

BAB VI

PERENCANAAN BEBAN GEMPA

Perencanaan beban gempa didasarkan pada peraturan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Beban gempa merupakan beban yang membebani struktur utama gedung dan perlu dilakukan pemeriksaan terhadap simpangan lantai yang terjadi dan pemeriksaan akan kelayakan gedung berdasarkan kategori gedung tahan gempa. Data tanah pada lokasi gedung eksisting digunakan sebagai tahap awal perencanaan beban gempa yaitu dengan meninjau hasil klasifikasi tanah dan dari hasil tersebut dapat ditentukan apakah daerah tersebut termasuk daerah rawan gempa atau tidak.

Pada perencanaan struktur gedung perkantoran Civton yang terletak di kota Bandung mendapatkan hasil bahwa daerah tersebut merupakan daerah gempa tinggi maka perlu direncanakan struktur gedung tahan gempa. Penentuan klasifikasi situs tanah berdasarkan pada peraturan SNI 1726-2019.

6.1 Data Perencanaan

Data perencanaan struktur gedung Perkantoran Civton 10 lantai menggunakan struktur baja yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

Mutu beton (f_c)	= 35 MPa
Mutu baja (f_y) BJ 41	= 250 MPa
Jumlah lantai	= 10 lantai
Panjang bangunan	= 63 m
Lebar bangunan	= 25 m
Tinggi bangunan	= 40 m
Tinggi antar lantai	= 4 m
Luas bangunan	= 63 m x 25 m = 1575 m ²
Dimensi balok anak atap	= WF 350.350.14.22
Dimensi balok anak lantai	= WF 350.350.14.22
Dimensi balok induk atap	= WF 600.300.14.23
Dimensi balok induk lantai	= WF 600.300.14.23
Dimensi kolom	= HC 70 568.457.70.105
Faktor keutamaan gempa (I_e)	= 1,0 (SNI 1729-2019, Tabel 4)

Nilai S_{DS} kota Bandung	= 0,75 (rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021)
Nilai S_{D1} kota Bandung	= 0,73 (rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021)
R	= 8 (SNI 1726-2019, Tabel 12)

6.2 Perhitungan Berat Struktur

Berat total gedung berpengaruh terhadap beban gempa yang terjadi pada gedung, maka untuk merencanakan beban gempa langkah awal yang dilakukan adalah menghitung berat total gedung. Beban gempa yang terjadi akan didistribusikan pada setiap lantai pada gedung. Semakin besar berat total struktur gedung maka semakin besar pula beban gempa yang bekerja pada struktur gedung. Untuk mendapatkan besar gaya gempa yang terjadi pada struktur dihitung dengan rumus berikut:

$$V = C_S \times W$$

Keterangan:

V = Beban geser dasar seismic atau besar gaya gempa yang terjadi

C_S = Koefisien dasar seismic

W = Berat total bangunan

Perhitungan berat gedung pada masing-masing lantai (Lantai 1 – Lantai 9)

Beban Mati (W_D)

Kolom profil baja	= 60 x 4 x 953 kg/m	= 240156 kg
Balok induk lantai	= 54 x 7 x 175 kg/m	= 66150 kg
	= 50 x 5 x 175 kg/m	= 43750 kg
Balok anak lantai	= 45 x 7 x 159 kg/m	= 50085 kg
	= 45 x 5 x 159 kg/m	= 35775 kg
Balok utama tangga	= 2 x 3,61 x 56,2 kg/m	= 405,76 kg
Balok bordes	= 2 x 1,5 x 56,2 kg/m	= 168,60 kg
Balok penumpu tangga	= 2 x 3,5 x 65,7 kg/m	= 459,90 kg
Balok penggantung <i>lift</i>	= 1 x 7 x 65,7 kg/m	= 459,90 kg
	= 1 x 3,5 x 65,7 kg/m	= 229,95 kg
Plat beton	= 63 x 25 x 0,12 x 2400 kg/m	= 453600 kg
Dinding	= (63 x 4 x 6) + (25 x 4 x 10) x 250 kg/m ²	= 251512 kg
Partisi	= (63 x 4 x 6) + (25 x 4 x 10) x 30 kg/m ²	= 31512 kg

Instalasi + ducting	= 63 x 25 x 40 kg/m ²	= 63000 kg
Plafond + penggantung	= 63 x 25 x 18 kg/m ²	= 28350 kg
Keramik	= 63 x 25 x 24 kg/m ²	= 37800 kg
Spesi tebal 2 cm	= 63 x 25 x 0,02 x 21 kg/m ²	= 661,50 kg
Finishing tebal 2 cm	= 63 x 25 x 0,02 x 42 kg/m ²	= 1323 kg
Total W_D		= 1305398,61 kg +
		= 1305399 kg

