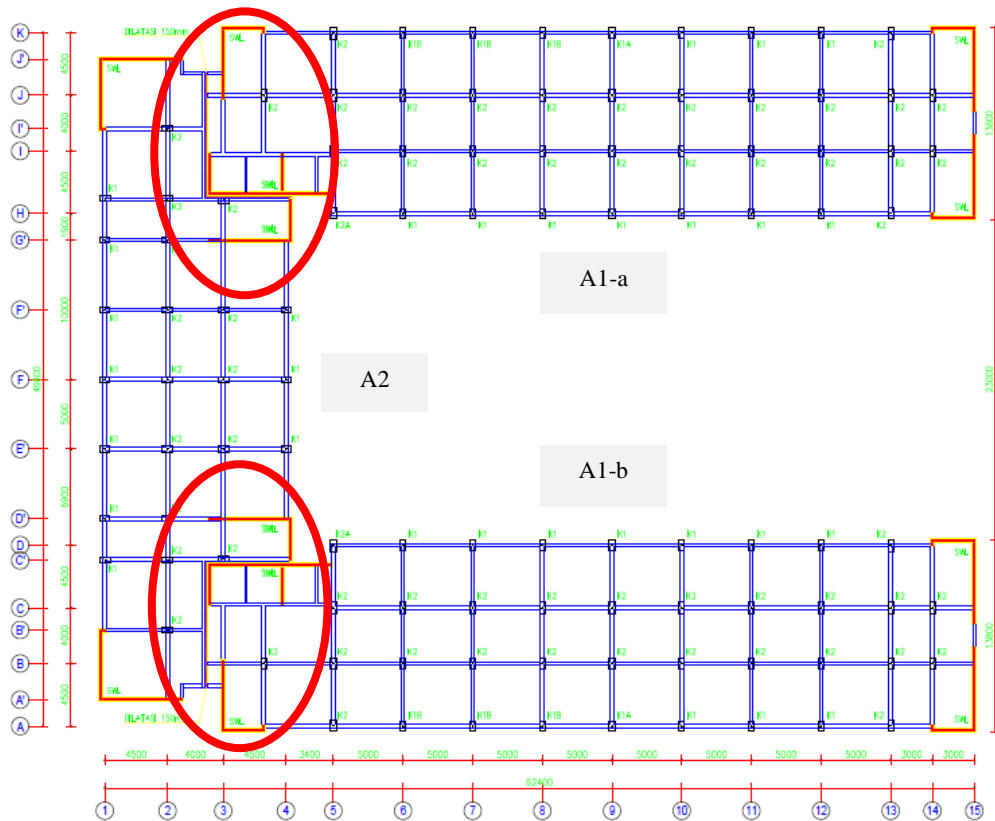


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

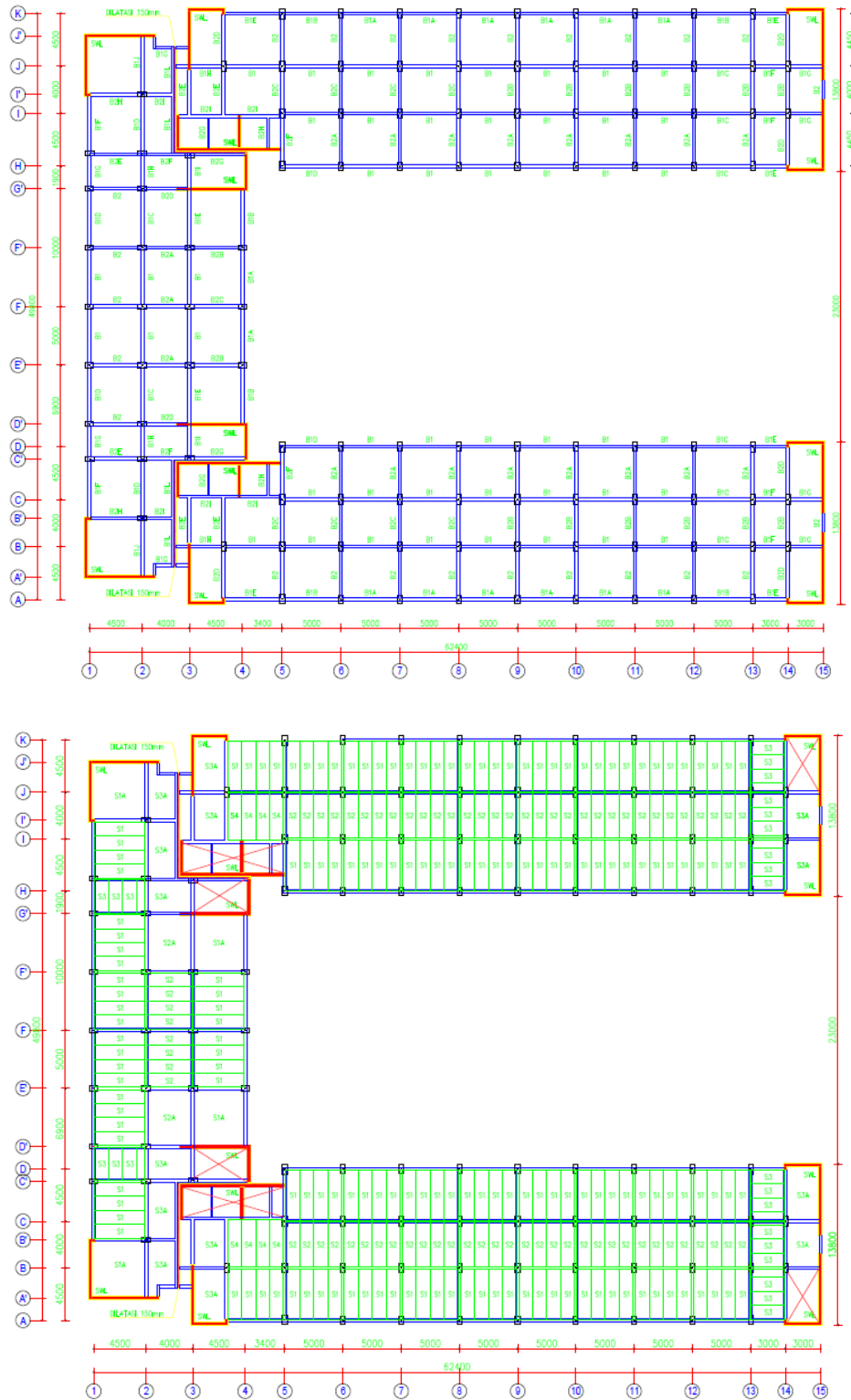
3.1 Desain Penelitian

Apartemen Puncak Kertajaya Surabaya terdiri dari dua bagian, yakni bagian tower A dan B. Baik tower A maupun tower B terdiri dari 3 gedung yang terdapat dilatasi antar gedungnya. Pada tower A terdiri dari gedung A1-a, A1-b, dan A2 yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Namun, pada penelitian ini hanya akan di analisis gedung A1-a dan A2 saja karena Gedung A1-b mempunyai konfigurasi struktur yang mirip dengan gedung A1-a.



Gambar 3.1 Denah kolom gedung apartemen Puncak Kertajaya bagian A

Sumber : Gambar perencanaan Apartemen Puncak Kertajaya, WIKA Gedung



Gambar 3.2 Denah balok (atas) dan denah pelat (bawah) gedung apartemen Puncak Kertajaya

Sumber : Gambar perencanaan Apartemen Puncak Kertajaya, WIKA Gedung

Adapun metode yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode analisis dan simulasi berdasarkan analisis linier dinamik respons spektrum dan analisis riwayat waktu dinamik linier gempa terhadap struktur Apartemen Puncak Kertajaya. Tahap analisis yang dilakukan yaitu dengan pengumpulan data rencana bangunan, pemodelan bentuk struktur bangunan, pemodelan mutu bahan, dan pemodelan elemen struktur mulai dari kolom, balok, pelat lantai dan atap *software* ETABS v.18. Beban yang diterapkan yaitu: beban gravitasi (beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup) ditambah beban percepatan gempa (gempa rencana dan gempa aktual). Hasil analisis akibat gempa rencana dan gempa aktual dievaluasi untuk mengetahui perilaku struktur dan level kinerja struktur berdasarkan ATC-40.

