



# Perancangan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Ruko 4 Lantai Berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019

M. Basyir<sup>a</sup>, F. Amir<sup>a\*</sup>, S. Maricar<sup>a</sup> dan I.G.M. Oka<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

\* Corresponding author's e-mail: [fatmastructureuntad@gmail.com](mailto:fatmastructureuntad@gmail.com)

Received: 8 August 2022; revised: 24 August 2022; accepted: 26 August 2022

**Abstract:** Palu City is located in an earthquake-prone area. To Construct a building in earthquake-prone areas, many people like to construct buildings far away from the epicenter, we should be able to construct buildings in earthquake-prone areas without any worries about the resilience of the building related to seismic load. In this final project, a 4 (four) storey shophouse will be designed as the Special Moment Resisting Frame method using the SNI-2847-2019 and SNI- 1726-2019 standard. The seismic load was simulated using the response spectrum and the structural element was analyzed by 3D Structural Analysis Programme. The design results meet the dimensions of each structural elements. There were slab thickness 125 mm, column dimensions 600 mm x 600 mm, dimensions of beam 400 mm x 600 mm, the dimensions of the joist 200 mm x 400 mm and tie beam dimension 400 mm x 600 mm with the reinforcement obtained from each structural element meet the requirements of SNI-2487- 2019, Standard of structural concrete for buildings.

**Keywords:** earthquake resistant buildings, response spectrum, seismic load, Palu City

**Abstrak:** Kota Palu terletak di daerah rawan gempa. Untuk membangun gedung di daerah rawan gempa banyak masyarakat untuk memilih membangun gedung menjauhi pusat gempa tersebut, seharusnya kita bisa membangun gedung di daerah rawan gempa tanpa harus mengkhawatirkan ketahanan gedung tersebut terhadap bencana khususnya Gempa. Dalam tugas akhir ini akan direncanakan Ruko 4 (empat) lantai dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan menggunakan peraturan SNI-2847-2019 dan SNI-1726-2019. Beban gempa yang ditinjau dengan menggunakan metode respons spektrum dan analisis struktur dilakukan dengan bantuan program Analisa Struktur 3D. Dari hasil perencanaan, diperoleh tebal pelat 125 mm, dimensi kolom 600 mm x 600 mm, dimensi balok induk 400 mm x 600 mm, dimensi balok anak 200 mm x 400 mm dan dimensi *sloof* 400 mm x 600 mm dengan tulangan yang didapatkan dari masing masing elemen struktur telah sesuai dengan persyaratan yang diatur dalam SNI-2487-2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

**Kata kunci:** bangunan tahan gempa, response spektrum, beban gempa, Kota Palu

## 1. Pendahuluan

Kota Palu terletak di daerah rawan terjadi gempa. Untuk membangun gedung di daerah rawan gempa banyak masyarakat memilih membangun gedung menjauhi pusat gempa tersebut, kita bisa membangun gedung di daerah rawan gempa tanpa harus mengkhawatirkan ketahanan gedung tersebut terhadap bencana, seperti yang diutarakan oleh Teddy Boen, penggerak *World Seismic Safety Initiative* di Indonesia "Perkuatan secara vertikal lebih baik dilakukan daripada perkuatan horizontal". Oleh karena itu, untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa [1-3].

Perencanaan struktur tahan gempa pada umumnya didasarkan pada analisa elastik yang diberi faktor beban untuk simulasi kondisi ultimit (batas) [4-5]. Kenyataannya, perilaku runtuh struktur bangunan pada saat gempa adalah pada saat kondisi inelastik [6-8]. Untuk merencanakan suatu struktur dengan beban gempa, banyak aspek yang mempengaruhinya diantaranya adalah periode bangunan. Periode bangunan sangat dipengaruhi oleh massa struktur serta kekakuan struktur tersebut. Kekakuan struktur sendiri dipengaruhi oleh kondisi struktur, bahan yang digunakan serta dimensi struktur yang digunakan. Evaluasi untuk memperkirakan kondisi inelastik struktur bangunan perlu

untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerjanya memuaskan pada saat terjadinya gempa [9-10].

Ketika terjadi gempa ringan bangunan tidak boleh mengalami kerusakan, baik pada komponen non struktural maupun pada komponen strukturalnya [11-12]. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh mengalami kerusakan [13]. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri [14-15].

Bangunan gedung dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) direncanakan dengan konsep *Strong Column and Weak Beam* (kolom kuat dan balok lemah) [16-17]. Dengan konsep perencanaan ini diharapkan struktur akan memberikan respon inelastik terhadap beban gempa kuat yang bekerja pada struktur dan mampu menjamin mekanisme sendi plastis pada elemen-elemen struktur sehingga struktur tetap berdiri walaupun sudah berada diambang keruntuhan.

