

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Desain Penelitian**

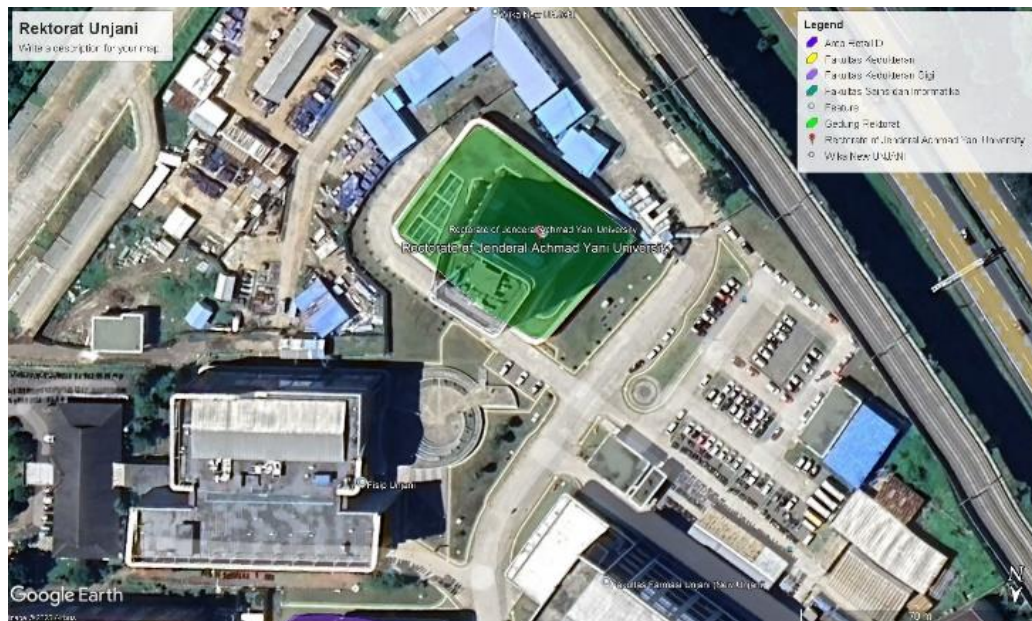
Dalam laporan tugas akhir ini, penelitian menggunakan analisis dinamis yang didukung oleh *software* Etabs. Analisis dilakukan dengan memasukkan komponen struktur gedung seperti balok, kolom, plat atap, plat lantai, serta shear wall. Setelah proses pemodelan selesai, hasil keluaran dari ETABS dimanfaatkan untuk menilai kinerja struktur dengan acuan ATC-40 guna mengevaluasi kapasitas struktur dalam menghadapi beban gempa.



Gambar 3. 1. Gedung Rektorat Unjani

#### **3.2 Lokasi Studi Kasus**

Lokasi studi kasus yang digunakan yaitu Gedung Rektorat Unjani berada di Jl. Terusan Jend. Sudirman, Cibeber, Kec. Cimahi Sel., Kota Cimahi, Jawa Barat merupakan proyek milik Yayasan Kartika Eka Paksi Gedung Rektorat Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi.



Gambar 3. 2. Lokasi Gedung Rektorat

### 3.3 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data terlebih dahulu kemudian studi literatur, dan kemudian data yang sudah didapat akan diolah dengan jangka waktu sebagai berikut.

Tabel 3. 1. Waktu Penelitian

| Uraian Kegiatan         | Bulan    |       |       |     |              |
|-------------------------|----------|-------|-------|-----|--------------|
|                         | Februari | Maret | April | Mei | Juni-Agustus |
| Studi Literatur         |          |       |       |     |              |
| Pengumpulan Data Proyek |          |       |       |     |              |
| Pengolahan Data         |          |       |       |     |              |
| Penyusunan Laporan      |          |       |       |     |              |