Pada penelitian ini akan dibuat 2 model struktur. Model I yakni model gedung A1-a dan A2 yang akan dianalisis dengan analisis Respons Spektrum. Model II yakni model gedung A1-a dan A2 yang akan dianalisis dengan analisis *Time History*



Gambar 3.3 Tampak depan Apartemen Puncak Kertajaya

Sumber : Gambar perencanaan Apartemen Puncak Kertajaya, WIKA Gedung



Gambar 3.4 Tampak samping Apartemen Puncak Kertajaya

Sumber : Gambar perencanaan Apartemen Puncak Kertajaya, WIKA Gedung

3.2 Lokasi Studi Kasus

Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah Apartemen Puncak Kertajaya Surabaya dengan konstruksi struktur beton 20 lantai yang berlokasi di Jl. Arief Rahman Hakim, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111.

3.3 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data gambar struktur dan data teknis proyek.

Adapun data yang didapat sebagai berikut :

1. Fungsi Gedung : Gedung Apartemen
2. Sistem Struktur : Sistem Ganda Rangka Beton Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser
3. Konfigurasi Gedung : 2 Tower (A dan B) berbentuk U. Masing – masing tower terdiri dari 3 gedung (1a, 1b, dan 2)
4. Jumlah Lantai : 20 lantai
5. Tinggi Gedung : 55.3 meter

Tabel 3.1 Tinggi dan elevasi lantai gedung Apartemen Puncak Kertajaya

Lantai	H (m)	Elevasi (m)	Lantai	H (m)	Elevasi (m)
G	0	0	11	2.85	29.65
2	4	4.00	12	2.85	32.50
3	2.85	6.85	13	2.85	35.35
4	2.85	9.70	14	2.85	38.20
5	2.85	12.55	15	2.85	41.05
6	2.85	15.40	16	2.85	43.90
7	2.85	18.25	17	2.85	46.75
8	2.85	21.10	18	2.85	49.60
9	2.85	23.95	19	2.85	52.45
10	2.85	26.80	R	2.85	55.30

6. Mutu Beton :

- Kolom Lantai 2-5 : 29.05 MPa
- Kolom Lantai 6-R : 24.9 MPa
- Balok : 24.9 MPa
- Pelat : 24.9 Mpa

7. Mutu Baja :

- Tulangan < D10 → BJTD 24
Fy : 380 MPa
Fu : 235 MPa
- Tulangan > D10 → BJTD 40
Fy : 390 MPa
Fu : 560 MPa

8. Dimensi Kolom

Tabel 3.2 Tipe dan Dimensi Kolom A1

Lantai	Tipe	Dimensi (mm)		
2	K1	400	x	700
	K1A	400	x	700
	K1B	400	x	700
	K2	400	x	800
	K2A	400	x	800

Tabel 3.3 Tipe dan Dimensi Kolom A1 (Lanjutan)

Lantai	Tipe	Dimensi (mm)		
3-5	K1	400	x	700
	K2	400	x	800
	K2A	400	x	800
6-10	K1	400	x	700
	K2	400	x	800
	K2A	400	x	800
	K2B	400	x	800
11-16	K1	400	x	700
	K1A	400	x	700
	K2	400	x	800
	K2A	400	x	800
	K2B	400	x	800
17-19	K1	400	x	700
	K1A	400	x	700
	K2	400	x	800
	K2A	400	x	800
	K2B	400	x	800
R	K1	400	x	700
	K1A	400	x	700
	K1B	400	x	700
	K2	400	x	800
	K2A	400	x	800
	K2B	400	x	800
	K2C	400	x	800

Tabel 3.4 Tipe dan Dimensi Kolom A2

Lantai	Tipe	Dimensi		
2-19	K1	400	x	700
	K2	400	x	800
R	K1	400	x	700
	K1A	400	x	700
	K1B	400	x	700
	K2	400		800

Tabel 3.5 Tipe dan Dimensi Balok

Balok	Dimensi (mm)		
B1	250	x	500
B1A	250	x	500
B1B	251	x	501
B1C	250	x	500
B1D	250	x	500
B1E	250	x	500
B1F	250	x	500
B1G	250	x	500
B1H	250	x	500
B1I	250	x	500
B1J	250	x	500
B1K	250	x	500
B1L	250	x	500

