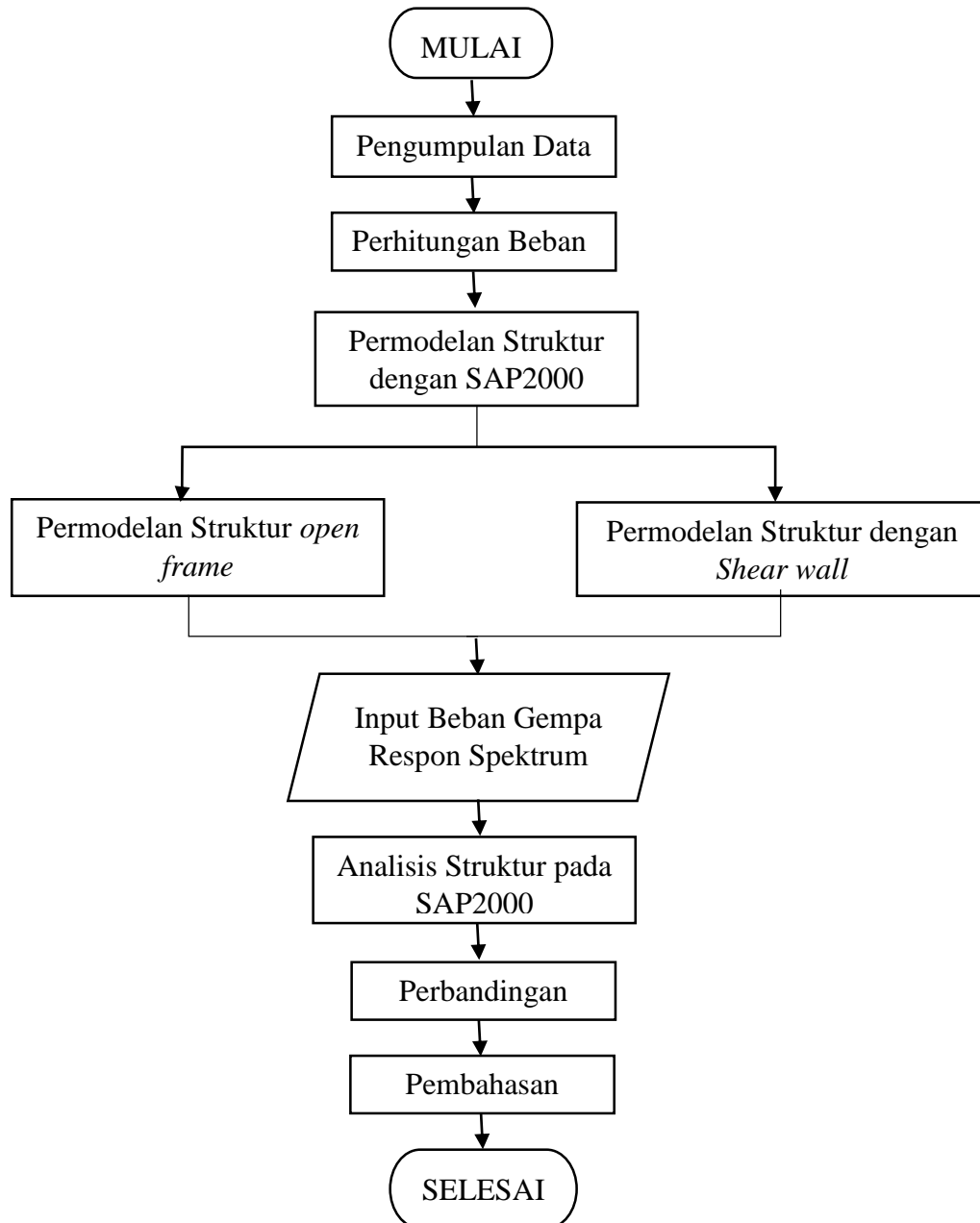


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode dan Data Penelitian

Penelitian yang dilakukan yaitu analisis gempa dinamik dengan cara memasukkan data *response spectrum* dan analisis dilakukan menggunakan *software* SAP2000 dengan tahapan penelitian sebagai berikut ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* tahapan penelitian