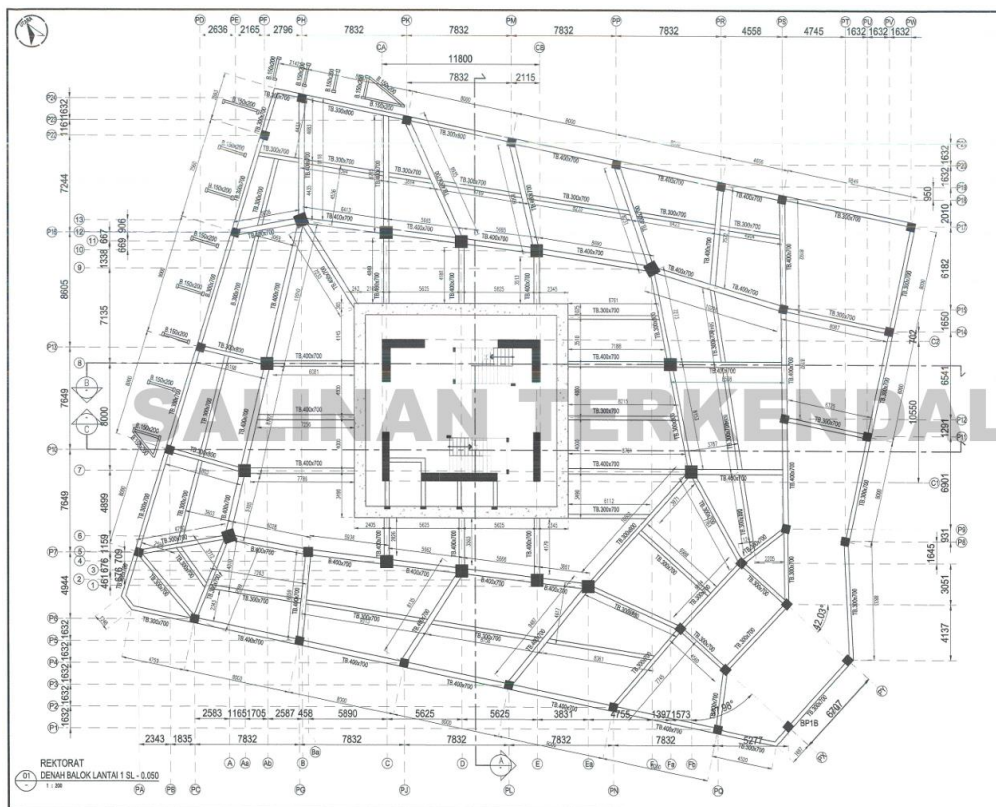
### 3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah 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.

### 3.5 Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder dalam bentuk *As-Built Drawing* Gedung Rektorat Unjani. Adapun sumber data tersebut diperoleh dari PT. WIJAYA KARYA. Tbk yang merupakan kontraktor dari proyek pembangunan *new* universitas jenderal achmad yani. Informasi yang dalam data tersebut akan menjadi panduan dalam tugas akhir ini. Sedangkan teori yang menjadi acuan dasar perhitungan didapat dari berbagai literatur.



Gambar 3. 3. Denah Lantai 1 Gedung Rektorat



Prosedur analisis dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk memastikan keakuratan dan validitas hasil yang diperoleh. Tahapan analisis yang digunakan terdiri dari beberapa langkah utama sebagai berikut.

Berikut merupakan spesifikasi teknis gedung rektorat Unjani, Cimahi yaitu sebagai:

1. Jumlah Lantai = 9 Lantai
2. Rincian Gedung Rektorat Unjani

Tabel 3. 2. Identifikasi Data Gedung

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fungsi Gedung | Gedung Sekolah atau Fasilitas Pendidikan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Jumlah Lantai | 9 Lantai (39. 1 m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Tinggi Lantai | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pit Lip (2 m)</li> <li>• Lantai Dasar (4.45 m)</li> <li>• Lantai Kanopi (2.55 m)</li> <li>• Lantai 2 (4.3 m)</li> <li>• Lantai 3 (4.3 m)</li> <li>• Lantai 4 (4.3 m)</li> <li>• Lantai 5 (4.3 m)</li> <li>• Lantai 6 (4.3 m)</li> <li>• Lantai 7 (4.3 m)</li> <li>• Lantai 8 (4.3 m)</li> <li>• Lantai Atap (4.3 m)</li> </ul> |

### 3. Dimensi Elemen Struktur

- Dimensi Balok

Tabel 3. 3 Dimensi Balok

| No | Dimensi (mm) |
|----|--------------|
| 1  | B 200 X 400  |
| 2  | B 250 X 400  |
| 3  | B 250 X 500  |
| 4  | B 300 X 600  |
| 5  | B 300 X 700  |
| 6  | B 300 X 800  |
| 7  | B 400 X 600  |
| 8  | B 400 X 700  |
| 9  | B 400 X 800  |
| 10 | B 400 X 900  |
| 11 | B 500 X 500  |

| No | Dimensi (mm) |
|----|--------------|
| 12 | B 500 X 600  |
| 13 | B 500 X 800  |
| 14 | B 500 X 900  |
| 15 | B 500 X 1000 |
| 16 | B 500 X 1300 |
| 17 | B 500 X 1600 |