Balok	Dimensi (mm)		
B2	250	x	500
B2A	250	x	500
B2C	250	x	500
B2D	250	x	500
B2E	250	x	500
B2F	250	x	500
B2G-A2	250	x	500
B2G	150	x	300
B2H-A2	250	x	500
B2H	150	x	300
B2I	250	x	500

Balok	Dimensi		
B3	250	x	450
B4	250	x	450
B5	300	x	600
B5A	300	x	600
B6	400	x	800

9. Dimensi Pelat

Tabel 3.6 Tipe dan Dimensi Pelat

Pelat	Tebal (mm)
S1	130
S1	130
S1A	130
S2	130
S2A	130
S3	130
S3A	130
S4	130
S5	130
S4-P	150
S5-P	200
S6-P	200

3.4 Tahapan Analisis

Tahapan analisis dimulai dengan studi literatur, pemodelan struktur pada program ETABS, pembebanan struktur, running struktur pada program ETABS, kontrol dan pengecekan struktur, dan terakhir penentuan level kinerja.

3.4.1 Studi Literatur

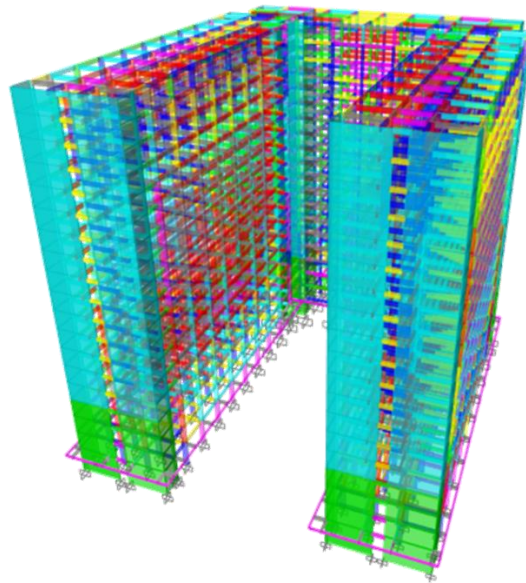
Studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mempelajari dan memahami ketentuan-ketentuan dalam perencanaan gedung tahan gempa, sebagai berikut:

1. SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung;
2. SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung Struktur Lain;
3. SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
4. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings* (ATC-40);
5. *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings* (ASCE 41-17);
6. Berbagai buku, jurnal, artikel, dan sumber literatur mengenai analisis kinerja struktur akibat beban gempa.

3.4.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan dan analisis struktur akan dilakukan dengan bantuan program ETABS V.18.1.0 sesuai dengan data yang didapat. Model struktur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Model I yakni model gedung A1-a dan A2 yang akan dianalisis dengan analisis Respons Spektrum.
2. Model II yakni model gedung A1-a dan A2 yang akan dianalisis dengan analisis *Time History*



Gambar 3.5 Pemodelan 3D Struktur gedung Apartemen Puncak Kertajaya Surabaya pada aplikasi ETABS

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3.4.3 Pembebanan Struktur

Pembebanan dan kombinasi pembebanan struktur direncanakan sesuai dengan SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung Struktur Lain. Untuk perhitungan dan input beban gempa dihitung berdasarkan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.

a. Beban Mati

Pada program ETABS beban mati berat struktur dapat dihitung secara otomatis, jadi hanya perlu memasukkan beban mati tambahan (SIDL). Beban mati dapat dihitung manual dengan mengalikan volume komponen struktur dengan berat jenisnya.

Berat komponen : volume (panjang x lebar x tinggi) x ρ beton (2400 kg/m^3)

Berat beban mati tambahan

- Keramik (roman) : 0.57 kN/m^2
- Mortar : 0.48 kN/m^2
- ME : 0.19 kN/m^2
- Plumbing : 0.20 kN/m^2

