

**DESAIN PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG 38 LANTAI DENGAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)**

**Wildan Amrullah¹, Tony Hartono Bagio²,
Julistyana Tistogondo³**

¹Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Narotama,
wildan_vieri32@yahoo.co.id

²Dosen Fakultas Teknik Universitas Narotama,
tony@narotama.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik Universitas Narotama,
julistyana.tistogondo@narotama.ac.id

ABSTRAK

Semakin tinggi suatu bangunan, maka beban akibat gaya lateral yang terjadi akan semakin besar. Dalam perencanaan struktur gedung Apartment 88 Avenue Surabaya ini digunakan sistem struktur SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Perencanaan bangunan gedung ini berdasarkan Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847 : 2013). Serta untuk gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012). Dalam analisa beban gempa menggunakan analisis dinamik Respons Spektrum.

Struktur direncanakan menggunakan konstruksi beton bertulang. Metode perencanaan meliputi struktur primer yaitu pendimensian dan penulangan balok induk, dan kolom. Serta struktur sekunder yaitu terdiri dari pendimensian dan penulangan pelat, balok anak dan tangga. Dari hasil perencanaan struktur didapatkan dimensi balok induk 35/70 cm (5D22 ; 3D22), balok anak 30/55 cm (2D16 ; 2D16), pelat lantai tebal 14 cm (D10-275), pelat tangga tebal 20 cm (D13-150 ; D10-150), kolom 190x190 cm (40D32). Perencanaan *bore pile*, direncanakan diameter 100 cm dengan kedalaman 30 m. Serta *pile cap* berdimensi cm dengan penulangan D25-175.

Kata kunci : *Gempa Dinamik, SRPMK, Struktur Beton Bertulang.*

1. PENDAHULUAN

Semakin tinggi suatu bangunan, maka beban akibat gaya lateral yang terjadi akan semakin besar. Gempa merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan struktur gedung bertingkat jika struktur berada di wilayah rawan gempa. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, struktur diharapkan dapat berespon dengan baik terhadap beban gempa yang bekerja pada struktur tersebut sehingga dapat menjamin bangunan tersebut tidak rusak karena gempa-gempa kecil dan

gempa sedang, serta tidak runtuh akibat gempa yang besar. Dalam perencanaan struktur gedung Apartment 88 Avenue Surabaya ini digunakan sistem struktur SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

1.1 Permasalahan

1. Bagaimana merencanakan struktur gedung dengan sistem rangka pemikul momen khusus pada daerah rawan gempa?
2. Bagaimana merencanakan komponen struktur atas dan struktur bawah?

1.2 Tujuan

1. Dapat merencanakan struktur gedung dengan sistem rangka pemikul momen khusus pada daerah rawan gempa.
2. Dapat merencanakan komponen struktur atas dan struktur bawah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah sistem struktur dimana komponen struktur balok, kolom, dan joint-jointnya menahan gaya-gaya melalui aksi lentur, geser, dan aksial (Ambarwati, 2017). Dalam Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012), sistem rangka pemikul momen dibagi dalam 3 (tiga), yaitu :

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

2.2 Ketentuan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

1. Persyaratan Gaya
 - a. Gaya aksial tekan terfaktor, P_u tidak boleh melebihi $A_g f'_c / 10$
 - b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
 - c. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3
(Yudo Basuki.2009)
2. Tulangan Longitudinal
 - a. $0,025b_w d \geq \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$ atau $1,4b_w d / f_y$
 - b. Spasi sengkang $< d / 4$ atau 100 mm.
3. Tulangan Transversal

- a. Senggang pertama harus dipasang ≤ 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum sengkang (S_{max}):
 - $\triangleright \leq d/4$
 - $\triangleright \leq 6$ kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama
 - $\triangleright 150$ mm
- b. Sengkang pada daerah lebih dari dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan pada kedua sisi dari suatu penampang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ sepanjang bentang komponen struktur.

2.3 Pembebanan

Dalam perencanaan bangunan ada beberapa jenis beban yang harus ditinjau yaitu :

- a. Beban Mati
- b. Beban Hidup
- c. Beban Gempa

2.4 Perhitungan Struktur Balok

1. Balok T
 - a. $bf \leq 1/4 \ell n$ (bentang bersih balok terdukung)
 - b. $bf \leq 16 hf + bw$
 - c. $bf \leq 1/2 \ell w$ (bentang bersih antara web-web)
2. Balok L
 - a. $bf \leq 1/4 \ell n$ (bentang bersih balok terdukung)
 - b. $bf \leq 6 hf$ (tebal plat) + bw
 - c. $bf \leq 1/2$ bentang bersih antara web-web

