

## BAB VI

### PEMBEBANAN BEBAN GEMPA

Beban gempa direncanakan berdasarkan peraturan SNI 1726-2019 terkait Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Beban akan dibebankan ke struktur utama gedung, kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap simpangan antar lantai dan pemeriksaan kelayakan gedung berdasarkan kategori gedung tahan gempa.

#### 6.1. Data Perencanaan Struktur

Perencanaan gedung hotel velins dengan struktur beton bertulang tahan gempa yang sesuai dengan SNI 2847-2019 dengan data perencanaan sebagai berikut:

Mutu beton ( $f_c'$ )	= 35 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 420 MPa
Dimensi balok induk	= 40 x 60 cm
Dimensi balok anak	= 30 x 40 cm
Dimensi kolom	= 60 x 60 cm
Tinggi bangunan	= 40 m
Tinggi tiap lantai	= 4 m

#### 6.2. Pembebanan pada Struktur

Pembebanan pada struktur yang harus dihitung untuk mengidentifikasi beban yang bekerja. Beban yang diterima struktur yaitu beban gravitasi dan beban gempa. Pada subbab ini akan membahas terkait pembebanan struktur gravitasi dan pembebanan struktur gempa.

##### 6.2.1. Pembebanan Gravitasi pada Struktur

Beban gravitasi yang terdapat pada suatu struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang bekerja pada setiap lantai, dengan beban setiap lantai sebagai berikut:

### Perhitungan Berat pada Masing-masing Lantai (Lantai 1 – Lantai 9)

#### Beban Mati ( $W_D$ ) Lantai 1-9

Plat	= 24 x 35 x 0,12 x 2400	= 241920 kg
Balok induk	= (5 x 74 + 4 x 8) (0,4 x 0,6 x 2400)	= 231552 kg
Balok anak	= (5 x 63 + 4 x 7) (0,3 x 0,4 x 2400)	= 98784 kg
Kolom	= (42 x 4) (0,6 x 0,6 x 2400)	= 145152 kg
Dinding	= (5 x 74) x 250 x 4	= 370000 kg
<i>Plafond</i>	= 24 x 35 x 18	= 15120 kg
<i>Ducting AC</i>	= 24 x 35 x 20	= 16800 kg
<i>Plumbing</i>	= 24 x 35 x 10	= 8400 kg
Spesi 2 cm	= 24 x 35 x 42	= 35280 kg
Keramik	= 24 x 35 x 24	= 20160 kg
<hr/>		
Beban mati	$W_D$	= 1183168 kg

#### Beban Hidup ( $W_L$ )

$$\text{Lantai 1-9 } W_L = 24 \times 35 \times 250 = 210000 \text{ kg}$$

Bedasarkan peraturan SNI 03-1727-1989 pasal 2.1.2 tabel 4

diketahui bahwa nilai beban hidup dapat dikalikan dengan faktor reduksi untuk gedung yang beroperasi sebagai hotel peninjauan gempa sebesar 0,30, sehingga diperoleh nilai beban hidup sebagai berikut:

$$W_L = 0,30 \times 210000 = 63000 \text{ kg}$$

#### Total Berat Tiap Lantai:

$$W_{L1-9} = W_D + W_L = 1183168 + 63000 = 1246168 \text{ kg}$$

### Perhitungan Berat pada Lantai Atap ( $W_{atap}$ )

#### Beban Mati ( $W_D$ )

Plat	$= 24 \times 35 \times 0,12 \times 2400$	$= 241920$ kg
Balok induk	$= (5 \times 74 + 4 \times 8) (0,4 \times 0,6 \times 2400)$	$= 231552$ kg
Balok anak	$= (5 \times 63 + 4 \times 7) (0,3 \times 0,4 \times 2400)$	$= 98784$ kg
Kolom	$= (42 \times 2) (0,6 \times 0,6 \times 2400)$	$= 72576$ kg
Dinding	$= (5 \times 74) \times 250 \times 2$	$= 185000$ kg
Plafond	$= 24 \times 35 \times 18$	$= 15120$ kg
Ducting	$= 24 \times 35 \times 20$	$= 16800$ kg
Plumbing	$= 24 \times 35 \times 10$	$= 8400$ kg
Aspal	$= 24 \times 35 \times 14$	$= 11760$ kg
Spesi 2 cm	$= 24 \times 35 \times 42$	$= 35280$ kg
Finishing	$= 24 \times 35 \times 21$	$= 17640$ kg

