

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian dalam tugas akhir ini menggunakan analisis dinamis yang didukung oleh program ETABS V.18.0.2. Analisis dilakukan dengan memasukkan komponen struktur gedung seperti kolom, balok, pelat lantai, dan pelat atap, serta shear wall ke dalam program. Setelah pemodelan selesai, kemudian analisis output ETABS yang mencakup nilai simpangan tingkat bangunan. Setelah simpangan ditemukan dapat dianalisis kinerja struktur berdasarkan ATC-40 untuk mengevaluasi kemampuan gaya gempa yang terjadi.



Gambar 3. 1 Visual Desain 3D Apartemen Jakarta Living Star

Sumber : <https://www.jakarta-living-star.com/>

3.2 Lokasi Studi Kasus

Lokasi penelitian yang digunakan yaitu Gedung Apartemen Jakarta Living Star Tower A. Secara administratif lokasi Apartemen Jakarta Living Star berada di Jl. Lapangan Tembak No.10, Kelurahan Pekayon, Kecamatan Pasar Rebo, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta - Indonesia.



Gambar 3. 2 Lokasi Gedung Apartemen Jakarta Living Star

Sumber : *Citra Satelit Google Earth pro 2024*

Apartemen Jakarta Living Star Tower A menjadi salah satu apartemen yang berada pada wilayah berkembang dengan sarana umum prima. Wilayah berkembang ini diapit oleh empat pusat bisnis yang sedang berkembang, yaitu Depok, TB Simatupang, Ciracas, dan Cibubur. Hal yang menarik dari Apartemen ini karena bangunan ini mengusung tema *international eco-apartment* serta *dining & play gateway*.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Deskriptif Kuantitatif. Penelitian ini akan membahas mengenai analisis kinerja struktur dari suatu bangunan gedung. Metode penelitian ini akan mendeskripsikan suatu peristiwa yang terjadi dalam bentuk angka dan penafsiran data, serta tampilan hasilnya. Berdasarkan data yang didapat dari lapangan kemudian diolah menggunakan sistem analisis. Hasil pengolahan data tersebut kemudian dikorelasikan dengan teori yang ditemukan dalam berbagai literatur.

3.4 Data

Data yang didapat merupakan data sekunder dalam bentuk *detail engineering design* Apartemen Jakarta Living Star Tower A. Adapun sumber data tersebut berasal dari PT KARYATAMA MAKMUR PERKASA yang merupakan kontraktor dari proyek ini. Informasi yang terkandung dalam data tersebut akan menjadi panduan dalam tugas akhir ini. Sedangkan teori yang menjadi acuan dasar perhitungan didapat dari berbagai literatur.

3.5 Prosedur Analisis

3.5.1. Identifikasi Data

Berikut ini merupakan spesifikasi teknis gedung apartemen Jakarta Living Star Tower A yaitu sebagai berikut :

1. Luas area = 20.216,856 m²
2. Jumlah lantai = 24 Lantai
3. Rincian Apartemen Jakarta Living Star adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Rincian Apartemen Jakarta Living Star

Fungsi Gedung	Apartemen
Jumlah Lantai	24 Lantai
Tinggi Lantai Tipikal	<ul style="list-style-type: none"> • 4.4 m (Lantai 1) • 3 m (Lantai 2-23) • 3.5 m (Lantai Atap)
Luas Lantai Tipikal	<ul style="list-style-type: none"> • 961.35 m² (Lantai 1-2) • 903.35 m² (Lantai 3-22) • 528 m² (Lantai 23) • 505.7 m (Lantai Atap)
Tinggi Maksimum Gedung	70,9 m
Struktur Utama	<ul style="list-style-type: none"> • Balok : Struktur Beton Bertulang • Kolom : Struktur Beton Bertulang • Plat : Struktur Beton Bertulang • Shear wall : Struktur Beton Bertulang

