

Diterima : 30 April 2024 | Selesai Direvisi : 15 Mei 2024 | Disetujui : 21 Mei 2024 | Dipublikasikan : Juli 2024  
DOI : <http://dx.doi.org/10.24853/jk.15.2.92-110>  
Copyright © 2024 Jurnal Konstruksia  
This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Basic Desain Struktur Atas Gedung Pemerintahan di Kalimantan

Dani Setiawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknik Sipil, Universitas Langlangbuana, Jl. Karapitan No. 116 Cikawao, Bandung, 40261  
Email korespondensi: [septyawan0245@gmail.com](mailto:septyawan0245@gmail.com)

### ABSTRAK

Tersusunnya dokumen perencanaan Lingkungan dan *Land Development* kawasan yang dapat ditindak lanjuti dengan pekerjaan fisik melalui konstruksi Terintegrasi Rancang dan Bangun (*Design and Build*) guna menyiapkan Kawasan Siap Bangun dan Lingkungan Siap Bangun. Tujuan *Basic* Desain pada Gedung Pemerintahan di Kalimantan ini yaitu: Menentukan sistem struktur gedung, *preliminary* dimensi elemen struktur, beban rencana vertikal dan beban rencana gempa yang sesuai dengan SNI yang berlaku serta metode analisa penulangan. Setelah informasi dari data arsitektur dan data lokasi pembangunan diketahui, maka diperoleh Parameter *Respons* Spektra yang merupakan besarnya gaya gempa pada struktur bangunan:  $SDS = 0.10g$ ,  $SD1 = 0.08g$ ,  $T0 = 0.16$  det dan  $Ts = 0.80$  det. Setelah bangunan ini diberikan beban vertikal dan beban gempa, maka bangunan ini memiliki KDS (Kategori Desain Seismik) = C. Jadi analisa terhadap gedung ini adalah SRPMM (Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah). Menurut Tabel 12 SNI Gempa 1726-2019 diperoleh  $R = 5$ ,  $\Omega0 = 3$  dan  $Cd = 4.5$ . Peninjauan terhadap simpangan antar lantai terbesar:  $\Delta x = 21.213$  mm,  $\Delta y = 15.909$  mm, keduanya memenuhi syarat serta peninjauan terhadap P-Delta terbesar:  $\theta x = 0.0638$  rad,  $\theta y = 0.0422$  rad, keduanya juga memenuhi syarat.

**Kata kunci** : *Respons* spektrum, simpangan antar lantai, pengaruh P-Delta.

### ABSTRACT

*Preparation of Environmental and Land Development planning documents for the area which can be followed up with physical work through Integrated Design and Build construction to prepare Ready Environment. Basic Design Objectives for Government Buildings in Kalimantan are: Determine the building structural system, preliminary dimensions of structural elements, vertical design loads and earthquake design loads in accordance with applicable SNI as well as reinforcement analysis methods. After the information from architectural data and construction location data is known, the Spectra Response Parameters are obtained which are the magnitude of the earthquake force on the building structure:  $SDS = 0.10g$ ,  $SD1 = 0.08g$ ,  $T0 = 0.16$  sec and  $Ts = 0.80$  sec. After this building is subjected to vertical loads and earthquake loads, this building has a Seismic Design Category (KDS) = C. So, the analysis of this building is the Medium Moment Resisting Frame Structural System (SRPMM). According to Table 12 of SNI for the 1726-2019 Earthquake, it is obtained that  $R = 5$ ,  $\Omega0 = 3$  and  $Cd = 4.5$ . Review of the largest inter-floor deviation:  $\Delta x = 21,213$  mm,  $\Delta y = 15,909$  mm, both meet the requirements and review of the largest P-Delta:  $\theta x = 0.0638$  rad,  $\theta y = 0.0422$  rad, both also meet the requirements.*

**Keywords** : *Spectrum response, interfloor deviation, P-Delta influence*

### 1. PENDAHULUAN

Tersusunnya Dokumen perencanaan Urban and *Land Development* kawasan

yang dapat ditindak lanjuti dengan pekerjaan fisik melalui konstruksi Terintegrasi Rancang dan Bangun (*Design*

and Build) guna menyiapkan KASIBA (Kawasan Siap Bangun) dan LISIBA (Lingkungan Siap Bangun).

Rumusan masalah dari *Basic* Desain Bangunan Pemerintah ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana sistem struktur dari Gedung
- b. Bagaimana *preliminary* elemen struktur (balok, kolom dan pelat lantai)
- c. Bagaimana beban rencana vertikal yang diberikan sesuai dengan peraturan SNI Muatan atau Pembebanan yang berlaku
- d. Bagaimana beban rencana gempa yang diberikan sesuai dengan lokasi pembangunan dan peraturan SNI Gempa yang berlaku
- e. Bagaimana analisis penulangan pada elemen struktur (balok, kolom dan pelat lantai) yang sesuai dengan peraturan SNI Beton yang berlaku.

Tujuan dari *Basic* Desain ini adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan sistem struktur dari Gedung
- b. Menentukan *preliminary* elemen struktur (balok, kolom dan pelat lantai)
- c. Menentukan beban rencana vertikal yang diberikan sesuai dengan peraturan SNI Muatan atau Pembebanan yang berlaku
- d. Menentukan beban rencana gempa yang diberikan sesuai dengan lokasi pembangunan dan peraturan SNI Gempa yang berlaku
- e. Menentukan analisis penulangan pada elemen struktur (balok, kolom dan pelat lantai) yang sesuai dengan peraturan SNI Beton yang berlaku.

Manfaat dari *Basic* Desain ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi konsultan perencana  
Konsultan perencana dapat menentukan langkah selanjutnya

dalam pekerjaan DED (*Design Engineering Development*)

- b. Bagi mahasiswa  
Mahasiswa mendapatkan ilmu dan wawasan tentang urutan standar dalam perencanaan struktur bangunan.
- c. Bagi akademisi  
Akademisi mendapatkan referensi dalam menentukan kegiatan DED (*Design Engineering Development*).

Batasan masalah dari *Basic* Desain ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemodelan gedung yang dipakai yaitu Gedung Pemerintahan
- b. Perancangan beban gempa pada model struktur berdasarkan SNI Gempa yang berlaku
- c. Perancangan tidak memperhitungkan struktur bawah
- d. Analisis struktur menggunakan perangkat lunak yaitu program perhitungan analisis struktur.

## 2. METODE *BASIC* DESAIN

### Dasar *basic* desain

- a. Gambar denah, tampak dan potongan arsitektur dengan fungsi ruang dan elevasi yang tidak akan berubah lagi.
- b. Potongan elevasi Gedung Pimpinan
- c. Peraturan Perencanaan
  - SNI-1727-2020 Beban Desain Minimum
  - SNI-2847-2019 Persyaratan Beton Struktural
  - SNI-1726-2019 Tata Cara Gedung Tahan Gempa
  - SNI-1729-2015 Peraturan Baja Struktural
  - SNI-8460-2017 Persyaratan perancangan geoteknik

Tabel 1. Elevasi Gedung Pemerintahan

<b>Nama Tingkat</b>	<b>Elevasi (m)</b>	<b>Jarak Antar Lantai (mm)</b>
ROOF	84.750	4250
Lt-11	80.500	4250
Lt-10	76.250	4250
Lt-09	72.000	5500
Lt-08	66.500	4250
Lt-07	62.250	4250
Lt-06	58.000	5500
Lt-05	52.500	4250
Lt-04	48.250	4375
Lt-03	43.875	4375
Lt-02	39.500	6000
Lt-01	33.500	5500
SB	28.000	0000

d. Software Pendukung

- ETABS2020 V.1
- Perangkat lunak lainnya yang dibuat secara pribadi.

