

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah analisis dinamik terhadap beban gempa dibantu dengan software ETABS. Analisis dilakukan dengan cara pemodelan gedung secara 3 (tiga) dimensi dari mulai kolom, balok, pelat lantai, pelat atap, dan komponen struktur gedung lainnya kedalam *software*. Setelah pemodelan selesai dengan output analisis struktur *drift* dan *interstory drift* berupa nilai *performance point* yang nantinya akan mendapatkan informasi nilai simpangan dari tingkat bangunan. Setelah didapatkan simpangan dapat diketahui kinerja struktur berdasarkan ATC-40 untuk meninjau kemampuan gaya gempa yang terjadi.

3.2 Lokasi Studi Kasus

Penelitian ini berstudi kasus pada proyek pembangunan gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES) di Jalan Pangeran Jayakarta (depan Kantor Mako Satpol PP Kota Bekasi), Kelurahan Harapan Mulya, Kecamatan Medan Satria, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat.

3.3 Data Penelitian

Pada penelitian ini terdapat satu jenis data yang digunakan, yaitu data sekunder. Data yang didapat berupa data struktur dan *shop drawing* gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES) Kota Bekasi yang digunakan untuk kebutuhan analisis penelitian. Data tersebut diperoleh dari instansi yang berkepentingan, PT. Indah Karya. Berikut adalah data teknis proyek gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES) Kota Bekasi sebagai berikut:

1. Luas tanah : $\pm 5780 \text{ m}^2$
2. Luas bangunan : $\pm 8783 \text{ m}^2$
3. Jumlah lantai : 8 lantai
4. Tinggi bangunan : 37,95 m
5. Struktur utama
 - a) Balok : Struktur Beton Bertulang
 - b) Kolom : Struktur Beton Bertulang

c) Pelat : Struktur Beton Bertulang

6. Dimensi elemen struktur

a) Balok

Tabel 3.1 Dimensi balok

Nama Balok	Dimensi (mm)
B1	400x900
B2	400x800
B3	400x700
B4	350x800
B5	350x750
B6	350x700
B7	300x700
B8	300x600
B9	250x500
B10	250x400
BA1	300x600
BA2	300x500
BA3	250x600
BA4	250x500
BA5	250x400
BA6	250x300
BA7	200x450
BA8	200x350
BA9	200x300

b) Kolom

Tabel 3.2 Dimensi kolom

Nama Kolom	Dimensi (mm)
K1	600x800
K2	600x750
K3	600x700
K4	600x600
K5	550x550
K6	500x500
K7	450x450
K8	350x350
K9	300x300

c) Pelat

Tabel 3.3 Dimensi pelat

Nama Pelat	Dimensi (mm)
P1	120
P2	140

7. Mutu beton

a. Balok : K-300 = f_c' 24,9 MPa

b. Kolom

Lt. Dasar s/d Lt. 3 : K-350 = f_c' 29,05 MPa

Lt. 4 s/d Lt. Atap : K-300 = f_c' 24,9 MPa

8. Mutu baja tulangan

a. $\leq \emptyset 13$: BJTP 24

b. $\geq \emptyset 10$: BJTD 40



Gambar 3.1 Visual desain 3D gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES)