**2. Data Perencanaan**

**2.1. Data Bangunan**

Data bangunan berisi tentang informasi umum mengenai gedung yang akan direncanakan, yaitu :

- a) Lokasi rencana gedung Kota Palu, Sulawesi Tengah
- b) Fungsi dan peruntukn gedung sebagai Rumah Tokoh
- c) Jumlah tingkat: 4 Tingkat
- d) Tinggi lantai: 4 m
- e) Tinggi gedung: 16 m
- f) Atap: Dak Beton

**2.2. Data Struktur**

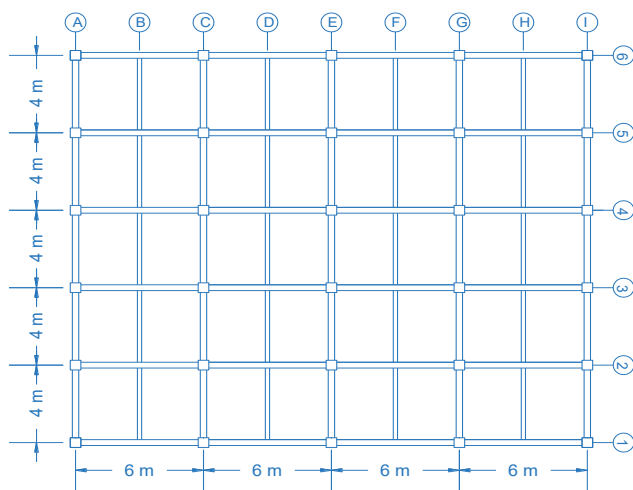
Data ini memuat informasi mengenai spesifikasi struktur yang digunakan dalam perencanaan, yaitu :

- 1) Sistem struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK).
- 2) Mutu bahan struktur

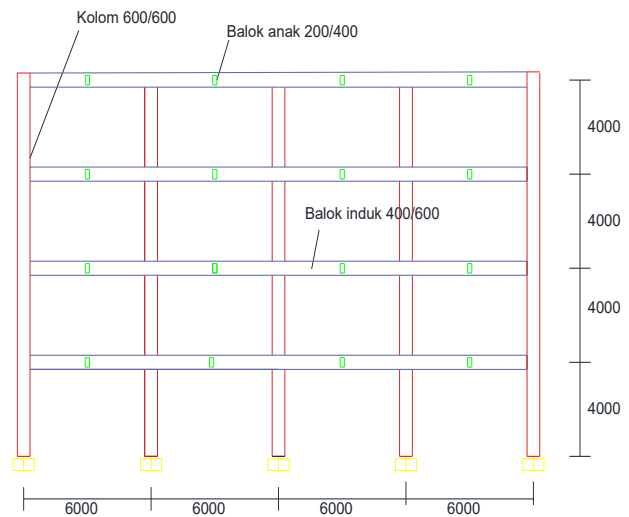
- a) Mutu baja struktur
  - Mutu Baja Tulangan Diamter > 12 mm BJTS 420B (SNI 2052 2017)
  - Tegangan leleh,  $f_y = 420$  MPa
  - Tegangan putus,  $f_u = 525$  MPa
  - Modulus elastisitas,  $E_s = 200.000$  MPa
  - Modulus geser,  $G_s = 80.000$  MPa
  - Angka poisson,  $\nu = 0,3$
  - Koefisien muai panas,  $= 1,2 \times 10^{-5}$
- b) Mutu beton struktur
  - Kuat tekan,  $f_c = 35$  MPa
  - Modulus elastisitas  $E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 27,805,575$  MPa
  - Angka poisson,  $\nu = 0.2$
  - Modulus geser,  $G_c = 11.585.656$  MPa
  - Koefisien muai panas,  $= 1,0 \times 10^{-5} / ^\circ C$

**2.3. Denah Bangunan**

Denah bangunan arah horizontal memiliki bentang 6 m (Gambar 1), sedangkan gedung arah vertikal memiliki bentang 4 m seperti pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Denah bangunan



**Gambar 2.** Tampak depan bangunan

**2.4. Data Tanah**

Data tanah untuk penelitian ini adalah seperti ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data hasil pengujian SPT

Lapisan ke	Kedalaman (d) (m)	Tebal (t) (F)	N-SPT (N)	t/N
1	0.00 - 2.00	2	5	0.400
2	2.00 - 4.00	2	6	0.333
3	4.00 - 6.00	2	10	0.200
4	6.00 - 8.00	2	11	0.182
5	8.00 - 10.00	2	6	0.333
6	10.00 - 12.00	2	6	0.333
7	12.00 - 14.00	2	7	0.286
8	14.00 - 16.00	2	23	0.087
9	16.00 - 18.00	2	34	0.059
10	18.00 - 20.00	2	39	0.051
11	20.00 - 22.00	2	28	0.071
12	22.00 - 24.00	2	24	0.083
13	24.00 - 26.00	2	22	0.091
14	26.00 - 28.00	2	25	0.080
15	28.00 - 30.00	2	31	0.065
Jumlah		30		2.655