Perhitungan modulus elastisitas beton diperoleh berdasarkan rumus:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (1)$$

2. Mutu Tulangan

- Tulangan Utama = 420 MPa
- Tulangan Geser = 420 MPa

a. Preliminari Desain

- Preliminari Balok

Penentuan tinggi minimum balok non prategang diambil berdasarkan tabel berikut [4]:

**Mutu material**

1. Mutu beton

Tabel 2. Mutu Beton

<b>Elemen Struktur</b>	<b>F'c (MPa)</b>	<b>Ec (MPa)</b>
Pile cap	35	27806
Pondasi bor	35	27806
T-beam	30	25743
Balok	30	25743
Kolom	30	25743
Pelat lantai	30	25743
Pelat helipad	30	25743
Dinding shearwall	30	25743

Tabel 3. Tinggi Minimum Balok Non Prategang

<b>Kondisi perletakan</b>	<b>Minimum h<sup>1</sup></b>
Perlekatan sederhana	ℓ/16
Menerus satu sisi	ℓ/18.5
Menerus dua sisi	ℓ/21
kantilever	ℓ/8

[1] Rumusan dapat diaplikasikan untuk beton mutu normal dan tulangan mutu 420. Untuk kasus lain, minimum *h* harus dimodifikasi sesuai dengan 9.3.1.1.1 hingga 9.3.1.1.3, sebagaimana mestinya

Preliminary elemen balok yang sering digunakan dalam perencanaan adalah:

$$H \approx \frac{L}{12} \text{ dan } B \approx \frac{H}{2} \quad (2)$$

dengan L = panjang bentang balok, H = tinggi balok, B = Lebar balok

Tabel 4. Preliminary Balok

No	Nama Balok	Dimensi (mm)
1	B1	500 x 1000
2	B2	400 x 800
3	B3	350 x 750
4	B4	250 x 400

- Preliminari kolom  
Preliminary elemen kolom yang sering digunakan dalam perencanaan adalah:

$$A_g \geq \frac{P_u}{0.35f_{c'}} \quad (3)$$

dengan  $P_u$  = Beban total terfaktor,  $f_{c'}$  = Kuat tekan beton,  $A_g$  = Luas penampang kolom

Tabel 5. Preliminary Kolom

No	Nama Kolom	Dimensi (mm)
1	K1	1200 x 12000
2	K2	Diameter 1200
3	K3	1000 x 1000
4	K4	Diameter 1000
5	K5	300 300

- Preliminari Pelat  
Penentuan ketebalan minimum pelat dua arah non prategang diambil berdasarkan tabel berikut [4]:

Tabel 6. Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Non Prategang Dengan Balok Diantara Tumpuan pada Semua Sisinya

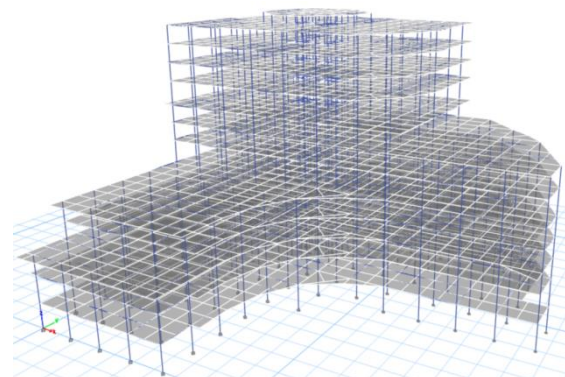
$\alpha_{fw} [1]$	$h$ Minimum (mm)	
$\alpha_{fw} \leq 0,2$	8.3.1.1 Berlaku	(a)
$0,2 < \alpha_{fw} \leq 2,0$	Terbesar dari: $\frac{f_x(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fw} - 0,2)}$	(b) [2] [3]
	125	(c)
$\alpha_{fw} > 2,0$	Terbesar dari: $\frac{f_x(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$	(d) [2] [3]
	90	e

Tabel 7. Preliminary Pelat Beton

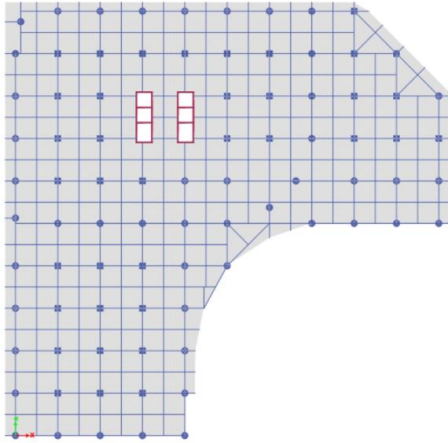
No	Nama Pelat	Tebal (mm)
1	Pelat lantai	12
2	Pelat helipad	200
3	Pelat core lift	150

### Model struktur

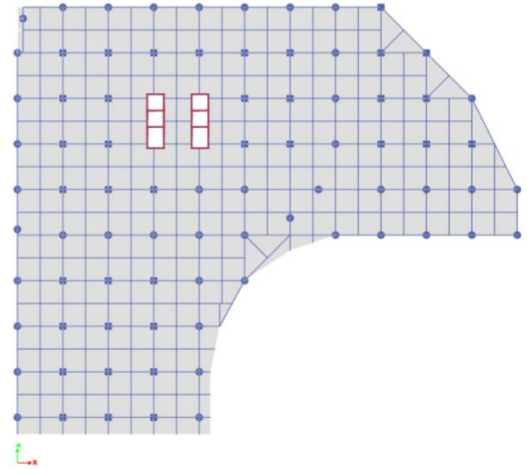
Model struktur ini dimodelkan dengan menggunakan software ETABS2020 V.1, sehingga dapat terbentuk seperti gambar di bawah ini:



