

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 V 18.1.1. 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 baru dilakukan analisis dari hasil output ETABS V 18.1.1. Setelah didapatkan hasilnya, kemudian dapat diketahui kinerja struktur berdasarkan ATC-40 untuk meninjau kemampuan gaya gempa yang terjadi.

Dalam penelitian ini digunakan Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam yang berlokasi di Batam Centre, Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29461. Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam merupakan struktur beton bertulang dengan jumlah lantai 14 di tanah seluas 1000 m².

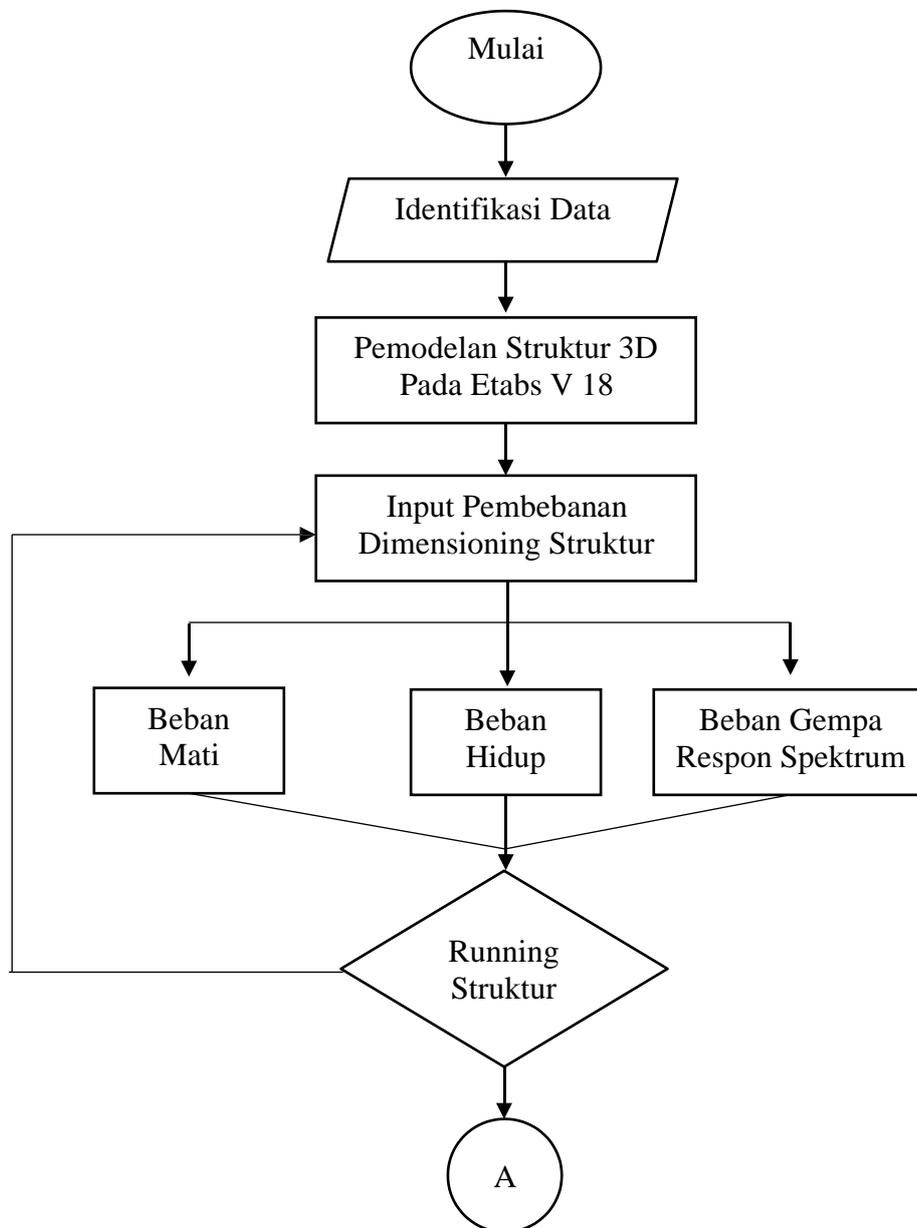


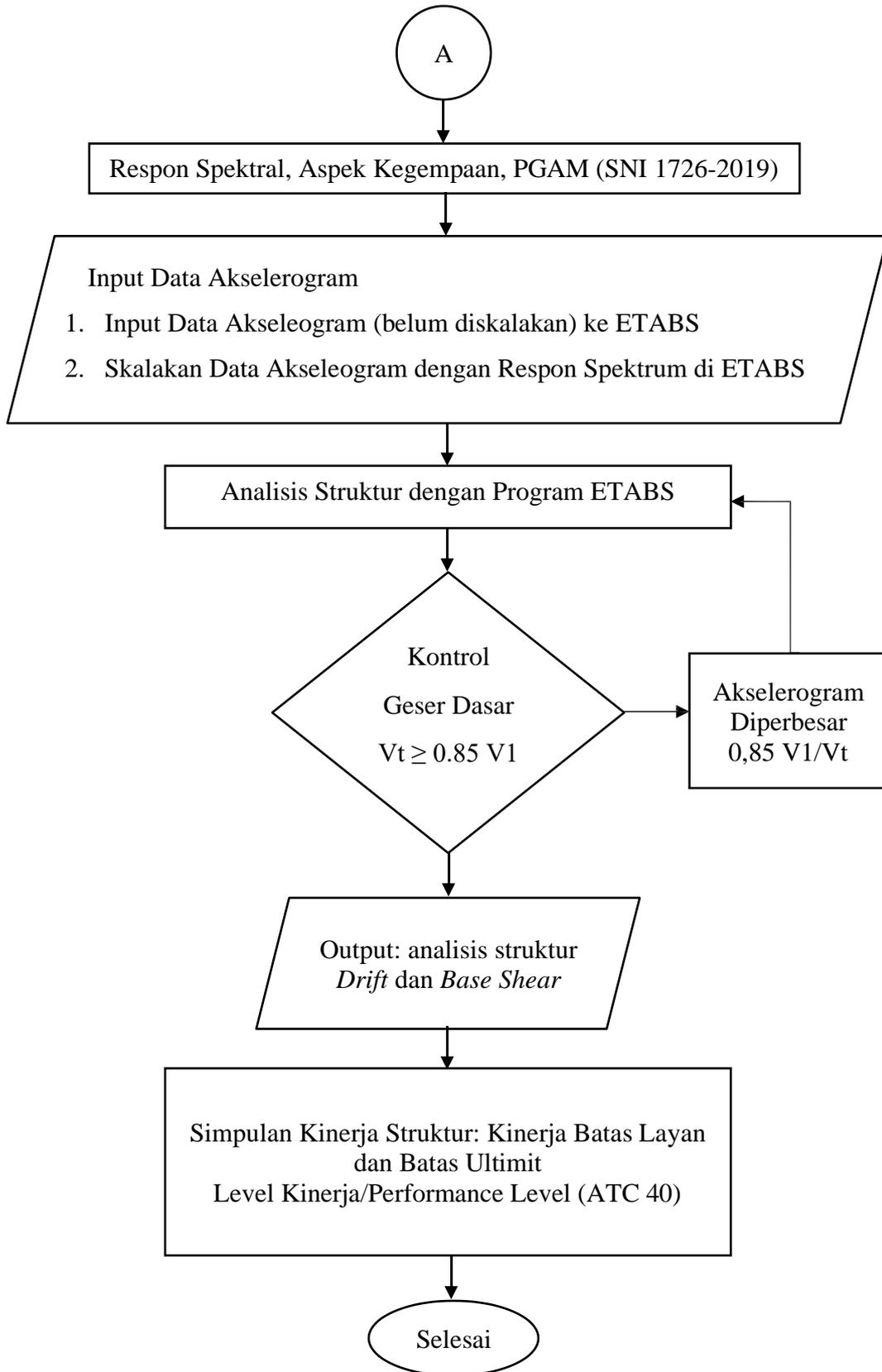
Gambar 3.1 Lokasi Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri
Batam

Sumber : Google Earth Pro (15 November 2020)

