

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian digunakan bangunan gedung Apartemen Technoplex Living, Jalan Telekomunikasi No 1, Bandung, Jawa Barat.

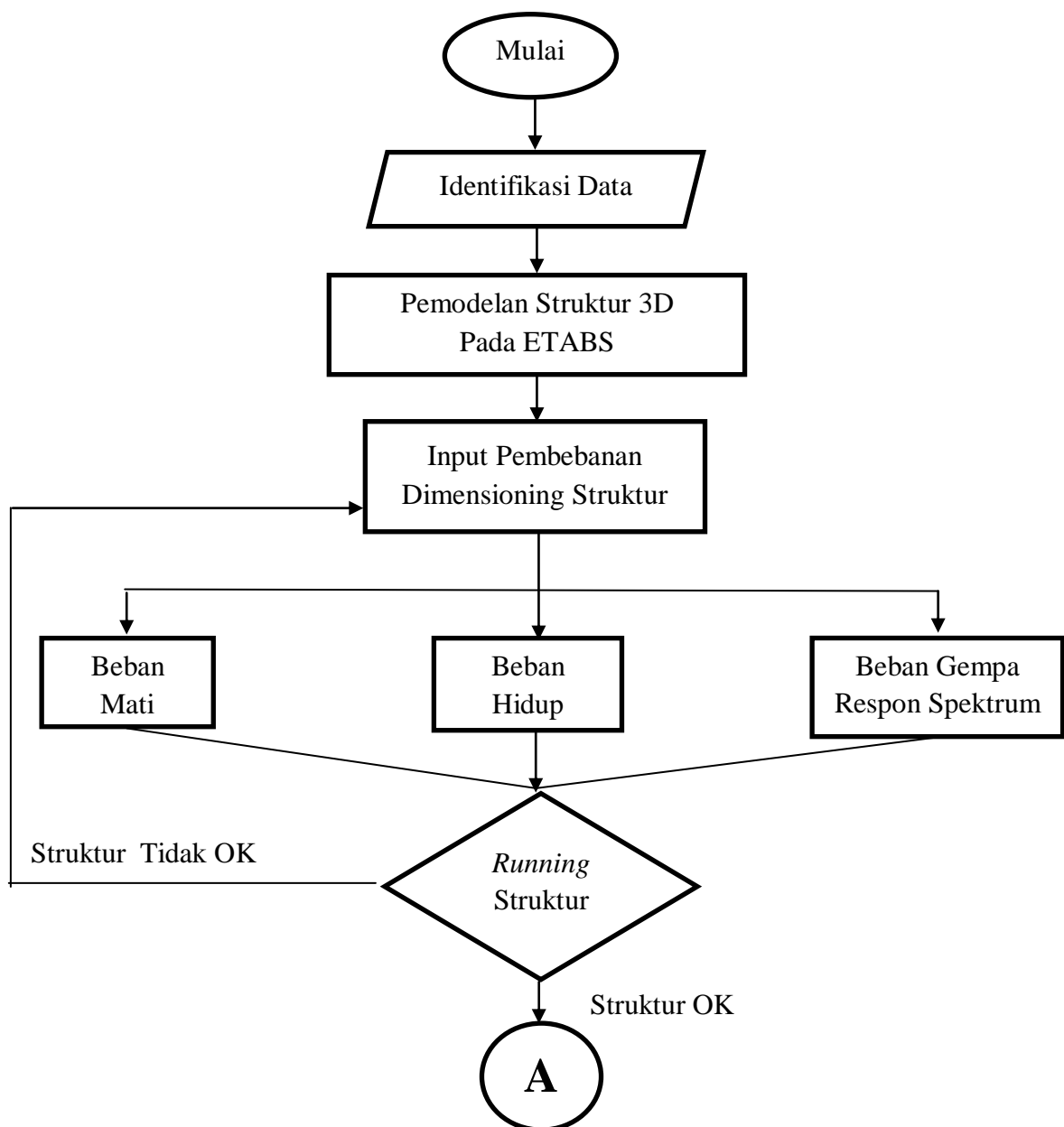


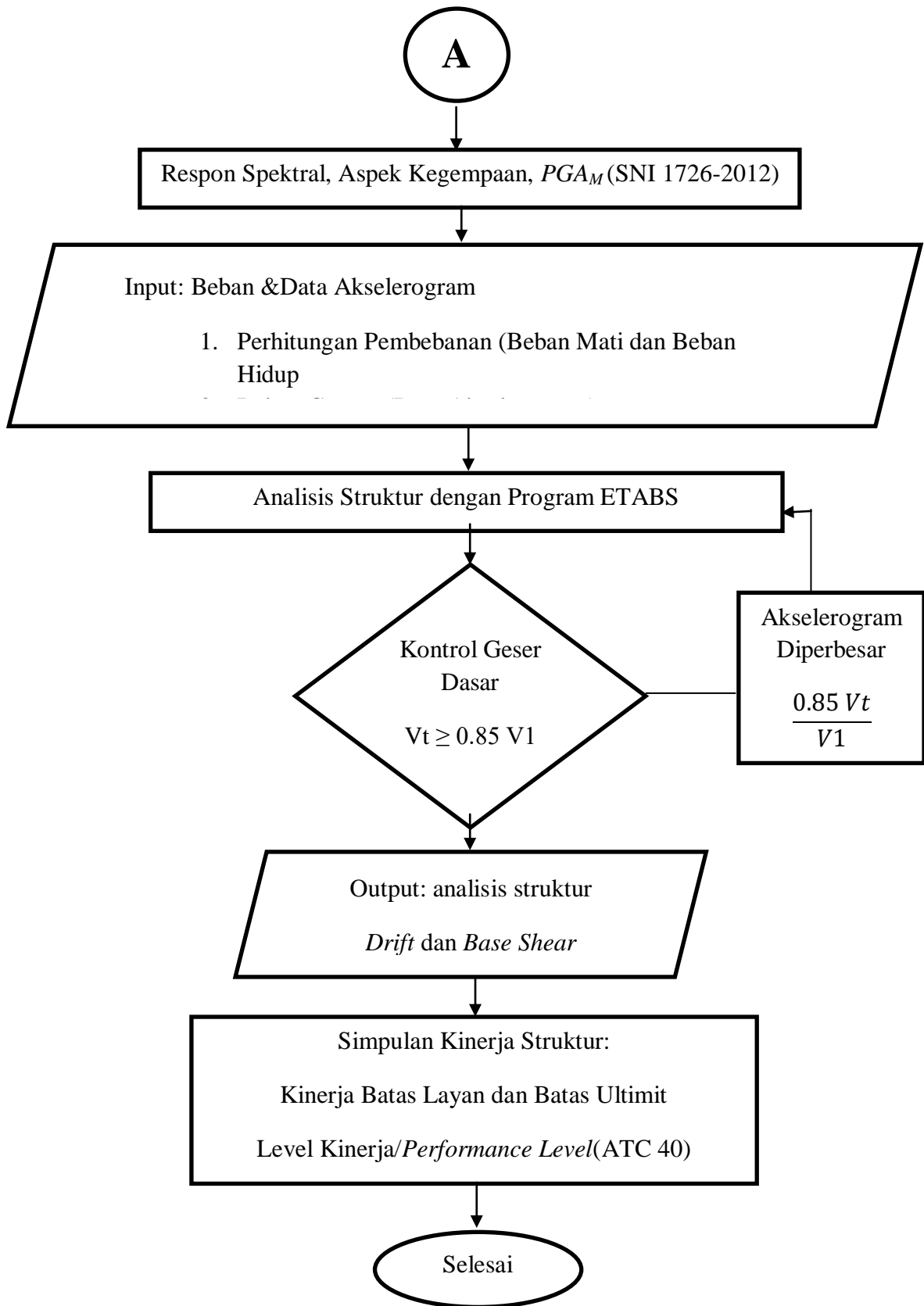
Gambar 3.1 Lokasi Proyek Apartemen Technoplex Living
Sumber : Data Satelit Citra Google Earth 2016

Gedung Apartemen Technoplex Living merupakan struktur beton bertulang dengan jumlah lantai 24. Apartemen ini memiliki tempat yang strategis karena akses yang mudah dan dekat menuju berbagai fasilitas seperti fasilitas olahraga, hiburan (Coffee Shop, Café, TransMart, Yogya), dan pendidikan (STT Telkom)

3.2 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis pada Gedung apartemen Technoplex Living dengan menggunakan metode dinamik *time history*, namun sebelum menggunakan metode dinamik *time