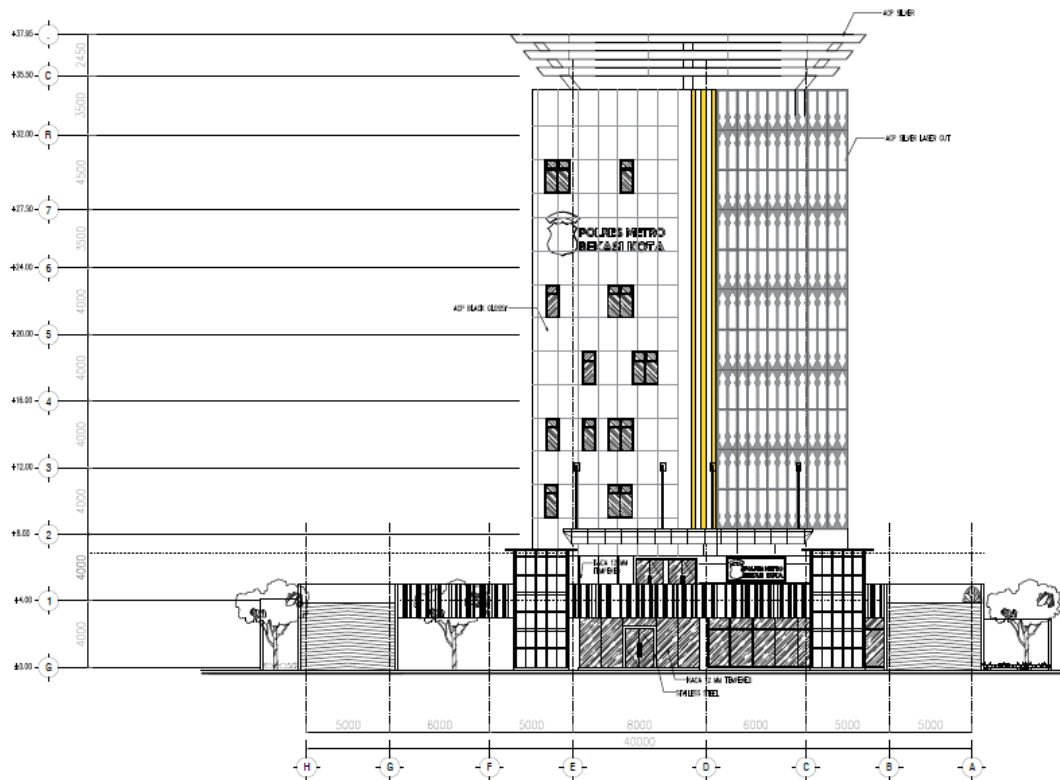
Kota Bekasi

Sumber: PT. Indah Karya

Fajar Abdilah, 2021

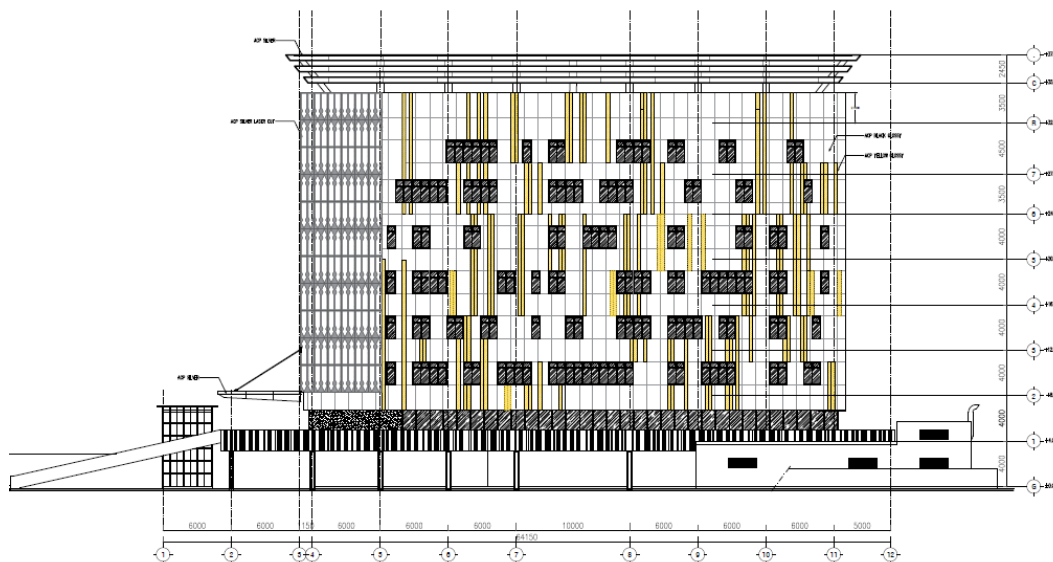
**ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG ASIMETRIS AKIBAT BEBAN GEMPA
(STUDI KASUS: GEDUNG KANTOR PELAYANAN PEMERINTAH (POLRES) KOTA BEKASI)**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.2 Tampak depan

Sumber: PT. Indah Karya



Gambar 3.3 Tampak samping

Sumber: PT. Indah Karya

Fajar Abdilah, 2021

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG ASIMETRIS AKIBAT BEBAN GEMPA

(STUDI KASUS: GEDUNG KANTOR PELAYANAN PEMERINTAH (POLRES) KOTA BEKASI)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.4 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menjelaskan suatu fenomena berdasarkan angka yang menggambarkan karakteristik subjek yang diteliti. Metode ini dilakukan dengan menggunakan sistem analisis hitungan yang didasarkan pada data yang diperoleh dari data lapangan, sedangkan pembahasan hasil hitungan didasarkan pada teori yang diperoleh dari beberapa pustaka.