Beban Hidup (W_L)

$$\text{Lantai 1} - 9 \quad W_L = 63 \times 25 \times 479 = 754425 \text{ kg}$$

Berdasarkan peraturan PPIUG Pasal 3.5 Tabel 3.3 diketahui nilai beban hidup dapat dikalikan dengan faktor reduksi untuk peninjauan gempa sebesar 0,30 untuk gedung yang berfungsi sebagai kantor, maka nilai beban hidup sebagai berikut:

$$W_L = 0,30 \times 754425 = 226327,5 \text{ kg}$$

Total Berat Tiap Lantai:

$$\begin{aligned} W_{lt} &= W_D + W_L \\ &= 1305399 \text{ kg} + 226327,5 \text{ kg} \\ &= 1531726,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan berat gedung pada atap

Beban Mati (W_D)

Balok induk atap	= 54 x 7 x 175 kg/m	= 66150 kg
	= 50 x 5 x 175 kg/m	= 43750 kg
Balok anak atap	= 45 x 7 x 159 kg/m	= 50085 kg
	= 45 x 5 x 159 kg/m	= 35775 kg
Plat beton	= 63 x 25 x 0,12 x 2400 kg/m	= 453600 kg
Instalasi + ducting	= 63 x 25 x 40 kg/m ²	= 63000 kg
Plafond + penggantung	= 63 x 25 x 18 kg/m ²	= 28350 kg
Aspal tebal 1 cm	= 63 x 25 x 0,01 x 14 kg/m ²	= 220,50 kg
Spesi tebal 2 cm	= 63 x 25 x 0,02 x 21 kg/m ²	= 661,50 kg
Finishing tebal 2 cm	= 63 x 25 x 0,02 x 42 kg/m ²	= 1323 kg
Total W_D		= 742915 kg +

Beban Hidup (W_L)

Lantai 10 $W_L = 63 \times 25 \times 470 = 740250$ kg

Berdasarkan peraturan PPIUG Pasal 3.5 Tabel 3.3 diketahui nilai beban hidup dapat dikalikan dengan faktor reduksi untuk peninjauan gempa sebesar 0,30 untuk gedung yang berfungsi sebagai kantor, maka nilai beban hidup sebagai berikut:

$$W_L = 0,30 \times 740250 = 222075 \text{ kg}$$

Total Berat Tiap Lantai:

$$\begin{aligned} W_{lt} &= W_D + W_L \\ &= 742915 \text{ kg} + 222075 \text{ kg} \\ &= 964990 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

Tabel 6. 1 Berat Struktur pada Tiap Lantai

Lantai	Tinggi (h)	Berat Tiap Lantai (W)
	(m)	(kg)
10	40	964990
9	36	1531726,5
8	32	1531726,5
7	28	1531726,5
6	24	1531726,5
5	20	1531726,5
4	16	1531726,5
3	12	1531726,5
2	8	1531726,5
1	4	1531726,5
Total (Σ)		14750528,5

6.3 Perhitungan Beban Gempa

Perencanaan beban gempa dilakukan berdasarkan pada SNI 1726-2019 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung atau Non Gedung dengan menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) dan tipe *split-K*. Pembebanan gempa pada struktur gedung menggunakan beban static ekuivalen (F_i) yang terdistribusi sepanjang tinggi gedung.

6.3.1 Periode Fundamental Struktur (T)

Dalam arah yang ditinjau diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) yang diketahui pada peraturan SNI 1726-2019 Tabel 17. Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur (T) diizinkan menggunakan periode fundamental pendekatan (T_a) yang dihitung berdasarkan pada SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2.1 dengan rumus sebagai berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Keterangan:

h_n = ketinggian total struktur (m) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

Pada SNI 1726-2019 Tabel 18 didapatkan nilai $C_t = 0,0731$ dan $x = 0,75$ untuk tipe struktur rangka baja dengan bresing eksentris, maka:

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n^x \\ &= 0,0731 \times 40^{0,75} \\ &= 1,16 \end{aligned}$$

Nilai S_{D1} untuk kota Bandung adalah 0,73. Dalam SNI 1726-2019 Tabel 17 diketahui nilai batas koefisien $C_u = 1,4$ untuk nilai $S_{D1} \geq 0,4$ Maka periode fundamental pendekatan (T_a):

$$T_a = 1,16 < C_u = 1,4 \text{ (OK)}$$

6.3.2 Koefisien Respons Seismik (C_s)

Pada peraturan SNI 1726-2019 pasal 7.8.1.1 koefisien respons seismik, C_s harus ditentukan sesuai dengan persamaan:

Untuk $T \leq T_L$ ($1,16 \leq 20$)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,75}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,094$$

Nilai C_s tidak melebihi:

$$C_{S_{maks}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,73}{1,16\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,079$$