history*, struktur diberi beban gempa respon spektrum terlebih dahulu untuk mengetahui aman atau tidak struktur bangunan struktur yang ditinjau, jika aman maka dapat dilanjutkan dengan analisis *time history* Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan penulis dalam penelitian ini seperti pada diagram alir sebagai berikut:





Gambar 3.2. Diagram Alir Analisis Struktur Metode *Time History*

3.1 Tahapan Analisis

3.1.1 Identifikasi Data

Data yang didapat adalah data struktur dan *shop drawing* Apartemen Technoplex Living yang dipergunakan untuk pemodelan struktur 3D yang selanjutnya dianalisis dengan bantuan ETABS.

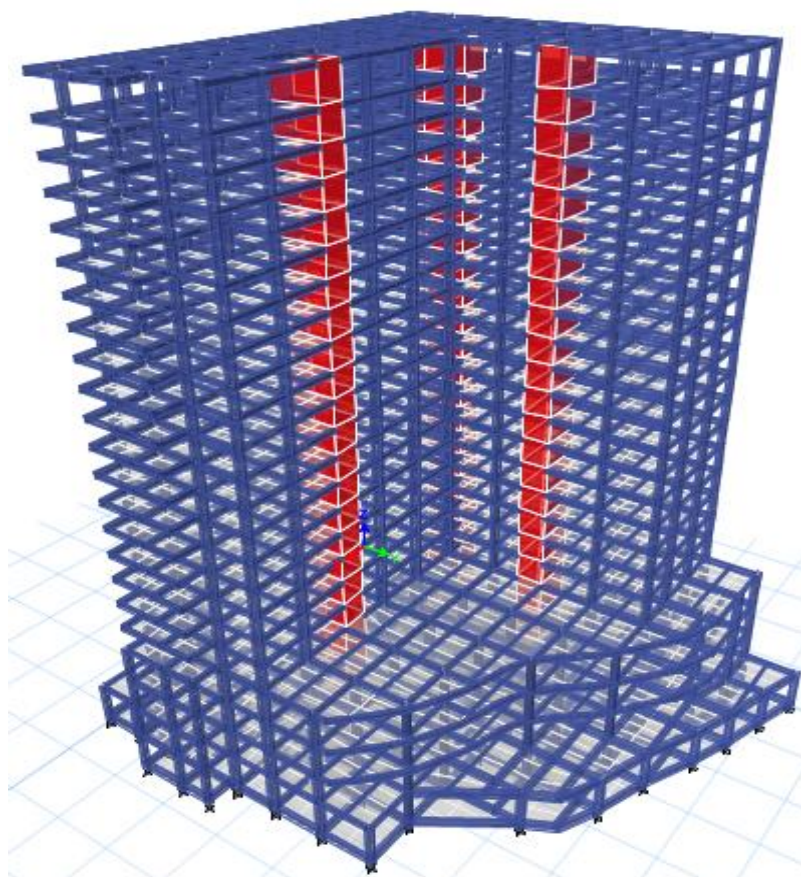
Adapun deskripsi dari Gedung Apartement Technoplex Living ditunjukkan dalam tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1 Deskripsi Struktur Gedung Apartemen Technoplex Living

