

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Desain Penelitian

Pada tugas akhir ini, desain penelitian yang digunakan adalah analisis dinamik terhadap beban gempa dengan penggunaan *software* ETABS versi 18.0.2. Proses analisis dilakukan dengan memodelkan gedung secara 3 (tiga) dimensi, seperti kolom, balok, pelat, dan elemen struktur gedung lainnya ke dalam *software*. Pemodelan struktur gedung pada *software* dilakukan dengan menyesuaikan dimensi dan mutu bahan dari setiap komponen struktur gedung. Setelah pemodelan, dilakukan analisis terhadap simpangan (*drift*) dan perpindahan (*displacement*) sebagai *output* dari *software* yang kemudian dilakukan evaluasi kinerja struktur berdasarkan ATC-40.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Studi kasus yang dianalisis pada penelitian ini adalah Gedung Rusun ASN 3 berlokasi Jalan ABC, Bumi Harapan, Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Gedung Rusun ASN 3 merupakan gedung dengan struktur beton bertulang 12 lantai dengan 3 lantai atap seluas 16.478,3881 m<sup>2</sup>.

### 3.3 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa gambar *DED* (*detail engineering design*) sebagai acuan dalam pemodelan struktur pada *software* ETABS v.18.0.2. Deskripsi struktur Gedung Rusun ASN 3 ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1  
Deskripsi struktur Gedung Rusun ASN 3

Lantai	Luas (m <sup>2</sup> )	Tinggi Lantai (m)	Elevasi (m)
1	1.348,79915	5.4	0,000
2	1.348,79915	3.8	+5,400
3	1.132,79915	3.8	+9,200
4	1.132,79915	3.8	+13,000
5	1.132,79915	3.8	+15,800

Lantai	Luas (m <sup>2</sup> )	Tinggi Lantai (m)	Elevasi (m)
6	1.132,79915	3.8	+20,600
7	1.132,79915	3.8	+24,400
8	1.132,79915	3.8	+28,200
9	1.132,79915	3.8	+32,000
10	1.132,79915	3.8	+35,800
11	1.132,79915	3.8	+39,600
12	1.132,79915	3.8	+43,400
Atap 1	1.132,79915	3.8	+47,200
Atap 2	1.132,79915	3.8	+51,000
Atap 3	187,2	3.8	+54,800

Mutu bahan yang digunakan pada Gedung Rusun ASN 3:

- 1) Balok :  $f_c' = 30$  MPa
- 2) Kolom : K1  $f_c' = 35$  MPa (lantai 1 – lantai 6)  
K1  $f_c' = 30$  MPa (lantai 7 – lantai atap 3)  
K2  $f_c' = 30$  MPa  
KT  $f_c' = 30$  MPa
- 3) Pelat :  $f_c' = 30$  MPa
- 4) Tulangan Ulir = BJTD – 40 :  $f_y = 400$  MPa

Tipe elemen struktur pada Gedung Rusun ASN 3:

- 1) Pelat

Tabel 3. 2  
Dimensi Pelat pada Gedung Rusun ASN 3

Tipe Pelat	Tebal (mm)
S1	150
S2	120
S3	170
S4	150

## 2) Kolom

Tabel 3. 3  
Dimensi Kolom pada Gedung Rusun ASN 3

<b>Tipe Kolom</b>	<b>Dimensi (mm)</b>		
K1 fc' 30 MPa	1200	X	650
K1 fc' 35 MPa	1500	X	800
K2	600	X	400
KT	500	X	350

## 3) Balok

Tabel 3. 4  
Dimensi Balok pada Gedung Rusun ASN 3

<b>Tipe Balok</b>	<b>Dimensi (mm)</b>		
B1	250	X	400
B2	250	X	500
B3	250	X	500
B4	300	X	600
B5	300	X	600
B6	300	X	600
B7	300	X	600
B8	300	X	600
B9	300	X	600

