

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah analisis dinamik (respons spektrum) dan analisis statik (statik ekuivalen dan statik non-linier dengan metode *pushover*). Program yang digunakan pada desain penelitian ini adalah ETABS v18. Program ini digunakan untuk memodelkan struktur secara 3 dimensi dan juga untuk analisis beban gempa dengan metode yang telah ditentukan. Tujuan akhir analisis ini adalah mengetahui nilai simpangan lateral, *performance point*, dan level kinerja struktur gedung Apartemen Puri Parkview akibat beban gempa *pushover*.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini berada di Apartemen Puri Parkview, Blok AAA 1 No. 6, Meruya Utara, Kembangan, Jakarta Barat. Pada penelitian ini diambil tower E dengan batasan lokasi sebagai berikut:



Gambar 15. Lokasi penelitian

Sumber: Google Earth

3.3 Data Umum

- Data Umum Bangunan

Nama gedung : Apartemen Puri Parkview
Lokasi : Blok AAA 1 No. 6, RT.8/RW.5 Meruya Utara,
Kembangan, Jakarta Barat
Fungsi : Apartemen

- Data Teknis Bangunan

Struktur gedung : Beton bertulang
Jumlah lantai : 24 lantai
Tinggi gedung :

Tabel 16. Elevasi Lantai

Lantai	Elevasi (m)	Lantai	Elevasi (m)	Lantai	Elevasi (m)
1	0	10	28	19	55
2	3,5	11	31	20	58
3	6,5	12	34	21	61
4	10	13	37	22	64
5	13	14	40	23	67,2
6	16	15	43	24	70,2
7	19	16	46	Atap	73,4
8	22	17	49		
9	25	18	52		

Panjang gedung : 69,8 m

Lebar gedung : 17,225 m (lantai 1-4) dan 12,4 m (lantai 4-atap)

3.4 Tahapan Analisis

Metode penelitian ini menggunakan analisis *pushover*. Analisis menggunakan bantuan program Etabs v.18 untuk menampilkan kurva kapasitas dan mendapatkan *performance point* gedung Apartemen Puri *Parkview*. Langkah-langkah analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

3.4.1 Identifikasi Data

Pengumpulan data dan informasi gedung Apartemen Puri *Parkview* berupa data sekunder. Data yang diperoleh adalah data struktur dan *shop drawing* pembangunan gedung tersebut. Data ini digunakan untuk pemodelan struktur 3D pada program Etabs v.18.

Shop Drawing digunakan untuk memodelkan struktur gedung pada program Etabs v.18 sesuai dengan gambar perencanaan sehingga analisis tidak menyimpang dari gambar yang ada. Semua struktur utama gedung harus dimodelkan sesuai dengan gambar *shop drawing*, untuk elemen non-struktural tidak dimodelkan karena tidak mempunyai pengaruh yang signifikan dalam pemodelan 3D struktur. Adapun data teknis gedung Apartemen Puri *Parkview* adalah sebagai berikut:

1. Fungsi gedung : Apartemen
2. Jumlah lantai : 24 lantai
3. Tinggi gedung : 73,4 meter
4. Luas dan tinggi bangunan tiap lantai ditunjukkan pada **Tabel 17** di bawah ini:

Tabel 17. Data Teknis Gedung

Lantai	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Lantai	Luas (m ²)	Tinggi (m)
1	1120.96	0	14	806.96	3
2	974.94	3,5	15	806.96	3
3	1120.96	3	16	806.96	3
4	1120.96	3,5	17	806.96	3

5	806.96	3
6	806.96	3
7	806.96	3
8	806.96	3
9	806.96	3
10	806.96	3
11	806.96	3
12	806.96	3
13	806.96	3

18	806.96	3
19	806.96	3
20	806.96	3
21	806.96	3
22	806.96	3
23	802.9665	3,2
24	811.85	3
Atap	453.5665	3,2

5. Struktur utama

- a) Balok : Struktur beton bertulang
- b) Kolom : Struktur beton bertulang
- c) Pelat : Struktur beton bertulang