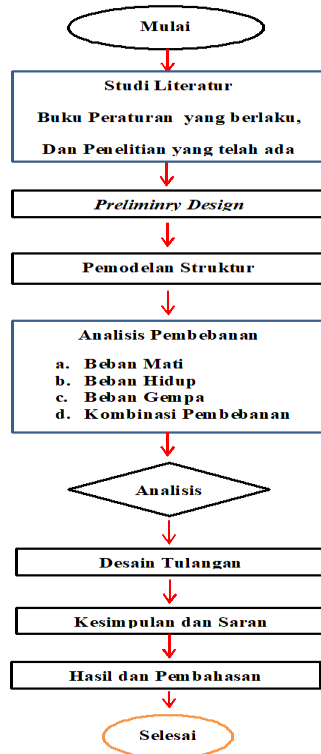
Nilai N-SPT rata-rata :

$$\bar{N} = \frac{\sum n}{\sum \left(\frac{t}{N}\right)} = \frac{30}{2.655} = 11.300$$

**3. Metode Penelitian**

**3.1. Bagan Alir Penelitian**

Penelitian diawali dengan studi literatur dan perencanaan pendahuluan dan pemodelan struktur. Analisis pembebanan meliputi beban hidup, beban mati, beban gempa serta kombinasi keduanya dilakukan sebagai masukan untuk mendesain penulangan. Secara mendetail tahapan penelitian dituangkan dalam bagan alir seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan perancangan

3.1.1. Preliminary Design

Preliminary Design adalah desain awal dimensi serta material yang akan digunakan untuk membentuk struktur. Preliminary Design merupakan spesifikasi struktur yang akan dimodelkan dalam software. Untuk SRPMK telah ditetapkan oleh SNI 2847:2019 tentang batasan dimensi balok dan kolom yang digunakan dan juga material yang digunakan berupa mutu beton dan juga mutu baja yang digunakan

3.1.2. Pemodelan Struktur

Memodelkan struktur gedung ruko dengan menggunakan software analisa struktur. Data struktur yang digunakan berdasarkan hasil preliminary design. Dalam suatu perencanaan struktur gedung, hal yang pertama dilakukan yaitu penentuan jenis struktur yang akan kita gunakan, karena ini akan berpengaruh kepada beban gempa dan dimensi struktur yang akan kita dapatkan nanti. Untuk pemilihan jenis struktur, maka terlebih dahulu harus diketahui kategori desain seismik tempat yang akan direncanakan. Langkah awal yang harus dilakukan yaitu kita harus mengetahui jenis tanah yang berada di lokasi yang akan kita rencanakan. Setelah itu kita perlu data SDS dan SD1 yang didapat dari situs Puskim PU.

3.1.3. Analisis Pembebanan

Pembebanan yang dilakukan yaitu beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan fungsi gedung, daerah gempa serta kondisi tanah. Beban mati adalah berat semua bagian dari gedung yang tak terpisahkan dan bersifat tetap. Beban mati diambil dari berat sendiri dari bahan bangunan dan komponen

gedung. Beban mati mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) serta Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020) [5]. Beban mati ini yang dimasukkan ke pemodelan SAP2000 sebagai fungsi dead load.

Beban hidup semua beban akibat penggunaan dan penghunian dari suatu bangunan dan beban pada lantai yang dapat berpindah yang mengakibatkan perubahan pembebanan. Beban hidup pada gedung mengacu pada peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983), serta beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020) [5]. Beban hidup ini yang akan nantinya dimasukkan ke pemodelan SAP2000 sebagai fungsi live load.

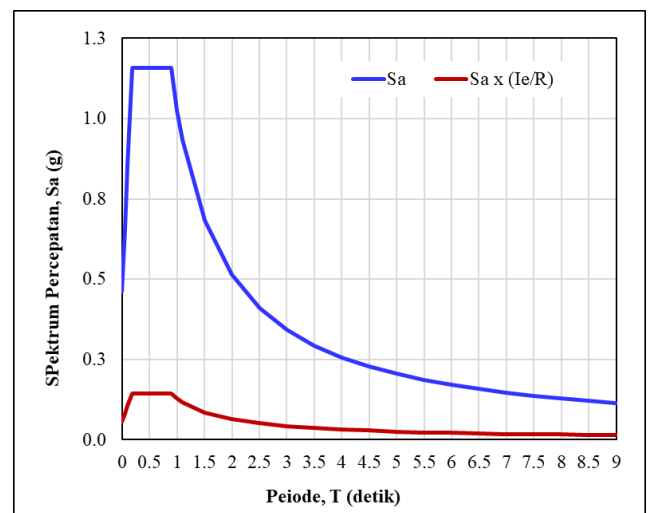
Dalam analisa beban gempa dinamik, respon spektrum disusun berdasarkan respon terhadap percepatan tanah hasil rekaman gempa [7]. Desain spektrum merupakan representasi gerakan tanah akibat getaran gempa yang pernah terjadi di suatu lokasi. Pada tugas akhir ini data respon spektrum didapatkan dari situs Puskim PU, berdasarkan kondisi tanah dan wilayah yang akan didesain, setelah didapat data respon spektrum maka di inputkan pemodelan SAP2000 yang telah dibuat.