Nilai C_s tidak kurang dari:

$$\begin{aligned} C_{S_{min}} &= 0,44S_{DS}I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 (0,75) (1) \geq 0,01 \\ &= 0,033 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Keterangan:

C_s = Koefisien dasar seismik (SNI 1726-2019 Pasal 7.8.1.1)

S_{DS} = Parameter percepatan respon spektrum desain dalam rentang periode pendek (situs gempa Indonesia seperti pada Gambar 6.1 yang digunakan pada SNI 1726-2019)

R = Faktor modifikasi respon dalam (SNI 1726-2019 Tabel 12, $R = 8$)

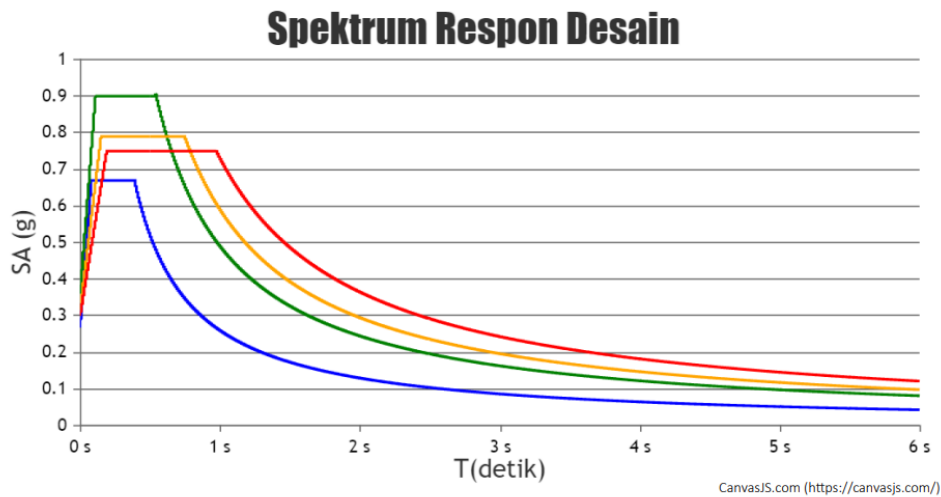
I_e = Faktor keutamaan gaya gempa (SNI 1726-2019 Tabel 4, $I_e = 1,0$)

Digunakan nilai $C_s = 0,079$

Untuk menentukan parameter respon spektrum dapat dilakukan secara manual berdasarkan pada SNI 1726-2019 atau dengan cara otomatis melalui situs gempa Indonesia rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021. Untuk klasifikasi tanah kota Bandung diketahui dari nilai SPT dan perhitungan pada Tabel 6.2 yang diperoleh hasil $\Sigma N = < 15$, termasuk dalam jenis tanah lunak (E).

Tabel 6. 2 Klasifikasi Situs Kota Bandung

No	Kedalaman (m)	Tebal (m)	Nilai SPT	$N' = T/N$
1	0.00 – 2.00	2	4	0,500
2	2.00 – 4.00	2	1	2,000
3	4.00 – 6.00	2	3	0,667
4	6.00 – 8.00	2	50	0,040
5	8.00 – 10.00	2	50	0,040
6	10.00 – 12.00	2	48	0,042
7	12.00 – 14.00	2	50	0,040
8	14.00 – 16.00	2	50	0,040
9	16.00 – 18.00	2	42	0,048
10	18.00 – 20.00	2	50	0,040
11	20.00 – 22.00	2	50	0,040
12	22.00 – 24.00	2	50	0,040
13	24.00 – 26.00	2	50	0,040
14	26.00 – 28.00	2	50	0,040
15	28.00 – 30.00	2	50	0,040
Total (Σ)		30	598	4
Mengacu pada SNI 1726-2019 Tabel 5 Klasifikasi Situs				
$\Sigma N = \Sigma T / \Sigma N' = 30 / 4 = 7,5 < 15$ (Tanah Lunak, E)				



Gambar 6. 1 Respon Spektrum Kota Bandung
(Sumber: rsa.ciptakarya.pu.gp.id/2021)

Kelas	T0(detik)	Ts(detik)	Sds(g)	Sd1(g)
SB	0.08	0.39	0.67	0.26
SC	0.11	0.54	0.90	0.49
SD	0.15	0.75	0.79	0.59
SE	0.19	0.97	0.75	0.73

Gambar 6. 2 Nilai T0, Ts, Sds, dan Sd1 Kota Bandung
(Sumber: rsa.ciptakarya.pu.gp.id/2021)

6.3.3 Beban Geser Dasar Seismik (V)

Pada SNI 1726-2019 Nilai beban geser dasar seismik harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 V &= C_s \times W \\
 &= 0,079 \times 14750528,5 \\
 &= 1165291,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6.3.4 Beban Gempa Statik Ekuivalen (Fi)