6. Dimensi elemen struktur

- a) Dimensi balok

Tabel 18. Tipe Balok

Nama Balok	Dimensi (cm)	Nama Balok	Dimensi (cm)
B1 Lt 2-4	25x50	B8 Lt 23-Atap	25x70
B1 Lt 5-8	30x50	B9 Lt 2-4	40x60
B1 Lt 9-16	30x50	B9 Lt 23-Atap	25x75
B1 Lt 17-Atap	30x50	BA1 Lt 2-8	25x40
B2 Lt 2-4	25x55	BA1 Lt 9-16	25x40
B2 Lt 5-8	25x55	BA1 Lt 17-Atap	25x40
B2 Lt 9-16	25x55	BA2 Lt 2-4	25x45
B2 Lt 17-Atap	25x55	BA2 Lt 5-8	20x30
B3 Lt 2-4	25x60	BA2 Lt 9-16	20x30
B3 Lt 5-8	25x60	BA2 Lt 17-Atap	20x30

B3 Lt 9-16	25x60	BA3 Lt 2-8	20x40
B3 Lt 17-Atap	25x60	BA3 Lt 9-16	20x40
B4 Lt 2-4	30x50	BA3 Lt 17-Atap	20x40
B4 Lt 5-8	30x60	BA4 Lt 5-8	20x45
B4 Lt 9-16	30x60	BA4 Lt 9-16	20x45
B4 Lt 17-Atap	30x60	BA4 Lt 17-Atap	20x45
B5 Lt 2-4	40x35	BA5 Lt 23-Atap	20x35
B5 Lt 5-8	45x35	BK1 Lt 2-8	100x35
B5 Lt 9-16	45x35	BK1 Lt 9-16	100x35
B5 Lt 17-Atap	45x35	BK1 Lt 17-Atap	100x35
B6 Lt 2-4	45x35	BK2 Lt 2-3	35x100
B6 Lt 17-Atap	40x35	BK2 Lt 17-Atap	80x35
B7 Lt 2-4	30x55	BK3	40,5x85
B7 Lt 23-Atap	25x35	BM	25x30
B8 Lt 2-4	40x55		

b) Dimensi kolom

Tabel 19. Tipe Kolom

Nama Kolom	Dimensi (cm)	Nama Kolom	Dimensi (cm)
K1	40x90	K2C Lt 8-16	45x80
K1A	40x90	K2C Lt 16-Atap	40x70
K2 Lt 1-4	50x90	K3 Lt 1-4	50x100
K2 Lt 4-8	50x85	K3 Lt 4-8	50x95
K2 Lt 8-16	45x80	K3 Lt 8-16	45x90
K2 Lt 16-Atap	40x70	K3 Lt 16-Atap	40x80
K2A Lt 1-4	50x90	K3A Lt 1-4	50x100
K2A Lt 4-8	50x85	K3A Lt 4-8	50x95
K2A Lt 8-16	45x80	K3A Lt 8-16	45x90

K2A Lt 16-Atap	40x70	K3A Lt 16-Atap	40x80
K2B Lt 1-4	50x90	K3B Lt 1-4	50x100
K2B Lt 4-8	50x85	K3B Lt 4-6	50x95
K2B Lt 8-16	45x80	K3B Lt 6-8	50x95
K2B Lt 16-Atap	40x70	K3B Lt 8-16	45x90
K2C Lt 1-4	50x90	K3B Lt 16-Atap	40x80
K2C Lt 4-8	50x85		

c) Dimensi pelat

Tabel 20. Tipe Pelat

Nama Pelat	Tebal Pelat (cm)
S2 Lt 1-8	12
S2 Lt 9-17	12
S2 Lt 17-Atap	12
S3 Lt 1-8	12

d) Dimensi *shear wall*

Tabel 21. Tipe *Shear Wall*

Nama <i>Shear Wall</i>	Tebal <i>Shear Wall</i> (cm)
SW1 Lt 1-4	35
SW1 Lt 4-8	35
SW1 Lt 8-12	30
SW1 Lt 12-16	30
SW1 Lt 16-21	25
SW1 Lt 21-Atap	25
SW2 Lt 1-4	35
SW2 Lt 4-8	35

SW2 Lt 8-12	30
SW2 Lt 12-16	30
SW2 Lt 16-21	30
SW2 Lt 21-Atap	30

e) Dimensi tulangan: Ø8, Ø12, D10, D13, D16, D19, D22

f) Tebal selimut beton:

- Pelat = 20 mm
- Balok = 30 mm
- Kolom = 40 mm

7. Mutu Beton:

- K-300 (f_c' 24,9)
- K-350 (f_c' 29,05)
- K-400 (f_c' 33,2)