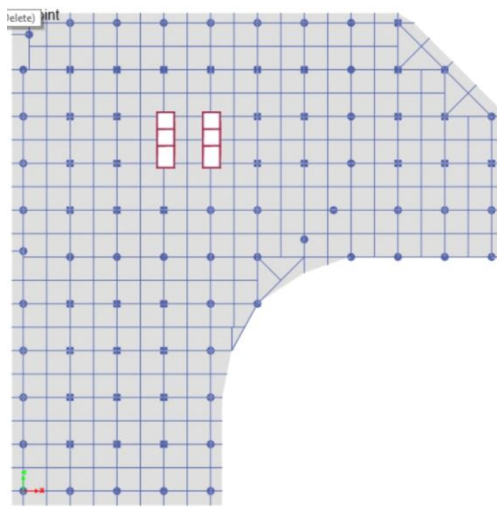
Gambar 1. Model Struktur 3D



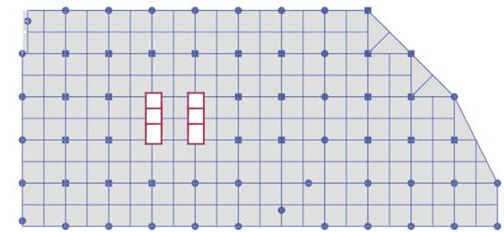
Gambar 2. *Ground Floor* dan Lantai-1



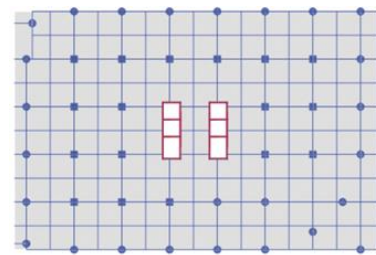
Gambar 5. Lantai-4



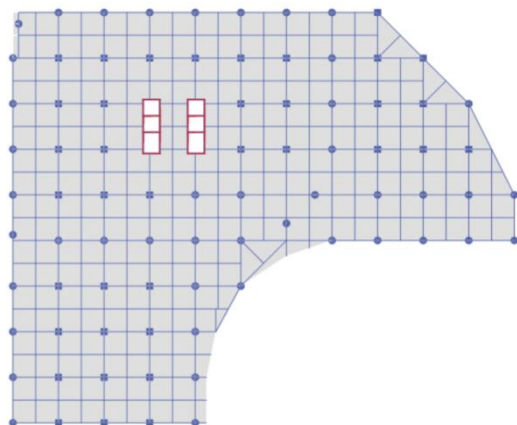
Gambar 3. Lantai-2



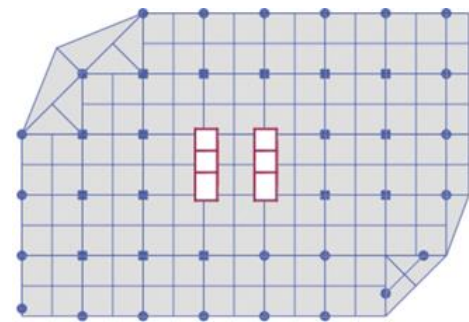
Gambar 6. Lantai-5 dan Lantai-6



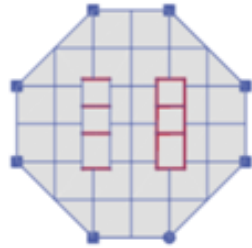
Gambar 7. Lantai-7



Gambar 4. Lantai-3



Gambar 8. Lantai-8 s/d Lantai *Roof Top*



Gambar 9. Lantai-Helipad

**Pembebanan vertikal**

- a. **Beban mati (DL)**  
 Beban mati ini berasal dari berat elemen struktur yang terpasang seperti berat kolom, berat balok, berat pelat lantai dan berat *shearwall* (bila ada), dengan menggunakan berat jenis beton 2400 kg/m<sup>3</sup>. Perhitungan beban mati ini secara otomatis sudah diperhitungkan didalam *software*.
- b. **Beban mati tambahan (SDL)**  
 Beban mati tambahan seperti atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.

Tabel 8. Beban Mati Tambahan (SDL)

<i>Uraian Beban Mati Tambahan (SDL)</i>	<i>Besaran</i>
Mortar, keramik =	115 kg/m <sup>2</sup>
Mortar, keramik, plafond =	133 kg/m <sup>2</sup>
MEP =	40 kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata =	250 kg/m <sup>2</sup>
<i>Roof garden</i>	525 kg/m <sup>2</sup>

- c. **Beban hidup (LL)**  
 Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus merupakan beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum [5].

Tabel 9. Beban Hidup (LL)

<i>Uraian Beban Hidup (LL)</i>	<i>Besaran</i>
Ruang kantor =	2,4 kN/m <sup>2</sup>
Ruang computer =	4,79 N/m <sup>2</sup>
Ruang pertemuan =	4,79 N/m <sup>2</sup>
Ruang makan dan restoran =	4,79 N/m <sup>2</sup>

- d. **Beban hidup atap (L<sub>R</sub>)**

Tabel 10. Beban Hidup Atap (L<sub>R</sub>)

<i>Uraian Beban Hidup Atap (L<sub>R</sub>)</i>	<i>Besaran</i>
Tempat rekreasi =	3,59 kN/m <sup>2</sup>
Atap untuk berkumpul =	4,70 N/m <sup>2</sup>
Balkon dan dak =	4,79 N/m <sup>2</sup>

- e. **Beban helipad**  
 Beban hidup tidak boleh direduksi. Penetapan kapasitas helikopter harus sesuai dengan yang disyaratkan oleh pihak yang berwenang. Dua beban terpusat tunggal, berjarak 8 ft (2,44 m), harus diterapkan pada area pendaratan (yang mewakili dua gear pendaratan utama helikopter, baik tipe seluncur atau roda), masing-masing memiliki nilai sebesar 0,75 kali berat lepas landas maksimum helikopter dan ditempatkan untuk menghasilkan efek maksimum pada elemen struktur yang diperhitungkan. Beban terpusat harus diterapkan pada area 8 in. x 8 in. (200 mm x 200 mm) dan tidak disyaratkan bekerja

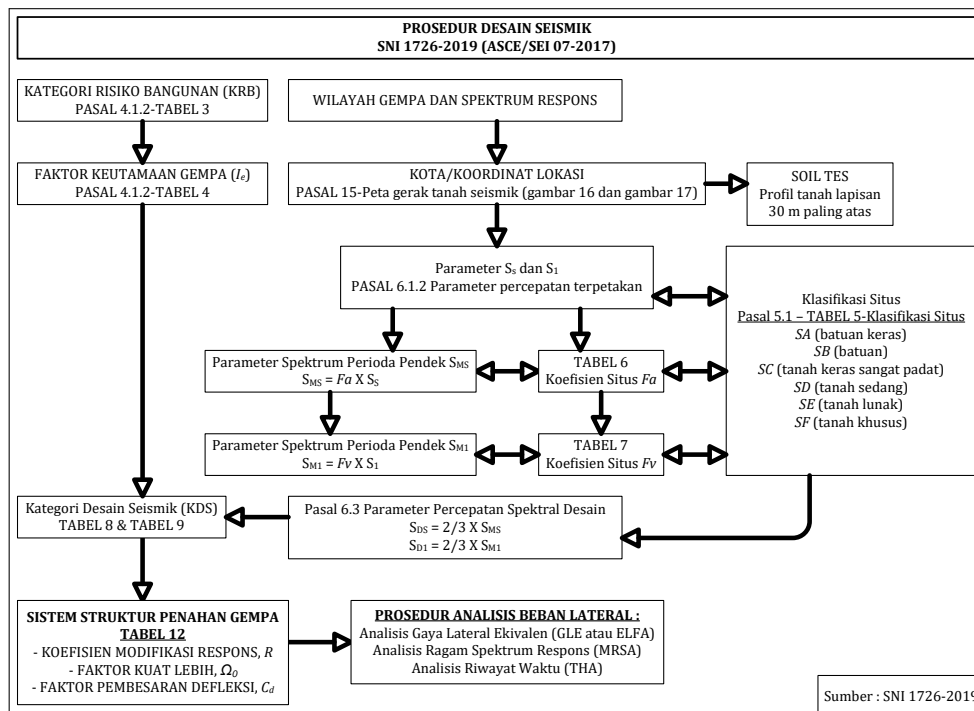
bersamaan dengan beban hidup merata atau beban hidup terpusat lainnya.