4. Dimensi Elemen Struktur

- Dimensi Balok

Tabel 3. 2 Dimensi Balok

Nama Balok	Dimensi	Nama Balok	Dimensi
B1 (400x1000)	400 x 1000	B10 (250x600)	250 x 600
B2 (400x700)	400 x 700	B11 (250x500)	250 x 500
B3 (300x700)	300 x 700	B12 (250x400)	250 x 400
B4 (300x650)	300 x 650	B13 (200x400)	200 x 400
B5 (300x600)	300 x 600	B14 (150x400)	150 x 400
B6 (300x550)	300 x 550	B15 (150x300)	150 x 300
B7 (300x500)	300 x 500	B16 (200x300)	200 x 300
B8 (300x450)	300 x 450	B17 (200x500)	200 x 500
B9 (300x400)	300 x 400	BL2 (300x400)	300 x 400
		BL1 (250x400)	250 x 400

- Dimensi Kolom

Mutu Kolom = Lantai 1-Lantai 20 = 40 MPa

= Lantai 21-Lantai Atap = 35 MPa

Tabel 3. 3 Dimensi Kolom

Lantai	Model	Dimensi		Model	Dimensi
Lantai 1-2	KA1	450 X 1000	Lantai 3	KA8	350X 700
	KA1A	450 X 1000		KA1	450 X 1000
	KA1B	600 X 1000		KA1A	450 X 1000
	KA2	400 X 1000		KA1B	600 X 1000
	KA2A	400 X 1000		KA2	400 X 1000
	KA3	700 X 1000		KA2A	400 X 1000
	KA4	600 X 1000		KA3	700 X 1000
	KA4A	600 X 1000		KA4	600 X 1000
	KA5	300 X 800		KA4A	600 X 1000
	KA6	350X 900		KA5	300 X 800
	KA7	350X 900		KA6	350X 900
				KA7	350X 900

Lantai	Model	Dimensi	
Lantai 4	KA1	450 X 1000	
	KA1A	450 X 1000	
	KA1B	450 X 1000	
	KA2	400 X 1000	
	KA2A	400 X 1000	
	KA3	700 X 1000	
	KA4	600 X 1000	
	KA4A	600 X 1000	
	KA5	300 X 800	
	KA6	350X 900	
	KA7	350X 900	
	Lantai 5	KA1	400 X 1000
		KA1A	400 X 1000
KA1B		400 X 1000	
KA2		400 X 900	
KA2A		400 X 900	
KA3		400 X 1000	
KA4		400 X 900	
KA4A		400 X 900	
KA		300 X 800	
KA6		300 X 800	
KA7		350X 800	
Lantai 6-10	KA1	400 X 900	
	KA1A	400 X 900	
	KA1B	400 X 900	
	KA2	350 X 900	
	KA2A	350 X 900	
	KA3	350 X 900	
	KA4	350 X 900	
	KA4A	400 X 900	
	KA5	300 X 800	
	KA6	300 X 800	
	KA7	350X 800	

Lantai	Model	Dimensi
Lantai 11-15	KA1	350 X 900
	KA1A	350 X 900
	KA1B	350 X 900
	KA2	350 X 800
	KA2A	350 X 800
	KA3	350 X 800
	KA4	350 X 800
	KA4A	350 X 900
	KA5	300 X 800
	KA6	300 X 800
	KA7	300 X 800
Lantai 16-20	KA1	350 X 800
	KA1A	350 X 800
	KA1B	350 X 800
	KA2	350 X 700
	KA2A	350 X 700
	KA3	350 X 700
	KA4	350 X 700
	KA4A	350 X 800
	KA5	300 X 800
	KA6	300 X 800
	KA7	300 X 800
Lantai 21-Atap	KA1	350 X 700
	KA1A	350 X 700
	KA1B	350 X 700
	KA2	350 X 600
	KA2A	350 X 600
	KA3	350 X 600
	KA4	350 X 600
	KA4A	350 X 700
	KA5	300 X 800
	KA6	300 X 800
	KA7	300 X 800