Fungsi Gedung	Apartemen
Jumlah Lantai	24
Luas Lantai Tipikal	1.0809 m ²
Tinggi Lantai Tipikal	3,5 m (Lantai Atap) 2,9 m (Lantai 2-Lantai 20) 4,5 m (Ground Floor)
Tinggi Maksimum Gedung	74,9 m

3.1.2 Pemodelan Struktur 3D dengan ETABS

Pada pemodelan tiga dimensi dimulai dengan mendefinisikan dimensi dan material elemen struktur yang akan digunakan sesuai dengan *shop drawing* apartemen Technoplex Living seperti balok, kolom dan dinding geser. Setelah mendefinisikan elemen struktur yang akan digunakan gambarkan elemen struktur sesuai dengan posisi yang terdapat pada *shop drawing*. Tidak terdapat delatasi pada Gedung Apartemen Technoplex Living.



Gambar 3.3 Pemodelan 3D Apartemen Technoplex Living Bandung
Sumber : Gambar Penulis dengan program ETABS 2016

3.1.3 Input Pembebanan & Dimensioning Struktur

Pembebanan pada struktur apartemen Technoplex Living disesuaikan dengan peruntukan ruangan yang terdapat pada gambar arsitek, adapun beberapa beban adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban yang muncul akibat berat sendiri elemen struktur maupun beban finishing. Berat sendiri elemen struktur seperti kolom, balok dan pelat lantai dihitung secara manual maupun secara otomatis dengan program ETABS. Berat sendiri dari elemen struktur ini tergantung pada berat jenis material elemen struktur tersebut. Menghitung beban mati secara manual adalah dengan cara menghitung dimensi elemen lalu menghitung volume dan dikalikan dengan berat

jenis dari elemen struktur tersebut, adapun beberapa mutu material yang digunakan pada Gedung Apartemen Technoplex Living adalah sebagai berikut:

A. Beton

Beton yang digunakan dalam bangunan struktur apartemen Technoplex Living terdiri dari beberapa spesifikasi yaitu:

1) Beton K-450

Mutu beton ($f'c$) = 37,35 Mpa
 Modulus elastisitas beton = 28723,8837 Mpa

2) Beton K-400

Mutu beton ($f'c$) = 33,20 Mpa
 Modulus elastisitas beton = 27081,1373 Mpa

3) Beton K-350

Mutu beton ($f'c$) = 29,05 Mpa
 Modulus elastisitas beton = 25332,0844 Mpa

4) Beton K-300

Mutu beton ($f'c$) = 24,90 Mpa
 Modulus elastisitas beton = 23452,953 Mpa

B. Baja Tulangan

Baja tulangan yang digunakan dalam bangunan struktur apartemen Technoplex Living terdiri dari beberapa spesifikasi yaitu baja tulangan polos dengan BJTP 24 dengan nilai f_y sebesar 240 Mpa dan baja tulangan ulir (deform) dengan BJTD39 dengan nilai f_y sebesar 390 Mpa.

Tabel 3.2 Berat Jenis Material

Material	Berat jenis (kg/m^3)
Beton	2200
Beton Bertulang	2400
Bata Ringan	650

Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)

Tabel 3.3 Beban Mati Tambahan

Material	Berat (kg/m ²)
Spesi (adukan semen) 1 cm	21
Keramik	24
Plafon dan penggantung	18

Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)

Selain material adapun beberapa tipe elemen struktur pada gedung Apartemen Technoplex Living sebagai berikut:

Tabel 3.4 Tipe Pelat Lantai

Tipe Plat	Tebal Plat (cm)
S0	30
S1	14
S2	13
S3	20
S4	15

Untuk pelat pada lantai dasar sampai dengan lantai dasar – lantai 10 digunakan mutu beton K-350 dan untuk lantai 11 sampai dengan lantai atap digunakan mutu beton K-300.

Tipe Balok yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.5 Tipe Balok

Tipe Balok	Dimensi (mm)
B1	400 x 700
B3	250 x 500
B3A	300 x 500
B4	250 x 400
B4A	250 x 400
BA3	200 x 300
BA4	250 x 500
BK1	300 x 600
BK2	250 x 500

Untuk balok pada lantai dasar sampai dengan lantai dasar – lantai 10 digunakan mutu beton K-350 dan untuk lantai 11 sampai dengan lantai atap digunakan mutu beton K-300.

Tipe Kolom yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.6. Tipe Kolom

Tipe Kolom	Dimensi (mm)
K1-1	500 x 1000
K1-2	400 x 1000
K1-3	400 x 900
K1-4	400 x 800
K1B	500 x 1000
K1C	500 x 1000
K1D	500 x 1000
K1E	500 x 1000
K1F	500 x 1000
K2-1	800 x 800
k2-2	700 x 700
K3	600 x 600
K3A	550 x 550
K4	D-700
K5-1	500 x 1000
K5-2	400 x 1000
K5-3	400 x 900
K5-4	400 x 800

Untuk kolom pada lantai dasar sampai dengan lantai dasar – lantai 10 digunakan mutu beton K-450 dan untuk lantai 11 sampai dengan lantai atap digunakan mutu beton K-400.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup dalam perencanaan disesuaikan dengan fungsi dari ruangan yang digunakan

Tabel 3.7. Beban Hidup (*Live Load*)

Fungsi Ruangan	Beban Hidup (kg/m ²)
Unit Apartemen	250
Toilet	250
Koridor Apartemen	300
Atap Dak	100

Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)

3. Beban Gempa (*Quake Load*)

Dalam penentuan beban gempa terdapat beberapa parameter yang harus ditentukan terlebih dahulu sebelum dibuatnya grafik respons spektrum yang nantinya digunakan sebagai fungsi beban dalam proses analisis, adapun parameter yang harus ditentukan adalah sebagai berikut:

Kategori Risiko Struktur

Nilai kategori risiko struktur bangunan apartemen Technoplex Living didapatkan dari tabel 2.1 atau pada SNI 1726-2012 (tabel 1). Sesuai dengan fungsi bangunan yaitu sebagai apartemen, maka gedung Apartemen Technoplex Living masuk kedalam kategori risiko II.