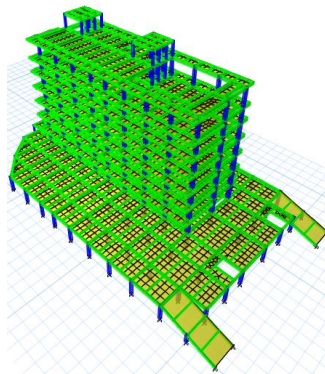
3.5 Prosedur Analisis Data

3.5.1 Studi Literatur

1. SNI 03-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.
2. SNI 1727-2020 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung dan Bangunan Lain.
3. Peraturan Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987).
4. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings* (ATC-40).
5. Berbagai jurnal, buku dan sumber literatur mengenai rekaman gempa, kinerja dan analisis struktur akibat beban gempa.

3.5.2 Pemodelan Struktur

Berikut adalah gambar model 3D pada ETABS 17.0.1:



Gambar 3.4 Pemodelan 3D gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES)
Kota Bekasi

Sumber: Software ETABS 17.0.1

Fajar Abdilah, 2021

**ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG ASIMETRIS AKIBAT BEBAN GEMPA
(STUDI KASUS: GEDUNG KANTOR PELAYANAN PEMERINTAH (POLRES) KOTA BEKASI)**
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.5.3 Input Pembebanan

Perhitungan pembebanan dihitung sesuai dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987) dan Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020). Khusus beban gempa dihitung sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung (SNI 1726-2019) dengan wilayah gempa di Kota Bekasi.

a. Beban Mati

Dengan menggunakan dimensi dari masing-masing komponen struktur pada gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES) Kota Bekasi, dapat diketahui berat sendiri komponen struktur gedung, seperti pelat, balok, dan kolom.

- 1) Berat balok = Volume balok x ρ beton
- 2) Berat kolom = Volume kolom x ρ beton
- 3) Berat pelat = Volume pelat x ρ beton

Keterangan :

ρ beton bertulang = 2400 kg/m³

Volume (m³) = Panjang x Lebar x Tinggi

Komponen struktur lainnya disesuaikan dengan PPURG 1987, seperti pada tabel 2.14 pada bab sebelumnya.

b. Beban Hidup

Beban hidup pada struktur disesuaikan dengan SNI 1727:2020, seperti pada tabel 2.15 pada bab sebelumnya.

c. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dihitung sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019). Beban gempa yang digunakan adalah beban gempa dinamik respon spektrum dan riwayat waktu. Wilayah gempa yang digunakan adalah Kota Bekasi.

3.5.4 Analisis Respon Spektrum

1. Parameter respon spektrum

Parameter respon spektrum dapat ditentukan secara langsung dengan peta Desain Spektra Indonesia pada *website* Puskim dan secara manual dengan melihat SNI 1726-2019. Adapun parameter yang harus ditentukan adalah sebagai berikut:

a. Kategori Risiko Struktur

Kategori risiko struktur gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES) Kota Bekasi berdasarkan SNI 1726-2019 (tabel 3) sesuai dengan fungsi bangunan yaitu sebagai kantor, maka gedung tersebut masuk kedalam kategori risiko II.

b. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Nilai faktor keutamaan gempa disesuaikan dengan nilai kategori risiko struktur, maka didapatkan faktor keutamaan gempa untuk Gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES) Kota Bekasi sebesar 1. Nilai faktor keutamaan gempa dapat ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 (tabel 4).

c. Koefisien Modifikasi Respons (R_a)

Nilai dari koefisien modifikasi respons dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.3 atau SNI 1726-2019 (tabel 12). Nilai koefisien modifikasi respons disesuaikan dengan jenis sistem struktur yang digunakan dalam pemodelan bangunan Gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES) Kota Bekasi, maka didapatkan nilainya adalah sebesar 8 (rangka beton bertulang pemikul momen khusus).