8. Mutu baja tulangan:

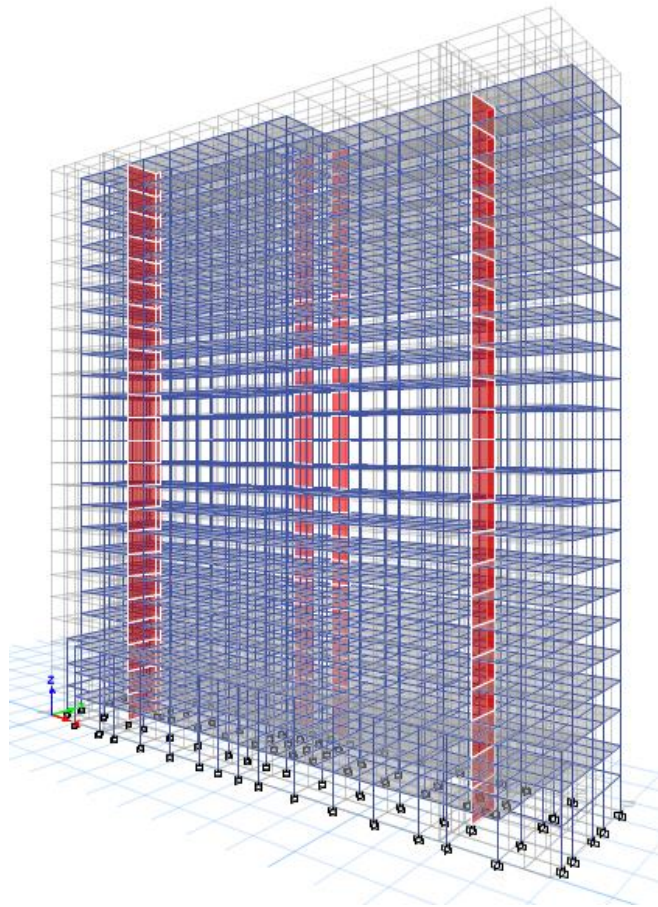
- $\varnothing < 13$ mm, BJTP-24, $f_y = 240$ Mpa
- $D \geq 13$ mm, BJTS-40, $f_y = 400$ MPa

9. Sistem pengecoran: *Ready mix*

10. Penutup atap: Strukur beton bertulang

3.4.2 Pemodelan 3D

Pembuatan model struktur bangunan dengan pemodelan 3D sesuai dengan data dan informasi dari bangunan Apartemen Puri *Parkview*. Pemodelan seluruh elemen struktur dimulai dengan membuat grid- data, membuat material, dimensi elemen struktur, dan menggambar elemen struktur sesuai denah pada gambar kerja gedung.



Gambar 19. Pemodelan 3 Dimensi Apartemen Puri *Parkview* pada Program Etabs V.18

3.4.3 Input Pembebanan

Perhitungan pembebanan dihitung sesuai dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987). Untuk 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 Jakarta.

a. Beban Mati

Dengan menggunakan dimensi dari masing-masing komponen struktur pada gedung Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia, 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/m²

Volume (m³) = Panjang x Lebar x Tinggi

Untuk komponen struktur lainnya disesuaikan dengan PPPURG 1987.

b. Beban Hidup

Beban hidup pada struktur disesuaikan dengan PPPURG 1987.

c. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dihitung sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung (SNI 1726-2019). Pada penelitian ini beban gempa yang digunakan untuk menentukan level kinerja struktur berdasarkan tiga model analisis, yaitu Analisis Respon Spektrum, Analisis Pushover, dan Analisis Statik Ekuivalen.

Berdasarkan SNI 1726-2019 maka kombinasi pembebanan yang akan digunakan pada analisis ini adalah sebagai berikut:

A. Kombinasi Beban Ultimit

- 1) 1,4D
- 2) 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
- 3) 1,2D + L + 1,6(Lr atau R)
- 4) 1,2D + Ev + Eh + L:
 - a) $(1,2 + 0,2SDs) D \pm \rho Ex \pm 0,3\rho Ey + L$
 - b) $(1,2 + 0,2SDs) D \pm \rho Ey \pm 0,3\rho Ex + L$
- 5) 0,9D – Ev + Eh:
 - a) $(0,9 - 0,2SDs) D \pm \rho Ex \pm 0,3\rho Ey$
 - b) $(0,9 - 0,2SDs) D \pm \rho Ey \pm 0,3\rho Ex$