3.1.4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pembebanan terhadap model struktur tadi, maka dilakukan analisis pada software tersebut untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang berkerja pada struktur tersebut. Setelah itu dilakukan perhitungan tulangan struktur atas yaitu balok, sloof, kolom dan plat lantai.

3.1.5. Kesimpulan

Berupa hasil yang didapatkan dari analisis dan disain yang dilakukan.



Gambar 4. Respon spektrum percepatan gempa desain Kota Palu

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perencanaan Beban Gempa

Tinggi antar lantai = 4 m, tinggi bangunan = 16 m, Untuk mendapatkan kategori desain seismik, dilakukan

perhitungan nilai rata-rata N dari data SPT hasil penyelidikan tanah. Diperoleh  $N_{rata-rata} = 11.300 < 15$ , dan didapat kategori tanah sebagai tanah lunak (SE), maka berdasarkan respon spektrum dari data Puskin untuk kota Palu didapat nilai  $SDS = 1,157 g$  dan  $SD1 = 01,027 g$ , dan koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 8 (Gambar 4).

4.1.1. Rasio Partisipasi Massa

Besarnya rasio partisipasi massa untuk struktur Gedung yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Rasio partisipasi massa arah Sumbu X dan Y

Ragam	Sumbu X		Sumbu Y	
	Translasi $U_x$ (%)	Rotasi $R_x$ (%)	Translasi $U_y$ (%)	Rotasi $R_y$ (%)
1	86	0	0	34
2	86	43	87	34
3	86	43	87	34
4	86	43	87	34
5	96	43	96	34
6	96	43	96	34
7	99	43	96	35
8	99	44	99	35
9	99	44	99	35
10	100	44	99	35
11	100	44	100	35
12	100	44	100	35

4.1.2. Waktu getar alami struktur

Penentuan metode apa yang digunakan untuk mengombinasikan respon maksimum struktur akibat beban gempa, perlu memperhatikan nilai waktu getar alami struktur. Tabel 3 memperlihatkan waktu getar alami dari setiap ragam getar untuk struktur gedung yang direncanakan.

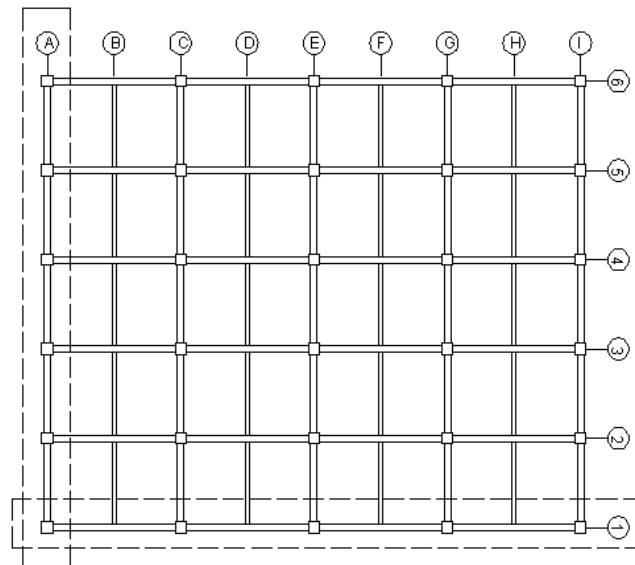
**Tabel 3.** Waktu getar alami struktur

Ragam Getar	Waktu Getar Alami, $T$ (detik)	Selisi	
		detik	%
1	0.706		
2	0.648	0.082	8,183
3	0.586	0.096	9,600
4	0.231	0.606	60,613
5	0.216	0.065	6,459
6	0.194	0.101	10,120
7	0.139	0.286	28,573
8	0.133	0.041	4,071
9	0.119	0.106	10,601
10	0.106	0.111	11,108
11	0.104	0.013	1,328
12	0.093	0.112	11,198

4.1.3. Simpangan Antar Lantai

Gambar 5 memperlihatkan portal yang ditinjau untuk memeriksa simpangan antar lantai. Portal 1 ditinjau untuk

simpangan arah X, sedangkan portal A ditinjau simpangan arah Y. Berikut adalah Tabel 4 dan Tabel 5 perhitungan simpangan antar lantai.



**Gambar 5.** Portal tinjauan pemeriksaan simpangan antar lantai

**Tabel 4.** Simpangan antar lantai Arah X

Lantai	$H_{sx}$ (mm)	$\delta_{ex}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta x$ (mm)	$\Delta a$ (ijin) (mm)	Keterangan
Atap	4000	26,026	3,153	17,340	80	Memenuhi
3	4000	22,874	6,566	36,115	80	Memenuhi
2	4000	16,308	9,000	49,501	80	Memenuhi
1	4000	7,307	7,307	40,190	80	Memenuhi
Dasar	0	0.000				