### 3.4 Metode Penelitian

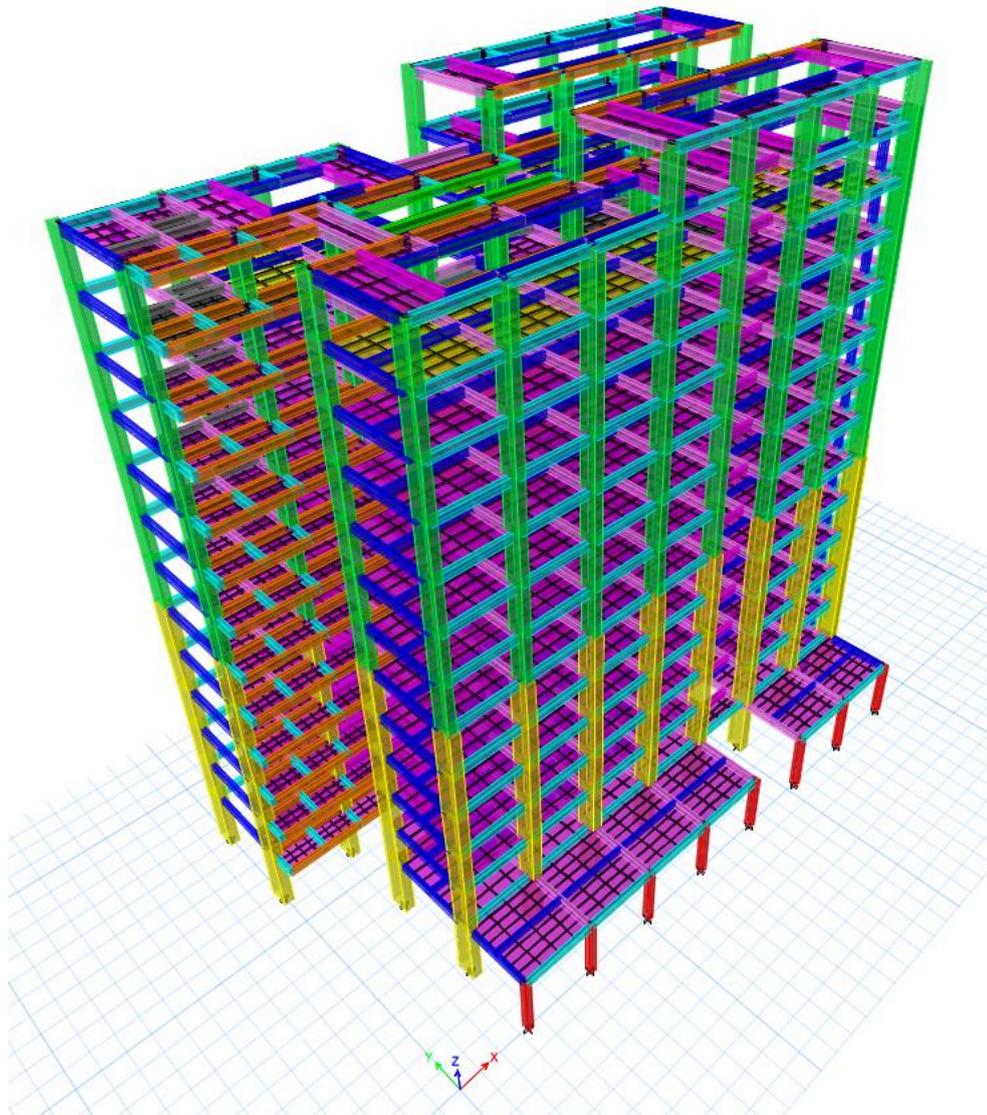
Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan suatu hasil penelitian dalam bentuk deskripsi atau penjelasan. Metode kuantitatif merupakan penelitian sistematis dengan data yang digunakan merupakan data yang dapat diukur menggunakan teknik statistik, matematika atau komputasi (Muhammad, 2021).

### 3.5 Tahap Analisis Data

#### 3.5.1 Pemodelan Struktur

Bentuk struktur pada Gedung Rusun ASN 3 dimodelkan dalam 3 (tiga) dimensi dengan meng-*input* mutu bahan serta komponen struktur berupa pelat, kolom, dan balok. Pelat beton dimodelkan sebagai diafragma kaku yang memiliki

fungsi untuk menyalurkan beban ke komponen struktur lain dan pelat beton juga terjepit penuh pada balok. Beban gravitasi yang diterima oleh pelat beton berupa beban mati dan beban hidup kemudian disalurkan ke balok dan didistribusikan ke kolom. Terdapat juga beban gempa yang akan dianalisis untuk mengetahui kinerja dan tingkat kinerja struktur.



Gambar 3. 1 Pemodelan 3D Gedung Rusun ASN 3  
(bersumber dari dokumen pribadi)

### 3.5.2 Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan struktur dilakukan sesuai dengan SNI 1727:2020 dan untuk kelengkapan, digunakan PPPURG 1987. Sedangkan untuk pembebanan gempa, direncanakan berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.

#### 1) Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati atau beban sendiri dari struktur dapat dihitung secara langsung (otomatis) dalam *software*, oleh karena itu, perhitungan beban mati secara manual dilakukan untuk menghitung beban material tambahan. Beban dapat dihitung secara manual dengan cara menghitung volume dari setiap elemen yang kemudian dikalikan dengan nilai berat jenis dari elemen yang dihitung. Adapun beberapa material tambahan di luar elemen struktur yang digunakan pada Gedung Rusun ASN 3 adalah sebagai berikut:

- |                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| a. Pasir, per cm tebal             | : 1600 kg/m <sup>2</sup> |
| b. Adukan semen, per cm tebal      | : 21 kg/m <sup>2</sup>   |
| c. Keramik                         | : 24 kg/m <sup>2</sup>   |
| d. Dinding                         | : 100 kg/m <sup>2</sup>  |
| e. Mekanikal Elektrikal dan Plafon | : 25 kg/m <sup>2</sup>   |
| f. Water Proofing                  | : 5 kg/m <sup>2</sup>    |
| g. Air Hujan                       |                          |

#### 2) Beban Hidup (*Live Load*)

Besarnya beban hidup pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan standar yang berlaku. Beban hidup gedung dikategorikan berdasarkan fungsi dari setiap ruangan dari gedung tersebut. Adapun beberapa ruangan dalam Gedung Rusun ASN 3 adalah sebagai berikut.