Faktor Keutamaan Bangunan (I)

Nilai faktor keutamaan gedung dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.2 atau pada SNI 1726-2012 (tabel 2) dan disesuaikan dengan nilai kategori risiko struktur, maka didapatkan faktor keutamaan bangunan gedung Apartemen Technoplex Living sebesar 1.

Koefisien Modifikasi Respon (R)

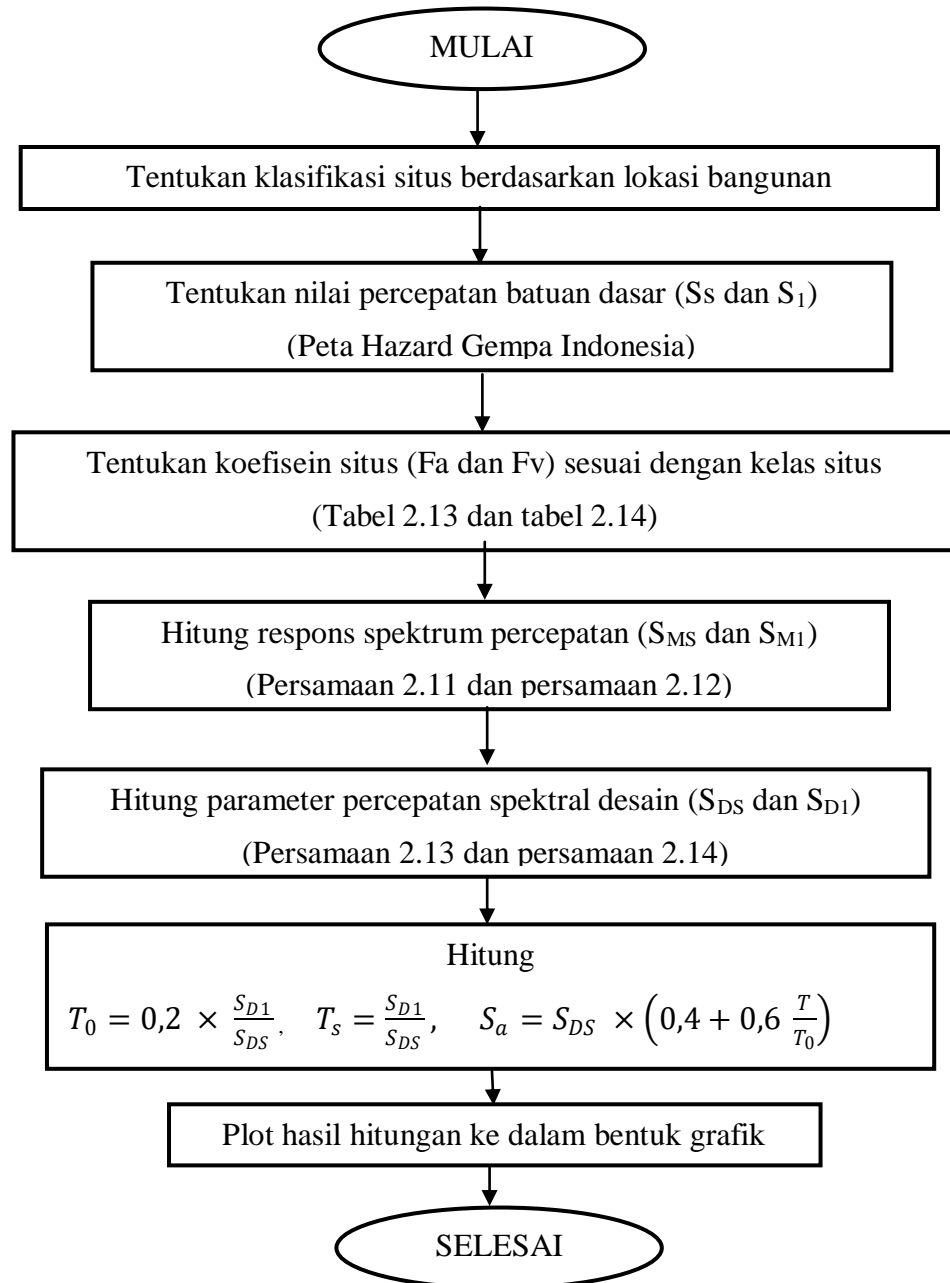
Nilai dari koefisien modifikasi respon dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.3 atau SNI 1726-2012 (tabel 9) sesuai dengan jenis sistem struktur yang digunakan dalam pemodelan bangunan gedung apartemen Technoplex Living, maka didapatkan nilai R sebesar 6 (sistem ganda dengan dinding geser beton biasa).

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.

Parameter Respons Spektrum

Dalam mencari parameter respons spektrum terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan, adapun tahapan yang dilakukan digambarkan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.4 Diagram Alir Membuat Respon Spektrum

Kategori Desain Seismik

Dalam memilih kategori desain seismik dapat digunakan tabel 2.10 dan 2.11 atau pada SNI 1726-2012 (tabel 6 dan tabel 7) berdasarkan S_{DS} atau S_{DI} . Sehingga untuk Apartemen Technoplex Living yang berlokasi di Bandung masuk kedalam kategori risiko desain seismik D.

a. Running Struktur

Analisis dengan metode respons spektrum yang dilakukan dengan program ETABS termasuk analisis beban gempa linier bukan non linier.

b. Kontrol Gaya Geser Dasar

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

$$FS = \frac{I g}{R} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$FS = \frac{1 \times 9,81}{6} = 1,635$$

Dimana:

I = faktor keutamaan gempa

g = besaran gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

R = koefisien modifikasi respons

Faktor skala pada persamaan 3.1 merupakan faktor skala untuk beban gempa sebesar 100 persen sedangkan untuk beban gempa sebesar 30 persen maka tinggal dikalikan dengan faktor skala tersebut.