B. Kombinasi Beban Layan

- 1) D
- 2) D + L
- 3) D + (Lr atau R)
- 4) D + (Lr atau R)
- 5) $D + 0,7E_v + 0,7E_h$:
 - a) $(1 + 0,14SD_s) D \pm 0,7\rho E_x \pm 0,21\rho E_y$
 - b) $(1 + 0,14SD_s) D \pm 0,7\rho E_y \pm 0,21\rho E_x$
- 6) $D + 0,525E_v + 0,525E_h + 0,75L$:
 - a) $(1 + 0,105SD_s) D \pm 0,525\rho E_x \pm 0,1575\rho E_y + 0,75L$
 - b) $(1 + 0,105SD_s) D \pm 0,525\rho E_y \pm 0,1575\rho E_x + 0,75L$
- 7) $0,6D - 0,7E_v + 0,7E_h$:
 - a) $(0,6 - 0,14SD_s) D \pm 0,7\rho E_x \pm 0,21\rho E_y$
 - b) $(0,6 - 0,14SD_s) D \pm 0,7\rho E_y \pm 0,21\rho E_x$

Keterangan:

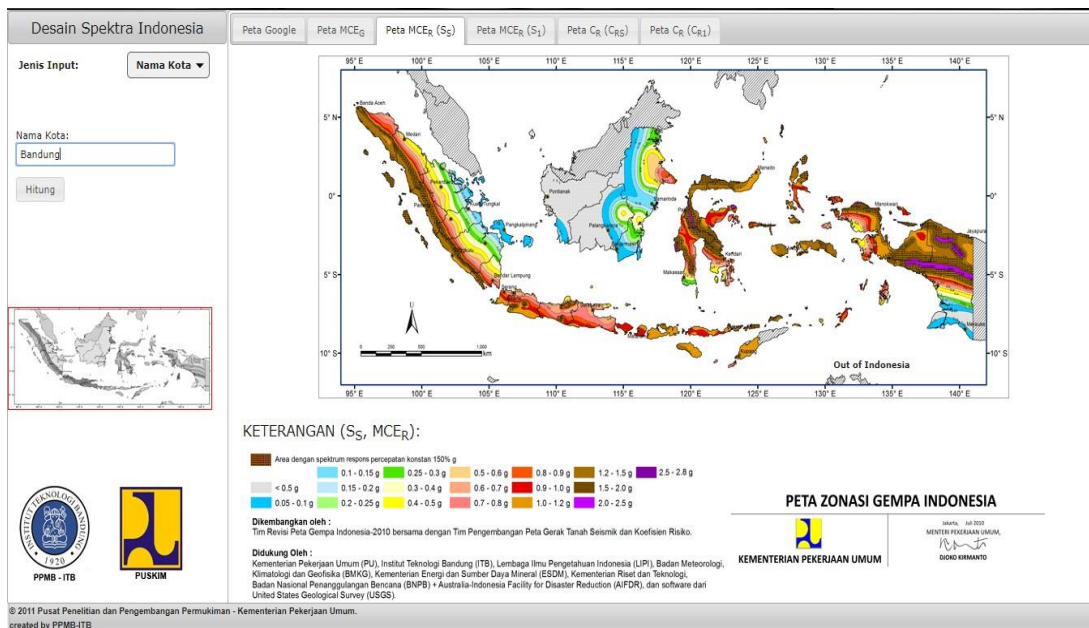
- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- Lr = Beban hidup atap
- SDs = Respons percepatan pada periode pendek
- ρ = Faktor redundansi
- E_x = Beban gempa arah X dengan faktor pengali ($I \cdot R/g$)
- E_y = Beban gempa arah Y dengan faktor pengali ($I \cdot R/g$)
- I = Koefisien faktor keutamaan gedung
- R = Koefisien reduksi gedung
- G = Gaya gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

3.4.4 Analisis Respons Spektrum

Pada analisis respon spektrum perhitungan dimulai dengan, menentukan kategori risiko bangunan gedung untuk beban gempa, menentukan parameter percepatan gempa batuan dasar pada periode pendek dan periode 1 detik untuk daerah lokasi proyek, menentukan kelas situs tanah berdasarkan batuan dasar permukaan tanah, menentukan parameter dan koefisien situs respons spektral percepatan gempa maksimum yang mempertimbangkan risiko tertarget (MCER), selanjutnya menentukan spektrum respons desain.