- Dimensi Pelat

Tabel 3. 4 Dimensi Pelat

Model	Ketebalan
	mm
S1A	120
S1B	120
S1C	120

- Dimensi Shear Wall

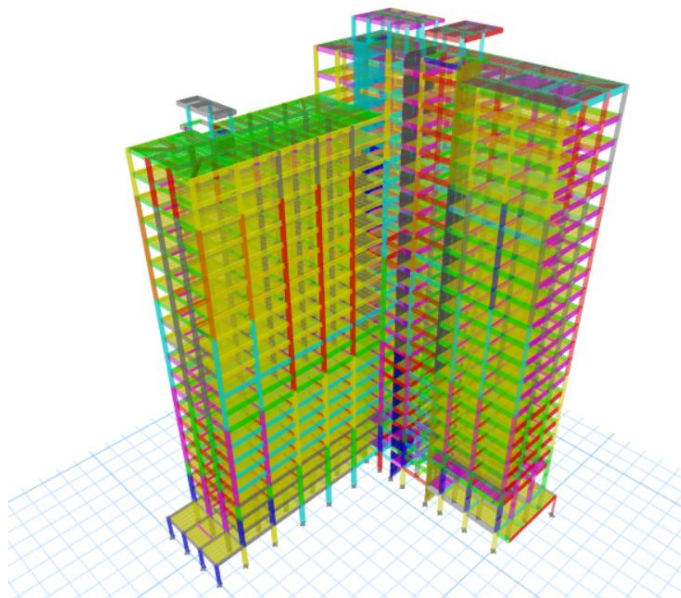
Tabel 3. 5 Dimensi Shear wall

Lantai	Model	Mutu	Arah X	Arah Y
		f'c (Mpa)	mm	mm
Lantai Dasar-10	SW1A	40		4400
	SW2A			5700
	SW3A		3050	3050
	SW4A		4400	
	SW5A		1500	
Lantai 11-20	SW1A	40		4400
	SW2A			5700
	SW3A		3050	3050
	SW4A		4400	
	SW5A		1500	
Lantai 21-Atap	SW1A	35		4400
	SW2A			5700
	SW3A		3050	3050
	SW4A		4400	
	SW5A		1500	

5. Mutu Baja Tulangan : D10, D16, D19, D22, D25 (BJTD 40)
6. Sistem Pengecoran : Ready Mix
7. Penutup Atap : Struktur Beton Bertulang

3.5.2. Pemodelan Struktur menggunakan Etabs v.18.0.2

Pemodelan 3D struktur gedung Apartemen Jakarta Living Star merupakan pemodelan yang dimodelkan sesuai dengan data *detail engineering desain* gedung dari apartemen tersebut. Berikut merupakan hasil pemodelan 3D menggunakan Etabs V.18.0.2 pada Gedung Apartemen Jakarta Living Star.



Gambar 3. 3 Pemodelan 3D Struktur Gedung Menggunakan Etabs V.18.0.2

3.5.3. Input Pembebanan

Input pembebanan menggunakan acuan dari PPURG-1987, SNI 1727-2020 dan SNI 1726-2019 dalam perencanaannya. SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung Struktur Lain sebagai acuan dalam input pembebanan dan integrasi pembebanan struktur. Selanjutnya SNI 1726-2019 menjadi acuan dalam perhitungan dan input beban gempa.

1. Beban Mati

Berat sendiri bangunan struktural pada kategori beban mati dapat dihitung secara otomatis dalam program Etabs, jadi hanya perlu memasukan beban mati tambahan (SIDL). Dalam perhitungan beban mati yaitu perkalian antara volume setiap komponen struktur dengan berat jenisnya.

Tabel 3. 6 Beban Mati Tambahan (SIDL) Pelat Lantai

No.	Beban Mati	Tebal	Berat	=	Nilai	Satuan	=	Nilai	Satuan
		(m)	Jenis						
1	Pasir	0.01	1600	=	16	kg/m ²	=		
2	Spesi (per 1 cm)	0.03	21	=	63	kg/m ²	=		
3	Keramik (per 1 cm)	0.01	24	=	24	kg/m ²	=		
4	Instalasi ME & Plafon			=	25	kg/m ²	=		
Total Beban Mati Tambahan Pada Pelat Lantai				=	128	kg/m ²	=	1.255	KN/m ²