**Tabel 5.** Simpangan antar lantai Arah Y

Lantai	$H_{sy}$ (mm)	$\delta_{ey}$ (mm)	$\delta_y$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$\Delta a$ (ijin) (mm)	Keterangan
Atap	4000	21,857	2,533	139,336	80	Memenuhi
3	4000	19,324	5,363	29,494	80	Memenuhi
2	4000	13,961	7,435	40,893	80	Memenuhi
1	4000	6,526	6,526	35,893	80	Memenuhi
Dasar	0	0.000				

4.2. Perencanaan Pelat Atap dan Lantai

Pembebanan pelat yang direncanakan menggunakan PPIUG 1983 dan perhitungan pembebanan sesuai SNI 1727:2020. Berdasarkan preliminary design diperoleh tebal pelat atap 120 mm, dan pelat lantai 120 mm. Momen pelat yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Momen pelat tiap lantai

Tingkat	Momen Arah X (kN.m)		Momen Arah Y (kN.m)	
	Max	Min	Max	Min
Atap	2,488	-6,224	2,416	-4,111
Lantai 3	4,526	-11,438	4,292	-7,655
Lantai 2	4,348	-11,449	4,082	-7,668
Lantai 1	4,574	-11,485	4,297	-7,672

Hasil perhitungan diperoleh penulangan tumpuan dan lapangan pelat atap arah x dan y adalah D12 - 333 mm dan penulangan tumpuan dan lapangan pelat lantai arah x dan y adalah D12 - 333 mm.

#### 4.3. Perencanaan Balok

Direncanakan balok induk dimensi 400/600 mm. Tebal selimut beton 40 mm, dengan tulangan utama = 19 mm, tulangan Sengkang 14 mm,  $d = 536,5$  mm,  $A_{spakai} D19 = 283,385 \text{ mm}^2$ . Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan balok X-2 dalam Tabel 7.

Tabel 7. Resume momen balok induk

Tipe Balok	(-) atau (+)	Momen Tumpuan Kiri (kN.m)	Momen Lapangan (kN.m)	Momen Tumpuan Kanan (kN.m)
Balok X-1	(-)	468,013	195,945	468,013
	(+)	295,477		295,477

#### 1) Tulangan yang dibutuhkan

##### a) As tulangan daerah tarik (Atas)

- $AS_{perlu} = 2360,6 \text{ mm}^2$
- $n_{tulangan} = \frac{2360,6}{0,25 \times 3,14 \times 19^2} = 8,33 \approx 10$  batang
- Pakai tulangan 10D19 ( $AS = 2833,85 \text{ mm}^2 > 2360,6 \text{ mm}^2$ ) (Ok)

##### b) As tulangan daerah tekan

- $AS_{perlu} = 1317 \text{ mm}^2$
- $n_{tulangan} = \frac{1317}{0,25 \times 3,14 \times 19^2} = 4,6 \approx 6$  batang
- Pakai tulangan 10D19 ( $AS = 1700,31 \text{ mm}^2 > 1317 \text{ mm}^2$ ) (Ok)

##### c) As tulangan daerah lapangan

- $AS_{perlu} = 1373 \text{ mm}^2$
- $n_{tulangan} = \frac{1373}{0,25 \times 3,14 \times 19^2} = 4,6 \sim 5$  batang
- Pakai tulangan 10D19 ( $AS = 1700,31 \text{ mm}^2 > 1373 \text{ mm}^2$ ) (Ok)

#### 2) Cek momen nominal terfaktor terhadap momen ultimate.

##### a) Tulangan daerah tarik (atas)

- $\phi M_n > M_n \rightarrow 491,455 \text{ kN.m} > 468,0134 \text{ kN.m} \dots$  (Memenuhi).

##### b) Tulangan daerah tekan (atas)

- $\phi M_n > M_n \rightarrow 318,142 \text{ kN.m} > 295,477 \text{ kN.m} \dots$  (Memenuhi).

Hasil perhitungan penulangan tekan dan tarik untuk daerah tengah positif masing-masing adalah 5D19 mm, dan hasil perhitungan penulangan tarik dan tekan untuk daerah masing-masing adalah 9D19 mm dan 10D19 mm.

#### 3) Tulangan geser yang direncanakan

Didapatkan nilai gaya geser output SAP 2000  $V_u$  kiri = 77,213 kN dan  $V_u$  kanan = 77,213 kN.

#### a) Gaya geser desain

- Goyang ke kiri:  $V_{e \text{ tumpuan kiri}} = 249,554 \text{ kN}$  dan  $V_{e \text{ tumpuan kanan}} = 95,128 \text{ kN}$
- Goyang ke kanan:  $V_{e \text{ tumpuan kiri}} = 95,128 \text{ kN}$  dan  $V_{e \text{ tumpuan kanan}} = 249,554 \text{ kN}$

#### b) Panjang daerah $l_o$

Daerah  $l_o$  merupakan daerah yang diasumsikan berpotensi terjadi sendi plastis. Panjang daerah  $l_o$  diambil sebesar  $2h = 1200 \text{ mm}$ .