- |                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| a. Ruang pribadi dan koridornya | : 192 kg/m <sup>2</sup> |
| b. Beban hidup atap             | : 96 kg/m <sup>2</sup>  |

#### 3) Beban Gempa

Sesuai dengan yang tercantum pada Tabel 2.3, Gedung Rusun ASN 3 merupakan gedung dengan kategori desain seismik D, strukturnya melebihi ketinggian 48,8 m dan merupakan gedung tidak beraturan horizontal tipe 1.a. Oleh karena itu, perhitungan pembebanan gempa pada Gedung Rusun ASN 3 dilakukan

dengan menggunakan metode beban gempa dinamik respon spektrum dan *time history*. Beban gempa disesuaikan dengan lokasi gedung yang sudah dikategorikan berdasarkan pembagian wilayah pada SNI 1726:2019 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

### 3.5.3 Analisis Gempa Dinamik Respon Spektrum

Untuk menganalisis gempa dinamik menggunakan metode respon spektrum, perlu dilakukan beberapa tahapan sehingga akhirnya dapat didapatkan hasil output berupa nilai simpangan.

#### 1) Parameter Respon Spektrum

Dalam analisis linear dinamik respon spektrum, penentuan parameter respon spektral harus dihitung terlebih dahulu. Beberapa parameter untuk analisis respon spektrum dapat ditentukan berdasarkan Peta Desain Spektra Indonesia pada SNI 1726:2019.

##### a. Kategori Risiko Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2019, seperti pada Tabel 2.5 kategori risiko bangunan gedung dan nongedung berdasarkan beban gempa, untuk gedung dengan jenis pemanfaatan rumah hunian, memiliki kategori risiko II.

##### b. Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

Dengan nilai kategori risiko struktur, dapat ditentukan nilai faktor keutamaan gempa sesuai dengan SNI 1726:2019 halaman 25 dari 238 atau pada Tabel 2.6 Faktor keutamaan gempa, untuk nilai kategori risiko II, maka didapatkan nilai faktor keutamaan gempa sebesar 1,0.

##### c. Klasifikasi Situs

Kelas situs dapat ditentukan melalui penyelidikan langsung di lapangan untuk nantinya diuji di laboratorium, sehingga didapatkan data tanah setempat. Dalam penelitian yang tidak melalui proses penyelidikan tanah secara langsung, maka diasumsikan jenis tanah di lokasi tersebut adalah lunak (SE).

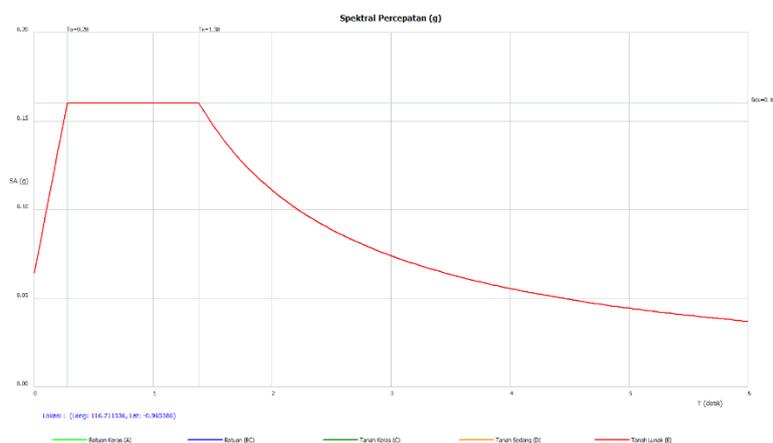
d. Parameter Percepatan Gempa ( $S_S$  dan  $S_1$ )

Selain berdasarkan SNI 1726:2019, nilai parameter percepatan gempa juga bisa didapatkan melalui *website* PUSKIM – Desain Spektra Indonesia. Nilai *output* dari *website* tersebut didasarkan pada koordinat lokasi yang di-*input*. Didapatkan nilai parameter percepatan gempa sebagai berikut.

$$S_S = 0.100192$$

$$S_1 = 0.079271$$

Berikut merupakan grafik spektrum respon desain dari lokasi Gedung Rusun ASN 3. Sumbu Y yang merupakan nilai respon spektra percepatan (SA) dengan satuan g dan sumbu X yang merupakan nilai periode (T) dengan satuan detik. Grafik disajikan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Spektrum Respon Desain  
(bersumber dari PUSKIM – Desain Spektra Indonesia)

e. Koefisien Situs ( $F_a$  dan  $F_v$ )