2.5 Perhitungan Struktur Kolom

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

2.6 Perhitungan Struktur Pondasi

1. Pondasi *Bore Pile*

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{\sum l_i f_i A_{st}}{FK2}$$

- a. Perhitungan jarak antar tiang
 $2D \leq S \leq 3D$
- b. Perhitungan jarak tiang ke tepi poer
 $1,5D \leq S' \leq 2D$
- c. Efisiensi

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right)$$

(Sardjono.1988)

- d. Gaya yang dipikul oleh masing-masing *bore pile*

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x y_{max}}{\sum y^2} \pm \frac{M_y x_{max}}{\sum x^2}$$

2. Perencanaan *Pile Cap*

Asumsikan tebal *Pile cap*

$$d = h - d'$$

Lebar *Pile Cap*

$$B_p = b + 4d + 2 \times d'$$

Panjang *Pile Cap*

$$L_p = c + 4d + 2 \times d'$$

Luas *Pile Cap*

$$A_{pc} = B_p \times L_p$$

Hitung nilai

$$W_x = \frac{1}{6} \times B_p \times L_p^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \times L_p \times B_p^2$$

$$q = P_u / (A_p) + M_{ux} / W_x + M_{uy} / W_y$$

$$V_c = \phi / 3 \sqrt{f_c}$$

$$d^2 (4V_c + q) + d (2V_c + q) (S_k) - (A_p - A_k) q = 0$$

Perhitungan tulangan *Pile cap*

$$M_u = \frac{1}{2} \times q \times L^2$$

$$M_u = A_s f_y \left[d - A_s f_y / (1,7 f_c b) \right]$$

Hitung tulangan dengan persamaan kwadrat

$$A_s = \frac{(-B) \pm \sqrt{(B^2) - (4AC)}}{2A}$$

2.7 Perhitungan Struktur Pelat

Pelat (*slab*) dibedakan menjadi 2, yaitu :

- \triangleright Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

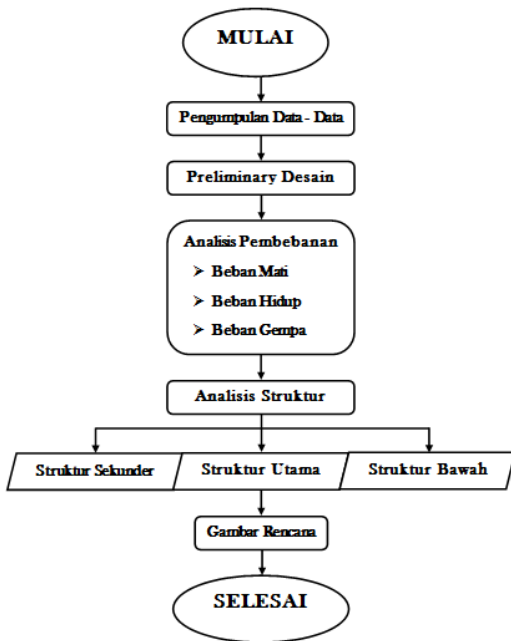
$$\text{Bila } \frac{L_y}{L_x} > 2$$

- \triangleright Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

$$\text{Bila } \frac{L_y}{L_x} \leq 2$$

(Bagio.2016.)

3. METODOLOGI PERENCANAAN



Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan Struktur

4. PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

Preliminary Design adalah desain awal untuk membentuk stuktur bangunan yang sesuai dengan SNI 2847-2013.

1. Preliminary Design Balok
Preliminary Design Balok sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2

Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Balok

Kode Balok	L (cm)	$h_{min} + 15\%$ (cm)	b (cm)	Dimensi (dipakai)
B1	890	63,9	35	35/70
B2	826	59,4	30	30/60
BA1	735	52,8	30	30/55
BA2	465	46,3	25	25/50

2. Preliminary Design Pelat
Preliminary Design Balok sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3

Tabel 4.2 Rekapitulasi Ketebalan Pelat

Kode Pelat	Lantai	Tebal (mm)	Ket
S1	1-7 (interior)	140	2 Arah
S1	8-37	140	2 Arah
S2	Atap	140	2 Arah
S3	1-7 (exterior)	140	1 Arah

3. Preliminary Design Kolom
Preliminary Design Balok sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.2

Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Kode Kolom	Dimensi (cm)		
K1	70	x	70
K2	115	x	115
K3	145	x	145
K4	190	x	190