Tabel 3. 7 Beban Mati Tambahan (SIDL) Pelat Atap

No.	Beban Mati		Berat Jenis	Satuan		Nilai	Satuan
1	Water Proofing (Liquid Applied)	=	5	kg/m ²	=		
2	Instalasi ME & Plafon	=	25	kg/m ²	=		
Total Beban Mati Tambahan Pada Pelat Lantai		=	30	kg/m ²	=	0.294	KN/m ²

Tabel 3. 8 Beban Mati Tambahan (SIDL) Dinding Pas. Hebel (10 cm)

No.	Beban Mati	Tinggi	Beban	=	Nilai	Satuan
		(m)				
1	Dinding (Lantai 1)	4,4	1	=	4.4	KN/m ²
2	Dinding (Lantai 2-22)	3	1	=	3	KN/m ²
3	Dinding (Lantai 23)	3,5	1	=	3.5	KN/m ²

2. Beban Hidup

Perhitungan beban hidup (LL) dalam program ETABS V.18.0.2 terbagi atas beban hidup lantai dan beban hidup atap. Beban ini sangat penting untuk memastikan bahwa struktur bangunan kuat dan memenuhi standar keselamatan. Adapun data beban hidup yang digunakan berdasarkan SNI 1727-2020 dan PPURG 1989 adalah sebagai berikut.

$$\text{Pelat Lantai} = 1.92 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Pelat Atap} = 0.96 \text{ KN/m}^2$$

3. Beban Gempa

Dalam membuat grafik respons spektrum yang akan digunakan sebagai fungsi beban selama proses analisis diperlukan beberapa parameter yang harus ditentukan dan dipertimbangkan sebelum menghitung beban gempa. Adapun parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut.

- Kategori Risiko Struktur

Apartemen Jakarta Living Star berada pada kategori bangunan apartemen dengan kategori risiko II (SNI 1726-2019, Tabel 3).

- Faktor Keutamaan Bangunan (I_e)

Nilai faktor keutamaan Apartemen Jakarta Living Star berdasarkan kategori risiko II yaitu, $I_e = 1$ (SNI 1726-2019, Tabel 4).

- Kelas Situs

Kelas situs harus dianalisis oleh ahli geoteknik yang memiliki sertifikat keahlian. Kemudian apabila data tanah tidak tersedia untuk penentuan kelas situs, maka sifat tanah harus diasumsikan sebagai tanah lunak (SE). Kelas situs tanah berdasarkan batuan dasar permukaan tanah Apartemen Jakarta Living Star ditentukan dalam SNI 1726-2020.

- Parameter percepatan gempa batuan dasar (S_s dan S_1)

Nilai parameter percepatan gempa batuan dasar pada fase pendek (S_s) dan fase 1 detik (S_1) ditentukan pada daerah lokasi proyek secara spesifik yaitu Gedung Apartemen Jakarta Living Star Tower A melalui situs <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>

$$S_s = 0.8745$$

$$S_1 = 0.4121$$

- Penentuan parameter respon spektral

Perumusan parameter respon spektral percepatan gempa adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a S_s \\ &= 1.2 \times 0.8745 = 1.05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v S_1 \\ &= 2.376 \times 0.4121 = 0.98 \end{aligned}$$

Nilai faktor amplikasi getaran F_a dapat diambil berdasarkan tabel 6, SNI 1726-2019. Kemudian nilai F_v didapat berdasarkan tabel 7, SNI 1726-2019.

- Parameter Percepatan Desain (S_{DS} dan S_{D1})

Parameter percepatan spektral desain didapat dengan menggunakan kedua rumus sebagai berikut (SNI 1726-2019).