Nilai koefisien situs didapatkan berdasarkan Tabel 2.8 Koefisien situs,  $F_a$  dan Tabel 2.9 Koefisien situs  $F_v$ . Berdasarkan perhitungan menggunakan interpolasi, didapatkan:

$$F_a = 2.4$$

$$F_v = 4.2$$

Setelah menentukan beberapa parameter respon spektrum melalui SNI 1726:2019, dilakukan beberapa tahapan untuk mengetahui parameter lainnya yang dibutuhkan, yaitu:

a. Parameter Respon Spektral ( $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$ )

$$S_{MS} = 0.2404608$$

$$S_{M1} = 0.3329382$$

b. Parameter Percepatan Spektral Desain ( $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ )

$$S_{DS} = 0.1603072$$

$$S_{D1} = 0.2219588$$

c. Kategori Desain Seismik (D)

d. Koefisien Modifikasi Respons ( $R^a$ ), Faktor Kuat Lebih Sistem ( $\Omega_0^b$ ), dan Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d^c$ )

Sistem pemikul gaya seismik : Rangka beton bertulang pemikul momen khusus

$$R^a = 8$$

$$\Omega_0^b = 3$$

$$C_d^c = 5.5$$

e. Time Periode dari nilai  $C_t$  dan  $X$  berdasarkan tipe struktur

f. Respon Spektra Percepatan Desain ( $S_a$ )

Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari perumusan

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

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

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

Untuk periode fundamental yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ ,

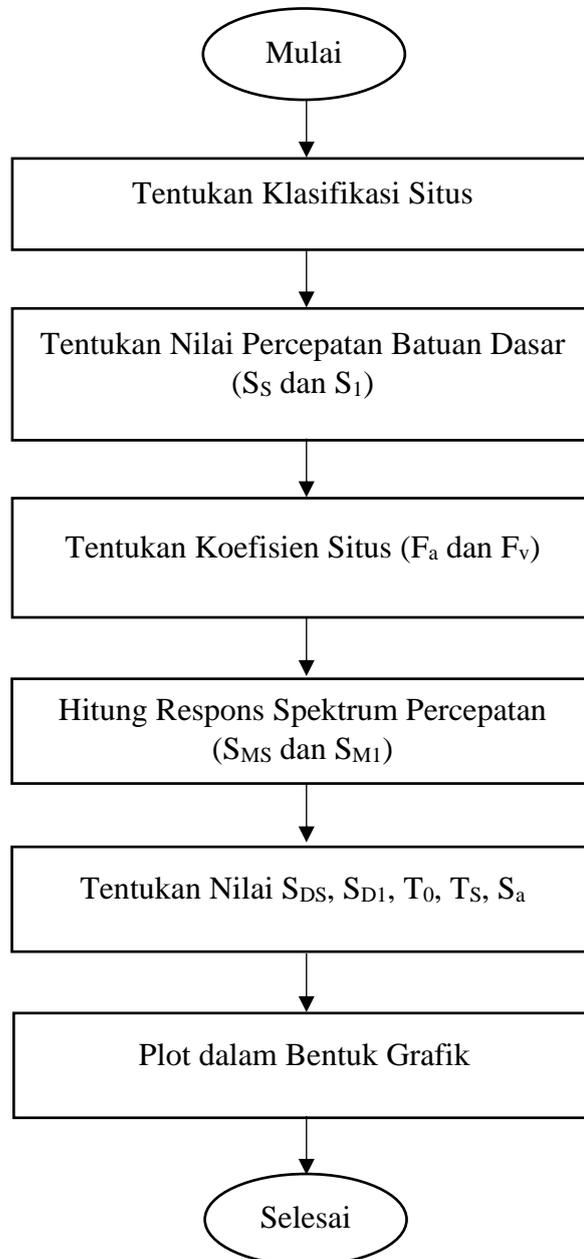
$$S_a = S_{DS}$$

Untuk periode fundamental lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan perumusan

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

Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan

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



Gambar 3. 3 Tahapan Analisis Respon Spektrum

## 2) *Running* Struktur

Setelah proses *input* parameter selesai, tahap selanjutnya adalah *running* model struktur. Tahap *running* model dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur. Selain itu, tahap ini juga dilakukan untuk melihat apakah struktur yang dimodelkan sudah memenuhi kriteria keamanan atau tidak.

## 3) Kontrol Gaya Geser Dasar

Tahapan yang bertujuan untuk mengevaluasi beban gempa yang menjadi data masukan pada program ETABS berupa grafik respons spektrum dari lokasi Gedung Rusun ASN 3, Kalimantan Timur dengan kelas situs SE (tanah lunak). Dalam mendefinisikan beban gempa terdapat faktor skala yang digunakan sesuai yang telah ditentukan di SNI 1726:2019, adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung faktor skala adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

$g$  = besaran gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$I$  = faktor keutamaan gempa

$R$  = koefisien modifikasi respon

Kontrol gaya geser dasar

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

Jika tidak memenuhi syarat kontrol, maka

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

Keterangan:

$V_{\text{dinamik}}$  = gaya geser dari hasil analisis respon spektrum

$V_{\text{statik}}$  = gaya geser dari hasil perhitungan

### 3.5.4 Analisis *Time History*

Untuk menganalisis gempa dinamik menggunakan metode *time history*, gaya gempa yang digunakan sebagai acuan didapatkan dari percepatan maksimum permukaan tanah (PGA) yang berasal dari minimum tiga gerakan tanah yang relevan. Percepatan gempa yang dipilih kemudian dilakukan skalasi rekaman gempa menggunakan persamaan faktor skala.