Beban terpusat tunggal sebesar 3.000 lb (13,35 kN) harus diterapkan pada area 4,5 in.x 4,5 in. (114 mm x 114 mm), ditempatkan untuk menghasilkan efek maksimum pada elemen struktur yang diperhitungkan. Beban terpusat tidak disyaratkan bekerja bersamaan dengan beban hidup merata atau beban hidup terpusat lainnya.

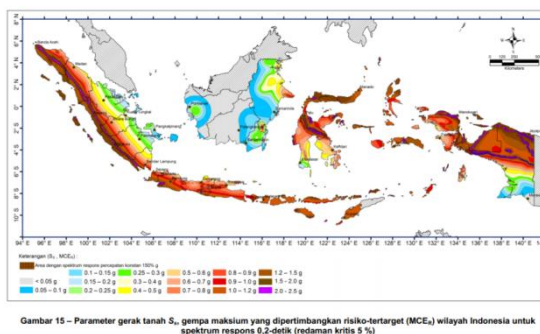
### Pembebanan horizontal/gempa (E)

Diagram alir berikut merupakan langkah penentuan beban gempa [3]:

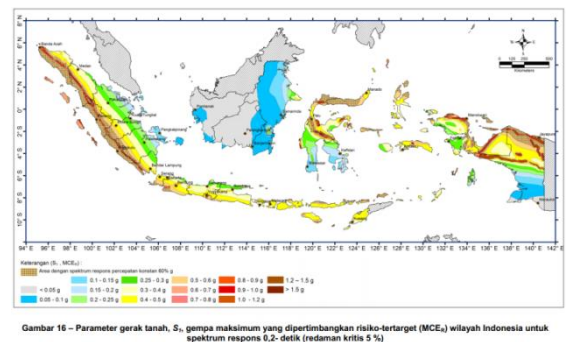
1. Diagram alir penentuan beban gempa pada struktur berdasar [3]
2. Peta Kegempaan [3].  
Peta gempa ini diperuntukan dalam menentukan nilai  $S_1$  dan  $S_s$ , dari hasil pembacaan diperoleh  $S_1 = 0.085$  dan  $S_s = 0119$



Gambar 10. Diagram Alir Penentuan Beban Gempa



Gambar 11A. Parameter Gerak Tanah  $S_s$

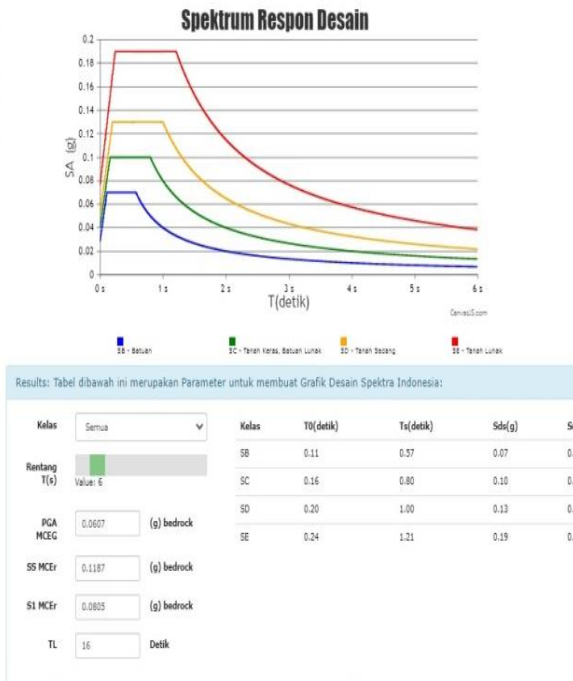


Gambar 11B. Parameter Gerak Tanah  $S_1$

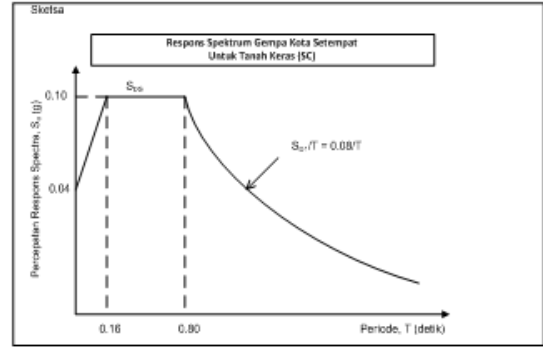
3. Menentukan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )  
Berdasarkan tabel faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) SNI 1726-2019, maka Gedung Pelaksana, Gedung Pimpinan

dan Gedung Penunjang termasuk Kategori risiko IV, maka faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) yang digunakan 1.50

4. Menentukan situs tanah  
Perhitungan Situs Tanah yang diperoleh dari hasil Soil Investigasi yaitu Kategori Situs Tanah Keras (SC).
5. Grafik respons spektrum desain



Gambar 12. Respons Spektrum Desain



Gambar 13. Respons Spektrum Desain Tanah Keras (SC)

6. Parameter respons spectra  
Pembebanan gempa untuk bangunan sistem Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang terletak di MABES IKN memiliki parameter seperti pada tabel berikut [3]:

Tabel 11. Parameter Respons Spektra

<b>Parameter Respons Spektra</b>		
Kategori Risiko		IV
Faktor Keutamaan	$I_e$	1.50
Kelas Situs Tanah		Tanah Keras (SC)
Percepatan gempa $MCE_r$ terpetakan untuk periode pendek	$S_s$	0.119
Percepatan gempa $MCE_r$ terpetakan untuk periode 1 detik	$S_1$	0.085
Percepatan desain pada periode pendek	$S_{Ds}$	0.10
Percepatan desain pada periode 1 detik	$S_{D1}$	0.08



Perioda awal	$T_0$	0.16
Perioda akhir	$T_s$	0.80

7. Menentukan KDS (Kategori Desain Seismik)

Berdasarkan kedua tabel SNI 1726-2019 Tabel 8 dan Tabel 9, maka bangunan ini memiliki KDS = C. Jadi analisa terhadap gedung ini adalah sistem SRPMM (Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah).