$$(S_{DS}) = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1.05 = 0.6998$$

$$(S_{D1}) = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0.98 = 0.6527$$

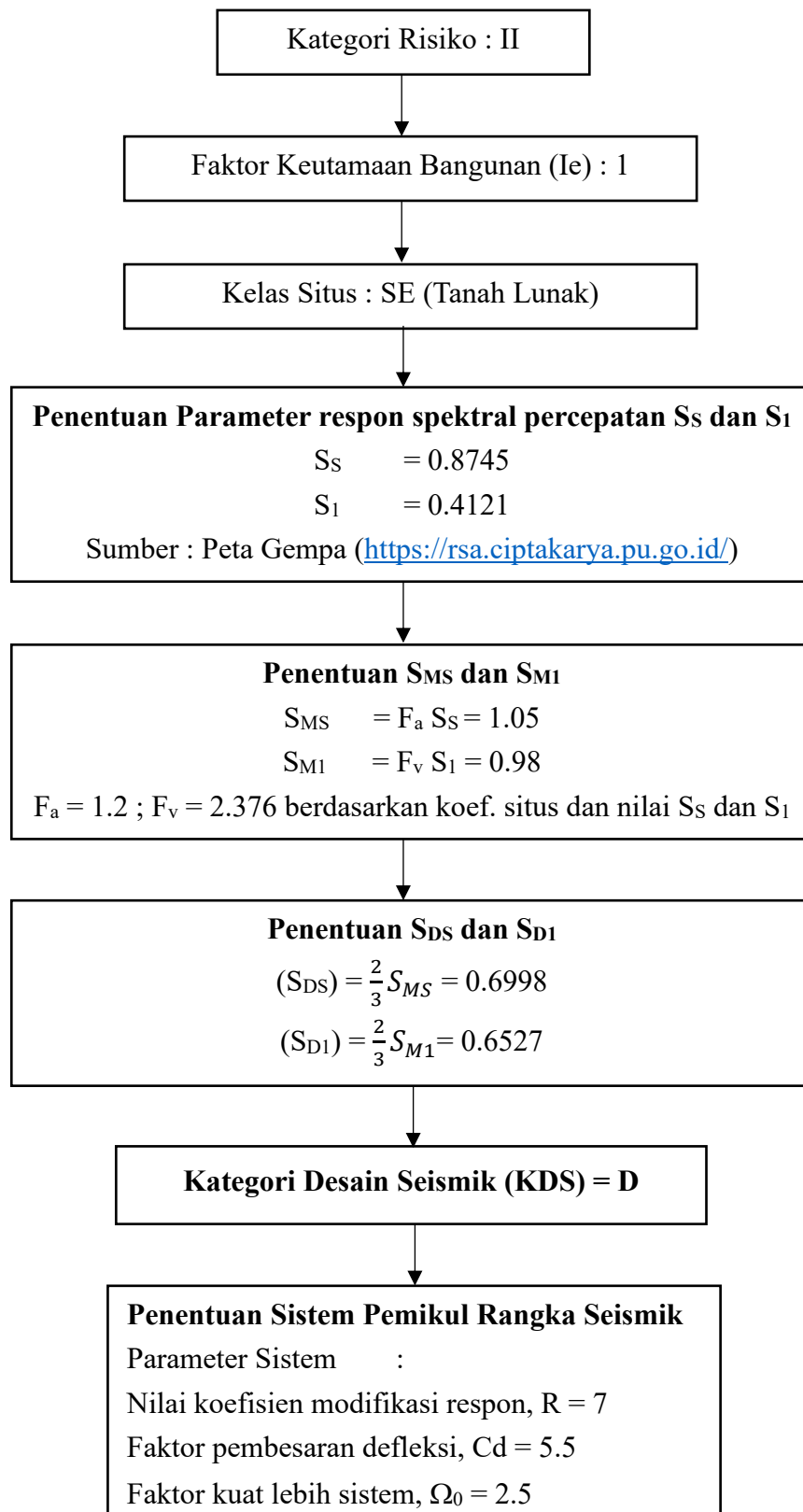
- Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik ditentukan berdasarkan SNI 1726-2020. Kategori ini ditentukan berdasarkan rentang nilai percepatan untuk fase pendek (S_{DS}) dan pada fase 1 detik (S_{D1}). Kedua nilai tersebut masing-masing diambil berdasarkan tabel 8 untuk S_{DS} dan tabel 9 pada S_{D1} pada SNI 1726-2019. Karena nilai $S_{DS} \geq 0.05$ dan $S_{D1} \geq 0.2$, sehingga dapat dikategorikan nilai katagori desain seismik yaitu D.