#### 1) Percepatan Puncak Permukaan Tanah

Parameter PGA dapat diperoleh menggunakan peta yang disajikan pada Gambar 2.6. Gedung Rusun ASN 3 terletak di Kalimantan Timur, maka nilai PGA yang didapat adalah sebesar 0.05 – 0.1 g. Selain didapatkan dari SNI 1726:2019, nilai PGA juga dapat diperoleh melalui situs PUSKIM – Desain Spektra Indonesia, sehingga didapatkan nilai PGA pada koordinat bangunan gedung adalah senilai 0.052538 g.

## 2) Koefisien Situs

Nilai koefisien situs diambil berdasarkan nilai PGA yang didapat dan disesuaikan dengan Tabel 2.14. Maka didapatkan nilai F<sub>PGA</sub> sebesar 2.4.

## 3) Pemilihan Percepatan Gempa Masukan (Akselerogram)

Berdasarkan pada Tabel 2.4, jumlah model *time history* yang digunakan untuk analisis linier ada sejumlah 3 pasang. Didapatkan 3 data rekaman gempa yang nilai magnitude dan jarak patahannya disesuaikan dengan kondisi lokasi Gedung Rusun ASN 3. Berdasarkan Buku Deagregasi – Pusat Studi Gempa Nasional, nilai magnitude dan jarak patahan pada suatu lokasi dapat diketahui.

Setelah dilakukan pencarian rekaman data pada *website Peer Ground Motion Database* ([ngawest2.berkeley.edu](http://ngawest2.berkeley.edu)) untuk data dengan sumber gempa *shallow crustal* dan *website Natural Hazards Risks and Resiliency Research Center* ([us-west-2.compute.amazonaws.com](http://us-west-2.compute.amazonaws.com)) untuk data dengan sumber gempa Benioff dan Megatrust. Data yang didapatkan dari kedua *website* adalah data gempa berupa *ground motion* yang merupakan data asli dan belum diskalakan terhadap gempa pada lokasi yang diteliti.

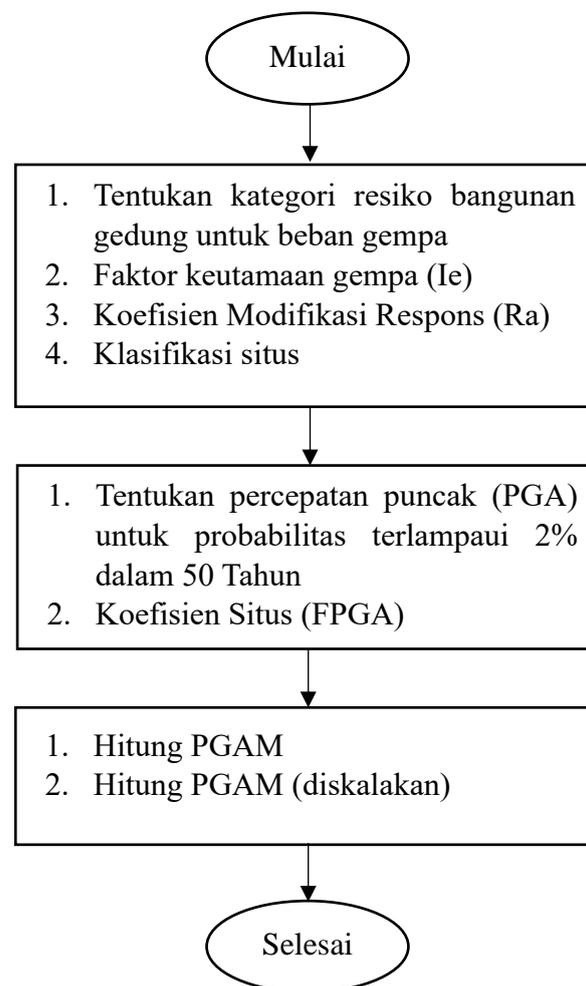
## 4) Penskalaan Percepatan Puncak Permukaan Tanah

Setiap gerak tanah dalam analisis harus dikalikan (diskalakan) dengan I/R (sesuai konsep desain kapasitas), maka perhitungan  $PGA_{M(scaled)}$  atau percepatan puncak permukaan tanah setempat dihitung dengan perumusan yang telah ditentukan (BSN, 2019).