3.1.1 Pengumpulan Data

Data didapatkan dari penelitian sebelumnya, pengumpulan data berupa gambar design rencana dari bangunan Hotel El Royale Malioboro pada *software AUTOCAD*. Data yang diambil berupa denah yang meliputi denah penampang, balok, serta kolom dari struktur serta informasi lainnya yaitu data gempa yang diambil dari *puskim.ac.id* yaitu data gempa Yogyakarta pada 2006.

3.1.2 Studi Literatur

Pemahaman konsep didapatkan dari studi literatur menggunakan peraturan-peraturan sebagai acuan dalam meninjau dan mengerjakan penelitian permodelan bangunan. Acuan yang digunakan yaitu SNI 2847:2013 dalam perancangan bangunan dan SNI 1726:2012 dalam penentuan beban gempa dari suatu bangunan.

3.1.3 Permodelan

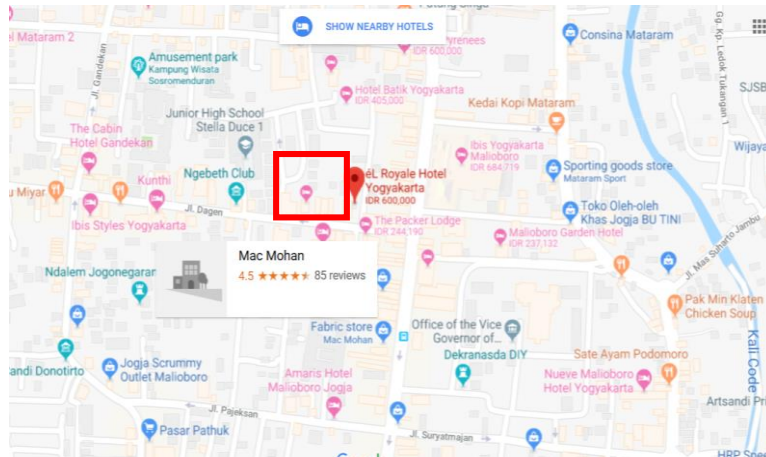
Permodelan struktur menggunakan *software SAP2000* versi 14.1.0 Material struktur dimasukkan sesuai dengan parameter dan kebutuhan, selain itu pembebanan yang dimasukkan berupa perhitungan dari beban mati, beban hidup, beban angin, serta beban gempa yang telah disesuaikan dengan peraturan yang ada lalu membuat permodelan dan dilakukan analisis struktur dari bangunan yang telah dimodelkan.

3.1.4 Data Struktur Gedung

Pada penelitian ini dilakukan menggunakan *design* bangunan gedung Hotel El Royale Malioboro Yogyakarta dengan struktur gedung beton bertulang dengan ketinggian 11 lantai dengan 1 lantai *basement*.

1. Lokasi Bangunan

Hotel El Royale Malioboro terletak di jalan Dagen, Daerah Istimewa Yogyakarta seperti tampak pada Gambar 3.2 seperti berikut ini.



Gambar 3.2 Denah lokasi (*Google Maps*)

2. Fungsi Bangunan

Bangunan difungsikan sebagai hotel yang terletak didekat jalan Malioboro. Struktur bangunan yaitu beton bertulang dengan jumlah lantai sebanyak 10 lantai dan 1 basement dan tinggi bangunan yaitu 36,7 meter dengan luas bangunan 1219,2 m²

3. Data Struktur Bangunan

a. Mutu bahan

Mutu bahan yang digunakan pada struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Mutu bahan

Mutu beton (fc')	30 MPa
Modulus elastisitas beton	23.500 MPa
Modulus elastisitas baja	200.000 MPa

b. Dimensi Kolom

Kode dan dimensi kolom yang digunakan pada struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kode dan dimensi kolom