- Sistem Pemikul Rangka Seismik

Nilai koefisien modifikasi respon (R) diambil sebesar 7, kemudian faktor pembesaran defleksi (C_d) diambil sebesar 5.5, dan faktor kuat lebih sistem (Ω_0) senilai 2.5. Jenis sistem pemikul gaya dalam pemodelan, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan dinding geser sehingga menjadi sistem struktur ganda (SNI 1726-2020, tabel 12).

- Kerangka Penentuan Respon Spektral (SNI 1726-2019)



4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. 1.4 DL
2. 1.2DL + 1.6LL + 0.5(Lr atau R)
3. 1.2DL + LL + 1.6(Lr atau R)
4. 1.2DL + Ev + Eh + LL
5. 0.9DL - Ev + Eh
6. DL
7. DL + LL
8. DL + (Lr atau R)
9. DL + 0.75LL + 0.75(Lr atau R)
10. DL + 0.7Ev + 0.7Eh
11. DL + 0.525Ev + 0.525Eh + 0.75LL
12. 0.6DL - 0.7Ev + 0.7Eh

3.5.4. Running Struktur

Running struktur pada program Etabs digunakan untuk mengevaluasi hasil gambar yang telah dimodelkan. Ketika elemen struktur berwarna merah, dapat dinyatakan elemen tersebut tidak mampu menahan pembebanan yang diberikan sehingga dikatakan tidak aman. Kemudian ketika elemen struktur tidak berwarna biru muda, hijau, atau kuning, maka elemen tersebut dikatakan tidak kuat dalam menahan beban yang bekerja, sehingga perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap dimensi pada elemen struktur.

3.5.5. Menghitung Fase Getar Struktur

Fase fundamental pendekatan (T_a) atau sering disebut sebagai fase getar struktur, menggunakan satuan detik yang ditentukan dengan persamaan berikut:

$$T_{a \min} = C_t h_n^x$$

Keterangan :

h_n = ketinggian struktur dari dasar sampai tingkat tertinggi struktur (m)

C_t dan x = koefisien ditentukan dari Tabel 18, SNI 1726-2019

Nilai faktor parameter fase pendekatan C_i dapat diambil berdasarkan tabel 18 dan C_u berdasarkan tabel 17 pada SNI 1726-2019.

Maka didapat hasil $T_{a \max} = C_u \times T_{a \min}$

Syarat,

$$T_{a \min} < T < T_{a \max}$$

3.5.6. Analisis Respon Spektrum

Ketentuan pada spektrum respons desain adalah sebagai berikut.

1. $T \leq T_0$, Persamaan nilai (S_a);

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

2. Ketika $T_0 \leq T \leq T_s$, Maka $S_a = S_{DS}$

3. Ketika $T_s \leq T \leq T_L$, Maka, Persamaan nilai (S_a);

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

4. Ketika $T \geq T_L$, Maka Persamaan nilai (S_a);

$$S_a = \frac{S_{D1+T_L}}{T^2}$$

Keterangan :

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain untuk fase pendek

S_{D1} = Parameter percepatan spektral desain untuk fase 1 detik

T = Fase getar fundamental struktur

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

3.5.7. Analisis Time History

1. Percepatan Tanah Puncak (PGA)

Rerata geometrik dari percepatan tanah puncak (PGA) digunakan untuk menentukan dampak terbesar dari gempa sesuai dengan SNI 1726-2019.

Untuk struktur dengan KDS D, E, atau F Percepatan tanah puncak PGA^M harus ditentukan menggunakan persamaan berikut ini.

$$PGA_M = F_{PGA} \times PGA$$

Keterangan:

PGA_M = Percepatan tanah puncak MCE_G yang telah disesuaikan berdasarkan klasifikasi pengaruh situs

PGA = percepatan tanah puncak yang telah dipetakan

F_{PGA} = koefisien situs

2. Koefisien situs

Nilai koefisien situs didapat berdasarkan tabel 10 SNI 1726-2019.

3. Pemilihan Percepatan Gempa Masukan (akselerogram)

4. Pengambilan data riwayat waktu akibat gerakan tanah.

- Riwayat gerakan tanah akibat shallow crustal diambil dari website <https://ngawest2.berkeley.edu/>.
- Riwayat gempa Benioff dan Megatrast diambil melalui website “Natural Hazards Risk and Resiliency Research Center (NHR3)”.