## 5) Penskalaan Percepatan Gempa Masukan

Faktor skala ditentukan agar percepatan gempa masukan dari akselerogram menjadi sebanding dan setara dengan percepatan puncak permukaan tanah pada lokasi yang ditinjau. Perumusan faktor skala adalah sebagai berikut:

$$F_s = \frac{PGA_{M(scaled)}}{PGA_{MMAX}}$$



Gambar 3. 4 Tahapan Analisis *Time History*

#### 6) *Running* Struktur

Setelah proses *input* parameter selesai, tahap selanjutnya adalah *running* model struktur. Tahap *running* model dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur. Selain itu, tahap ini juga dilakukan untuk melihat apakah struktur yang dimodelkan sudah memenuhi kriteria keamanan atau tidak.

#### 7) Kontrol Gaya Geser Dasar

Nilai gaya geser dasar yang menjadi output analisis dinamik ( $V_{\text{dinamik}}$ ) harus memiliki nilai yang lebih besar atau sama dengan 85% gaya geser dasar statik ( $V_{\text{statik}}$ ). Perumusan dituliskan dalam bentuk:

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

Akibat kombinasi percepatan gempa yang diterapkan secara orthogonal, maka gaya geser dikontrol pada arah X dan Y. Ketentuan mengenai kontrol gaya geser dasar diatur dalam SNI 1726:2019. Jika gaya geser dasar hasil dari analisis *time history* lebih kecil dari 85%  $V_{\text{statik}}$  ( $V_{\text{dinamik}} \leq 0.85V_{\text{statik}}$ ), maka percepatan gempa masukan dikali dengan nilai pembagian antara 85%  $V_{\text{statik}}$  dengan  $V_{\text{dinamis}}$  hingga memenuhi syarat.

### 3.5.5 Hasil Analisis Kinerja Struktur

Hasil analisis kinerja struktur yang dilakukan menggunakan *software* ETABS V.18.0.2 adalah kurva kapasitas yang menunjukkan perilaku struktur saat diberi gaya geser pada level tertentu dan kurva respon spektrum yang sesuai dengan wilayah gempa yang ada. Perpotongan pada kurva kapasitas dengan kurva respon spektrum rencana dinamakan *performance point*. Dari *performance point* nantinya akan didapatkan informasi mengenai gaya geser bangunan akibat perubahan kekakuan struktur setelah adanya gaya gempa yang bekerja serta nilai simpangan tingkat dan posisi sendi plastis dari bangunan yang ditinjau.

Berdasarkan gaya geser yang diperoleh dari hasil analisis, maka dapat diketahui keadaan elastis struktur dan kriteria kinerja struktur berdasarkan ATC – 40, apakah struktur yang ditinjau masih mampu untuk menahan gaya gempa yang terjadi atau mengalami keruntuhan akibat dari gempa yang terjadi.

### 3.5.6 Level Kinerja Struktur

Nilai *drift* adalah *output* dari analisis kinerja yang telah dilakukan. Dengan nilai *drift*, kemudian akan dilakukan perhitungan untuk menghasilkan nilai level kinerja struktur menggunakan perumusan berikut:

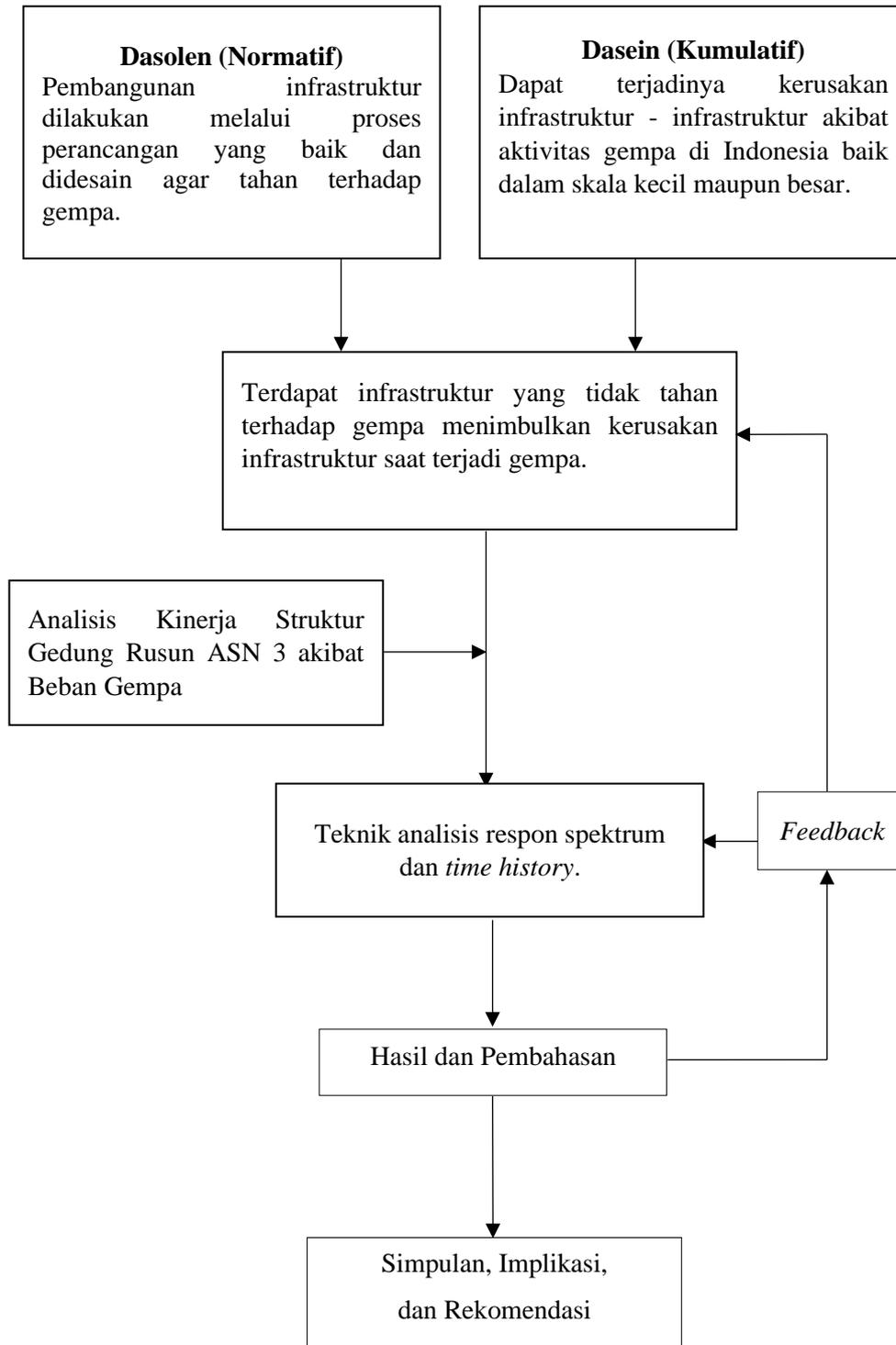
$$\begin{aligned} \text{Maximum total drift} &= \frac{Dt}{H} \\ \text{Maksimum inelastic drift} &= \frac{Dt-D1}{H} \end{aligned}$$