Kode Kolom	Dimensi
K1	600 × 900
K2	500 × 700
K4	250 × 500 × 500
K5	300 × 300

c. Dimensi Balok

Kode dan dimensi balok yang digunakan pada struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kode dan dimensi balok

Kode Balok	Dimensi
B1	300 × 650
B2	350 × 700
B3	200 × 400
B4	200 × 400
BA1	250 × 500
BA2	250 × 500
BK1	300 × 600
BK2	200 × 400
TB1	300 × 600
TB2	250 × 500

d. Plat lantai

Kode dan dimensi balok yang digunakan pada struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kode dan dimensi balok

Kode Plat	Tebal
A'1	150 mm
A1	150 mm
A2	120 mm
A3	100 mm

3.1.5 Permodelan

Pada penelitian ini permodelan struktur bangunan menggunakan program *software SAP2000* dengan cara memasukkan data material dan merancang detail bangunan struktur berdasarkan data-data perencanaan yang ada dan telah dihitung. Running dilakukan setelah semua permodelan dan beban telah dimasukkan dan diperoleh gaya yang didapatkan untuk dianalisis sesuai prosedur yang ada. Analisis yang dilakukan yaitu analisis dinamik. Materi pendukung yang digunakan yaitu jurnal publikasi terkait penelitian, SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

3.1.6 Pembebanan

Beban yang ada pada struktur bangunan dihitung secara manual dan dimasukkan ke dalam kerangka struktur yang telah dimodelkan pada SAP2000. Beban yang dimasukkan pada model struktur gedung mengacu pada SNI 1727:2013 berupa beban mati, beban hidup, beban sendiri, beban atap, dan *response spectrum* yang telah dihitung dan ditentukan.

1. Pembebanan Struktur Bangunan

a. Beban Mati

Beban mati merupakan beban tetap yang ada pada suatu struktur bangunan diantaranya yaitu terletak pada atap, plat lantai, plat tangga, serta pada balok yang menahan beban dinding.

1) Plat lantai 1-10

Keramik	= 17 kg/m ²
Spesi (2 cm)	= 42 kg/m ²
Instalasi listrik dan plumbing	= 25 kg/m ²
Penggantung langit-langit	= 7 kg/m ²
Plafond	= 11 kg/m ²
Pasir urug	= 32 kg/m ²
Berat Total	= 134 kg/m ²
	= 1,315 kN/m ²

2) Lantai *basement*

Spesi	= 42 kg/m ²
Pasir urug	= 32 kg/m ²
Berat Total	= 74 kg/m ²
	= 0.726 kN/m ²

3) Beban dinding

Berat dinding hebel	= 650 kg/m ³
Tebal dinding	= 0,15 m
Beban <i>basement</i>	= (tinggi × tebal × berat)
	= (3,6 m × 0,15 m × 650 kg/m ³)
	= 3,443 kN/m
Beban lt.1	= (3,8 m × 0,15 m × 650 kg/m ³)

$$\begin{aligned}
 &= 3,635 \text{ kN/m} \\
 \text{Beban lt.2} &= (3,9 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 650 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 3,73 \text{ kN/m} \\
 \text{Beban lt.3-8} &= (3,2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 650 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 312 \text{ kg/m} = 3,061 \text{ kN/m} \\
 \text{Beban lt. 9} &= (3,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 650 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 3,013 \text{ kN/m} \\
 \text{Beban lt.10} &= (3,05 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 650 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 3,443 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

Tabel 3.5 Jenis beban hidup (SNI 1727-2013)

No	Komponen	Berat	Satuan
1	Atap	0,96	kN/m ²
2	Lantai	1,92	kN/m ²
3	Basement	1,92	kN/m ²

2. Pembebanan Atap

a. Beban Mati

Beban pada atap disederhanakan menggunakan permodelan berupa dak dengan beban merata diseluruh atap

$$\text{Spesi} = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pasir urug} = 32 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Total} = 74 \text{ kg/m}^2$$

