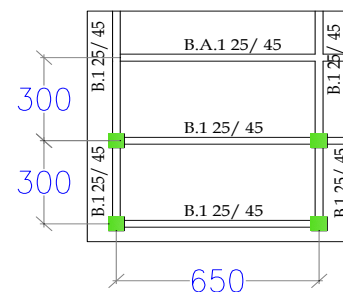
3. Tumpuan X

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

4. Tumpuan Y

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

2. Plat satu arah



qu = 845,2 kg/m², momen di tumpuan eksterior = 2,66 kN/m²

k = 0,34 MPa

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

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

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

$$\phi_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

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

$$\phi_b = 0,054$$

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

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

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

Momen di tengah bentang

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

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

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

$$\phi_b = 0,054$$

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

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

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

Momen di bentang interior

$$K = 0,99 \text{ MPa}$$

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

$$\phi_b = 0,054$$

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

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

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

Penulangan Kolom

Pada Portal B

Tulangan Utama Kolom 40/40

Tabel gaya – gaya yang terjadi pada kolom

Kolom	Tinggi (m)	Gaya Aksial (N)	Momen (Nmm)
Lantai 3 (Atap)	3,5	119728,67	3261408
Lantai 2	3,5	327412,7	8918721,5
Lantai 1	4	547477,4	14913283,9
Lantai Dasar (sloof)	1	2121972	57802923,3

Pu' = 547,774 N (Kolom K.1 Lantai 1)

Mu = 14913283,9 Nmm, Agr = 136800 mm²

As total = Agr · ρ = 136800 · 0,015 = 2052 mm²

Digunakan tulangan 12D16 (As = 2411,52),

Tulangan geser yang digunakan :

Tumpuan : 10P – 90, Lapangan : 10P – 150

Penulangan Balok

Pada Portal B

Tabel gaya – gaya dalam balok portal B

Lantai	Bentang (m)	Momen Negatif (N.mm)	Momen Positif (N.mm)
L1 Atap dak	6,00	-79001712,5	91701077,01
L1.3	6,00	-80011907,6	96181470,9
L1.2	6,00	-96821225,9	97305634,41
L1.1	6,00	-132338829,3	133694808,56

Balok 25/45

Daerah tumpuan

Mu = 96821225,9 N.mm (Portal B 5 – 6)

Tinggi efektif balok (d)

$$d = 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 389 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 450 - 389$$

$$= 61 \text{ mm}$$

Rn = 2,56 Mpa

$$\rho_{min} = 0,0035$$

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

$$= 0,0203$$

Nilai perbandingan tegangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$= 18,824$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot m \cdot Rn)}{fy}} \right)$$

$$= 0,00684$$

$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00684 \times (250) \times (389)$$

$$= 665,19 \text{ mm}^2$$

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

Daerah Lapangan

$$Mu = 97305634,41 \text{ N.mm (Portal B 5 - 6)}$$

$$d = 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 389 \text{ mm}$$

$$d' = 450 - 389 = 61 \text{ mm}$$

$$Rn = 2,57 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

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

$$= 0,0203$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,824$$

Maka diperoleh nilai rasio tulangan perlu

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \cdot m \cdot Rn)}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,824 \cdot 2,57}{400}} \right)$$

$$= 0,0531 (0,129) = 0,00686$$

$$As' = 0,5 \times As$$

$$= 0,5 \times (667,135)$$

$$= 569,91 \text{ mm}^2$$

di pakai tulangan 2 D22 (759,88 mm²)

Penulangan Geser

Tabel penulangan geser

Balok Induk B1 Jantai	Bentang (m)	Gaya geser Tumpuan (kg)	Gaya geser Lapangan (kg)
Lt. Atap Dak	6.00	14768,68	14265,2
LL3	6.00	17888,8	15801,2
LL2	6.00	7217,85	6254,5
LL1	6.00	9651,5	8377,3

- Daerah Tumpuan

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

Kapasitas kemampuan beton (tanpa petulangan geser) untuk menahan geser

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{fc'} \times b \times d$$

$$= 81041,7 \text{ N}$$

Reaksi geser akibat goyangan gempa

$$M_n^- = As \cdot fy \cdot (d - a/2)$$

$$M_n^- = 1139,82 \cdot 400 \cdot \left(389 - \frac{85,82}{2} \right)$$

$$M_n^- = 157792121,5 \text{ N.mm}$$

$$M_n^+ = As \cdot fy \cdot (d - a/2)$$

$$M_n^+ = 759,88 \cdot 400 \cdot \left(389 - \frac{85,82}{2} \right)$$

$$M_n^+ = 105194747,7 \text{ N.mm}$$

$$Ve = \frac{M_n^- + M_n^+}{Ln}$$

$$Ve = 43831,14$$

Kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

$$Vs = \frac{vu}{\phi} = \frac{72178,5}{0,75} = 96238 \text{ N}$$

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

Jarak sengkang

$$s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{78,5 \cdot 400 \cdot 389}{96238} = 126,9 \text{ mm}$$