Untuk kontrol gaya geser dasar digunakan persamaan berikut:

$$V_{Dinamik} \geq 0,85 V_{Statik} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

$V_{Dinamik}$ = gaya geser yang didapatkan dari hasil analisis respon spectrum

V_{Statik} = gaya geser yang dihitung secara manual

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

$$V = C_s \times W \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

Nilai W (berat seismik efektif) merupakan berat bangunan gedung keseluruhan yang terdiri dari beban hidup dan beban mati yang dihitung secara manual maupun dengan program ETABS v.14.

Untuk mendapatkan nilai C_s dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

S_1 = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda sebesar 1 detik

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

T = perioda fundamental struktur (detik)

Apabila tidak memenuhi persamaan 3.2 maka faktor skala harus dirubah, adapun persamaan yang digunakan untuk merubah faktor skala adalah:

$$x = \frac{0,85 V_{Statik}}{V_{Dinamik}} \dots\dots\dots (3.5)$$

Hasil dari persamaan diatas digunakan sebagai faktor pengali faktor skala yang sebelumnya.

3.1.4 Running Struktur

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui apakah kondisi bangunan yang dimodelkan pada ETABS memenuhi kriteria keamanan, dilihat dari visual yang ada pada ETABS 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, maka pemodelan dilanjutkan pada analisis *time history*.

3.1.5 Analisis Time History

A. Percepatan Puncak Permukaan Tanah

Parameter kegempaan dalam analisis riwayat waktu adalah percepatan puncak permukaan tanah (Peak Ground Acceleration / PGA) dengan level gempa probabilitas terlampaui sebesar 2% selama 50 tahun umur struktur bangunan (Pasal 4.1.1, SNI-1726-2012, mengenai gempa rencana). Nilai PGA yang diperoleh dari Gambar 2.3, Peta Hazard Gempa Indonesia yang terlampir dalam SNI-1726-2012.

B. Koefisien Situs

Nilai PGA menjadi acuan dalam menentukan nilai koefisien situs F PGA, yang diperoleh dari Tabel 2.7 atau Tabel 8 SNI-1726-2012. Percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs (PGAM) dihitung dengan Persamaan 2.9.

C. Pemilihan Percepatan Gempa Masukan (Akselerogram)

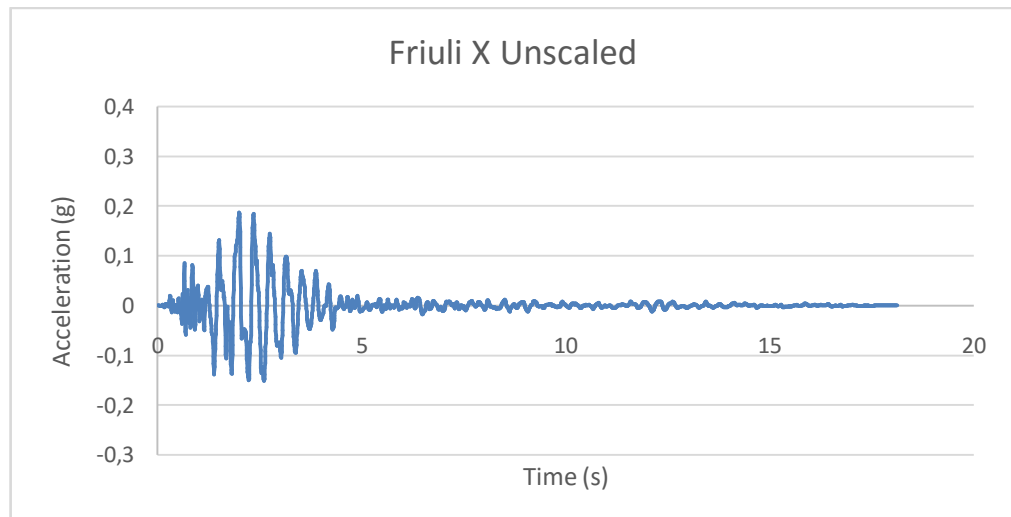
Akselerogram yang dipilih dalam analisis *time history* pada level gempa rencana harus memenuhi persyaratan seperti yang ditetapkan dalam Pasal 11.1.3.2, SNI1726-2012 sebagai berikut:

- 1) Gerak tanah yang sesuai harus diseleksi dari peristiwa-peristiwa gempa yang memiliki magnitudo, jarak patahan, dan mekanisme sumber gempa yang konsisten dengan hal-hal yang mengontrol ketentuan gempa maksimum yang dipertimbangkan.
- 2) Respon spektrum dari gempa aktual (redaman 5%) yang dipilih sebagai gerak tanah masukan, rata-rata nilai percepatannya harus berdekatan dengan respon spektrum dari gempa rencana (redaman 5%) pada periode $0,2T - 1,5T$.