Distribusi beban gempa F_i diperhitungkan berdasarkan peraturan SNI 1726-2019 Pasal 7.8.3 dimana k merupakan eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan:

$k = 1$ apabila $T \leq 0,5$ detik

$k = 2$ apabila $T \geq 2,5$ detik

$k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2 apabila $0,5 < T < 2,5$ detik

Nilai k yang digunakan ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2 dengan nilai $T_a = 1,16$ dengan perumusan berikut:

$$\begin{aligned}
 k &= 1 - \left(\frac{T_a - 0,5}{2,5 - 0,5} \right) (1 - 2) \\
 &= 1 - \left(\frac{1,16 - 0,5}{2,5 - 0,5} \right) (1 - 2) \\
 &= 1,33
 \end{aligned}$$

Nilai beban gempa statik ekuivalen (F_i) didapat dengan menggunakan perumusan berikut:

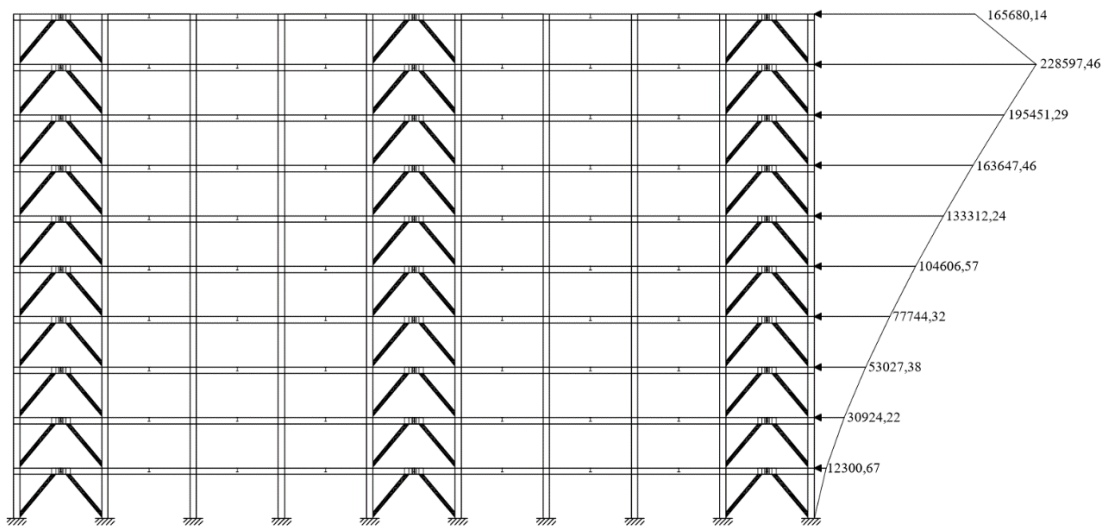
$$F_i = \frac{W_i \times h_i^k}{\sum W_i \times h_i^k} \times V$$

Perhitungan distribusi beban gempa statik ekuivalen (F_i) tiap lantai ditampilkan pada Tabel 6.3

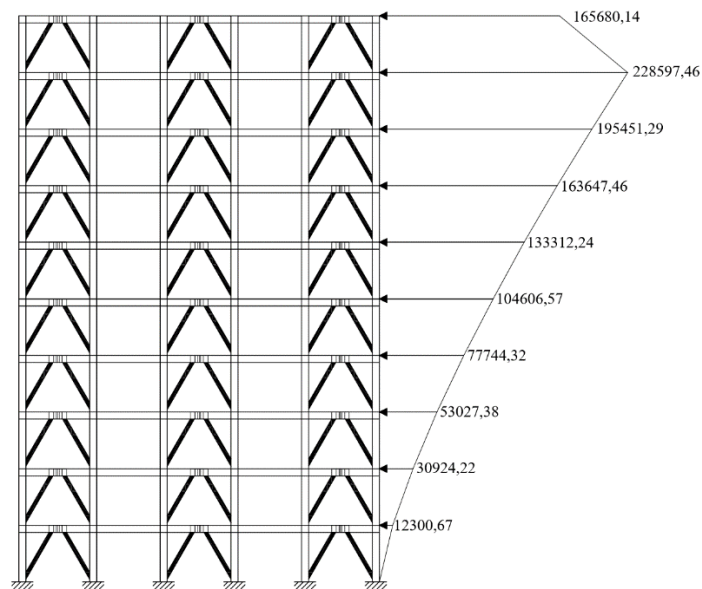
Tabel 6. 3 Distribusi Beban Gempa Statik Ekuivalen (F_i) Tiap Lantai