4.2 Analisa Pembebanan

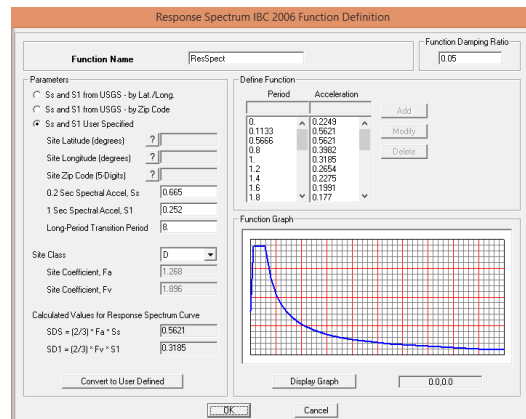
1. Kategori Resiko
Dalam menentukan kategori resiko yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur bangunan gedung adalah fungsi bangunan tersebut. Untuk kasus ini fungsi bangunan adalah apartemen sehingga digunakan kategori resiko II.
2. Faktor Keutamaan
Faktor Keutamaan Gempa (I_e) adalah 1,0 sesuai dengan SNI 1726-2012.
3. Klasifikasi Situs Tanah

Tabel 4.4 Perhitungan Nilai N-SPT

Lapisan ke i	Tahapan Penetrasi Standar		
	d_i	N_i	d_i / N_i
1	6,7	17	0,39
2	4	11	0,36
3	8	11	0,73
4	10	31	0,32
5	4	24	0,17
6	16	17	0,94
7	6,3	32	0,20
Total	55	143	3,11

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = \frac{55}{3,11} = 17,68$$

Untuk Klasifikasi Situs Tanah pada SNI 1726-2012, nilai $\bar{N} = 17,68$ dikategorikan SD (tanah sedang).



Gambar 4.1 Grafik Response Spectrum

4. Parameter Percepatan Tanah S_s dan S_I
 $S_s = 0,665$ (berdasarkan puskim)
 $S_I = 0,252$ (berdasarkan puskim)
5. Koefisien Lokasi F_a dan F_v
 $F_a = 1,268$ (berdasarkan puskim)
 $F_v = 1,897$ (berdasarkan puskim)
6. Nilai S_{MS} dan S_{M1}
 $S_{MS} = F_a \times S_s = 1,268 \times 0,665 = 0,84322$
 $S_{M1} = F_v \times S_I = 1,897 \times 0,252 = 0,47804$
7. Parameter Percepatan Spektrum Desain S_{DS} dan S_{DI}
 $S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,84322 = 0,562147$
 $S_{DI} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,47804 = 0,318693$
8. Kategori Desain Seismik
 Berdasarkan parameter percepatan spektrum desain S_{DS} , gedung ini termasuk kategori desain seismik D.
9. Sistem Penahan Gempa
 Sistem Penahan Gempa untuk gedung ini menggunakan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus. Berdasarkan tabel Sistem Penahan Gempa pada SNI 1726-2012, diperoleh data sebagai berikut :
 $R^a = 8$
 $\Omega_0^g = 3$
 $C_d^b = 5,5$
10. Waktu Getar Alami Fundamental (T)
 $T_a = C_t h_n^x = 0,0466 \times 128,2^{0,9} = 3,6767$ detik
 $C_u = 1,4$
 $T = T_a \times C_u = 3,6767 \times 1,4 = 5,1474$ detik
11. Gaya Geser (V)

Tabel 4.5 Gaya Geser Gempa dari SAP2000

TABLE: Base Reactions				
Output Case	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
DEAD	LinStatic	2.423E-09	-1.907E-10	539550.428

LIVE	LinStatic	9.07E-10	-5.312E-11	102404.159
St.EQx	LinStatic	-14105.358	-7.881E-10	-8.293E-12
St.EQy	LinStatic	-5.738E-09	-14105.358	-2.079E-11
RSx	LinResp Spec	11976.77	1173.269	19.21
RSy	LinResp Spec	1144.804	11986.441	26.39

12. Partisipasi Massa
 Tabel 4.6 Jumlah Respon Ragam

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Output Case	Step Type	Step Num	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	5	0.428181	0.84899	0.90086
MODAL	Mode	6	0.395487	0.90544	0.90368
MODAL	Mode	7	0.324436	0.90545	0.90368

13. Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)
 $\Delta a < 0,02 h_{sx}$
 $< 0,02(124800 - 121400)$
 $< 0,02 \times 3400$
 $\Delta a < 68$ mm (*Sasmito, Dodi Hari.2017*)

4.3 Perencanaan Struktur Sekunder

1. Perencanaan Pelat
 Data-data dalam merencanakan pelat adalah :
 Mutu Beton (f'_c) = 25 Mpa
 Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
 Tebal Pelat = 140 mm
 Diameter Tulangan (ϕ) = 10 mm
2. Perencanaan Tangga
 Data-data dalam merencanakan tangga adalah :
 Mutu Beton (f'_c) = 25 Mpa
 Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
 Tebal Pelat Tangga = 20 cm
 Tebal Pelat Bordes = 20 cm
3. Perencanaan Balok Anak
 Data-data dalam merencanakan balok anak adalah :
 Mutu Beton (f'_c) = 25 Mpa
 Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
 Diameter Tulangan = 16 mm
 Lentur (ϕ)
 Diameter Tulangan = 10 mm
 Geser (ϕ)