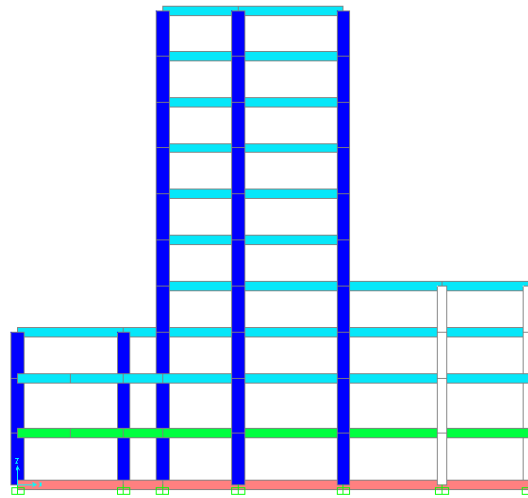
$$= 0.726 \text{ kN/ m}^2$$

b. Beban Hidup

Beban hidup pada atap didalam SNI 1727-2013 sebesar 0,96 kN/m²

3. Beban angin

Angin adalah udara yang bergerak karena bagian-bagian udara terjadi dorongan. Beban angin (*wind load*) yang bekerja pada struktur bangunan dipengaruhi oleh tekanan angin dan ketinggian dari suatu bangunan karena semakin tinggi suatu bangunan maka kecepatan angin semakin besar. Pola pergerakan angin pada struktur sebenarnya sangat rumit, tetapi konfigurasi dari pergerakannya dipermudah. Didalam SNI 1727-2013, beban angin 0,77 kN/m², pada permodelan struktur titik yang diberikan beban sebanyak 46 titik, yaitu seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Struktur bangunan yang diinput beban angin

maka perhitungan beban angin seperti berikut ini.

Luas bangunan yang diberikan beban angin :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\
 &= (10,05 \text{ m} \times 10,6 \text{ m}) + (12,55 \text{ m} \times 32,95 \text{ m}) + (12,85 \text{ m} \times 13,8 \text{ m}) \\
 &= 106,53 \text{ m}^2 + 413,5225 \text{ m}^2 + 177,33 \\
 &= 697,3825 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban angin} &= (0,77 \times 697,3825)/44 \\
 &= 12,204 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Beban gempa

Beban gempa pada struktur bangunan yang terjadi karena gempa bumi baik tektonik maupun vulkanik menyebabkan pergerakan sehingga mempengaruhi kekuatan dari suatu struktur bangunan dan yang mempengaruhi kekuatan goncangannya yaitu jenis tanah pada struktur dibangun. Gedung Hotel El Royale berada di jalan Dagen, Yogyakarta dan spesifikasi tanahnya yaitu tanah sedang sehingga didapatkan hasil dari *puskim.pu.go.id* sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 0,459 & F_v &= 1,541 \\
 S_s &= 1,264 & F_a &= 1
 \end{aligned}$$

Nilai untuk kurva respon spektrum

$$\begin{aligned}
 S_{Ds} &= (2/3) \times F_a \times S_s \\
 &= (2/3) \times 1 \times 1,264 \\
 &= 0,8427
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= (2/3) \times F_v \times S_1 \\ &= (2/3) \times 1,541 \times 0,459 \\ &= 0,4715 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_o &= 0,2 \times (S_{D1} / S_{Ds}) \\ &= 0,2 \times (0,4715 / 0,8427) \\ &= 0,1119 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= (S_{D1} / S_{Ds}) \\ &= 0,5595 \end{aligned}$$

1. Periode 1

Periode yang lebih besar atau sama dengan 0 atau lebih kecil atau sama dengan dari T_o ($0 \leq T \leq T_o$) dapat dilihat pada tabel 3.6.

T	Sa
0	0.3371
0.01	0.3823
0.02	0.4274
0.03	0.4726
0.04	0.5178
0.05	0.5630
0.06	0.6082
0.07	0.6534
0.08	0.6986
0.09	0.7437
0.1	0.7889
0.11	0.8341

2. Periode 2

Periode lebih besar dari atau sama dengan T_o dan lebih kecil atau sama dengan T_s ($T_o \leq T \leq T_s$) dapat dilihat pada tabel 3.7.