3.5.8. Kontrol Geser Dasar

Kontrol geser dasar digunakan untuk mengevaluasi beban gempa yang dimasukkan ke dalam program Etabs V.18.0.2 dalam bentuk grafik respon spektrum. Pada pemodelan Apartemen Jakarta Living Star didefinisikan memiliki jenis tanah lunak (SE). Dalam mendefinisikan beban gempa terdapat faktor skala yang harus digunakan. Adapun persamaan untuk memperoleh faktor skala berdasarkan SNI 1726-2019 adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{I \cdot g}{R}$$

Keterangan :

I = faktor keutamaan gempa

g = besaran gravitasi (9.81 m/s²)

R = koefisien modifikasi respons

Selanjutnya, penentuan kontrol geser dasar digunakan dalam persamaan berikut.

$$V_{\text{dinamik}} \geq V_{\text{statik}}$$

Jika nilai kontrol geser dasar tidak memenuhi persamaan di atas, maka dapat digunakan persamaan berikut.

$$x = \frac{V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik}}}$$

Keterangan :

V_{dinamik} = Gaya geser dari hasil analisis respons spektrum

V_{statik} = Gaya geser dari hasil perhitungan

F = Faktor skala awal

Persamaan nilai geser dasar berdasarkan SNI 1726-2019 adalah sebagai berikut.

$$V_s = C_s \times W$$

Keterangan:

V = Gaya Geser Dasar

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat total gedung

Koefisien respons seismik (C_s) ditentukan menggunakan persamaan berikut ini.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang fase Pendek

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan

Apabila $T < T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Apabila $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Nilai C_s minimum

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Keterangan:

S_{D1} = parameter percepatan respons spektral desain pada fase sebesar 1,0 detik

T = fase fundamental struktur (detik)

S_1 = parameter percepatan respons spektral maksimum yang dipetakan

3.5.9. Kontrol Simpangan Antar Tingkat

Pada kontrol simpangan antar tingkat menggunakan persamaan nilai simpangan sebagai berikut.

$$\delta x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e}$$

$$\Delta = (\delta x - \delta_{xe}) \frac{C_d}{I_e} \leq \Delta a$$

Keterangan:

C_d = Faktor amplifikasi defleksi

δx = Simpangan di tingkat-x yang disyaratkan pada pasal ini, yang ditentukan dengan analisis elastik

δ_{xe} = Perpindahan elastik akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

I_e = Faktor keutamaan gempa

Δ = Simpangan antar tingkat desain

Δa = Simpangan antar tingkat izin, didapat dari tabel dibawah ini

Tabel 3. 9 Simpangan antar tingkat izin, Δa

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, kecuali untuk dinding geser dari bata, yang terdiri dari empat lantai atau kurang, serta dilengkapi dengan dinding interior, partisi, plafon, dan sistem dinding luar yang dirancang untuk menangani pergeseran antar lantai.	0.025 h_{sx}	0.020 h_{sx}	0.015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	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}

Sumber : SNI 1726-2019, Tabel 20

Catatan :

h_{sx} = Tinggi tingkat di bawah tingkat-x

ketika memiliki ketidakberaturan struktur baik horizontal maupun vertikal nilai simpangan maksimum harus direduksi dengan ρ .

$$\Delta_{max} = \frac{\Delta a}{\rho}$$

3.5.10. Tingkat Kinerja Struktur

$$\text{Drift indeks : } \frac{\Delta}{H}$$

$$\text{Maksimum Inelastic Drift : } \frac{\Delta t - \Delta 1}{H}$$

Keterangan :

Δ = Besar defleksi maksimum yang terjadi

H = Ketinggian struktur portal

Applied Technology Council (ATC-40) mengklasifikasikan batas simpangan maksimum untuk tingkat kinerja struktur ke dalam 4 (empat) kategori yang terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. 10 Batas Deformasi Struktur

Batas Simpangan Antar Lantai	Tingkat Kinerja Struktur			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005-0,15	Tidak Terbatas	Tidak Terbatas

Sumber : ATC-40 1996

3.6 Diagram Alir Penelitian