Data respon spektrum didapatkan dari website desain spektra puskim berdasarkan klasifikasi situs setempat. Data respon spektrum diperlukan untuk menentukan nilai pada analisa modal dan juga untuk menentukan titik kinerja (*performance point*).

Untuk menentukan nilai parameter percepatan gempa batuan dasar pada periode pendek dan periode 1 detik, atau nilai S_{DS} dan S_{D1} yang digunakan untuk membuat kurva respon spektrum desain berdasarkan program yang telah disediakan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada *website* berikut:



Gambar 20. Peta Zonasi Gempa Indonesia

(Sumber : http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)

3.4.5 Analisis Statik Ekuivalen

Analisis gaya lateral ekuivalen atau yang sering dikenal sebagai prosedur statik ekuivalen adalah prosedur analisis untuk perhitungan beban gempa. Serangkaian gaya lateral dibebankan pada struktur untuk mewakili efek gerakan tanah akibat gempa. Analisis ini mencakup:

1. Perhitungan berat seismik efektif (W_i).
2. Perhitungan koefisien respons seismik (C_s).
3. Perhitungan geser dasar seismik (V).
4. Distribusi vertikal gaya gempa.
5. Distribusi horizontal gaya gempa.

3.4.6 Analisis *Pushover*

Jika beban gempa sudah dihitung sampai didapatkan kurva respon spektrum dan kondisi struktur yang aman, selanjutnya dilakukan analisis statik non linier atau analisis *pushover* menggunakan program ETABS V.18.1.1 untuk mendapatkan kurva kapasitas.

Pada *static pushover case* dibuat dua macam pembebanan, dimana yang pertama adalah pembebanan akibat beban gravitasi. Dalam analisis ini beban gravitasi yang digunakan adalah beban mati dengan koefisien 1 dan beban hidup dengan koefisien 1 (analisa tanpa dipengaruhi *load factor*) yang diberi nama GRAVITY. Setelah kondisi pertama selesai dijalankan, pembebanan bangunan dilanjutkan dengan kondisi kedua yakni akibat beban lateral. Pola beban lateral yang mewakili gaya inersia akibat gempa pada tiap lantai, yang diperoleh dari pembebanan dengan pola beban mengikuti mode struktur. Arah pembebanan lateral dilakukan searah dengan sumbu x dan y bangunan. Pada *static pushover case* untuk beban lateral, dipilih *push to load level defined by pattern*, yang artinya dalam analisa *pushover*, target *displacement* dicapai dengan memberikan pola pembebanan secara *incremental*. Pada penelitian ini *pushover case* untuk beban lateral akibat gempa diberi nama PUSHOVER. Hasil *pushover* disimpan secara *multiple states*. Hasil dari analisa *pushover* adalah kurva kapasitas dan skema terbentuknya sendi plastis.

3.4.7 Running Struktur

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui apakah kondisi bangunan yang dimodelkan pada ETABS V.18.1.1 memenuhi kriteria keamanan, dilihat dari visual yang ada pada ETABS V.18.1.1 yang apabila gedung tersebut tidak memenuhi tingkat keamanan terhadap pembebanan yang diberikan, maka gambar elemen struktur akan terlihat berwarna merah.

Jika elemen struktur tidak berada pada rentang antara warna biru muda hingga kuning, maka struktur dinyatakan tidak kuat menahan beban yang bekerja, dan diperlukan pengecekan ulang terhadap dimensi tiap elemen struktur. Bila yang terlihat elemen struktur berada pada rentang warna biru muda hingga kuning.

3.4.8 Kontrol Desain

3.4.8.1 Kontrol Gaya Geser Dasar

Nilai gaya geser dasar dari hasil analisis dinamik (V_t) harus lebih besar sama dengan 100% V_{statik} atau $V_t \geq 100\% V$. Ketentuan mengenai kontrol gaya geser dasar diatur dalam SNI-1726-2019, pasal 7.9.1.4.1, mengenai penskalaan gaya. Jika gaya geser dasar hasil analisis respon spektrum lebih kecil dari gaya geser dasar yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen, maka percepatan gempa harus diperbesar dengan cara dikalikan dengan V/V_t hingga memenuhi syarat.