T	Sa
0.13	0.8427
0.18	0.8427
0.23	0.8427
0.28	0.8427
0.33	0.8427
0.38	0.8427
0.43	0.8427
0.48	0.8427
0.53	0.8427
0.58	0.8427

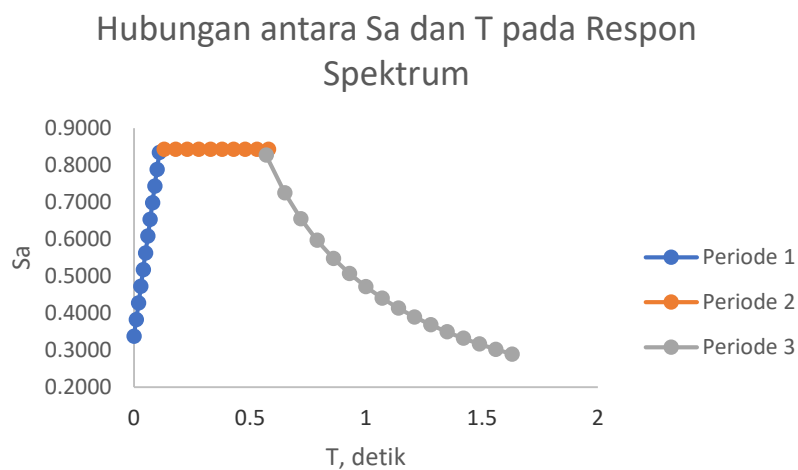
3. Periode 3

Periode lebih besar atau sama dengan dari T_0 atau periode kurang dari atau sama dengan dari T_s ($T_0 \leq T \leq T_s$) dapat dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Periode 3

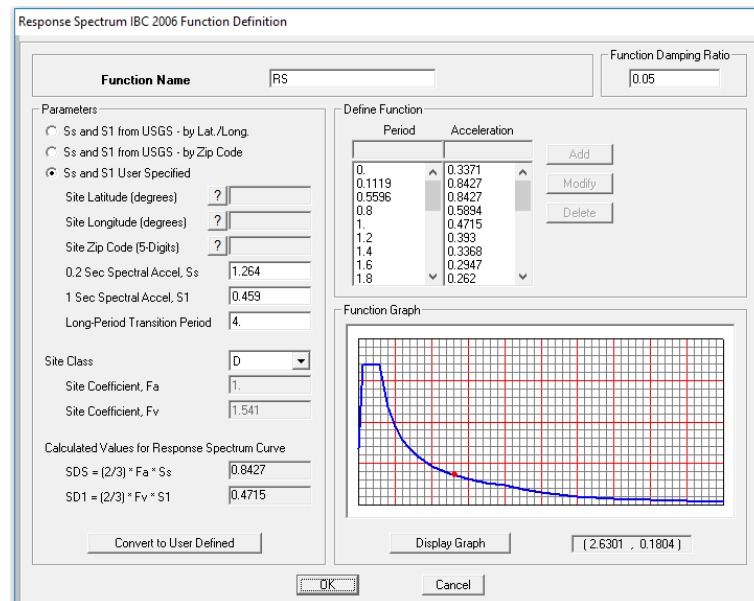
T	S _a
0.570	0.82719
0.65	0.72538
0.720	0.65486
0.79	0.59684
0.860	0.54826
0.93	0.50699
1.000	0.4715
1.07	0.44065
1.140	0.4136
1.21	0.38967
1.280	0.36836
1.35	0.34926
1.420	0.33204
1.49	0.31644
1.560	0.30224
1.63	0.28926

Grafik design respon spektrum untuk wilayah yogyakarta berdasarkan data yang ada dan telah dihitung, dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4 Grafik Hubungan antara S_a dan T pada Respon Spektrum