---

Beban mati	$W_D$	$= 934832$ kg
------------	-------	---------------

#### Beban Hidup ( $W_L$ )

$$\text{Lantai 10 } W_L = 24 \times 35 \times 100 = 84000 \text{ kg}$$

Bedasarkan peraturan SNI 03-1727-1989 pasal 2.1.2 tabel 4 diketahui bahwa nilai beban hidup dapat dikalikan dengan faktor reduksi untuk gedung yang beroperasi sebagai hotel peninjauan gempa sebesar 0,30. Sehingga diperoleh nilai beban hidup sebagai berikut:

$$W_L = 0,30 \times 84000 = 25200 \text{ kg}$$

#### Total Berat Atap:

$$W_{l10} = W_D + W_L = 934832 + 25200 = 960032 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan berat tiap lantai pada lantai 1 hingga 10 (atap), hasil perhitungan tersebut kemudian ditampilkan pada Tabel 6.1.

**Tabel 6.1** Berat Struktur Tiap Lantai

Lantai	Tinggi (h)	Berat tiap lantai (W)
	(m)	(kg)
10	40	960032
9	36	1246168
8	32	1246168
7	28	1246168
6	24	1246168
5	20	1246168
4	16	1246168
3	12	1246168
2	8	1246168
1	4	1246168
Total ( $\Sigma$ )		12175544

### 6.3. Pembebanan Gempa pada Struktur

Perencanaan beban gempa dilakukan sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Beban gempa didistribusikan sebagai beban ekuivalen ( $F_i$ ) di atas ketinggian bangunan. Penentuan jenis tanah menggunakan data tanah SPT seperti pada tabel 6.2. Kemudian setelah mengetahui jenis tanah dapat menentukan respon spektral melalui <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id>.

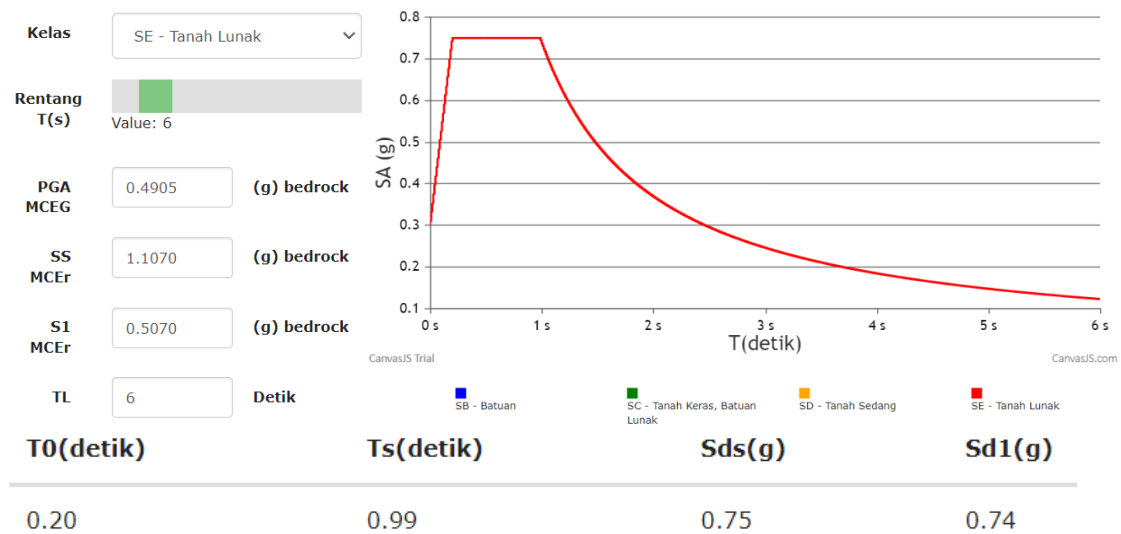
**Tabel 6.2** Data Tanah Kota Yogyakarta