- Plafond (gypsum 9mm) : 0.07 kN/m²
- Penggantung : 0.10 kN/m²
- Beban Dinding
 - Bata Ringan : 0.935 kN/m²
 - Plesteran : 0.48 kN/m²

b. Beban Hidup

- Pada Plat Lantai : 1.92 kN/m²
- Pada Pelat Atap : 0.96 kN/m²

c. Beban Air Hujan

$$ds = 100 \text{ mm}$$

$$dh = 10 \text{ mm}$$

$$R = 1.078 \text{ kN/m}^2$$

d. Beban Gempa Respons Spektrum

Pembebanan gempa direncanakan berdasarkan SNI 1726-2019 sebagai berikut

1. Pemilihan kategori resiko berdasarkan jenis pemanfaatan bangunan
2. Faktor keutamaan gempa (I_e) berdasarkan kategori resiko
3. Menentukan Kelas Situs
4. Menentukan Parameter Percepatan Batuan Dasar (S_s dan S_1)
5. Menentukan Faktor Koefisien Situs (F_a dan F_v)
6. Menghitung Parameter Percepatan Desain

$$SDS = 2/3 F_a.S_s$$

$$SD1 = 2/3 F_v.S_1$$
7. Menentukan kategori desain seismik
8. Menentukan faktor R, Cd, Omega
 - Sistem ganda, dinding geser beton bertulang khusus (Beton)
9. Menghitung Time Periode dari nilai C_t dan X berdasarkan tipe struktur
10. Menghitung T_0, T_s , dan S_a

e. Beban Gempa Time History

Pembebanan gempa direncanakan berdasarkan SNI 1726-2019 sebagai berikut:

1. Pembuatan Spektrum Target
2. Penentuan Syarat percepatan spektrum respons yang digunakan:

$T < T_0$	→ PGA
$T_0 < T < T_s$	→ 0.2 detik
$T > T_s$	→ 3 detik
3. Mencari magnitudo dan jarak sumber gempa pada peta deagregasi Indonesia dengan lokasi kota Surabaya, periode ulang 1000 tahun, dan percepatan spektrum respon 3-detik.
4. Kemudian diambil data riwayat gerakan tanah. Data untuk riwayat gerakan tanah akibat shallow crustal diambil dari *website* <https://ngawest2.berkeley.edu/> (NGA West) dan data untuk riwayat gerakan tanah akibat gempa *benioff* diambil dari *website* <http://ec2-35-167-122-9.us-west-2.compute.amazonaws.com/> (NHR3/NGA Sub).
5. Pencocokan Spektra berdasarkan pasal 7.9.2.3.1 SNI 1726:2019

3.4.4 Running Model Struktur di ETABS

Running model struktur pada program ETABS dilakukan setelah semua input selesai dilakukan. Tahap ini untuk mengetahui gaya dalam yang terjadi pada struktur dan untuk melihat apakah struktur yang dimodelkan memenuhi kriteria keamanan atau tidak.

a. Running Analisis Respons Spektrum

Pada tahapan ini didapatkan nilai gaya geser dasar dan simpangan. Analisis dengan metode respons spektrum yang dilakukan menggunakan program ETABS V. 18.1.0.

b. Running Analisis Riwayat Waktu/*Time History*

Pada tahapan ini didapatkan nilai gaya geser dasar dan simpangan. Analisis dengan metode *time history* untuk berdasarkan data gempa yang diambil yang dilakukan menggunakan program ETABS V. 18.1.0.

3.4.5 Kontrol dan Pengecekan Struktur

1. Periode Struktur

$$\text{Periode Fundamental Pendekatan, } T_a = C_t \cdot h^x$$

$$\text{Periode Maksimum, } T_{\max} = C_u \cdot T_a$$

Keterangan :

C_u = Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

C_t = Nilai parameter periode pendekatan

h = ketinggian struktur (m) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

2. Bentuk dan Jumlah Ragam

Pada SNI 1726:2019 diatur bahwa Jumlah Ragam yang kita gunakan harus memberikan nilai Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi/Modal Participating Mass Ratios (MPMR) sebesar 100% (atau 90% pada kedua arah sumbu ortogonal struktur).

3. Gaya Geser Dasar Seismik

Koefisien Respons Seismik	C_s	=	$S_{DS} / (R/I_e)$
Batas Atas	$C_{s,max}$	=	$S_{D1} / [T * (R/I_e)]$
Batas Bawah	$C_{s,min,1}$	=	$0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$
Batas Bawah (dipakai jika $S_1 \geq 0,6 g$)	$C_{s,min,2}$	=	$0.5 S_1 / (R/I_e)$
Gaya Geser Dasar Seismik	V	=	$C_s * W$

4. Penskalaan Gaya Geser Dasar

Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100 % dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t , dimana V adalah gaya geser dasar statik, dan V_t adalah gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam.