Nilai respon spektrum desain (S_a) yang dimasukkan pada SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Respon spektrum pada SAP2000

3.1.7 Analisis Dinamik Respons Spektrum

1. Periode fundamental pendekatan struktur

Periode funamental T tidak boleh melebihi hasil periode fundamental pendekatan (T_a) dan koefisien untuk batas atas periode (C_u). Dari hasil analisis menggunakan *software* SAP2000 didapatkan nilai periode yaitu sebagai berikut ini.

$$T_x = 1,2389 \text{ Sec}$$

$$SD1 = 0,4715$$

$$C_u = 1,4 \quad \text{(Tabel 2.7)}$$

$$C_t = 0,0466 \quad \text{(Tabel 2.6)}$$

$$x = 0,9 \quad \text{(Tabel 2.6)}$$

Perhitungan periode getar minimum berdasarkan persamaan 2.4.

$$\begin{aligned} T_{a \text{ min}} &= C_t \times h n^x \\ &= 0,4715 \times 36,7^{0,9} \\ &= 1,19285 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{a \text{ max}} &= T_{a \text{ min}} \times C_u \\ &= 1,19285 \times 1,4 \\ &= 1,66999 \end{aligned}$$

2. Geser dasar seismik

Koefisien respons seismik dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6.

$$S_{DS} = 0,8427$$

$$W = 952,92 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \\ &= \frac{0,8427}{\frac{5}{1}} \\ &= 0,1685 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W \\ &= 0,1685 \times 952,92 \text{ kN/m} \\ &= 160,605 \end{aligned}$$

3. Distribusi vertikal haya gempa

Distribusi gaya lateral (F_x) ditentukan menggunakan persamaan 2.13.

$$C_{vx} = \frac{W_s h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

4. Simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai diperhitungkan berdasarkan persamaan 2.14.

$$C_d = 5$$

$$I_e = 1$$

$$\delta_e = 2,5$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{C_d \times \delta_e}{I_e} \\ &= \frac{5 \times 2,5}{1} \\ &= 12,5 \end{aligned}$$

5. Kekakuan

Contoh perhitungan kekakuan pada permodelan *open frame* pada *mode* 1 dan periode

1 yaitu seperti berikut ini.

$$M = 451,208$$

$$T = 1,22476$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi}{T} \\ &= \frac{2\pi}{1,22476} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,132 \\
 \omega &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\
 K &= \omega^2 \times m \\
 &= 5,132^2 \times 451,208 \\
 &= 11884,7
 \end{aligned}$$

6. Tori

Torsi disyaratkan faktor pembesaran tidak melebihi 3,0 dengan syarat ketidakberaturan seperti berikut ini.

$$\delta_{\text{Max}} < 1,2\delta_{\text{Avg}} \quad = \text{Tidak terjadi ketidakbearturan struktur}$$

$$1,2\delta_{\text{Avg}} < \delta_{\text{Max}} < 1,4\delta_{\text{Avg}} \quad = \text{Terjadi ketidakbearturan torsi 1a}$$

$$\delta_{\text{Max}} > 1,4\delta_{\text{Avg}} \quad = \text{Terjadi ketidakbearturan torsi 1b}$$