Menurut Tabel 12 SNI 1726-2019 diperoleh:

$$R = 5$$

$$\Omega_0 = 3$$

$$C_d = 4.5$$

Tahap pertama dalam analisis response spektra adalah perhitungan faktor skala. Faktor Skala dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\text{Faktor skala} = \frac{g \cdot I_e}{R} \quad (4)$$

dengan  $g = 9.81 \text{ m/det}^2$ ,  $I_e = 1.50$ ,  $R = 5$

$$\text{Faktor skala} = \frac{9,81 \cdot 1,50}{5} = 2,943 \text{ m/det}^2$$

Tahap selanjutnya adalah pengecekan gaya geser dasar akibat beban dinamik tidak boleh kurang dari

100% gaya geser dasar akibat beban statik.

$$V_D \geq 100\%V_S \quad (5)$$

dengan  $V_S =$  Geser dasar lateral statik,  $V_D =$  Geser dasar dari kombinasi ragam yang disyaratkan

8. Beban gempa statik

$$T_c = 1.988 \text{ detik}$$

$$C_{S(\text{maks})} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,08}{1,988 \left(\frac{5}{1,5}\right)} = 0,01$$

Geser dasar statik ( $V_S$ ):

$$V_S = C_s \cdot W_{\text{tot}} = 583,68 \text{ t}$$

Menentukan  $C_{vx}$ :

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_x h_x^k} \quad (6)$$

Dari hasil perhitungan  $T = 1.988$  detik, maka  $k = 1.744$  (interpolasi)

Menentukan  $F_x$ :

$$F_x = C_{vx} \cdot V_S \quad (7)$$

Beban gempa statik dapat langsung dihitung secara tabelaris

Tabel 12. Beban Gempa Statik

Nama Lantai	Berat Per Lt ( $W_x$ ) (ton)	( $h_x$ ) (m)	Ketinggian ( $h_x$ ) <sup>k</sup> (m)	( $W_x$ ) X ( $h_x$ ) <sup>k</sup> (ton.m)	$C_{vx}$	( $F_x$ ) (m)
ROOF	270.727	59.250	1234.720	334271.924	0.015	8.746
Lt-11	3309.714	56.750	1145.293	3790590.858	0.170	99.184
Lt-10	2984.652	52.500	999.903	2984361.871	0.134	78.088
Lt-09	2997.184	48.250	863.017	2586620.660	0.116	67.681
Lt-08	3235.982	44.000	734.821	2377866.955	0.107	62.219
Lt-07	3447.693	38.500	582.162	2007114.040	0.090	52.518
Lt-06	4456.828	34.250	474.731	2115796.521	0.095	55.361
Lt-05	4663.770	30.000	376.790	1757262.416	0.079	45.980
Lt-04	6311.564	24.500	264.671	1670485.130	0.075	43.710
Lt-03	5969.579	20.250	189.848	1133310.584	0.051	29.654
Lt-02	6522.040	15.875	124.178	809893.991	0.036	21.192

Nama Lantai	Berat Per Lt ( $W_x$ ) (ton)	( $h_x$ ) (m)	Ketinggian ( $h_x$ ) <sup>k</sup> (m)	( $W_x$ ) X ( $h_x$ ) <sup>k</sup> (ton.m)	$C_{vx}$	( $F_x$ ) (m)
Lt-01	9015.805	11.500	70.771	638060.049	0.029	16.695
SB	5182.379	5.500	19.552	101326.189	0.005	2.651
<b>Σ =</b>	<b>58367.915</b>			<b>22306961.189</b>	<b>1.000</b>	<b>583.679</b>
			<b>V<sub>s</sub> =</b>	<b>583.679</b>	<b>Ton</b>	

**Kombinasi pembebanan**

Kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut [3]:

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL+0.5 (L<sub>R</sub> atau R)
- 1.2 DL + 1.6(L<sub>R</sub> atau R) + (1.0LL atau 0.5W)
- (1.2 + 0.2 S<sub>DS</sub>) DL + 1.0 LL ± 0.3ρ E<sub>x</sub> ± 1.0 ρ E<sub>y</sub>
- (1.2 + 0.2 S<sub>DS</sub>) DL+ 1.0 LL ± 1.0ρE<sub>x</sub> ± 0.3ρE<sub>y</sub>
- (0.9 - 0.2 S<sub>DS</sub>) DL± 0.3ρE<sub>x</sub> ± 1.0ρE<sub>y</sub>
- (0.9 - 0.2 S<sub>DS</sub>) DL± 1.0ρE<sub>x</sub> ± 0.3ρ E<sub>y</sub>

dengan DL = beban mati termasuk SDL, LL = beban hidup, L<sub>R</sub> = Beban hidup di atap, R = Beban hujan, E<sub>x</sub> = Beban gempa arah x, E<sub>y</sub> = Beban gempa arah y, E<sub>y</sub> = Beban gempa arah y, W = Beban angin, P = 1.0

struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh modal [3].

Berdasarkan hasil ETABS2020, berikut ringkasan dari rasio partisipasi modal massa yang diperoleh seperti pada Tabel 13. Terlihat pada kolom Sum U<sub>x</sub> dan Sum U<sub>y</sub> partisipasi ratio kedua arah sudah melebihi 90%.

**Pengecekan kinerja struktur**

1. Pemeriksaan jumlah ragam  
Harus dilakukan analisis untuk menentukan ragam getar alami untuk

Tabel 13. Partisipasi Massa

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	7	0.427	0.003	0.013	0.000	0.871	0.874	0.000	0.033
Modal	8	0.353	0.046	0.000	0.000	0.917	0.874	0.000	0.001
Modal	9	0.283	0.000	0.046	0.000	0.000	0.920	0.000	0.084
Modal	10	0.261	0.001	0.001	0.000	0.000	0.922	0.000	0.002
Modal	11	0.218	0.024	0.000	0.000	0.000	0.922	0.000	0.000

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	12	0.027	0.002	0.000	0.000	0.000	0.922	0.000	0.000
Modal	13	0.193	0.002	0.000	0.000	0.000	0.922	0.000	0.000
Modal	14	0.186	0.000	0.026	0.000	0.000	0.949	0.000	0.062
Modal	15	0.162	0.009	0.000	0.000	0.000	0.949	0.000	0.001
Modal	16	0.154	0.001	0.007	0.000	0.000	0.956	0.000	0.016
Modal	17	0.148	0.004	0.001	0.000	0.000	0.957	0.000	0.002
Modal	18	0.132	0.001	0.002	0.000	0.000	0.959	0.000	0.004
Modal	19	0.123	0.000	0.004	0.000	0.000	0.963	0.000	0.001
Modal	20	0.119	0.000	0.000	0.000	0.962	0.964	0.000	0.001

2. Pemilihan Jenis Analisa Ragam

Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, harus dikombinasikan dengan menggunakan metode CQC atau SRSS [3]. Metode CQC harus digunakan untuk masing-masing nilai ragam dimana ragam berjarak dekat dan berkorelasi silang yang signifikan diantara respons translasi dan rotasi. Waktu getar lami dianggap berdekatan apabila selisih nilainya kurang dari 15%. Untuk gedung yang memiliki waktur getar alami berjauhan (lebih dari 15%), penjumlahan respons ragam tersebut dapat dilakukan dengan metode SRSS.

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{1,988 - 1,760}{1,988} \cdot 100\% = 11,47\%$$

$$\frac{T_2 - T_3}{T_2} = \frac{1,760 - 1,614}{1,614} \cdot 100\% = 9,05\%$$

Terlihat hasilnya selisih waktu getar alami (11.47% dan 9.05%) keduanya < 15%. Oleh sebab itu, dipilih metode CQC.

3. Faktor skala gempa

Gaya geser dasar dinamis harus lebih besar dari 100% gaya geser dasar statis [3].