No	Kedalaman (m)	Description Soil	Tebal (m)	Nilai SPT	$N' = T/N$
1	0,00 - 2,00	Pasir sedang (coklat, abu-abu)	2	5	0,400
2	2,00 - 4,00		2	6	0,333
3	4,00 - 6,00		2	16	0,125
4	6,00 - 8,00	Pasir kasar (coklat, hitam)	2	17	0,118
5	8,00 - 10,00		2	12	0,167
6	10,00 - 12,00	Pasir sedang (coklat, hitam)	2	6	0,333
7	12,00 - 14,00		2	12	0,167
8	14,00 - 16,00	Pasir kasar (coklat, hitam)	2	16	0,125
9	16,00 - 18,00		2	60	0,033
10	18,00 - 20,00	Pasir (coklat, abu-abu)	2	60	0,033
11	20,00 - 22,00		2	51	0,039
12	22,00 - 24,00	Pasir (coklat, abu-abu)	2	52	0,038
13	24,00 - 26,00		2	55	0,036
14	26,00 - 28,00	Pasir kasar (coklat, abu-abu)	2	56	0,036
15	28,00 - 30,00		2	58	0,034
Total ( $\Sigma$ )			30		2,019

Diambil kedalaman 30 meter untuk mengetahui jenis tanah dengan rumus:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n di/ni} = \frac{30}{2,019} = 14,86$$

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tabel 5 terkait Klasifikasi Situs dengan nilai  $\bar{N} = 14,86$ , maka tanah tersebut termasuk dalam kategori tanah lunak (SE), dikarenakan  $\bar{N} = 14,86 \leq 15$ . Dari hasil yang telah didapatkan untuk nilai respon spektra tanah lunak dapat dilihat pada gambar 6.1.



**Gambar 6.1** Grafik Respon Spektrum Kota Yogyakarta

Fungsi respon spektrum yaitu untuk mendapatkan hasil dari data-data sebagai berikut:

$S_s = 1,107$  g (parameter respon spektral percepatan gempa periode pendek)

$S_1 = 0,507$  g (parameter respon spektral percepatan gempa periode 1 detik)

$F_a = 1,1$  g (faktor amplifikasi getaran terkait percepatan getaran periode pendek)

$F_v = 2,2$  g (faktor amplifikasi getaran terkait percepatan getaran periode 1 detik)

$S_{MS} = 1,218$  g (parameter spektrum respon percepatan getaran periode pendek)

$S_{M1} = 1,115$  g (parameter spektrum respon percepatan getaran periode 1 detik)

$S_{DS} = 0,812$  g (percepatan desain periode pendek)

$S_{D1} = 0,743$  g (percepatan desain periode 1 detik)

$T_0 = 0,183$  detik (periode pendek)

$T_s = 0,915$  detik (periode 1 detik)

## Periode Fundamental Struktur

Saat menentukan periode fundamental struktur  $T$ , diperbolehkan menggunakan periode pendekatan ( $T_a$ ), berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1, dimana ( $T_a$ ) tidak boleh melebihi hasil koefisien batas atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ), dengan rumus sebagai berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana:

$$C_t = 0,0466 \text{ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1)}$$

$$X = 0,9 \text{ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1)}$$

$$h_n = 40 \text{ meter (tinggi bangunan)}$$

$$T_a = 0,0466 \times 40^{0,9} = 1,29 \text{ detik}$$

$S_{D1} = 0,745$  didapat koefisien  $C_u = 1,4$  (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2 tabel 17) sehingga:

$$T_a < C_u = 1,29 < 1,4 \text{ (OK)}$$

## Distribusi Beban Gempa

Saat menghitung distribusi beban terlebih dahulu perlu mengetahui beban geser dasar seismik  $S_{DS} = 0,812$ , dengan nilai  $R = 8$  (SNI 1726-2019 pasal 7.2.2 tabel 12) dan untuk faktor keutamaan gedung untuk hotel velins ini  $I_e = 1,0$  berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 4.1.2 tabel 3 menyatakan bahwa gedung hotel termasuk dalam kategori resiko II.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,812}{\left(\frac{8}{1,0}\right)} = 0,1015$$

Nilai tidak boleh lebih besar dari:

$$C_{s_{\max}} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,812}{1,29 \left(\frac{8}{1,0}\right)} = 0,0787 < 0,1015$$

Nilai  $C_s$  tidak boleh lebih kurang dari:

$$C_{s_{\min}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_{s_{\min}} = 0,044 \times 0,812 \times 1,0 \geq 0,01$$

$$C_{s_{\min}} = 0,0357 \geq 0,01$$

Nilai  $C_s = 0,0787 < 0,1015$ , maka dipakai nilai  $C_s = 0,0787$

Sehingga didapat nilai beban gaya geser dasar seismic dengan rumusan:

$$V = C_s \times W = 0,0787 \times 12175544 = 958215,31 \text{ kg}$$

Untuk distribusi gaya gempa ( $F_i$ ) dapat dihitung sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.8.3 dengan rumus sebagai berikut:

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i^k}{\sum W \cdot Z^k} \cdot V$$

Dimana:

$F_i$  = faktor gaya gempa nominal ekuivalen

$W_i$  = beban pada lantai ke 1, termasuk juga beban hidup yang sesuai

$Z_i$  = ketinggian pada lantai ke-i

$V$  = beban geses dasar seismic

$k = T_a \leq 0,5$  maka menggunakan 1, jika  $T_a \geq 2,5$  maka menggunakan 2

Namun jika  $0,5 \leq T_a \leq 2,5$  maka nilai  $k$  perlu ditentukan dengan interpolasi linier dengan rumus:

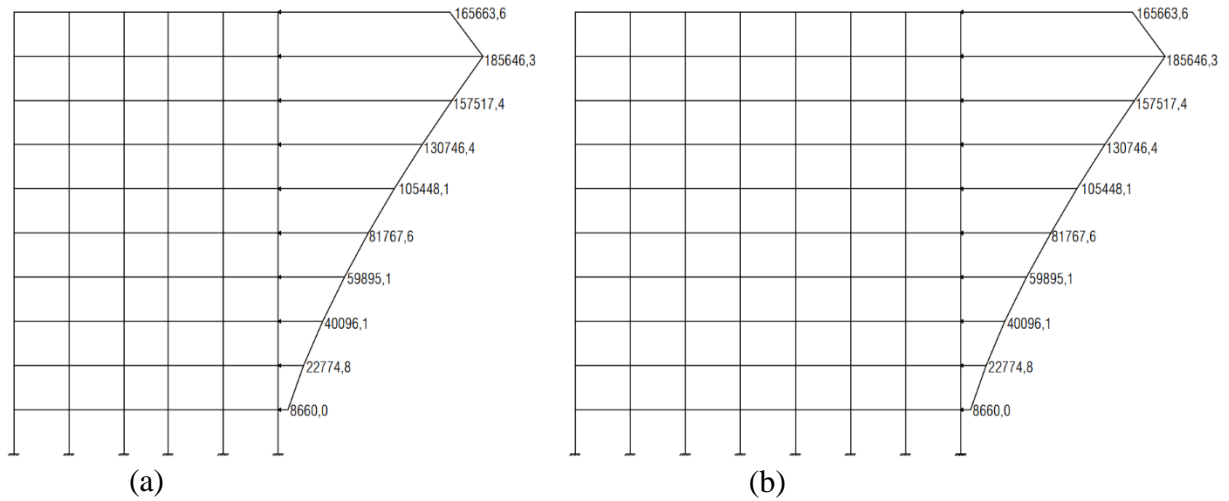
$$k = 1 + \frac{1,29-0,5}{2,5-0,5} \times (2-1) = 1,395$$

Untuk perhitungan nilai faktor gaya gempa nominal ekuivalen ( $F_i$ ) pada lantai 1 – 10 dapat dilihat pada Tabel 6.3.

**Tabel 6.3** Distribusi Beban Gempa

Lantai	Beban Geser	Tinggi Lantai ( $Z_i$ )	Berat tiap lantai ( $W_i$ )	Faktor	Momen	$F_i$
	(Kg)	(m)	(Kg)	(k)	$W \cdot Z^k$	
10	958215,31	40	960032	1,395	164876742	165663,6
9	958215,31	36	1246168	1,395	184764522,3	185646,3
8	958215,31	32	1246168	1,395	156769226,2	157517,4
7	958215,31	28	1246168	1,395	130125391,4	130746,4
6	958215,31	24	1246168	1,395	104947301,7	105448,1
5	958215,31	20	1246168	1,395	81379204,25	81767,6
4	958215,31	16	1246168	1,395	59610665,55	59895,1
3	958215,31	12	1246168	1,395	39905654,04	40096,1
2	958215,31	8	1246168	1,395	22666638,94	22774,8
1	958215,31	4	1246168	1,395	8618869,06	8660,0
Total			12175544		953664215,5	

Hasil dari perhitungan gaya lateral sumbu x dan y kemudian digambarkan, terlihat pada gambar 6.2 untuk gaya gempa dengan arah x dan y.