Lantai	Tinggi (h_i)	Berat Tiap Lantai (W_i)	Faktor (k)	Momen	Geser Dasar Seismik (V)	Gaya Lateral
	(m)	(kg)		($W_i \times h_i^k$)	kg	($F_{ix} = F_{iy}$)
10	40	964990,0	1,33	130395499,20	1165291,75	165680,14
9	36	1531726,5	1,33	179913417,04	1165291,75	228597,46
8	32	1531726,5	1,33	153826336,54	1165291,75	195451,29
7	28	1531726,5	1,33	128795713,02	1165291,75	163647,46
6	24	1531726,5	1,33	104920941,13	1165291,75	133312,24
5	20	1531726,5	1,33	82328673,93	1165291,75	104606,57
4	16	1531726,5	1,33	61187231,44	1165291,75	77744,32
3	12	1531726,5	1,33	41734218,29	1165291,75	53027,38
2	8	1531726,5	1,33	24338337,48	1165291,75	30924,22
1	4	1531726,5	1,33	9681017,71	1165291,75	12300,67
Total (Σ)		14750528,5		917121385,78		1165291,75

Sket gedung dengan gaya-gaya gempa di setiap lantai pada arah sumbu x dan sumbu y, dapat dilihat pada Gambar 6.3 dan Gambar 6.4



Gambar 6. 3 Gaya Gempa Perlantai Arah X



Gambar 6. 4 Gaya Gempa Perlantai Arah Y

6.4 Kombinasi Pembebanan

Perhitungan analisa struktur sistem rangka bresing eksentrik tipe *Split-K* akan dihitung menggunakan program SAP2000 v.14. Terdapat 18 macam kombinasi pembebanan yang akan digunakan dalam analisa struktur menggunakan program SAP2000 v.14. Berdasarkan pada SNI 1726-2019 Tabel 8 dan 9 ditinjau dari kategori risiko dan parameter respons percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik, kota Bandung termasuk dalam

kategori desain seismik D. Maka struktur gedung harus dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F minimum sesuai dengan persyaratan pada SNI 1726-2019 dimana beban gempa dianggap bekerja 100% pada sumbu utama bersamaan dengan 30% arah tegak lurus sumbu utama.

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa struktur mengacu pada peraturan SNI 1727-2020 Pasal 2.3.1 tentang struktur, komponen, dan fondasi harus didesain sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban-beban terfaktor dalam kombinasi. Berikut tabel kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa struktur yang mengacu pada SNI 1727-2020 Pasal 2.3.6.