Hasil *running* dari *output software* ETABS diperoleh:

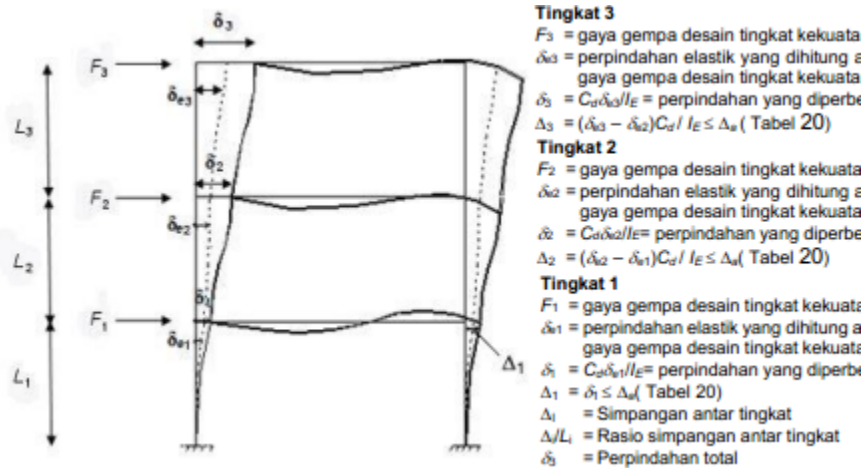
$$V_{DX} = 1669 \text{ ton}$$

$$V_{DY} = 1947 \text{ ton}$$

- Untuk arah X  
 $V_{DX} \geq 100\%V_S$   
 $1669 \geq 100\%(583,68)$  (OK)
- Untuk arah Y  
 $V_{DY} \geq 100\%V_S$   
 $1947 \geq 100\%(583,68)$  (OK)

Kedua arah terpenuhi seperti yang disyaratkan dalam SNI 1726-2019 pasal 7.9. Jadi tidak ada nilai faktor skala (FS) baru yang harus diubah pada ETABS.

4. Simpangan antarlantai (*Story Drift*)  
 Batasan simpangan antarlantai yang digunakan =  $\Delta_a = 0.010h_{sx}$  (Kategori risiko IV dan semua struktur lainnya).  
 Nilai reduksi ( $\rho$ ) = 1



Gambar 14. Simpangan Antarlantai

Tabel 14. Batas Simpangan Antarlantai

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0.025 $h_{sx}^c$	0.020 $h_{sx}$	0.015 $h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	0.010 $h_{sx}$	0.010 $h_{sx}$	0.010 $h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0.007 $h_{sx}$	0.007 $h_{sx}$	0.007 $h_{sx}$
Semua struktur lainnya	0.020 $h_{sx}$	0.015 $h_{sx}$	0.010 $h_{sx}$

Berdasarkan data sebelumnya:

$R = 5$

$\Omega_0 = 3$

$C_d = 4.5$

$I_e = 1.50$

Perhitungan ini menggunakan:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{\delta_x} \tag{8}$$

$$\delta_x = \frac{4,5 \cdot \delta_{xe}}{1,5} = 3\delta_{xe}$$

Tabel 15. Simpangan Antarlantai Arah X

Story	$h_{sx}$ (mm)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	Check $\Delta < \Delta a$
ROOF	2500	48.409	145.227	3.729	25.00	Ok
Lt-11	4250	47.166	141.498	6.756	42.50	Ok
Lt-10	4250	44.914	134.742	7.950	42.50	Ok

Story	hsx (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	Check Δ < Δa
Lt-09	4250	42.264	126.792	8.994	42.50	Ok
Lt-08	5500	39.266	117.798	13.998	55.00	Ok
Lt-07	4250	34.600	103.800	12.408	42.50	Ok
Lt-06	4250	30.464	91.392	11.517	42.50	Ok
Lt-05	5500	26.625	79.875	21.213	55.00	Ok
Lt-04	4250	19.554	58.662	11.844	42.50	Ok
Lt-03	4375	15.606	46.818	12.861	43.75	Ok
Lt-02	4375	11.319	33.957	11.712	43.75	Ok
Lt-01	6000	7.415	22.245	15.246	60.00	Ok
SB	5500	2.333	6.999	6.999	55.00	Ok

Tabel 16. Simpangan Antarlantai Arah Y

Story	hsx (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	Check Δ < Δa
ROOF	2500	48.405	145.215	4.818	25.00	Ok
Lt-11	4250	46.799	140.397	10.260	42.50	Ok
Lt-10	4250	43.379	130.137	10.950	42.50	Ok
Lt-09	4250	39.729	119.187	11.862	42.50	Ok
Lt-08	5500	35.775	107.325	15.909	55.00	Ok
Lt-07	4250	30.472	91.416	9.828	42.50	Ok
Lt-06	4250	27.196	81.588	12.294	42.50	Ok
Lt-05	5500	23.098	69.294	17.316	55.00	Ok
Lt-04	4250	17.326	51.978	11.553	42.50	Ok
Lt-03	4375	13.475	40.425	11.658	43.75	Ok
Lt-02	4375	9.589	28.767	10.533	43.75	Ok
Lt-01	6000	6.078	18.234	12.420	60.00	Ok
SB	5500	1.938	5.814	5.814	55.00	Ok

5. Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.7, pengaruh P-Delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antarlantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) seperti yang ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0.1:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_D h_{sx} C_d} \tag{9}$$

$$\theta < 0.10, \theta_{maks} \frac{0.50}{\beta C_d} \leq 0.25 ; \beta = 1$$

dengan  $P_x$  = beban desain vertikal total  $\Delta$  = simpangan antarlantai Tingkat,  $I_e$  = faktor keutamaan gempa = 1.50,  $h_{sx}$  = Tinggi tingkat di bawah tingkat x,  $C_d$  = faktor pembesaran defleksi = 4.5,  $V_D$  = gaya geser seismik Dalam kasus ini adalah:

$$\theta = \frac{1.5 P_x \Delta}{4.5 V_D h_{sx}} = \frac{1}{3} \left( \frac{P_x \Delta}{V_D h_{sx}} \right) \quad (10)$$

$$\theta_{mak} = \frac{0,5}{\beta_{Cd}} = \frac{0,5}{1.4,5} = 0,111 < 0,25 \quad (11)$$

Hasil perhitungan Pengaruh P-Delta ini dapat dilihat pada Tabel 16A (Arah X) dan Tabel 16B (Arah Y)

**Batasan penulangan elemen struktur**

Pada *Basic* Desain ini tidak dihitung sampai keluar tulangan tapi hanya sebatas langkah-langkah dalam Analisa [4].