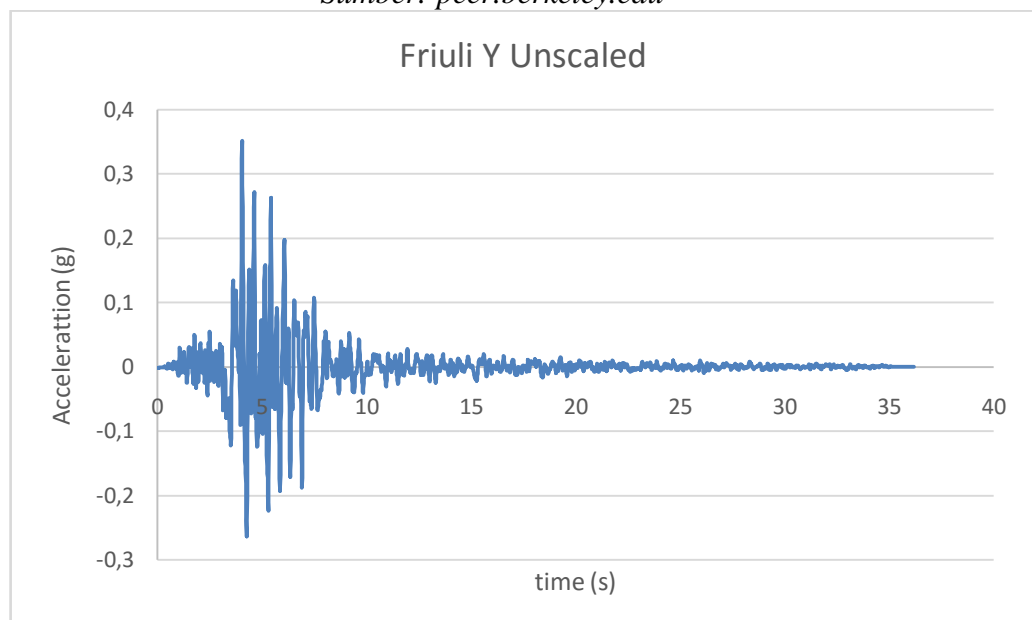
Percepatan gempa yang dipilih harus memiliki respon spektrum yang berdekatan dengan respon spektrum elastik desain, kemudian percepatan gempa yang dipilih dimodifikasi dengan menskalakan rekam gempa menggunakan Persamaan 2.2.

Namun untuk memaksimalkan penskalaan dapat dibantu dengan program bantu SeismoMatch agar respon spektrumnya konvergen dengan respon spektrum elastik desain. Pada tugas akhir ini rekaman gempa menggunakan 3 (tiga) data yaitu Gempa Kobe di Jepang (1995), Imperial Valley di California (1979) dan Friuli di Italia (1978). Pemilihan tersebut berdasarkan magnitudo yang berdekatan nilai nya dengan gempa di Bandung dengan magnitudo 6,5.

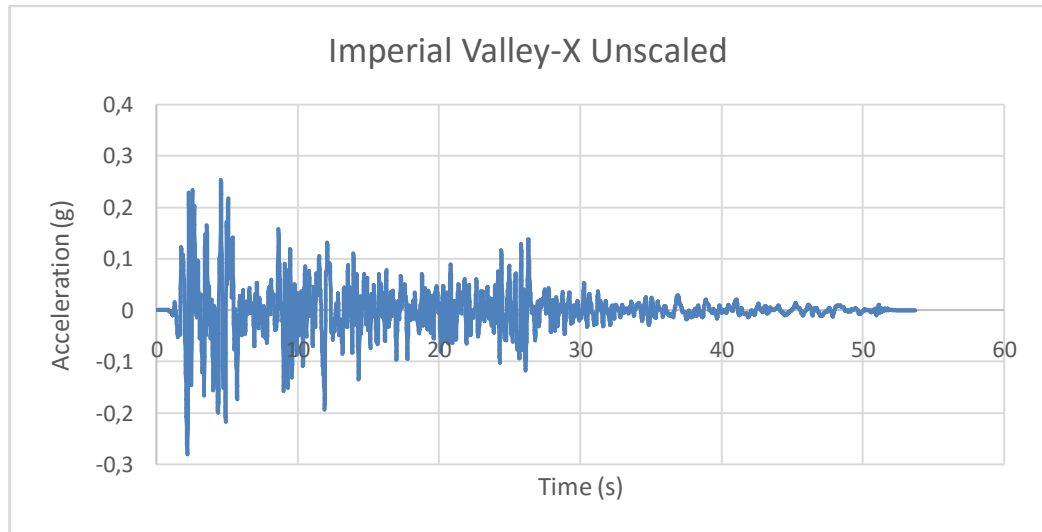
Data gempa berupa *groundmotion* yang diambil dari *website* PEER adalah data asli yang belum diskala terhadap gempa Bandung. Data *ground motion unscaled* dapat dilihat pada gambar 3.5 s/d gambar 3.10.



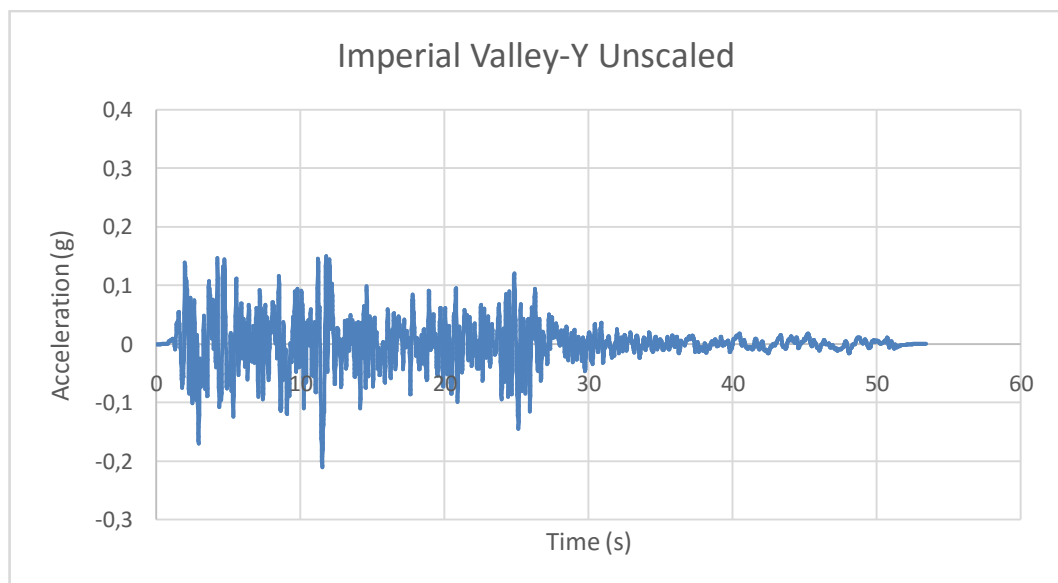
Gambar 3.5 *Ground Motion Gempa Friuli – X*
Sumber: *peer.berkeley.edu*