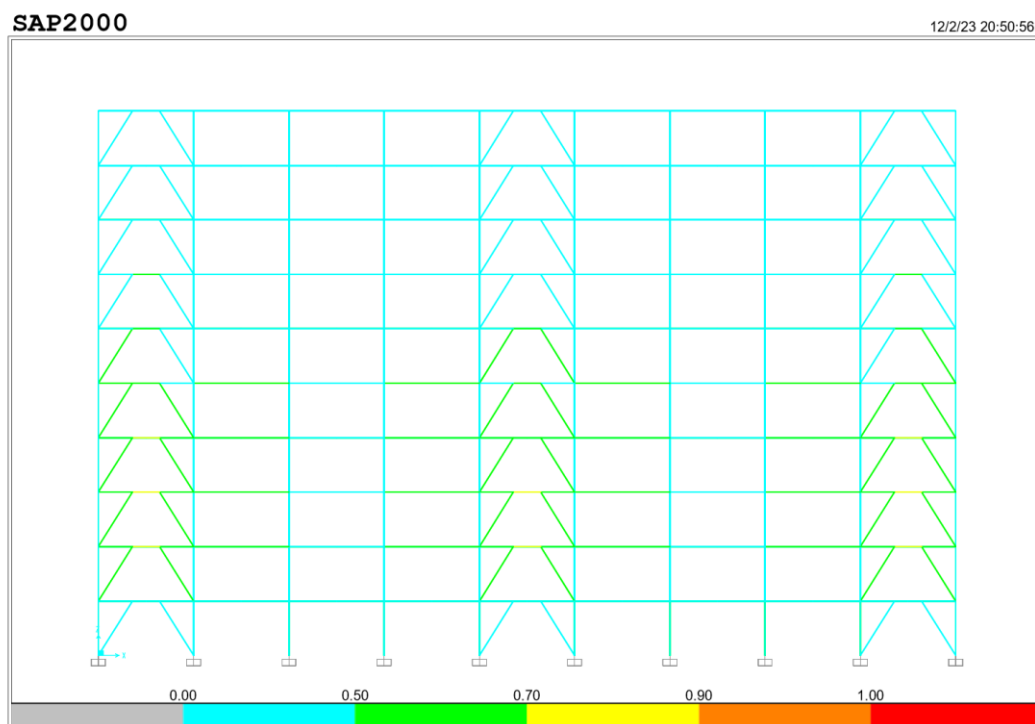
Tabel 6. 4 Kombinasi Pembebanan

Tipe	Kombinasi Beban
COMB 1	1,4D
COMB 2	1,2D + 1,6L
COMB 3	1,2D + L + GX + 0,3GY
COMB 4	1,2D + L + GX - 0,3GY
COMB 5	1,2D + L - GX + 0,3GY
COMB 6	1,2D + L - GX - 0,3GY
COMB 7	0,9D + GX + 0,3GY
COMB 8	0,9D + GX - 0,3GY
COMB 9	0,9D - GX + 0,3GY
COMB 10	0,9D - GX - 0,3GY
COMB 11	1,2D + L + 0,3GX + GY
COMB 12	1,2D + L + 0,3GX - GY
COMB 13	1,2D + L - 0,3GX + GY
COMB 14	1,2D + L - 0,3GX - GY
COMB 15	0,9D + 0,3GX + GY
COMB 16	0,9D + 0,3GX - GY
COMB 17	0,9D - 0,3GX + GY
COMB 18	0,9D - 0,3GX - GY

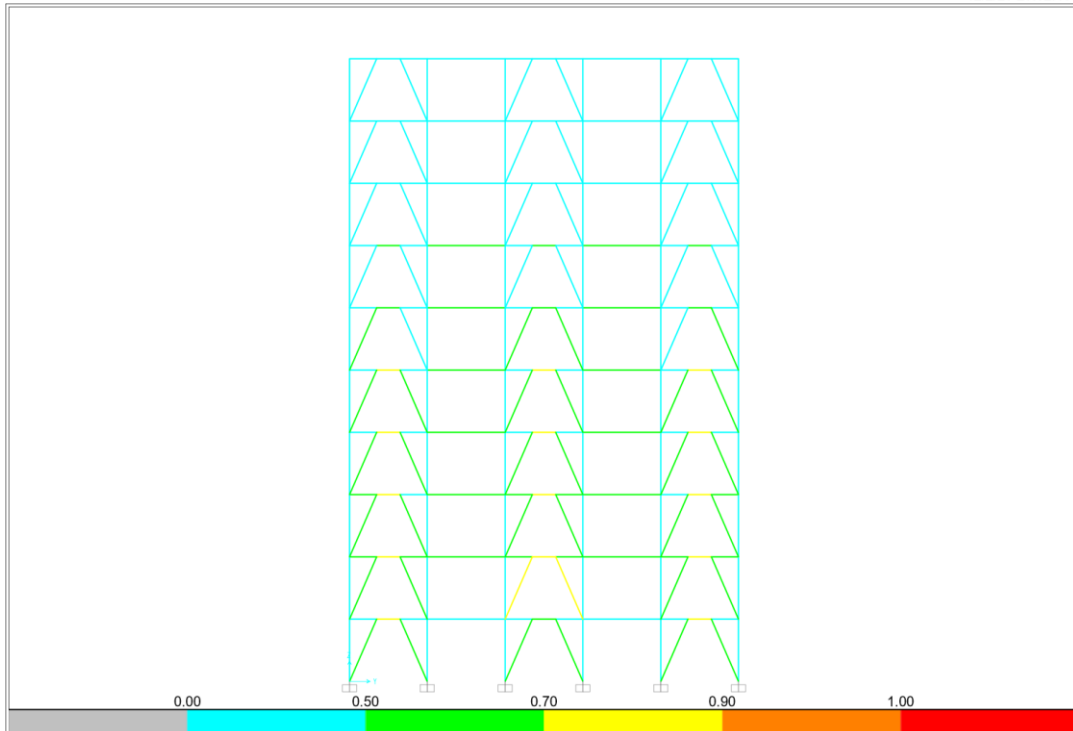
Dilakukan pemodelan 3D gedung perkantoran Civton 10 lantai menggunakan struktur baja sistem rangka bresing eksentris pada program SAP2000 v.14. Kemudian *input* kombinasi pembebanan sesuai dengan Tabel 6.4 lalu *run analyze* dan didapatkan hasil gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur. Selanjutnya dilakukan *check of structure*. Jika pada gambar notasi warna menunjukkan warna biru, hijau, kuning, dan oranye maka struktur tersebut mampu menahan beban yang bekerja pada struktur. Namun, apabila notasi warna

menunjukkan warna merah, maka elemen struktur tersebut mengalami *failure* (kegagalan) yang artinya struktur tersebut tidak mampu menahan beban yang bekerja dan harus dilakukan perencanaan ulang dimensi elemen struktur (*redesign*) pada tahap awal perencanaan yaitu *preliminary design*.

Berikut hasil *check of structure* pada program SAP200 v.14 untuk gedung perkantoran Civton 10 lantai menggunakan struktur baja sistem rangka bresing eksentris arah x dan arah y. Dari hasil analisa struktur dan analisa kekuatan bresing didapatkan hasil bahwa profil yang digunakan mampu untuk menahan beban yang bekerja pada struktur.