- Dimensi Kolom

Tabel 3. 4. Dimensi Kolom

| No | Dimensi (mm)  |
|----|---------------|
| 1  | K1 800 X 800  |
| 2  | K1A 900 X 900 |
| 3  | K2 700 X 700  |
| 4  | K3 600 X 600  |

- Dimensi Pelat

Tabel 3. 5 Dimensi Pelat

| No | Dimensi (mm) |
|----|--------------|
| 1  | S1 (150)     |
| 2  | S2 (130)     |
| 3  | S4 (180)     |
| 4  | S4A (200)    |

- Dimensi Shear Wall

Tabel 3. 6 Dimensi Shear Wall

| No | Nama      | Dimensi (mm) |
|----|-----------|--------------|
| 1  | SW1 (0-2) | 600          |
| 2  | SW1 (2-9) | 500          |
| 3  | SW2       | 500          |
| 4  | SW3 (0-2) | 600          |
| 5  | SW3 (2-9) | 500          |

#### 4. Mutu Beton dan Tulangan

Tabel 3. 7 Mutu beton dan Tulangan

| MUTU BETON (F'c)       |    |     |
|------------------------|----|-----|
| Bored Pile             | 30 | Mpa |
| Pile Cap, Balok, Pelat | 35 | Mpa |
| Kolom. Shear Wall      | 40 | Mpa |

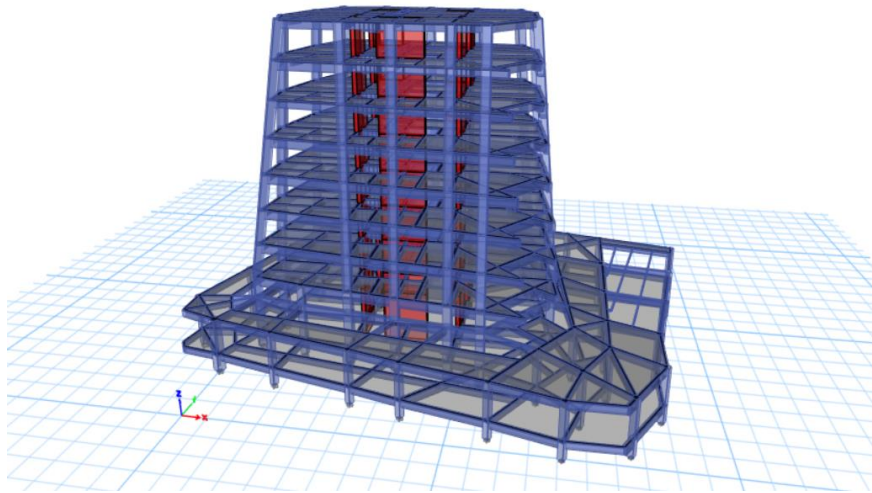
| Mutu Tulangan (Fy) |     |     |
|--------------------|-----|-----|
| Bj TS 420 B        | 520 | Mpa |

Dimensi balok, kolom, plat, serta mutu yang digunakan mengalami peningkatan dari kondisi eksisting bangunan, hal tersebut dikarenakan ada perbedaan pembebanan yang terjadi serta perbedaan dalam penentuan acuan yang digunakan..

#### 3.6.2 Pemodelan Struktur menggunakan Software Etabs

Pemodelan dan analisis struktur dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ETABS versi 21.0.0, berdasarkan data teknis yang telah dikumpulkan. Adapun model struktur yang dianalisis terdiri dari dua jenis, yaitu.

1. Model I, yaitu representasi struktur gedung Rektorat Unjani yang dianalisis menggunakan metode Respons Spektrum.
2. Model II, yaitu model gedung yang sama, namun dianalisis dengan pendekatan Time History untuk memperoleh respons dinamis struktur secara lebih rinci..



Gambar 3. 5. Pemodelan 3D Struktur gedung Rektorat  
Unjani pada aplikasi ETABS

### 3.6.3 Input Pembebanan

Perencanaan jenis beban dan kombinasi pembebanan struktur mengikuti ketentuan yang tercantum dalam SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya. Adapun perhitungan serta penerapan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019 mengenai Tata Cara Perencanaan Struktur Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung maupun Non-Gedung.