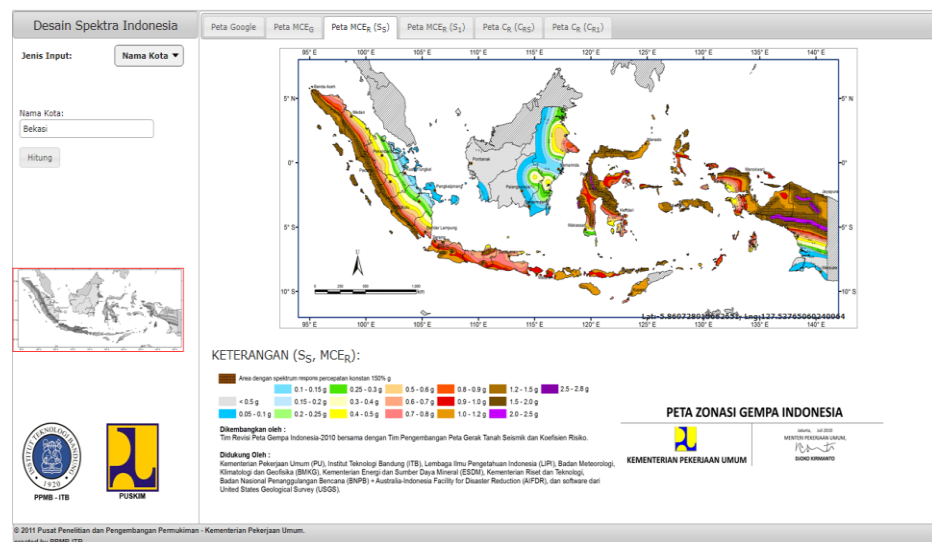
d. Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs dapat ditentukan berdasarkan data tanah setempat bangunan gedung yang akan dilakukan penelitian dan apabila data tanah diketahui maka diambil asumsi bahwa tanah setempat merupakan jenis tanah lunak (SE).

e. Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2019 (tabel 8 dan tabel 9) dalam memilih kategori desain seismik harus sesuai dengan nilai SD_s atau SD_1 . Sehingga untuk Gedung Kantor Pelayanan Pemerintah (POLRES) Kota Bekasi masuk kedalam kategori risiko desain seismik D.

Dalam menentukan nilai parameter percepatan gempa batuan dasar pada periode pendek dan periode 1 detik, atau nilai S_s dan S_1 yang digunakan untuk membuat kurva respon spektrum desain berdasarkan program yang telah disediakan oleh Departemen Pekerjaan Umum di <http://puskim.pu.go.id/>



Gambar 3.5 Peta zonasi gempa Indonesia

Sumber :

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

2. Running Struktur

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui apakah kondisi bangunan yang dimodelkan pada ETABS memenuhi kriteria keamanan, dilihat dari visual yang ada pada ETABS V.17.0.1 yang apabila gedung tersebut tidak memenuhi tingkat keamanan terhadap pembebanan yang diberikan, maka gambar elemen struktur akan terlihat berwarna merah.

Fajar Abdilah, 2021

**ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG ASIMETRIS AKIBAT BEBAN GEMPA
(STUDI KASUS: GEDUNG KANTOR PELAYANAN PEMERINTAH (POLRES) KOTA BEKASI)**
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Jika struktur dinyatakan tidak kuat menahan beban yang bekerja, diperlukan pengecekan ulang terhadap dimensi tiap elemen struktur. Bila yang terlihat elemen struktur berada pada rentang warna biru muda hingga kuning, maka pemodelan dilanjutkan pada analisis riwayat waktu (*time history*).