#### c) Kuat geser beton $V_c$ yang dipakai dalam desain.

SNI 2847:2019 18.6.5.2 menyatakan untuk penulangan geser sepanjang daerah  $l_o$  kuat geser beton  $V_c$  diambil sebesar nol apabila kedua persyaratan berikut terpenuhi:

- $50\% V_e \text{ (maks)} \leq V_{sway} \text{ (maks)}, 124,777 \text{ kN} \leq 172,314 \text{ kN}$  (ok)
  - $P_u < A_g f'_c / 20$
- Dari SAP2000, nilai  $P_u$  maksimum pada balok = 4,926 kN < 420 kN (memenuhi)

#### d) Kuat geser tulangan yang diperlukan, $V_s$

- $V_{e \text{ maks}} = 249,554; \phi \text{ (geser)} = 0,75; V_c = 0$
- $V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{249,554}{0,75} - 0 = 332,738 \text{ kN}$
- Cek terhadap  $V_s$  maks
- $V_s < 0,66 \sqrt{f'_c b d_t} = 332,738 < 844,027$  (ok)

Dipasang tulangan geser diameter 14 (2 kaki).  $A_v = 2 \times 153,86 \text{ mm}^2 = 307,720 \text{ mm}^2$ .  $S_{aktual} = 100 \text{ mm}$  dan  $S_{maks} = 114 \text{ mm}$  karena  $S_{aktual} < S_{maks}$  maka digunakan jarak tulangan geser pada daerah  $l_o$  adalah sebesar 100 mm.

#### e) Kuat tulangan geser aktual, $V_s \text{ aktual}$

$V_s \text{ tumpuan kiri} \leq V_s \text{ aktual} = 332,738 \text{ kN} \leq 577,727,027 \text{ kN}$  (memenuhi). Untuk jarak tulangan geser diluar daerah sendi plastis diambil dari nilai terkecil dari:

- $0,25 d_t = 0,25 \times 536 = 134 \text{ mm}$
- $6D = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$
- 150 mm

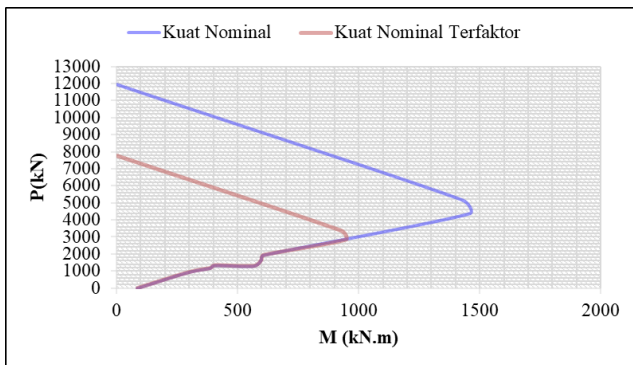
Maka digunakan sengkang tertutup Ø14 dengan jarak 114 mm (Ø14-114) di luar daerah  $l_o$ .

#### 4.4. Perencanaan Kolom

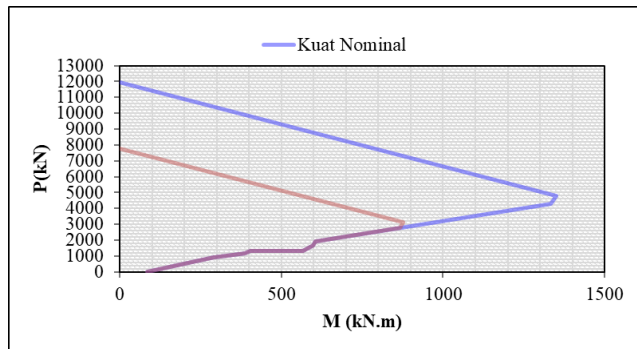
Direncanakan kolom dengan dimensi 60 cm x 60 cm. Selimut beton (s) = 40 mm, tinggi efektif  $d = 536,5 \text{ mm}$ . Diameter tulangan utama = 19 mm dan tulangan sengkang = 14 mm. Dari hasil analisa SAP 2000, untuk kolom lantai 1 diperoleh gaya aksial terbesar kolom  $P_u = 1900824 \text{ N}$ . Penulangan longitudinal kolom, diagram interaksi  $M_n$ - $P_n$  dengan menghitung secara manual didapatkan diagram interaksi kolom seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Sesuai pasal SNI 2847:2019, rasio tulangan longitudinal kolom adalah  $1\% < 1,89\% < 6\%$ , dengan penulangan 24D19 ( $AS = 6801,24 \text{ mm}^2$ ). Kontrol kapasitas beban aksial kolom berdasarkan SNI 2847:2019, beban aksial dari komponen struktur tekan  $P_n$  tidak boleh lebih besar dari  $P_{n \text{ max}}$ . Kontrol pendetailan kolom sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.7  $P_u > 0,1 A_g f'_c$ ; Pasal 18.7.2 bagian a = 600 mm >

300 mm, dan Pasal 18.7.2 bagian b = 600/600 = 1 > 0.4 sudah memenuhi.