**Gambar 6.2** Gaya Gempa Tiap Lantai Arah X (a) dan Arah Y (b)

### 6.3.1. Kombinasi Beban

Setelah menghitung beban akibat gempa dan gravitasi, semua beban tersebut dihitung dengan menggunakan faktor kombinasi yang terkait dengan SNI 1726-2019, dan hasilnya sesuai dengan Tabel 6.4.

**Tabel 6.4** Kombinasi Beban

No	Type	Kombinasi Beban
1	Combo 1	1,4D
2	Combo 2	1,2D + 1,6L
3	Combo 3	1,2D + 0,5L + G <sub>x</sub> + 0,3G <sub>y</sub>
4	Combo 4	1,2D + 0,5L + G <sub>x</sub> - 0,3G <sub>y</sub>
5	Combo 5	1,2D + 0,5L - G <sub>x</sub> + 0,3G <sub>y</sub>
6	Combo 6	1,2D + 0,5L - G <sub>x</sub> - 0,3G <sub>y</sub>
7	Combo 7	0,9D + G <sub>x</sub> + 0,3G <sub>y</sub>
8	Combo 8	0,9D + G <sub>x</sub> - 0,3G <sub>y</sub>
9	Combo 9	0,9D - G <sub>x</sub> + 0,3G <sub>y</sub>
10	Combo 10	0,9D - G <sub>x</sub> - 0,3G <sub>y</sub>
11	Combo 11	1,2D + 0,5L + 0,3G <sub>x</sub> + G <sub>y</sub>
12	Combo 12	1,2D + 0,5L + 0,3G <sub>x</sub> - G <sub>y</sub>
13	Combo 13	1,2D + 0,5L - 0,3G <sub>x</sub> + G <sub>y</sub>
14	Combo 14	1,2D + 0,5L - 0,3G <sub>x</sub> - G <sub>y</sub>
15	Combo 15	0,9D + 0,3G <sub>x</sub> + G <sub>y</sub>
16	Combo 16	0,9D + 0,3G <sub>x</sub> - G <sub>y</sub>
17	Combo 17	0,9D - 0,3G <sub>x</sub> + G <sub>y</sub>
18	Combo 18	0,9D - 0,3G <sub>x</sub> - G <sub>y</sub>



### 6.3.2. Batas Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai didesain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin ( $\Delta a$ ) untuk membatasi kemungkinan keruntuhan yang fatal dan benturan antar bangunan. Oleh sebab itu, simpangan antar lantai dapat dihitung berdasarkan rumus yang terdapat pada SNI 1726-2019 pasal 7.8.6 sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} < \Delta a$$

Dimana:

$\delta_x$  = defleksi pusat massa di tingkat x (mm)

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lokasi lantai yang ditinjau yang diakibatkan gaya gempa lateral

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi (SNI 1726-2019 tabel 12)

$I_e$  = faktor keutamaan gedung

$\Delta a$  = simpangan antar lantai

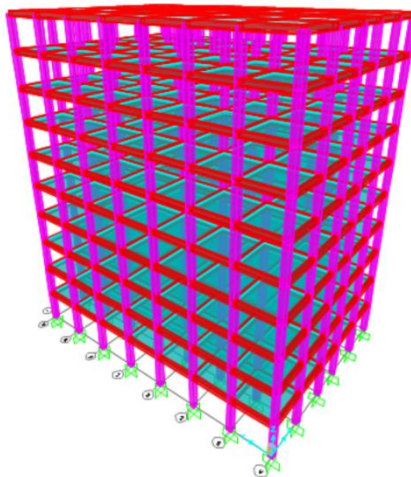
Simpangan antar lantai dapat dilihat berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.12.1 tabel 20 sebagai berikut:

$$\Delta a = 0,025 \times h_{sx} = 0,025 \times 4000 = 100 \text{ mm}$$

Dalam perhitungan simpangan lantai, dapat diambil contoh  $\delta_x$  dan  $\delta_y$  pada lantai 2

$$\Delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} = \frac{5,5 \cdot (4,310)}{1,0} = 23,707 \text{ mm}$$

$$\Delta_y = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} = \frac{5,5 \cdot (4,8692)}{1,0} = 26,781 \text{ mm}$$