3. Kontrol Gaya Geser Dasar

Tahapan ini bertujuan untuk mengevaluasi beban gempa yang menjadi data masukan pada program ETABS V 18.1.1 berupa grafik respons spektrum Kota Batam dengan jenis tanah lunak (SE). Dalam mendefinisikan beban gempa terdapat faktor skala yang digunakan sesuai dengan SNI 1726-2019, adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung faktor skala adalah:

$$F = \frac{g \cdot I}{R} \quad (3.1)$$

Keterangan :

- I = faktor keutamaan gempa
- g = besaran gravitasi (9.81 m/s²)
- R = koefisien modifikasi respons

Untuk kontrol gaya geser dasar digunakan persamaan berikut;

$$V_{Dinamik} \geq V_{Statik} \quad (3.2)$$

Apabila tidak memenuhi persamaan tersebut, maka digunakan persamaan berikut ini:

$$\alpha = \frac{V_{Statik}}{V_{Dinamik}} \quad (3.3)$$

Keterangan :

- V_{Dinamik} = gaya geser dari hasil analisis respon spektrum
- V_{Statik} = gaya geser dari hasil perhitungan

Nilai dari V_{Statik} bisa dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_{\text{Statik}} = C_s \times W \quad (3.4)$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.5)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

S_{D1} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda sebesar 1 detik

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

T = perioda fundamental struktur (detik)

3.5.5 Analisis Riwayat Waktu (*Time History*)

Lokasi gedung yang berada di Bekasi, Jawa Barat termasuk ke dalam zona rawan gempa dengan kekuatan gempa $\pm 7.0 M_w$ (Peta Seismik Indonesia). Hal tersebut telah dibuktikan pada riwayat gempa BMKG yang terjadi di Jawa Barat pada 8 Agustus 2007 (Lat. -6.13, Long. 107.68) dan 2 September 2009 (Lat. -8.24, Long. 107.32) dengan masing-masing kekuatan gempa $6.9 M_w$ dan $7.3 M_w$. Berdasarkan riwayat tersebut, jarak titik gempa adalah 77 km dan 225 km. Berdasarkan SNI 1726-2019 setidaknya diperlukan 3 (tiga) rekaman atau simulasi riwayat waktu percepatan gerak tanah yang harus dipilih dari beberapa kejadian gempa dengan kemiripan magnitudo dan jarak sumber gempa yang ditinjau. Maka dipilih 3 (tiga) data rekaman gempa diambil dari website *NGAWest.Peer* yang belum diskalakan terhadap gempa di Bekasi sebagai berikut:

Tabel 3.4 *Ground motion* untuk perhitungan analisa riwayat waktu

No	Tempat	Lokasi	Tahun	Magnitudo
1	Kobe	Kobe University	1995	6,9
2	Chuetsu	Kashiwazaki	2007	6,8
3	Sierra	El Centro	2010	7,2

Fajar Abdilah, 2021

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG ASIMETRIS AKIBAT BEBAN GEMPA

(STUDI KASUS: GEDUNG KANTOR PELAYANAN PEMERINTAH (POLRES) KOTA BEKASI)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1. Percepatan Puncak Permukaan Tanah

Berdasarkan SNI 1726-2019, Parameter kegempaan dalam analisis *Time History* (riwayat waktu) adalah percepatan puncak permukaan tanah (*Peak Ground Acceleration* / PGA) dengan level gempa probabilitas terlampaui sebesar 2% selama 50 tahun umur struktur bangunan. Nilai PGA yang diperoleh dari Peta Hazard Gempa Indonesia yang terlampir dalam SNI 1726-2019.

2. Koefisien Situs (FPGA)

Percepatan puncak permukaan dipengaruhi oleh kelas situs yang didefinisikan sebagai koefisien situs (SNI 1726-2019). Nilai PGA menjadi acuan dalam menentukan nilai koefisien situs FPGA.

3. Penskalaan Percepatan Puncak Permukaan Tanah ($PGAM^{Scaled}$)

SNI 1726-2019 menjelaskan mengenai parameter respons yang menetapkan setiap gerak tanah dalam analisis harus diskalakan dengan faktor keutamaan gempa dan modifikasi respon.

3.5.6 Kinerja Struktur

1. Kinerja Batas Layan

Dalam memenuhi persyaratan kinerja batas layan dari suatu struktur, bahwa simpangan antar tingkat yang dihitung tidak boleh melebihi 0,03/R kali tinggi tingkat yang bersangkutan, diantara nilai tersebut ambil yang paling terkecil.