3.4.8.2 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Nilai simpangan antar lantai desain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin. Ketentuan mengenai simpangan antar lantai diatur dalam SNI-1726-2019, pasal 7.12.1, mengenai batasan simpangan antar lantai.

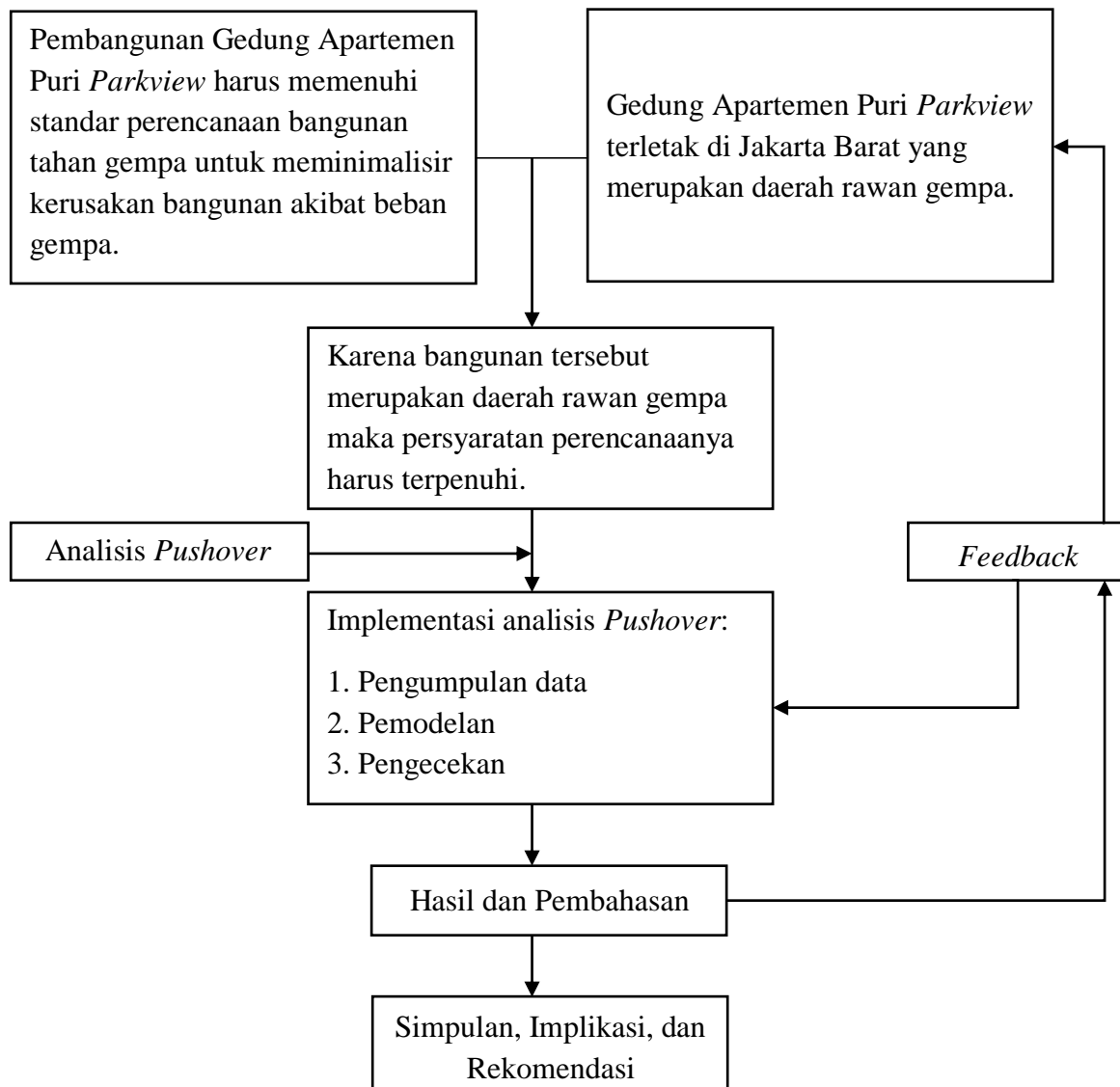
3.4.9 Menentukan *Performance Point*

Performance point (tingkat kinerja) adalah perpotongan antara kurva kapasitas dengan kurva respon spektrum rencana. 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.