#### a. Beban Mati

Beban mati dari berat sendiri elemen struktur dalam perangkat lunak ETABS dihitung secara otomatis oleh sistem. Oleh karena itu, input yang diperlukan hanya mencakup beban mati tambahan (Superimposed Dead Load/SIDL). Perhitungan manual beban mati dapat dilakukan dengan cara mengalikan volume elemen struktural dengan berat jenis material yang digunakan..

Berat Komponen = volume (panjang x lebar x tinggi) x  $\rho$  beton (2400 kg/m<sup>3</sup>)

Berat beban mati tambahan

- Keramik : 0.57 kN/m<sup>2</sup>
- Mortar : 0.48 kN/m<sup>2</sup>

- MEP : 0.39 kN/m<sup>2</sup>
- Plafond (gypsum 9mm) : 0.07 kN/m<sup>2</sup>
- Penggantung : 0.10 kN/m<sup>2</sup>
- Beban Dinding : 1.415 kN/m<sup>2</sup>
- Kaca : 0.38 kN/m<sup>2</sup>

b. Beban Hidup

- Plat Lantai : 1.92 kN/m<sup>2</sup>
- Plat Atap : 0.96 kN/m<sup>2</sup>

c. Pembebanan Gempa - Respons Spektrum

Perencanaan pembebanan gempa menggunakan metode respons spektrum dilakukan dengan merujuk pada standar SNI 1726:2019. Langkah-langkah perencanaannya meliputi:

1. Identifikasi kategori risiko bangunan dilakukan sesuai dengan jenis dan fungsinya.
2. Penetapan Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ) dilakukan sesuai dengan kategori risiko bangunan yang sudah ditentukan.
3. Mengidentifikasi kelas situs berdasarkan kondisi tanah lokasi gedung.
4. Menentukan Parameter Percepatan Batuan Dasar , *short-period spectral acceleration* ( $S_s$ ) dan *1-second period spectral acceleration* ( $S_1$ )
5. Menetapkan Faktor Koefisien Situs ( $F_a$  dan  $F_v$ ), di mana  $F_a$  mewakili percepatan jangka pendek dan  $F_v$  mewakili periode 1 detik.
6. Menentukan nilai Parameter Percepatan Desain Spektral.
  - $S_{DS} = 2/3 F_a.S_s$
  - $S_{D1} = 2/3 F_v.S_1$
7. Penentuan kategori desain seismik dilakukan berdasarkan parameter  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$
8. Menentukan parameter sistem struktur, meliputi faktor reduksi gaya gempa ( $R$ ), koefisien defleksi ( $C_d$ ), dan faktor overstrength ( $\Omega_o$ ), dengan sistem struktur yang digunakan adalah sistem ganda berupa dinding geser beton bertulang khusus.

9. Menghitung periode getar alami struktur ( $T$ ) berdasarkan nilai  $C_t$  dan  $x$  sesuai dengan jenis struktur.
10. Menentukan nilai  $T_0$ ,  $T_s$ , dan  $S_a$  yang dibutuhkan untuk evaluasi spektrum respons.

d. Beban Gempa Time History

Perencanaan beban gempa dengan metode Time History juga mengacu pada SNI 1726:2019, khususnya untuk simulasi riwayat waktu respons struktur terhadap gempa. Tahapan yang dilakukan meliputi:

1. Pembangunan spektrum target, yang menjadi acuan dalam proses scaling data rekaman gempa.
2. Penentuan syarat percepatan spektrum respons berdasarkan rentang waktu periode berikut:
  - $T < T_0 \rightarrow$  nilai PGA (Peak Ground Acceleration)
  - $T_0 < T < T_s \rightarrow 0.2$  detik
  - $T > T_s \rightarrow 3$  detik
3. Melakukan deagregasi seismik berdasarkan lokasi Kota Cimahi, dengan periode ulang 1000 tahun untuk menentukan magnitudo dominan dan jarak sumber gempa yang relevan..
4. Mengambil data riwayat gerakan tanah (ground motion records)
  - Untuk sumber gempa jenis shallow crustal diambil dari situ <https://ngawest2.berkeley.edu/> (NGA West)
  - Untuk sumber gempa jenis benioff dan megatrush diambil dari website <http://ec2-35167-122-9.us-west-2.compute.amazonaws.com/> (NHR3/NGA Sub).
5. Melakukan pencocokan spektra (spectral matching) terhadap spektrum target sesuai dengan ketentuan Pasal 7.9.2.3.1 SNI 1726:2019, guna memastikan bahwa respons rekaman gempa yang digunakan relevan dan memenuhi kriteria.