2. Kinerja Batas Ultimit

Simpangan (*drift*) dan simpangan antar tingkat (*interstory drift*) ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali (ξ) yang nilainya tergantung pada konfigurasi struktur dengan persamaan:

$$\xi = 0,7 R \quad (3.6)$$

Untuk struktur gedung tidak beraturan dihitung dengan persamaan:

$$\xi = \frac{0,7}{f_{faktor\ skala}} \quad (3.7)$$

Dimana:

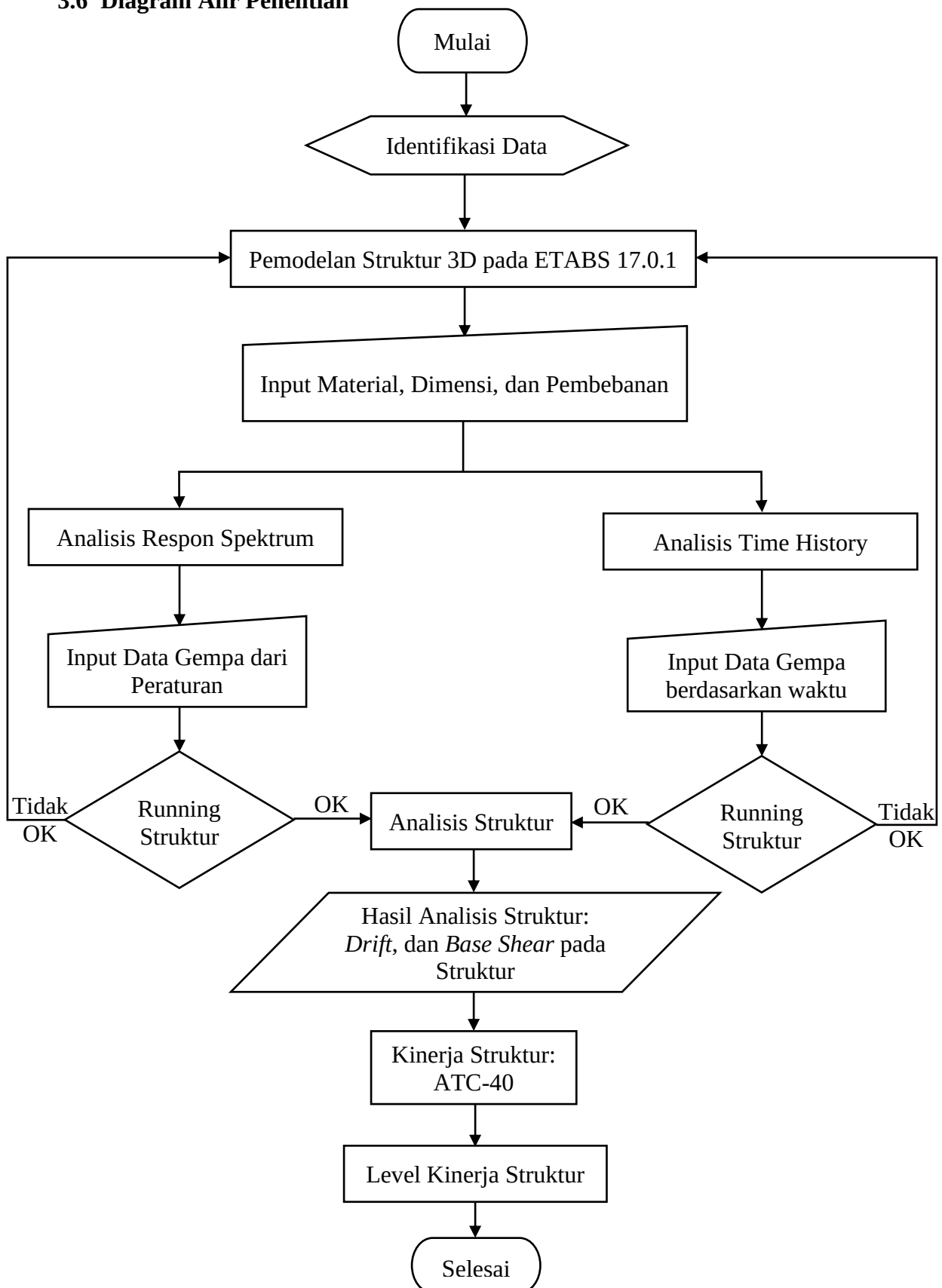
R = faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0.85 \times V_1}{V_t} \geq 1$$

3. Kinerja Struktur ATC-40

ATC-40 mengelompokan level kinerja struktur (*performance level*) berdasarkan nilai maksimum total simpangan pada lantai atap terhadap tinggi total struktur.