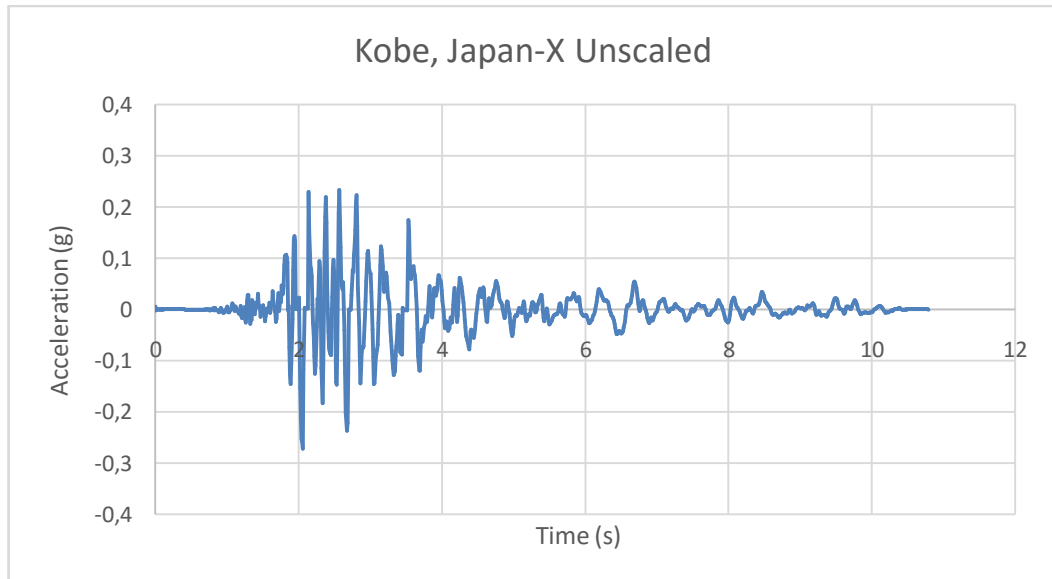
Gambar 3.6 *Ground Motion Gempa Friuli – Y*
Sumber: *peer.berkeley.edu*



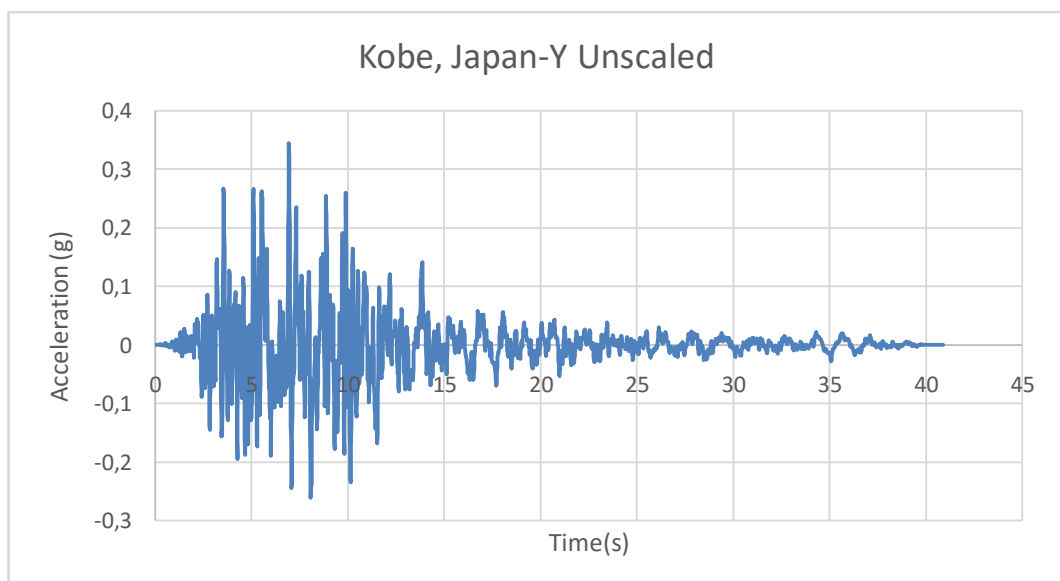
Gambar 3.7 *Ground Motion Imperial Valley – X*
Sumber: peer.berkeley.edu



Gambar 3.8 *Ground Motion Imperial Valley – Y*
Sumber: peer.berkeley.edu



Gambar 3.9 *Ground Motion Kobe – X*
Sumber: peer.berkeley.edu



Gambar 3.10 *Ground Motion Kobe – Y*
Sumber: peer.berkeley.edu

D. Penskalaan Percepatan Puncak Permukaan Tanah

Pasal 11.1.4, SNI-1726-2012, mengenai parameter respons menetapkan setiap gerak tanah dalam analisis harus dikalikan (diskalakan) dengan I/R (sesuai

konsep desain kapasitas), maka perhitungan $PGAM$ (diskalakan) atau percepatan puncak permukaan tanah setempat dihitung dengan Persamaan 2.18.