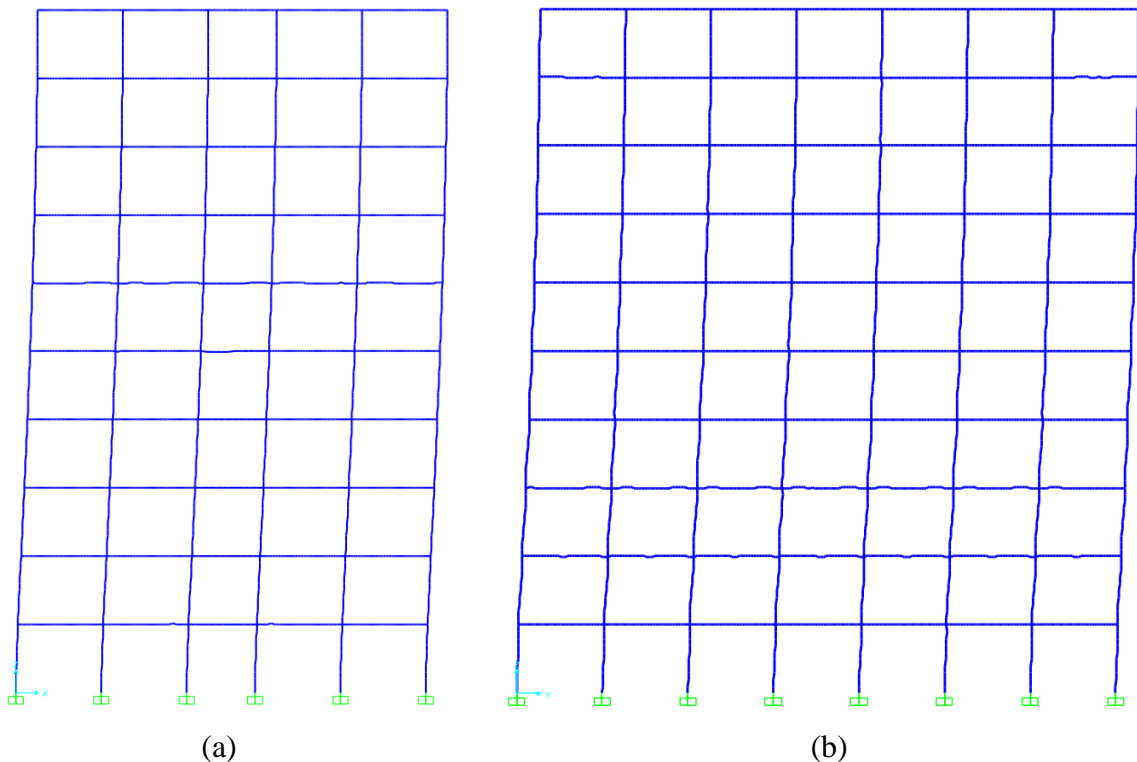
**Gambar 6.3** Bentuk 3D Gedung Hotel Velins

Untuk perhitungan nilai simpangan struktur pada lantai 2 – lantai atap arah X dan Y dapat dilihat pada Tabel 6.5.

**Tabel 6.5** Simpangan Struktur Gedung Arah X dan Y

Lantai	Hsx	$\delta x$	$\delta y$	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta a$ (ijin)	Keterangan
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	4000	44,6122	49,0374	7,2855	7,0878	100	Aman
10	4000	43,2875	47,7487	12,5237	13,0143	100	Aman
9	4000	41,0105	45,3825	17,7987	19,0167	100	Aman
8	4000	37,7743	41,9249	22,5630	24,4752	100	Aman
7	4000	33,6720	37,4749	26,7612	29,3198	100	Aman
6	4000	28,8063	32,1440	30,3886	33,5403	100	Aman
5	4000	23,2811	26,0458	33,3892	37,0721	100	Aman
4	4000	17,2103	19,3054	35,5124	39,6388	100	Aman
3	4000	10,7535	12,0983	35,4374	39,7602	100	Aman
2	4000	4,3104	4,8692	23,7070	26,7807	100	Aman
1	4000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	100	Aman

Hasil pada tabel dapat disimpulkan bahwa simpangan arah X dan arah Y yang terjadi pada tiap lantai tidak melebihi simpangan izin struktur yaitu 100 mm sehingga analisis struktur aman terhadap beban gempa. Untuk hasil *output* simpangan arah X dan Y dapat dilihat pada Gambar 6.4.