Gambar 6. 5 Analisa Kekuatan Bresing Arah X



Gambar 6. 6 Analisa Kekuatan Bresing Arah Y

6.5 Batasan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada struktur gedung terjadi akibat pengaruh dari beban gempa rencana dengan kondisi struktur di ambang keruntuhan. Penentuan simpangan antar lantai diperhitungkan berdasarkan perbedaan defleksi sebagai pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang akan ditinjau. Untuk membatasi kemungkinan terjadinya runtuh struktur secara total (*collapse*) maka dilakukan peninjauan terhadap simpangan antar lantai agar tidak melebihi simpangan antar lantai ijin.

Berdasarkan pada SNI 1726-2019 Tabel 3 gedung perkantoran termasuk dalam kategori risiko II. Karena lokasi gedung perkantoran tersebut terletak pada wilayah dengan tingkat gempa tinggi, maka simpangan antar lantai ijin (Δ_a) ditentukan sebesar $0,02h_{sx}$ sesuai pada SNI 1726-2019 Tabel 20 dengan sistem rangka bresing eksentris termasuk kedalam kategori struktur lain dengan perumusan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e}$$

Keterangan:

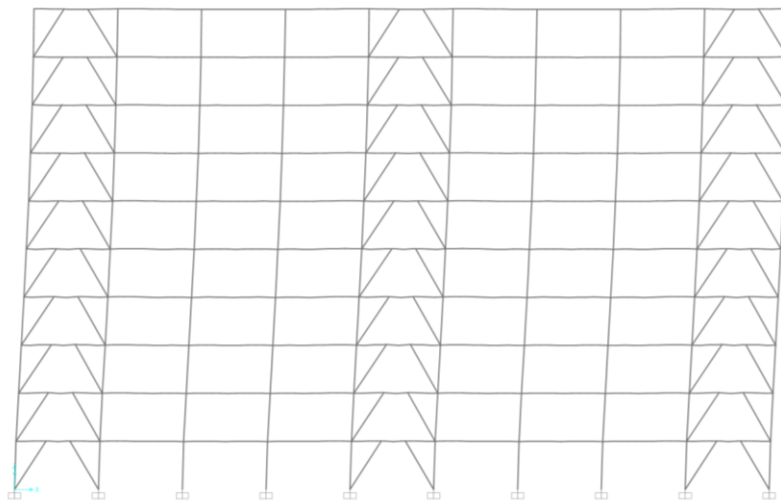
δ_x = Defleksi pusat massa di tingkat x (mm)

C_d = Faktor amplifikasi defleksi (SNI 1726-2019 Tabel 12, untuk SRBE = 4)

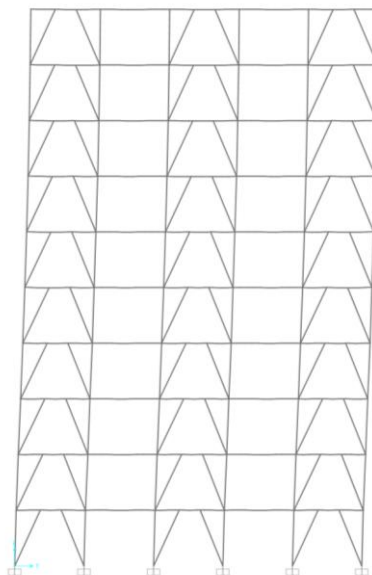
δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan

I_e = Faktor keutamaan gempa (SNI 1726-2019 Tabel 4, dengan nilai = 1,0)

Dari hasil analisa pemodelan struktur 3D menggunakan program SAP2000 v.14 diketahui simpangan antar lantai (*drift*) seperti terlihat pada Gambar 6.7 dan Gambar 6.8. Nilai simpangan antar lantai yang diketahui diuraikan pada Tabel 6.5



Gambar 6. 7 Simpangan Antar Lantai yang Terjadi pada Arah X



Gambar 6. 8 Simpangan Antar Lantai yang Terjadi pada Arah Y

$$\begin{aligned} \text{Nilai simpangan ijin } \Delta a &= 0,02 \times h_{sx} \\ &= 0,02 \times 4000 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 6. 5 Kontrol Simpangan Tiap Lantai