1. Elemen balok  
 Pada *Basic* Desain ini tidak dihitung sampai keluar [4].

Tabel 17. Pengaruh P-Delta Arah X

Stor y	hsx (mm)	P <sub>tiap Lantai</sub> (kN)	∅ (mm)	Vx (kN)	∅ (rad)	∅ < 0.10	∅ < ∅max
ROO F	2500	2707.269	3.729	396.95	0.0034	Ok	Ok
Lt-11	4250	33097.138	6.756	2878.05	0.0061	Ok	Ok
Lt-10	4250	29846.517	7.950	2097.23	0.0089	Ok	Ok
Lt-09	4250	29971.841	8.994	1572.06	0.0134	Ok	Ok
Lt-08	5500	32359.819	13.998	1239.62	0.0221	Ok	Ok
Lt-07	4250	34476.926	12.408	857.63	0.0391	Ok	Ok
Lt-06	4250	44568.278	11.517	879.54	0.0458	Ok	Ok
Lt-05	5500	46637.703	21.213	940.11	0.0638	Ok	Ok
Lt-04	4250	63115.636	11.844	1157.55	0.0507	Ok	Ok
Lt-03	4375	59695.789	12.861	1332.53	0.0439	Ok	Ok
Lt-02	4375	65220.395	11.712	1415.64	0.0411	Ok	Ok
Lt-01	6000	90158.052	15.246	1324.03	0.0577	Ok	Ok
SB	5500	51823.791	6.999	602.01	0.0365	Ok	Ok

Tabel 18. Pengaruh P-Delta Arah Y

Story	hsx (mm)	P <sub>tiap Lantai</sub> (kN)	∅ (mm)	Vy (kN)	∅ (rad)	∅ < 0.10	∅ < ∅max
ROOF	2500	2707.269	4.818	420.98	0.0041	Ok	Ok
Lt-11	4250	33097.138	10.260	3111.32	0.0086	Ok	Ok

Story	hsx (mm)	Ptiap Lantai (kN)	∅ (mm)	Vy (kN)	∅ (rad)	∅ < 0.10	∅ < ∅max
Lt-10	4250	29846.517	10.950	2366.48	0.0108	Ok	Ok
Lt-09	4250	29971.841	11.862	1799.13	0.0155	Ok	Ok
Lt-08	5500	32359.819	15.909	1386.50	0.0225	Ok	Ok
Lt-07	4250	34476.926	9.828	1008.80	0.0263	Ok	Ok
Lt-06	4250	44568.278	12.294	1155.38	0.0372	Ok	Ok
Lt-05	5500	46637.703	17.316	1229.94	0.0398	Ok	Ok
Lt-04	4250	63115.636	11.553	1575.33	0.0363	Ok	Ok
Lt-03	4375	59695.789	11.658	1626.30	0.0326	Ok	Ok
Lt-02	4375	65220.395	10.533	1656.65	0.0316	Ok	Ok
Lt-01	6000	90158.052	12.420	1473.07	0.0422	Ok	Ok
SB	5500	51823.791	5.814	664.27	0.0275	Ok	Ok

2. Tulangan lentur

Preliminary tulangan balok:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})} \approx \frac{M_u}{\phi f_y (0,875 d)} \quad (12)$$

Batasan tulangan:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max} \quad (13)$$

dimana:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad (14)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa)} \quad (15)$$

$$\rho_{min} = 0,25 \sqrt{\frac{f_c'}{f_y}} \text{ (untuk } f_c' > 30 \text{ MPa)} \quad (16)$$

$$\rho_b = 0,85 \left(\frac{f_c'}{f_y}\right) \beta_1 \left(\frac{600}{600+f_y}\right) \quad (17)$$

$$\rho_{max} = \left(\frac{0,03 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008}\right) \rho_b \quad (18)$$

Tabel 19. Nilai  $\beta_1$

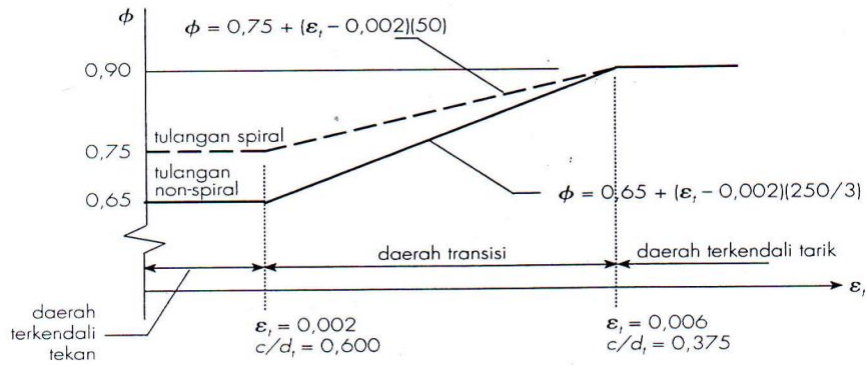
$f_c' \text{ MPa}$	$\beta_1$	
$17 < f_c' \leq 28$	0.85	a)
$28 < f_c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$	b)
$f_c' \geq 55$	0.65	c)

Menentukan nilai  $\phi$  merupakan fungsi dari  $c/d_t$ , dimana  $c$  = letak garis netral terhadap serat tekan dan  $d_t$  = tinggi efektif balok.

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} \quad (19)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' \cdot b} \quad (20)$$

Nilai  $c/d_t$  diplotkan pada gambar berikut:



Gambar 15. Menentukan Nilai  $\phi$

Kapasitas penampang  $\phi M_n$ :

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) \quad (21)$$

Syarat kekuatan:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (22)$$

dengan  $M_u$  = beban luar terfaktor

3. Tulangan geser balok

Berikut persamaan penulangan geser sesuai [4]:

Metoda LRFD:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (23)$$

Beton mempunyai kekuatan sendiri, untuk menahan Gaya Geser, yakni  $V_c$  dimana nilai  $V_c$  tergantung dari mutu beton ( $f'_c$ ) memberikan nilai sebagai berikut [4]:

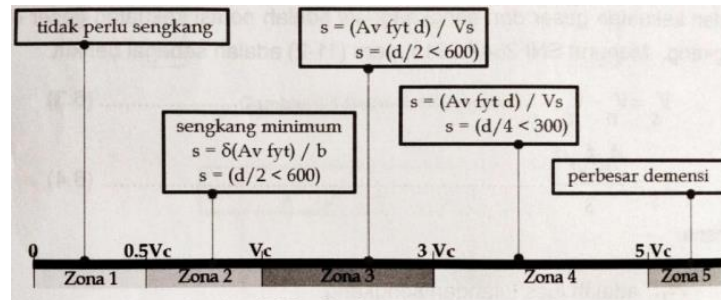
$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{(f'_c)}_c b_w d \quad (24)$$

Bila gaya luar  $V_n = V_u/\phi$ , harus mampu dilawan gaya geser beton itu sendiri  $V_c$  dan kekuatan geser dari sengkang.  $V_s$  adalah notasi kekuatan geser dari Sengkang [4].

$$V_s = V_n - V_c \quad (25)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (26)$$

dengan  $A_v$  = luas tulangan sengkang,  $f_y$  = mutu baja tulangan Sengkang,  $d$  = tinggi efektif balok,  $s$  = jarak antara sengkang.



Gambar 16. Pembagian Zona Geser

4. Elemen kolom

Menurut [4] bahwa mensyaratkan:

$$0,01 \leq \rho_g \leq 0,08 \quad (27)$$

Rasio tulangan longitudinal kolom dihitung sebagai berikut:

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} \quad (28)$$

Biasanya diambil angka 0.02

Jumlah tulangan minimum yang harus dipasang pada kolom:

- Minimal 6 tulangan pada kolom berspiral

- Minimal 4 tulangan pada kolom dengan sengkang persegi atau sengkang cincin
- Minimal 3 tulangan pada kolom dengan sengkang ikat segitiga.