3.4.10 Evaluasi Kinerja Struktur

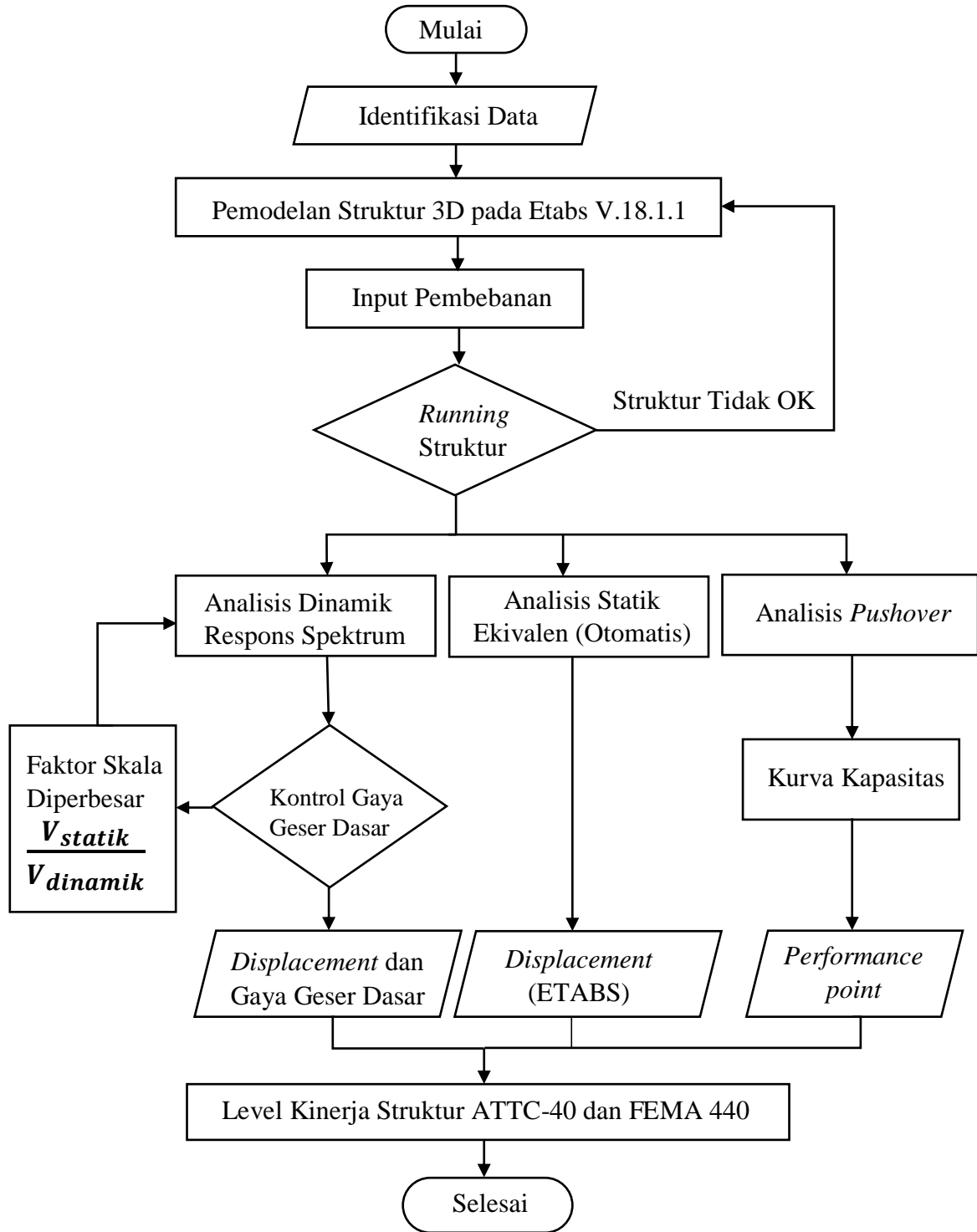
Dari *performance point* didapatkan nilai *roof displacement*, gaya geser dasar, dan skema distribusi sendi plastis pada balok dan kolom. Dari nilai *roof displacement* akan diketahui kriteria kinerja struktur berdasarkan ATC-40 dan FEMA 440. Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat dibuat kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

3.5 Kerangka Berpikir



Gambar 21. Kerangka Berpikir

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 22. Diagram Alir Penelitian