Gambar 6. Interaksi kolom lantai dasar



Gambar 7. Interaksi kolom Lantai 1 s/d 3

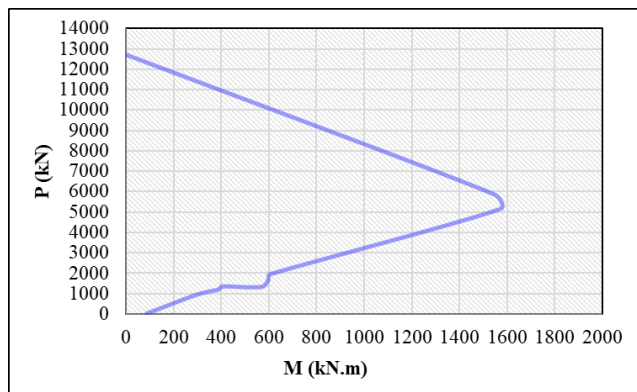
Berdasarkan hasil perhitungan penulangan di daerah  $l_o$  dan diluar daerah  $l_o$  geser kolom didapatkan masing-masing adalah D14 - 50 mm dan D14 - 150 mm.

1) Memeriksa syarat kolom kuat balok lemah.

Sesuai Capacity Design, kuat lentur kolom harus memenuhi SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.1, yaitu  $\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$ .  $\sum M_{nb} = 942,415$  kNm diperoleh dari total momen nominal bawah dan atas. Dari diagram interaksi kolom (Gambar 8) didapat  $\sum M_{nc} = 1190$  kNm.

2) Cek syarat kolom kuat-balok lemah

$\sum \phi M_{nc} > 1.2 \sum \phi M_{nb} = 190$  kN.m > 1178,018 kN.m, (Maka syarat terpenuhi).



Gambar 8. Diagram interaksi kolom lantai dasar ( $\phi = 1.0$  dan  $1.25\phi$ )

3) Hubungan balok kolom

Gaya geser yang terjadi pada HBK terkekang 4 balok. Gaya geser rencana  $M_u = 381,745$  kNm. Gaya geser bersih pada joint: = 1274,7 kN + 691,425 kN - 112,278 = 1853,847 kN.

- Kuat geser nominal:  $V_{n\ joint} = 1,7\sqrt{f'_c A_j} = 3620,6$  kN

$\phi V_{n\ joint} = 0,85 * 3620,6 = 3077,545$  kN

- Cek kuat geser nominal joint terfaktor terhadap gaya geser joint:

$\phi V_{n\ joint} \geq V_j = 077.545$  kN  $\geq 1853,847$  kN (memenuhi).

4.4. Perencanaan Sloof

Arah kerja beban diambil dari beban merata dari tanah sebesar  $WU = 31,858$  kN/m, berat sendiri balok,  $q_s = 5,76$  kN/m. berat total  $WU + q_s = 37,344$  kN/m. didapatkan momen tumpuan dan lapangan masing-masing sebesar 134,538 kN/m dan 96,029 kN/m. Direncanakan ukuran sloof 300/500 mm, dengan selimt beton 40 mm, tulangan Senggang 14 mm,  $d = 536,5$  mm, ASpakai D19 = 283,385 mm<sup>2</sup>.

1) Tulangan yang di butuhkan

a) As tulangan daerah tumpuan (tarik)

-  $AS_{perlu} = 873,744$  mm<sup>2</sup>

-  $n_{tulangan} = \frac{873.744}{0.25 * 3,14 * 19^2} \approx 6$  batang

- Pakai tulangan 3D19 ( $As = 1133.54$  mm<sup>2</sup> > 873,744 mm<sup>2</sup>) (Ok)

b) As tulangan daerah tumpuan (tekan)

-  $AS_{perlu} = 425,078$  mm<sup>2</sup>

-  $n_{tulangan} = \frac{425,078}{0.25 * 3,14 * 19^2} = 1.5 \approx 2$  batang

- Pakai tulangan 2D19 ( $As = 566,770$  mm<sup>2</sup> > 425,078 mm<sup>2</sup>) (Ok)

c) As tulangan daerah lapangan (tarik)

-  $AS_{perlu} = 1244,680$  mm<sup>2</sup>

-  $n_{tulangan} = \frac{1244,680}{0.25 * 3,14 * 19^2} = 4,3 \approx 5$  batang

- Pakai tulangan 5D19 ( $As = 1416,925$  mm<sup>2</sup> > 1244,680 mm<sup>2</sup>) (Ok)

d) As tulangan daerah lapangan (tekan)

-  $AS_{perlu} = 708,463$  mm<sup>2</sup>

-  $n_{tulangan} = \frac{708,463}{0.25 * 3,14 * 19^2} = 2,5 \approx 3$  batang

- Pakai tulangan 5D19 ( $As = 850,155$  mm<sup>2</sup> > 708,463 mm<sup>2</sup>) (Ok)

2) Menghitung spasi tulangan geser perlu.