5. Pengecekan Ketidakberaturan

Harus dicek ketidakberaturan Horizontal dan Ketidakberaturan Vertikal sesuai dengan SNI 1726-2019 yang pada penelitian ini tercantum pada bab 2 tentang Ketidakberaturan.

6. Simpangan Antar Tingkat

Setelah program ETABS di *running* dapat diketahui nilai simpangan struktur.

Nilai simpangan yang diizinkan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.7 Simpangan antar tingkat izin

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.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Sumber : SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1

7. Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-delta tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10:

$$\theta = \frac{Px \cdot \Delta \cdot I_e}{Vx \cdot h_{sx} \cdot Cd}$$

Keterangan:

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN); bila menghitung , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;

Δ = simpangan antar tingkat desain, terjadi secara serentak dengan V_x (mm)

I_e = faktor keutamaan gempa

V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat dan $x - 1$ (kN)

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat , (mm);

C_d = faktor pembesaran defleksi

Koefisien stabilitas (θ) tidak boleh melebihi θ_{max} yang ditentukan sebagai berikut:

$$\theta_{max} = \frac{0.5}{\beta C_d} \leq 0.25$$

3.4.6 Level Kinerja

Perilaku struktur gedung setelah terjadinya gempa dapat dilihat berdasarkan simpangan yang terjadi dan performance point. Untuk mengetahui level kinerja struktur dapat dinyatakan oleh nilai maksimum total drift berdasarkan ATC-40 yakni sebagai berikut :

$$\text{Maximum Total Drift} = Dt/H$$

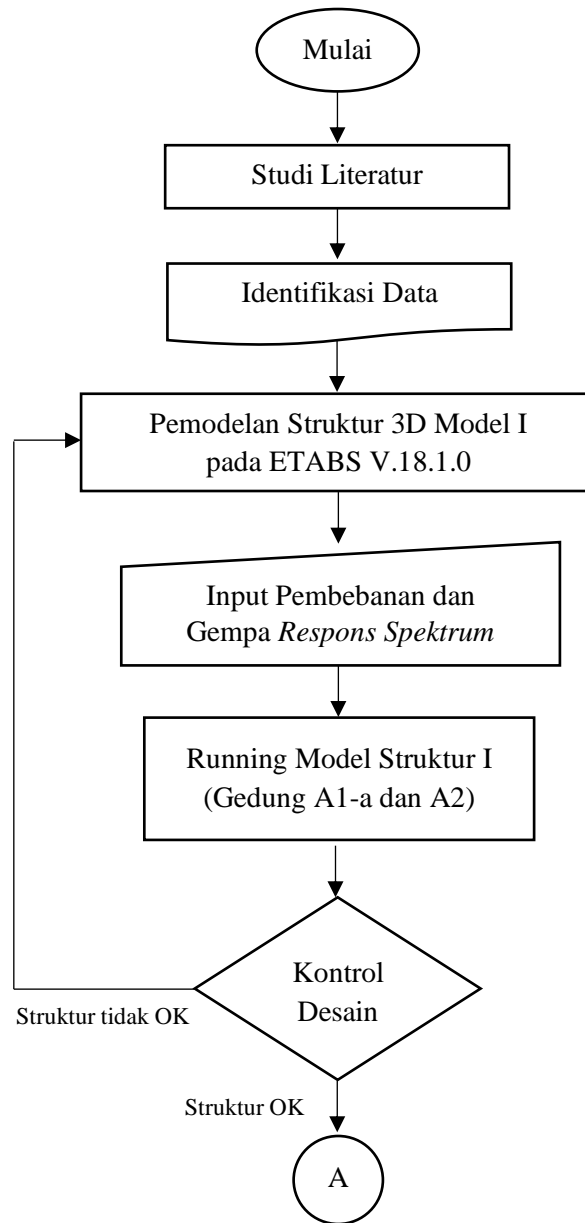
$$\text{Maximum Inelastic Drift} = (Dt - D1)/H$$