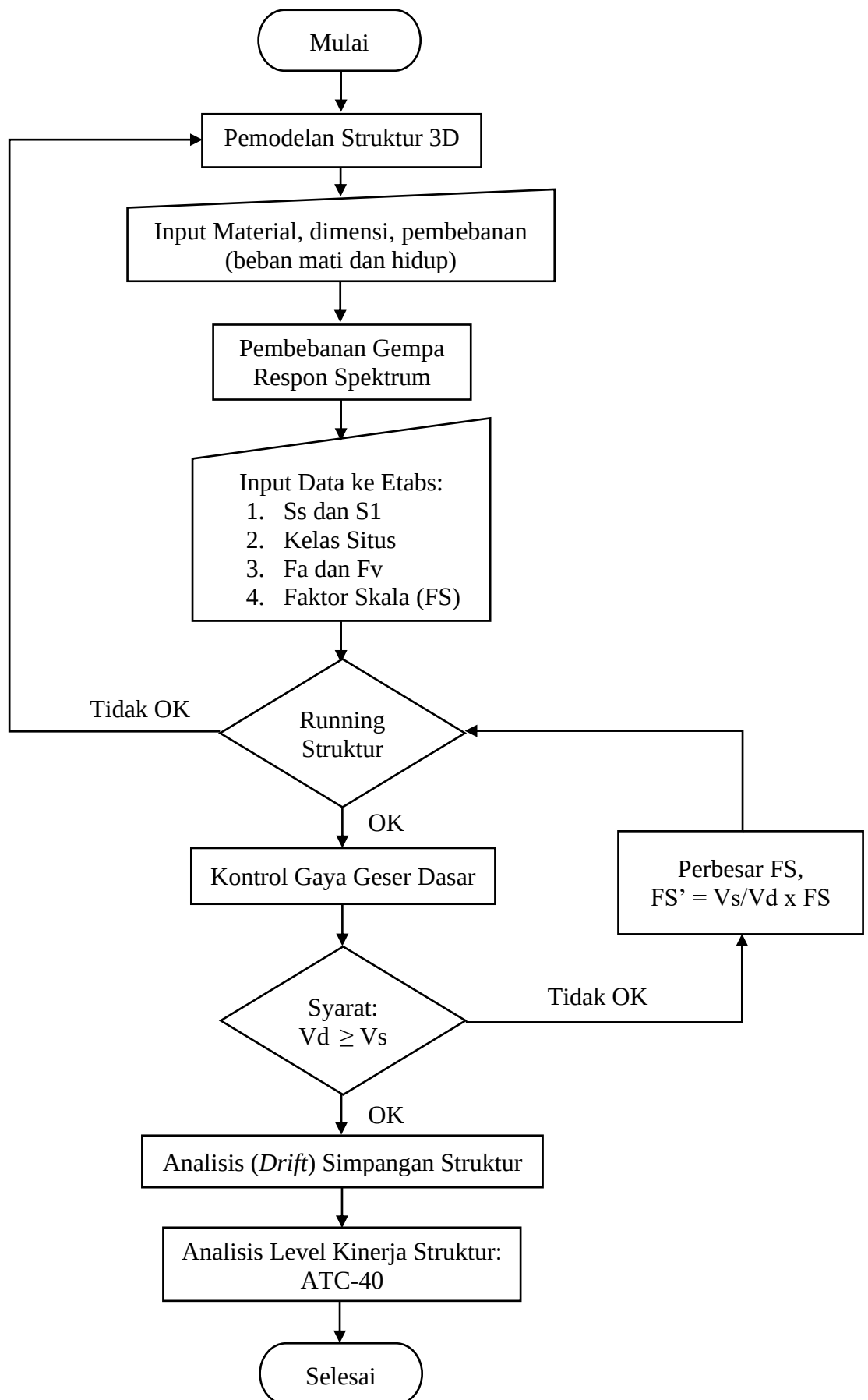
3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram alir penelitian

Fajar Abdilah, 2021

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG ASIMETRIS AKIBAT BEBAN GEMPA
(STUDI KASUS: GEDUNG KANTOR PELAYANAN PEMERINTAH (POLRES) KOTA BEKASI)
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