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

Maka digunakan $\phi 10 - 90$

- Daerah Lapangan

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

Kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}, \quad V_s = \frac{62545}{0,75} = 83393,33 \text{ N}$$

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

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

maksimum pemasangan tulangan geser

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

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	= $\phi = 40 \text{ cm}$
Luas penampang	= 1256 cm^2
Keliling	= $125,6 \text{ cm}$
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:

$$Q_e = \frac{A_{tiang} \times p}{3}$$

Dimana:

A_{tiang} = Luas penampang tiang (cm^2).

p = Nilai konus pada ujung tiang (kg/cm^2)

Faktor keamanan = 3

Faktor keamanan (2 s/d 3) = 3

$$p = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Kedalaman tanah keras tercapai pada kedalaman 26 meter.

Luas penampang tiang

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

$$Q_e = \frac{A_{tiang} \times p}{3}$$

$$= \frac{1256 \times 100}{3} = 41866,67 \text{ kg}$$

Daya Dukung Friksi (Q_s)

$$S_f = 3 - 5$$

$$Q_s = \frac{KLL \times L \times C}{5}$$

Dimana :

KLL = Keliling tiang pancang (cm)

L = Kedalaman pondasi (cm)

c = Harga cleef rata-rata (kg/cm^2)

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 :

$$Q_s = \frac{KLL \times L \times C}{5}$$

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

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

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

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

Beban Kerja

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

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

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

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

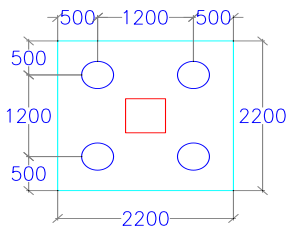
Daya Dukung Tiang Kelompok

Jumlah dan Susunan Tiang

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

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tiang (s)} &= 2.5 \text{ s/d } 3 \text{ D} \\ &= 3 (40) = 120 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tiang ke sisi luar} &= 1,25 \text{ D} \\ &= 1,25 (40) = 50 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar peletakan tiang pondasi

Perencanaan Perencanaan Pile Cap

Direncanakan 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

$$\begin{aligned} B' &= \text{lebar pile cap} / 2 - \text{Lebar kolom} / 2 \\ &= 2200 / 2 - 400 / 2 = 900 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berat pile cap pada penampang kritis q'

$$\begin{aligned} q' &= \text{berat jenis beton} \times A \\ &= 2400 \times 2,2 \times 0,6 \\ &= 3168 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 2 (P_u/4)(s) - \frac{1}{2} q' B'^2 \\ &= 2 (224940/4) (0,3) - \frac{1}{2} (3168) \cdot (0,9) \\ &= 32315,4 \text{ kg.m} = 323,15 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2} a) \\ &= 0,8 \times 2411,52 (529 - 0,5 \times 20,63) \end{aligned}$$

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

Penulangan tiang pancang

Diameter tiang = 40 cm

Selimit beton = 50 mm

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

$$\begin{aligned} R_n &= M_u / b \cdot d^2 = \frac{10,931}{0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,331^2} \\ &= 311,784 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

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

$$\rho = 0,00125$$

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

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

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

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

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d = 0,0035 \times (400) \times (331) \\ &= 463,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

di pakai tulangan 2D22 (759,88 mm²)

Kesimpulan

A. Dimensi

- 1) Dimensi Pelat Lantai :
Lantai dasar, 1 dan 2 : 120 mm
Lantai Atas (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

b. 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

c. 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
Senggang

- 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. Penerbit : CV ANDI OFFSET. Yogyakarta

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI 03 – 1726 –2012*, Yayasan Badan Penerbit : BSN. Jakarta

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Tata Cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03 – 2847 –2012*, Yayasan Badan Penerbit : BSN. Jakarta

Joseph E. Bowles. 1988. *Analisis dan Desain Pondasi* Edisi Ke 4 Jilid 1. Penerbit Penerbit : Erlangga. Jakarta.

Juniman Silalahi. 2008. *Struktur Beton Bertulang 2 Berdasarkan Standar SNI-03-2847-2002*. Penerbit : UNP Press . Padang

Juniman Silalahi. 2008. *Mekanika Struktur Jilid 1 Berdasarkan Standar SNI-03-2847-2002*. Penerbit : UNP Press . Padang

W.C. Vis, Ir dan Gideon H. Kusuma, Ir. M.Eng. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Seri Beton 4*. Penerbit : Erlangga. Jakarta.