E. Penskalaan Percepatan Gempa Masukan

Percepatan gempa maksimum masukan dari akselerogram pilihan disetarakan dengan percepatan permukaan tanah maksimum sesuai kondisi tanah setempat. Faktor skala diperhitungkan agar percepatan gempa masukan dari akselerogram menjadi setara dengan percepatan puncak permukaan tanah setempat dihitung dengan faktor skala berikut:

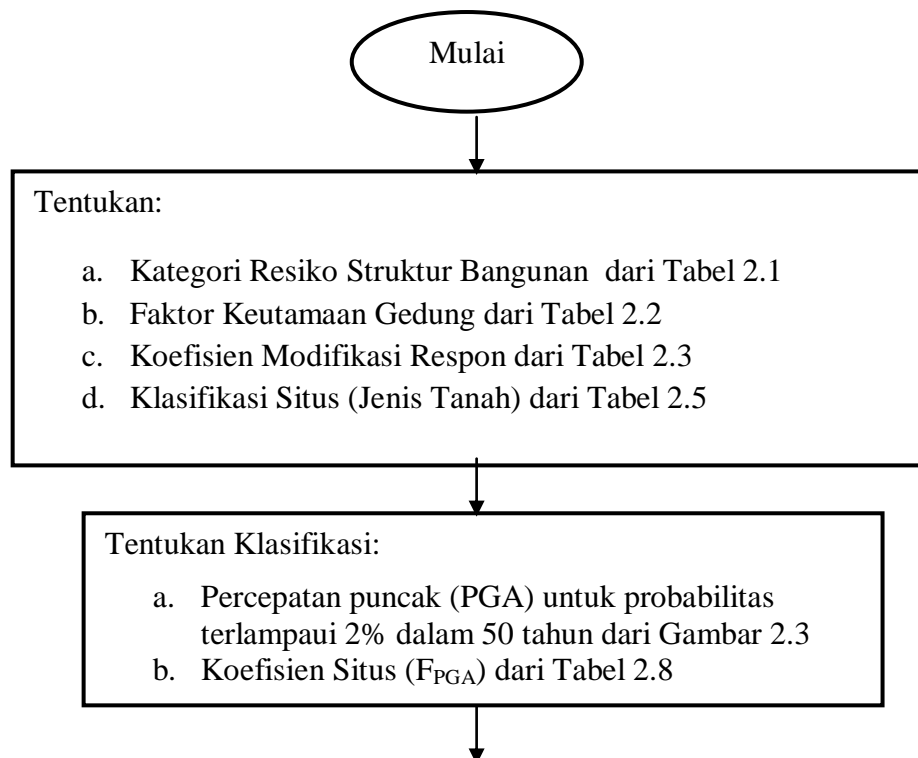
$$FS = PGAM_{(diskalakan)} / PGAM_{Max} \dots \dots \dots (3.6)$$

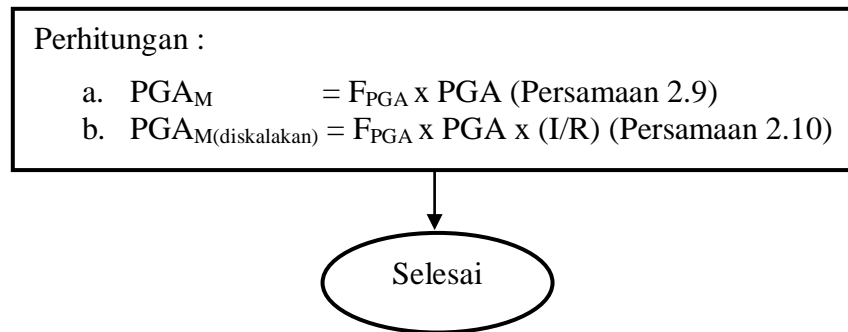
Keterangan :

$PGAM_{(diskalakan)}$ = Percepatan puncak permukaan tanah setempat

$PGAM_{Max}$ = Percepatan puncak permukaan tanah dari akselerogram

Adapun tahapan menentukan parameter percepatan permukaan puncak tanah yang dilakukan digambarkan pada diagram alir sebagai berikut:





Gambar 3.11. Diagram Alir Percepatan Tanah Puncak Situs

F. Kontrol Geser Dasar

Nilai geser dasar dari hasil analisis dinamik (V_t) harus lebih besar atau sama dengan 85% geser dasar V_{statik} ($0,85.V_1$) atau dituliskan $V_t \geq 0,85.V_1$. Akibat kombinasi percepatan gempa yang diterapkan secara orthogonal, maka geser dasar dikontrol pada arah X dan arah Y. Ketentuan mengenai kontrol geser dasar diatur dalam SNI-1726-2012, Pasal 7.9.4.1, mengenai skala gaya. Jika geser dasar hasil analisis time history $V_t < 0,85.V_1$, maka percepatan gempa masukan dikali dengan $(0,85.V_1)/V_t$ hingga memenuhi syarat.

3. 4 Hasil Analisis *Time History*

Hasil analisis *time history* pada ETABS yang menjadi acuan dalam menentukan kriteria kinerja struktur adalah respon struktur terhadap gempa yakni simpangan (*drift*) dan simpangan antar lantai. Nilai respon struktur terhadap gempa diambil dari masing-masing akselerogram gempa masukan yang memberikan nilai maksimum. Ketentuan pengambilan nilai hasil analisis *time history* dijelaskan dalam Pasal 11.1.4, SNI-1726-2012, mengenai parameter repon.

Setelah didapat nilai simpangan maksimum pada lantai atap maka didapatlah nilai *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 dari bangunan yang ditinjau.

Dari gaya geser yang didapatkan dapat diketahui kriteria kinerja struktur berdasarkan ATC-40, apakah struktur yang ditinjau masih mampu untuk menahan

gaya gempa yang terjadi atau malah mengalami keruntuhan akibat dari gempa yang terjadi.