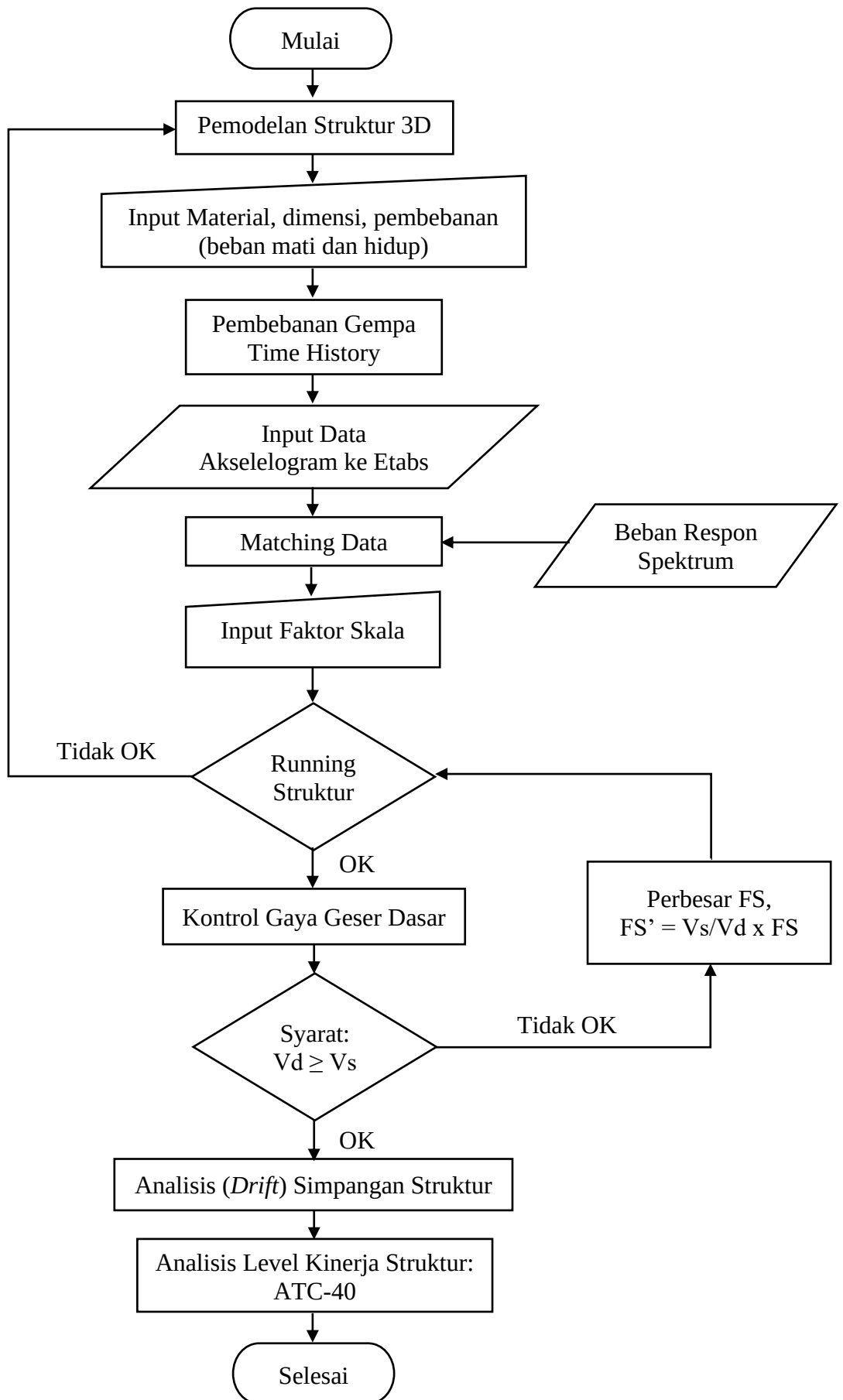
Gambar 3.7 Diagram alir analisis Respons Spektrum

Fajar Abdilah, 2021

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG ASIMETRIS AKIBAT BEBAN GEMPA

(STUDI KASUS: GEDUNG KANTOR PELAYANAN PEMERINTAH (POLRES) KOTA BEKASI)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.8 Diagram alir analisis Riwayat Waktu (*Time History*)