**Gambar 6.4** *Output* Simpangan Struktur Gedung Arah X (a) dan Arah Y (b)

### 6.3.3. Periode Getar Waktu Struktur

Periode getar ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu putaran lengkap ketika terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi semula. Periode getar pada umumnya disebut sebagai secara lengkap dengan periode alami fundamental, istilah yang sering digunakan untuk menggambarkan setiap getaran yang menekankan fakta bahwa itu adalah sifat alami dari suatu struktur, tergantung pada massa dan kekakuan yang bergetar secara bebas tanpa adanya gaya luar. Perhitungan periode getar waktu alami struktur menggunakan metode rayleigh ( $T$ -Rayleigh) diuraikan Tabel 6.6 untuk arah X dan Tabel 6.7 untuk arah Y.

**Tabel 6.6** Perhitungan T-Rayleigh pada sumbu X

Lantai Ke	Wi (kg)	$\delta x$ (cm)	$\delta x^2$ (cm <sup>2</sup> )	Fi	Wi x $\delta x^2$	Fi x $\delta x$
Atap	960032	4,4612	19,9024	165663,570	19106979,440	739060,822
10	1246168	4,3288	18,7381	185646,260	23350797,867	803616,358
9	1246168	4,1010	16,8186	157517,364	20958792,474	645986,238
8	1246168	3,7774	14,2690	130746,379	17781584,459	493885,868
7	1246168	3,3672	11,3380	105448,134	14129076,466	355064,692
6	1246168	2,8806	8,2980	81767,564	10340737,730	235542,089
5	1246168	2,3281	5,4201	59895,141	6754351,567	139442,488
4	1246168	1,7210	2,9620	40096,093	3691099,887	69006,763
3	1246168	1,0754	1,1564	22774,809	1441051,778	24490,984
2	1246168	0,4310	0,1858	8660,000	231529,376	3732,782
1	0,000	0,0000	0,0000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>					<b>117786001,043</b>	<b>3509829,085</b>

Sehingga bisa dihitung dengan rumus  $T$ -Rayleigh sebagai berikut:

$$Tr_x = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum Wi \cdot \delta x^2}{g \cdot \sum Fi \cdot \delta x}} = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{117786001,043}{(981)(3509829,085)}} = 1,165 \text{ detik}$$

Periode waktu getar di lokasi Yogyakarta = 1,29

Syarat:  $T_a < 3,5 Tr_x$

$$1,29 < 3,5 \cdot 1,165 = 1,29 < 4,078 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa periode yang terjadi ( $T_a$ ) lebih kecil dari waktu getar alami dengan T-Rayleigh yang berarti  $T_a$  telah memenuhi persyaratan.

**Tabel 6.7** Perhitungan T-Rayleigh pada sumbu Y

Lantai Ke	Wi	δy	δy <sup>2</sup>	Fi	Wi x δy <sup>2</sup>	Fi x δy
	(kg)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )			
Atap	960032	4,9037	24,0467	165663,570	23085581,082	812371,292
10	1246168	4,7749	22,7994	185646,260	28411888,340	886437,164
9	1246168	4,5382	20,5957	157517,364	25665697,065	714852,877
8	1246168	4,1925	17,5770	130746,379	21903861,587	548152,898
7	1246168	3,7475	14,0437	105448,134	17500760,086	395165,531
6	1246168	3,2144	10,3324	81767,564	12875867,171	262833,674
5	1246168	2,6046	6,7838	59895,141	8453782,381	156001,518
4	1246168	1,9305	3,7270	40096,093	4644448,578	77407,107
3	1246168	1,2098	1,4637	22774,809	1824014,294	27553,741
2	1246168	0,4869	0,2371	8660,000	295457,145	4216,740
1	0,000	0,0000	0,0000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>					<b>144661357,729</b>	<b>3884992,542</b>

Sehingga bisa dihitung dengan rumus *T-Rayleigh* sebagai berikut:

$$T_r y = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_x^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta_x}} = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{144661357,729}{(981)(3884992,542)}} = 1,227$$

Periode waktu getar di lokasi Yogyakarta = 1,29

Syarat:  $T_a < 3,5 T_r y$

$$1,29 < 3,5 \cdot 1,227 = 1,29 < 4,29 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa periode yang terjadi ( $T_a$ ) lebih kecil dari waktu getar alami dengan T-Rayleigh yang berarti  $T_a$  telah memenuhi persyaratan.