Tabel 3.8 Level Kinerja ATC-40

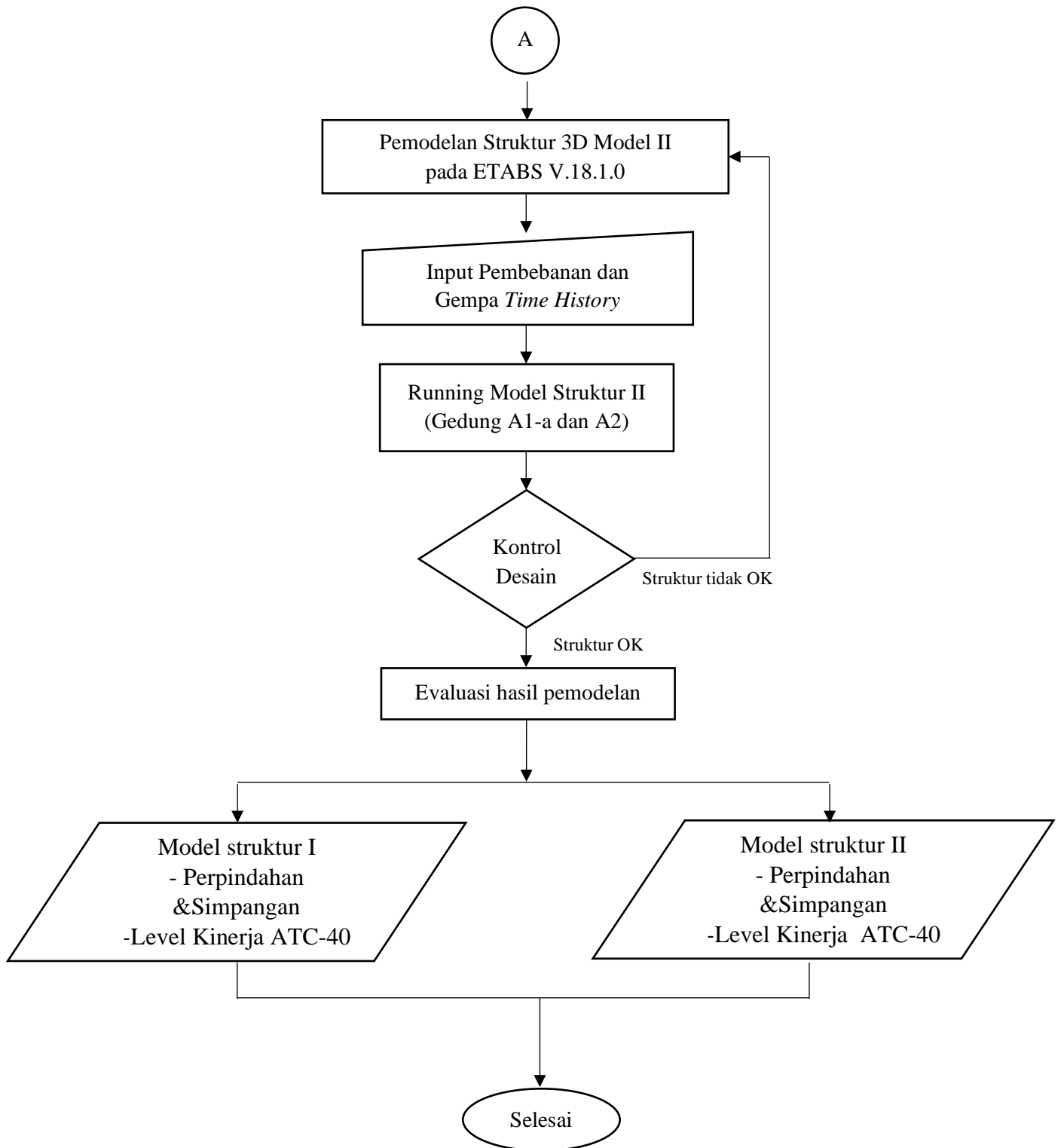
Parameter	IO	DC	LS	<i>Structural Stability</i>
Maksimum total drift	0.01	0.01 – 0.02	0.02	0.33 (Vi/Pi)
Maksimum inelastik drift	0.005	0.005-0.015	No Limit	No Limit

Sumber: Applied Technology Council, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building, Report ATC-40

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7 Diagram alir penelitian (lanjutan)