- Dipasang tulangan geser dengan diameter 14 mm

-  $A_v = 2(0,24\pi 14^2) = 307,72$  mm<sup>2</sup>

-  $S = \frac{A_v * f_{ys} * d_t}{V_s} = \frac{307,72 * 420 * 436,5 * f_{ys} * d_t}{10,061 * 10^3} = 5610,07$  mm

3) Cek  $s_{aktual}$  terhadap  $s_{maks}$

Spasi tulangan geser maksimum  $s_{maks}$  di luar daerah  $l_o$  diambil dari nilai terkecil dari:

-  $0,25d_t = 0,25 * 535 = 133,75$  mm<sup>2</sup>

-  $6D = 6 * 19 = 133,75$  mm

- 150 mm

- $s \leq s_{maks} = 5610,069 \text{ mm} \leq 114 \text{ mm}$  (tidak memenuhi) dipakai  $s = 114 \text{ mm}$ , maka digunakan sengkang tertutup Ø14 dengan jarak 114 mm (Ø14-114).

## 5. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil perancangan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perencanaan gedung bertingkat harus memperhatikan tingkat kerawanan gempa pada daerah tersebut sehingga dapat menentukan sistem apa yang harus digunakan.
- 2) Ukuran tebal pelat, balok, kolom dan *sloof* yang diperoleh:
  - Tebal pelat lantai : 125 mm
  - Balok induk : (400x600) mm
  - Balok Anak : (200x400) mm
  - Kolom lt dasar : (600x600) mm
  - Kolom lt 1,2 dan 3: (600x600) mm
  - *Sloof* : (300x500) mm
- 3) Tulangan yang didapatkan dari masing-masing elemen struktur telah sesuai dengan persyaratan yang diatur dalam SNI-2487-2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

## Daftar Pustaka

- [1] N.A. Abrahamson and J.J. Bommer, "Probability and Uncertainty in Seismic Hazard Analysis", *Earthquake Spectra*, vol. 21, no. 2, p. 603, 2005.
- [2] M. Zachari and G. Turuallo, "Analisis Struktur Baja Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) Berdasarkan SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012", *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, vol. 1, no. 2, p. 9, 2020.
- [3] A.H. Pranata, T.H. Bagio) dan J. Tistogondo, "Desain Struktur Gedung 24 Lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda Menggunakan Performance Based Design Berdasarkan SNI 2847:2019", *Media Informasi Teknik Sipil UNJIA*, vol. 9, no. 2, p. 109, 2021.
- [4] N.F. Wiyata, R.A. Daniswara, Sumirin, and M.R. Ahyar, "Perencanaan Struktur Atas Tahan Gempa Hotel Laras Asri Salatiga Berdasarkan SNI 1726-2019", *Klaster Engineering*, vol. 2, p. 1, 2020.
- [5] SNI 1727, *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2020.
- [6] SNI 2052, *Baja Tulangan Beton*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2017.
- [7] SNI 2847, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019.
- [8] SNI 1726, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019.
- [9] D.F. Rambe and Soffi, *Perancangan Struktur Gedung Beton Bertulang Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*. Medan: Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [10] Ginanjar and Nassir, *Analisis Seismic Hazard di Batuan Dasar Untuk Wilayah Indonesia Bagian Timur pada  $T = 0$ ,  $T = 0.2$  dan  $T = 1$  Detik dengan Periode Ulang 500 Tahun*, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2008.
- [11] M.D. Petersen, J. Dewey, S. Hartzell, C. Mueller, S. Harmsen, A. Frankel, and K. Rukstales, "Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Sumatra, Indonesia and Across the Southern Malaysian Peninsula", *Tectonophysics*, vol. 390, p. 141, 2004.
- [12] R. Ansyori, *Desain Elemen Struktur Bangunan Bertingkat Dengan Sistem Ganda, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktur Khusus (SDSK)*, Padang: Universitas Andalas, 2017.
- [13] N. Septian, G. Turuallo, and I.K. Sulendra, "Kinerja Portal Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Sistem Ganda Menggunakan Metode Pushover Analysis", *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, vol. 3, no. 1, p. 35, 2022.
- [14] H. Pahur, D. Sulistyorini, I. Yasin, and A. Priyanto, "Analisis Struktur Gedung Perkantoran Tiga Lantai di Kabupaten Sleman Terhadap Beban Gempa SNI 1726:2019", *Renovasi*, vol. 6, no. 2, p. 63, 2021.
- [15] A. Wicaksana and A. Rosyidah, "Pembandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019", *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, vol. 18, no. 1, p. 88, 2021.
- [16] Almufid and E. Santoso, "Struktur SRPMK DAN SRPMM Pada Bangunan Tinggi (Structure of SRMK and SRMM on High Building)", *Jurnal Teknik*, vol. 10, no. 1, p. 24, 2021.
- [17] S.F. Ramadhani, J. Saputra, and A. Rosyidah, "Efek Torsi Bangunan Terhadap Respon Struktur Pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Ganda", *Jurnal Ilmiah Dinamika*, vol. 18, no. 1, p. 1, 2022.

*This page is intentionally left blank*