4.4 Perencanaan Struktur Primer

1. Perencanaan Balok Induk
Data-data dalam merencanakan balok induk adalah :
Mutu Beton (f'_c) = 25 Mpa
Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
Diameter Tulangan = 22 mm
Lentur (ϕ)
Diameter Tulangan = 10 mm
Geser (ϕ)
2. Perencanaan Kolom
Data-data dalam merencanakan kolom adalah :
Mutu Beton (f'_c) = 25 Mpa
Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
Diameter Tulangan = 22 mm
Lentur (ϕ)
Diameter Tulangan = 13 mm
Geser (ϕ)

4.5 Perencanaan Struktur Bawah

1. Perencanaan Pondasi *Bore Pile*
Diameter (D) = 1 m
Luas = 0,785 m²
Penampang (A_p)
Keliling (A_{st}) = 3,14 m
2. Perencanaan *Pile Cap*
Data-data dalam merencanakan *pile cap* adalah :
Mutu Beton (f'_c) = 25 Mpa
Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
Diameter = 25 mm
Tulangan (ϕ)

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa struktur menggunakan SAP2000, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Struktur penahan gempa yang diterapkan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dan gedung termasuk kategori desain seismik D. Terdapat kontrol nilai akhir respon spektrum $V_{dinamik}$ arah x sebesar 11977 kN dan arah y sebesar 11986 kN, serta V_{statik} arah x sebesar 14105 kN dan arah y sebesar 14105 kN. Kontrol partisipasi massa memenuhi syarat yaitu pada mode 6, dan kontrol waktu getar (T) sebesar 2,8778 detik. Dari hasil perhitungan nilai N-SPT sebesar 17,68, klasifikasi situs tanah dikategorikan tanah sedang (SD).

2. Hasil Perencanaan, yaitu :

Balok

B1 = Dimensi 35/70 cm
Tulangan 5D22 ; 3D22
Sengkang D10-125 ; D10-300

B2 = Dimensi 30/60 cm
Tulangan 4D22 ; 2D22
Sengkang D10-125 ; D10-300

BA-1 = Dimensi 30/55 cm
Tulangan 2D16 ; 2D16
Sengkang D10-75 ; D10-250

BA-2 = Dimensi 25/50 cm
Tulangan 2D16 ; 2D16
Sengkang D10-75 ; D10-250

Pelat

S1 (2 arah) = Tebal 14 cm
Tulangan D10-275

S2 (2 arah) = Tebal 14 cm
Tulangan D10-275

S3 (1 arah) = Tebal 14 cm
Tulangan D10-150

Tangga

Pelat Tangga = Tebal 20 cm
Tulangan D13-125 ; D10-150

Pelat Bordes = Tebal 20 cm
Tulangan D13-125 ; D10-150

Kolom

K1 = Dimensi 70x70 cm (lantai 31 sampai 37)
Tulangan 12D22 ; Sengkang D10-250

K2 = Dimensi 115x115 cm (lantai 21 sampai 30)
Tulangan 16D32 ; Sengkang D10-150

K3 = Dimensi 145x145 cm (lantai 11 sampai 20)
Tulangan 24D32 ; Sengkang D10-125

K4 = Dimensi 190x190 cm (lantai 1 sampai 10)
Tulangan 40D32 ; Sengkang D10-100

Pondasi

Perencanaan *bore pile*, direncanakan diameter 100 cm kedalaman 30 m. Serta *pile cap* berdimensi 625 x 625 x 115 cm dengan penulangan D25-175.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, Yuniar Dwi (2017), Analisis Perbandingan Sistem Ganda dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Desain Struktur Hotel Ammeerra Jakarta, Fakultas Teknik ITS Surabaya*
- Bagio, Tony Hartono. (2016), Struktur Beton I. Diktat Kuliah Universitas Narotama Surabaya*
- Bagio, Tony Hartono. (2017), Struktur Beton II. Diktat Kuliah Universitas Narotama Surabaya*
- Sardjono, HS. (1988), Pondasi Tiang Pancang I. Sinar Wijaya, Surabaya*
- Sasmito, Dodi Hari (2017), Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Kantor Graha Atmaja Dengan Metode Dual System Di Daerah Resiko Gempa Tinggi, Fakultas Teknik ITS Surabaya*
- Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI – 03 – 1726 (2012), Bandung: Badan Standarisasi Nasional*
- Standar Nasional Indonesia, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI – 03 – 2847 (2013), Bandung: Badan Standarisasi Nasional*
- Yudo Basuki, Agus (2009), Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Graha Timbul Jaya Dengan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*