Lantai	Elevasi	h_{sx}	δx	δy	Δx	Δy	Δa (Ijin)	Keterangan
	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	40	4000	53,879	58,806	8,349	8,519	80	Aman
10	36	4000	51,791	56,676	12,641	13,525	80	Aman
9	32	4000	48,631	53,295	17,072	18,204	80	Aman
8	28	4000	44,363	48,744	21,121	22,341	80	Aman
7	24	4000	39,083	43,159	24,625	25,890	80	Aman
6	20	4000	32,926	36,687	27,489	28,812	80	Aman
5	16	4000	26,054	29,484	29,554	31,044	80	Aman
4	12	4000	18,666	21,723	30,360	32,430	80	Aman
3	8	4000	11,076	13,615	28,197	32,199	80	Aman
2	4	4000	4,026	5,566	16,105	22,263	80	Aman
1	0	0	0	0	0	0	0	Aman

6.6 Periode Getar Waktu Alami Struktur

Periode getar (T) merupakan waktu yang diperlukan untuk menempuh satu putaran lengkap dari suatu getaran ketika terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi awal. Periode getar umumnya disebut secara lengkap dengan periode getar alami (*natural fundamental period*) dimana istilah tersebut digunakan untuk menggambarkan setiap getaran guna menekankan fakta bahwa hal tersebut merupakan properti alami dari struktur yang bergantung pada massa dan kekakuan yang bergetar secara bebas tanpa adanya gaya luar. Perhitungan periode getar waktu alami struktur menggunakan metode *Rayleigh* (T-Rayleigh) yang diuraikan pada Tabel 6.6

Tabel 6. 6 Perhitungan T-Rayleigh Bresing Arah X

Lantai	Berat	Gaya Gempa	δx	δx^2	$W_i \cdot \delta x^2$	$F_i \cdot \delta x$
	W_i	F_i	(mm)	(mm)		
10	964990	165680.14	53.879	2902.947	2801314479.10	8926680.26
9	1531726.5	228597.46	51.791	2682.308	4108561756.14	11839291.05
8	1531726.5	195451.29	48.631	2364.974	3622493594.22	9504991.68
7	1531726.5	163647.46	44.363	1968.076	3014553809.39	7259892.27
6	1531726.5	133312.24	39.083	1527.481	2339682955.92	5210242.28
5	1531726.5	104606.57	32.926	1084.121	1660577594.01	3444275.92
4	1531726.5	77744.32	26.054	678.811	1039752668.53	2025550.51

3	1531726.5	53027.38	18.666	348.420	533683467.04	989809.08
2	1531726.5	30924.22	11.076	122.678	187908800.46	342516.66
1	1531726.5	12300.67	4.026	16.209	24827258.56	49522.50
Total					19333356383.37	49592772.21

Periode waktu getar alami dihitung dengan perumusan T-Rayleigh:

$$\begin{aligned}
 Tr_x &= 6,3 \times \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta x^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta x^2}} \\
 &= 6,3 \times \sqrt{\frac{19333356383,37}{9810 \times 49592772,21}} \\
 &= 1,256 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Periode waktu getar di lokasi Bandung : $T_a = 0,0731 \times 40^{0,75} = 1,16$

Syarat:

$$T_a < 3,5 Tr_x$$

$$1,16 < 3,5 \times 1,256$$

$$1,16 < 4,396 \text{ (OK)}$$

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

Tabel 6. 7 Perhitungan T-Rayleigh Bresing Arah Y

Lantai	Berat	Gaya Gempa	δy	δy^2	$W_i \cdot \delta y^2$	$F_i \cdot \delta y$
	W_i	F_i	(mm)	(mm)		
10	964990	165680.14	58.806	3458.146	3337075957.28	9742986.31
9	1531726.5	228597.46	56.676	3212.169	4920164343.02	12955989.64
8	1531726.5	195451.29	53.295	2840.357	4350650124.65	10416576.50
7	1531726.5	163647.46	48.744	2375.978	3639347755.30	7976831.79
6	1531726.5	133312.24	43.159	1862.699	2853145850.24	5753622.97
5	1531726.5	104606.57	36.687	1345.936	2061605791.02	3837701.23
4	1531726.5	77744.32	29.484	869.306	1331539428.93	2292213.53
3	1531726.5	53027.38	21.723	471.889	722804471.26	1151913.78
2	1531726.5	30924.22	13.615	185.368	283933422.49	421033.26
1	1531726.5	12300.67	5.566	30.980	47453432.26	68465.53
Total					23547720576.46	54617334.54

Periode waktu getar alami dihitung dengan perumusan T-Rayleigh:

$$\begin{aligned} T_{r y} &= 6,3 \times \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta x^2}{g \cdot \sum F_i \cdot \delta x^2}} \\ &= 6,3 \times \sqrt{\frac{23547720576.46}{9810 \times 54617334.54}} \\ &= 1,321 \text{ detik} \end{aligned}$$

Periode waktu getar di lokasi Bandung : $T_a = 0,0731 \times 40^{0,75} = 1,16$

Syarat:

$$T_a < 3,5 T_{r y}$$

$$1,16 < 3,5 \times 1,321$$

$$1,16 < 4,624 \text{ (OK)}$$

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