Untuk tulangan transversal diatur pada [4] Pasal 8.5

5. Elemen pelat

Penentuan ketebalan minimum pelat sudah dibahas pada point *Preliminary*.



Pada umumnya struktur pelat beton dalam suatu bangunan gedung dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yaitu:

- Pelat satu arah  
Sistem pelat yang hanya ditumpu dikedua sisinya, maka pelat tersebut akan mengalami lentur atau lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Beban akan didistribusi-kan oleh pelat dalam satu arah saja yaitu ke arah tumpuan. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3 – 6 meter, dengan beban hidup sebesar 2.5 s/d 5 kN/m<sup>2</sup>.
- Pelat dua arah  
Sistem pelat yang ditumpu keempat sisinya dan ratio antara bentang panjang terhadap bentang pendek-nya kurang dari 2. Sistem pelat dua arah cocok digunakan padabentangan 6 – 9 meter, dengan beban hidup sebesar 2.5 s/d 5.5 kN/m<sup>2</sup>.
- Sistem pelat rusuk  
Tidak dibahas pada *Basic* desain disini.  
Batasan tulangan:  
Batasan tulangan pelat sama halnya dengan pada tulangan balok, yaitu seperti pada persamaan (13).  
Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400, maka:  
$$\rho_{min} = 0.0018 \quad (29)$$
  
Penentuan nilai  $\rho_{maks}$  sama seperti persamaan (17) dan (18).

### 3. HASIL BASIC DESAIN

Hasil dan temuan yang diperoleh dari *Basic* Desain pada Gedung Pemerintahan di Kalimantan ini adalah sebagai berikut:

1. Gambar denah, tampak dan potongan arsitektur  
Berdasarkan gambar denah, tampak dan potongan arsitektur, diperoleh

model struktur bangunan Gedung, mutu material serta dimensi elemen struktur (balok, kolom dan pelat) selain itu juga bisa ditentukan pembebanan vertikal yang sesuai dengan fungsi ruang. Untuk kepentingan kegunaan dapat ditentukan kategori resiko gempa dan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ).

2. Berdasarkan data lokasi pembangunan dapat ditentukan Peta Kegempaan dan Situs Tanah. Berdasarkan peta kegempaan dapat diperoleh Parameter gerak tanah  $S_s = 0.119$  dan  $S_1 = 0.085$ . Situs Tanah yang diperoleh dari soil investigasi menyatakan Situs Tanah Keras (SC). Setelah informasi dari data arsitektur dan data lokasi pembangunan diketahui, maka diperoleh Parameter Respons Spektra, yang merupakan besarnya gaya gempa pada struktur bangunan:  
 $S_{DS} = 0.10g$   
 $S_{D1} = 0.08g$   
 $T_0 = 0.16 \text{ det}$   
 $T_s = 0.80 \text{ det}$

### 4. KESIMPULAN

Setelah bangunan ini diberikan beban vertikal dan beban gempa, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Bangunan ini memiliki Kategori Desain Seismik (KDS) = C. Jadi analisa terhadap gedung ini adalah Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Menurut Tabel 12 SNI Gempa 1726-2019 diperoleh  $R = 5$ ,  $\Omega_0 = 3$  dan  $C_d = 4.5$
2. Pemilihan jenis analisa ragam menurut SNI 1726-2019 Pasal 7.9 dilakukan dengan metode SRSS
3. Tercapainya  $v_d \geq 100\% v_s$  baik arah x maupun arah y sehingga tidak adanya pengubahan Faktor Skala (FS) baru
4. Peninjauan terhadap simpangan antarlantai terbesar:  $\Delta_x = 21.213 \text{ mm}$ ,  $\Delta_y = 15.909 \text{ mm}$ , keduanya memenuhi syarat

5. Peninjauan terhadap P-Delta terbesar:  $\theta_x = 0.0638$  rad,  $\theta_y = 0.0422$  rad, keduanya memenuhi syarat
6. Penulangan elemen struktur (kolom, balok dan pelat) menggunakan aturan SNI Beton 2847-2019.

Hasil *Basic* Desain ini bagi perencana dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan DED (*Desain Engineering Development*). Respons spektra yang diberikan terhadap struktur mengakibatkan analisa terhadap gedung ini adalah Sistem SRPMM (Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah). Jadi detailing penulangan lebih sederhana dibandingkan dengan Sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus).

Semoga *Basic* Desain pada Gedung Pemerintahan di Kalimantan ini dapat memberikan pengetahuan tentang perencanaan bangunan tahan gempa pada umumnya dan bagi mahasiswa dapat dijadikan referensi sebagai bahan pembelajaran selanjutnya

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, Yudi<sup>1</sup>, Shoful, Ulum<sup>2</sup>, Titan, Nugroho<sup>3</sup>, (2020). "Perancangan Detail Engineering Design Gedung Bertingkat Berbasis Buiding Information Modeling". Media Komunikasi Teknik Sipil, Volume 00 Nomor 00, 00.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8460-2017. Persyaratan perancangan geoteknik*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726-2019. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847-2019. Persyaratan beton struktral untuk bangunan gedung dan penjelasan*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727-2020. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1729-2020. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [7] Fajar Hendrik dan Imran Iswandi, (2014). *Perancangan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [8] Jessen, G., Potalangi<sup>1</sup>, Hieryco, Manalip<sup>2</sup>, Wallah, E., Steenie<sup>3</sup>, (2020). "Analisis Keruntuhan Gedung Bertingkat Akibat Beban Gempa dan Beban Angin Dengan Metode Pushover". Jurnal Ilmiah Media Engineering, Volume 10 Nomor 1, (1-12), ISSN : 2087-9334.
- [9] Liando, Janglien, Frinsilia<sup>1</sup>, Dapas, O., Servie<sup>2</sup>, Wallah, E., Steenie<sup>3</sup>, (2020). "Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai". Jurnal Sipil Statik, Volume 8 Nomor 4 (471-482), ISSN : 2337-6732.
- [10] Mentari, Sekar, (2020). "Respon Struktur Gedung Bertingkat Banyak Dengan *Layout* Persegi Panjang Menggunakan Dinding Geser Di Parameter Bagian Luar dan Di Bagian Dalam". Jurnal Teknik Sipil, Volume 16 Nomor 2, 134-192.
- [11] Setiawan Agus. (2016). *Perancangan Struktur BETON BERTULANG (Berdasarkan SNI 2847 : 2013)*. ERLANGGA, Jakarta.
- [12] Tavio dan Bagio Hartono Tony. (2022). *Desain Komponen Struktur Beton Bertulang Lanjut (Berdasarkan SNI 2847 : 2019, Contoh Soal & Aplikasinya)*. ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- [13] Trias, Widorini<sup>1</sup>, Ngudi, Hari, Crista<sup>2</sup>, Bambang, Purnijanto<sup>3</sup>, (2020). "Analisa Dinding Geser pada Desain

Bangunan Gedung Bertingkat yang  
tidak Beraturan". TEKNIKA ISSN  
1410-4202.