### 3.6.4 Running Struktur

Proses running pemodelan struktur pada ETABS dilakukan setelah tahap input selesai, dengan tujuan untuk mengetahui gaya dalam yang timbul dan memastikan apakah struktur memenuhi persyaratan.

#### a. Running Analisis Respon Spektrum

Pada tahap ini, proses perhitungan dan analisis nilai gaya geser dasar serta simpangan struktur dilakukan menggunakan metode response spectrum dengan memanfaatkan perangkat lunak ETABS versi 21.0.0.

#### b. Running Analisis Riwayat Waktu / *Time History*

Pada tahap ini diperoleh hasil perhitungan berupa nilai gaya geser dasar dan simpangan struktur. Analisis dilakukan menggunakan metode time history yang didasarkan pada data gempa terpilih, dengan pemodelan dan perhitungan dibantu oleh perangkat lunak ETABS versi 21.0.0.

### 3.6.5 Kontrol dan Pengecekan Struktur

Tujuan kontrol dan pengecekan struktur yaitu untuk menjamin keamanan, menjaga kualitas, dan memastikan kinerja struktur

#### 1. Periode Struktur

Periode Fundamental Struktur,  $T_a = C_t h_n^x$

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

Keterangan:

$H_n$  = Ketinggian struktur (m) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

$C_t$  dan  $x$  = Koefisien ditentukan dari tabel

$C_u$  = Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

#### 2. Bentuk dan Jumlah Ragam

Menurut SNI 1726:2019, jumlah ragam yang digunakan dalam analisis dinamik harus mampu menghasilkan nilai *Modal Participating Mass Ratios* (MPMR) atau Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi sebesar 100%. Namun, apabila hal tersebut sulit dicapai, maka nilai partisipasi massa minimum yang dapat diterima adalah sebesar 90% pada masing-masing arah sumbu ortogonal struktur.

### 3. Gaya Geser Seismik

$$\text{Koefisien Respons Seismik } C_s = SDS / (R/I_e)$$

$$\text{Batas Atas } C_{s,max} = SD1 / [T * (R/I_e)]$$

$$\text{Batas Bawah } C_{s,min,1} = 0.044 SDS I_e \geq 0.01$$

$$\text{Batas Bawah (dipakai jika } S1 \geq 0,6 \text{ g) } C_{s,min,2} = 0.5 S1 / (R/I_e)$$

$$\text{Gaya Geser Dasar Seismik } V = C_s * W$$

### 4. Penskalaan Gaya Geser Dasar

Jika hasil kombinasi respons untuk gaya geser dasar dari analisis ragam ( $V_t$ ) nilainya kurang dari 100% dibandingkan gaya geser dasar ( $V$ ) yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen, maka gaya-gaya hasil analisis tersebut harus dikalibrasi dengan mengalikan faktor koreksi  $V/V_t$ . Di mana  $V$  merupakan gaya geser dasar dari metode statik, sedangkan  $V_t$  adalah gaya geser dasar hasil kombinasi ragam dari analisis dinamik.

### 5. Simpangan Antar Tingkat

Pengecekan Simpangan antar tingkat dilakukan setelah pemodelan dalam program etabs di input semua pembebanan yang terjadi. Berikut merupakan nilai simpangan yang diizinkan.

Tabel 3. 8 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 <sup>d</sup>                                                                                                                                                                    | $0,010h_{sx}$   | $0,010h_{sx}$ | $0,010h_{sx}$ |
| 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

## 6. Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-delta tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0.10:

$$\theta = \frac{P_x \cdot \Delta \cdot I_e}{V_x \cdot h_{sx} \cdot C_d}$$

$P_x$  = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN); bila menghitung, faktor beban individu tidak perlu melebihi 1.0

$\Delta$  = 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

### 3.6.6 Tingkat Analisis Struktur

Perilaku struktur gedung pasca gempa dapat dianalisis melalui besarnya simpangan dan nilai *performance point*. Tingkat kinerja struktur tersebut dapat ditentukan berdasarkan nilai maksimum *total drift* sesuai dengan kriteria yang ditetapkan dalam ATC-40.

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

$$\text{Maximum Inelastic Drift} = (\Delta_t - \Delta_1) / H$$

Tabel 3. 9 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 ( $V_i/P_i$ )          |
| 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*

### 3.7 Diagram Alir