Tabel 3.9 Kontrol ketidakberaturan torsi arah X

Lantai	δ_{max}	δ_1	δ_2	δ_{average}	$1,2 \delta_{\text{average}}$	$\delta_{\text{max}} < 1,2 \delta_{\text{average}}$	$1,4 \delta_{\text{average}}$	$\delta_{\text{max}} < 1,4 \delta_{\text{average}}$
Basement	0	0	0	0	0	Tidak Terjadi	0	Tidak Terjadi
1	0.895	0.642	0.895	0.7685	0.9222	Tidak Terjadi	1.0759	Tidak Terjadi
2	1.718	1.265	1.718	1.4915	1.7898	Tidak Terjadi	2.0881	Tidak Terjadi
3	2.319	1.754	2.319	2.0365	2.4438	Tidak Terjadi	2.8511	Tidak Terjadi
4	2.855	2.216	2.855	2.5355	3.0426	Tidak Terjadi	3.5497	Tidak Terjadi
5	3.299	2.606	3.299	2.9525	3.543	Tidak Terjadi	4.1335	Tidak Terjadi
6	3.653	2.922	3.653	3.2875	3.945	Tidak Terjadi	4.6025	Tidak Terjadi
7	3.921	3.167	3.921	3.544	4.2528	Tidak Terjadi	4.9616	Tidak Terjadi
8	4.107	3.342	4.107	3.7245	4.4694	Tidak Terjadi	5.2143	Tidak Terjadi
9	4.218	3.449	4.218	3.8335	4.6002	Tidak Terjadi	5.3669	Tidak Terjadi
10	4.26	3.493	4.26	3.8765	4.6518	Tidak Terjadi	5.4271	Tidak Terjadi

Tabel 3.10 Kontrol ketidakberaturan torsi arah Y

Lantai	δ_{max}	δ_1	δ_2	δ_{average}	$1,2 \delta_{\text{average}}$	$\delta_{\text{max}} < 1,2 \delta_{\text{average}}$	$1,4 \delta_{\text{average}}$	$\delta_{\text{max}} < 1,4 \delta_{\text{average}}$
Basement	0	0	0	0	0	Tidak Terjadi	0	Tidak Terjadi
1	0.787	0.575	0.787	0.681	0.8172	Tidak Terjadi	1.0215	Tidak Terjadi
2	1.505	1.117	1.505	1.311	1.5732	Tidak Terjadi	1.9665	Tidak Terjadi
3	2.01	1.518	2.01	1.764	2.1168	Tidak Terjadi	2.646	Tidak Terjadi
4	2.461	1.885	2.461	2.173	2.6076	Tidak Terjadi	3.2595	Tidak Terjadi
5	2.835	2.196	2.835	2.5155	3.0186	Tidak Terjadi	3.77325	Tidak Terjadi
6	3.149	2.45	3.149	2.7995	3.3594	Tidak Terjadi	4.19925	Tidak Terjadi
7	3.4	2.649	3.4	3.0245	3.6294	Tidak Terjadi	4.53675	Tidak Terjadi
8	3.586	2.792	3.586	3.189	3.8268	Tidak Terjadi	4.7835	Tidak Terjadi
9	3.708	2.881	3.708	3.2945	3.9534	Tidak Terjadi	4.94175	Tidak Terjadi
10	3.76	2.917	3.76	3.3385	4.0062	Tidak Terjadi	5.00775	Tidak Terjadi

7. Pengaruh P-delta

Simpangan antar lantai yang ada serta gaya dan elemen struktur yang dihasilkan dipengaruhi oleh P-delta yang dihitung berdasarkan rumus pada persamaan 2.13 dan persamaan 2.14.

Tabel 3.11 P_x , Δx , dan V_x pada tiap lantai

Lantai	P_x	Δx	V_x	h_{sx}
Basement	23.704	0	2517.42	0
1	39.194	0.642	2462.45	3.6
2	42.318	1.265	2263.43	3.8
3	47.095	1.754	2098.69	3.9
4	62.016	2.216	1986.78	3.2
5	62.016	2.606	1670.22	3.2
6	60.78	2.922	1356.22	3.2
7	61.135	3.167	1045.84	3.2
8	62.217	3.342	742.244	3.2
9	75.985	3.449	449.238	3.2
10	75.985	3.493	170.86	3.15

Contoh perhitungan dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$I_e = 1$$

$$C_d = 5$$

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \\ &= \frac{39,194 \times 0,642 \times 1}{2462,45 \times 3,6 \times 5} \\ &= 0,00057\end{aligned}$$

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta \times C_d} \leq 0,25$$

$$= \frac{0,5}{1 \times 5}$$

$$= 0,1$$

Koefisien kestabilan (θ) lebih kecil dari θ_{max} sehingga struktur termasuk stabil