Keterangan:

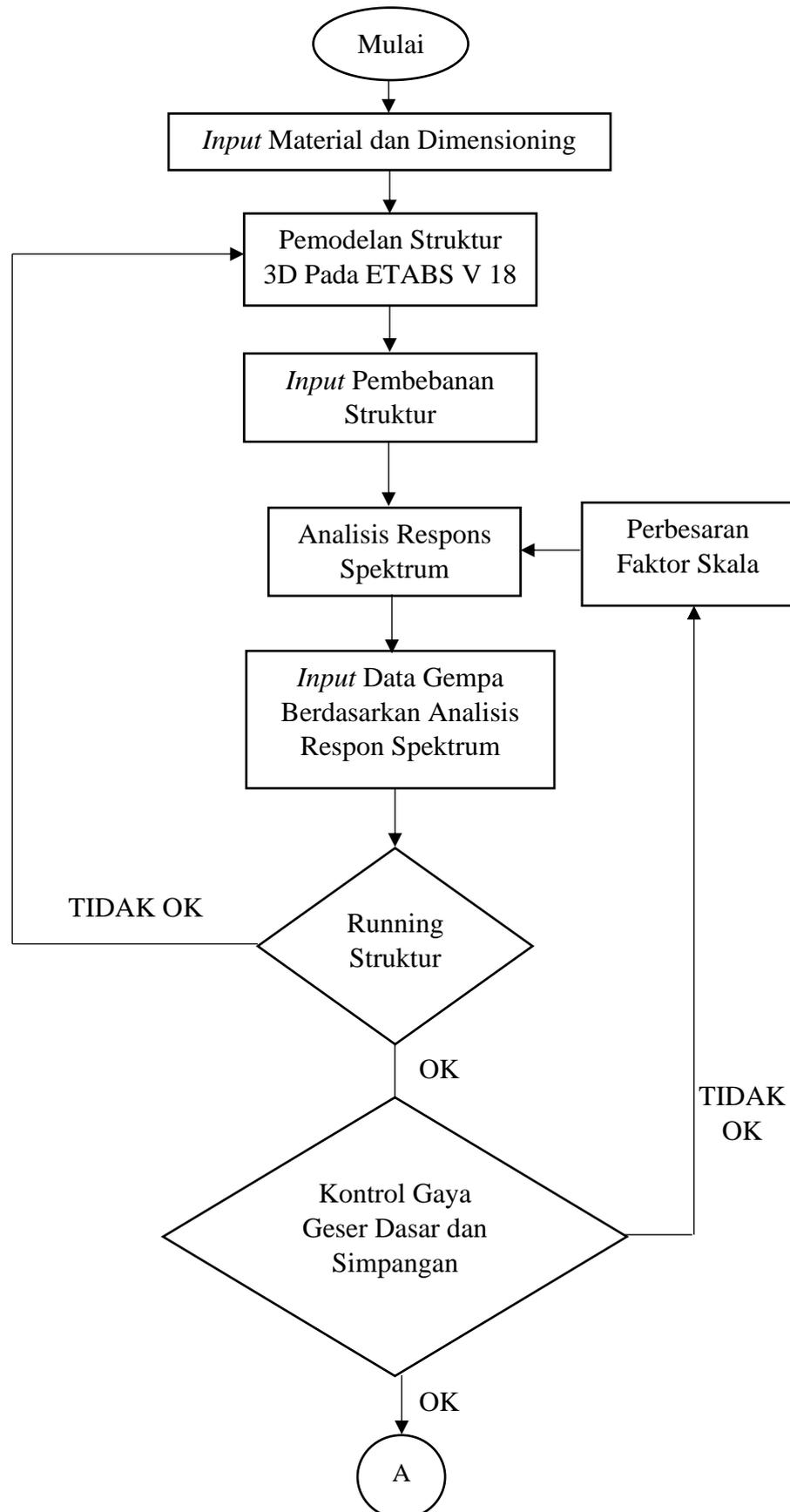
Dt = besar defleksi maksimum yang terjadi

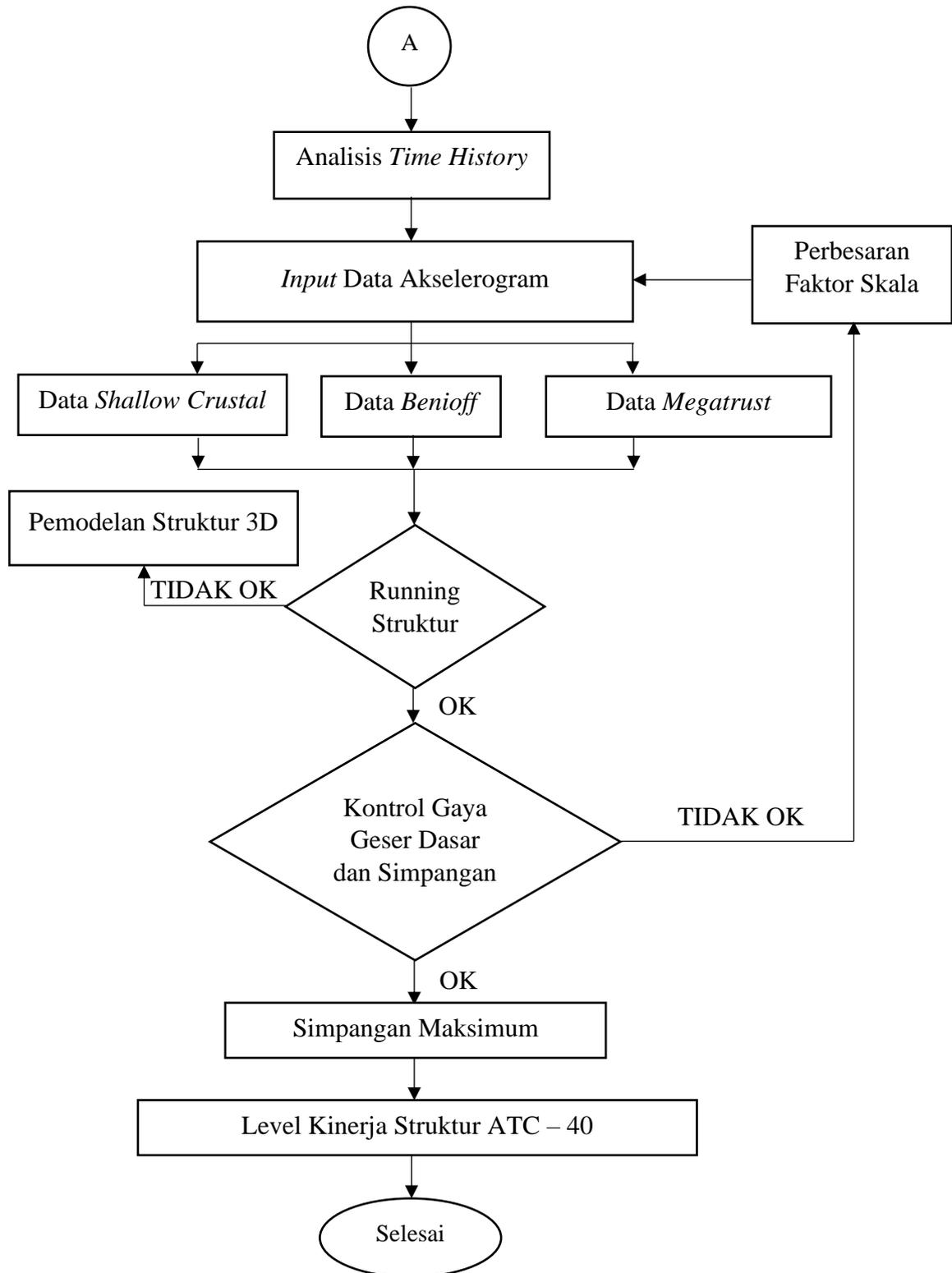
H = tinggi total bangunan

### 3.6 Kerangka Berpikir



### 3.7 Bagan Alir Penelitian





Gambar 3. 5 Bagan Alir Penelitian