3.2 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis pada Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam dengan menggunakan metode dinamik time history dan respon spektrum. Adapun langkah analisis yang hendak dilakukan digambarkan dalam bagan alir penelitian di bawah ini:





Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

3.3 Tahap Analisis Data

3.3.1 Identifikasi Data

Data yang didapat adalah data struktur dan *shop drawing* Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam yang dipergunakan untuk pemodelan struktur 3D yang selanjutnya dianalisis dengan bantuan ETABS V 18.1.1. Deskripsi dari Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam ditunjukkan dalam tabel 3.1 di bawah ini:

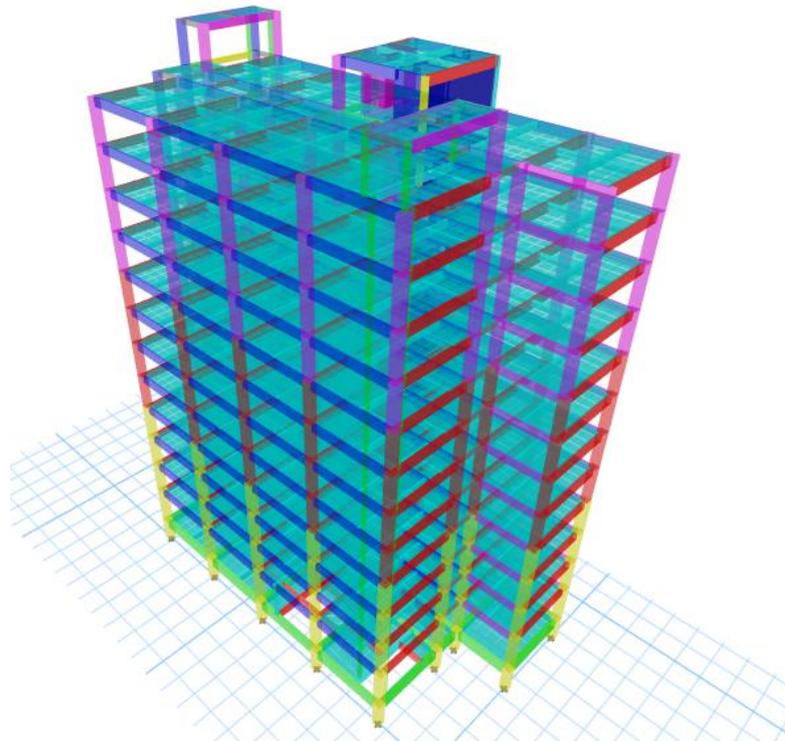
Tabel 3.1 Deskripsi Struktur Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam

Lantai	Luas (m ²)	Tinggi Lantai (m)	Elevasi (m)
1	690.1	4.5	+0,000
2	690.1	3.8	+4,500
3	690.1	3.8	+8,300
4	690.1	3.8	+12,100
5	690.1	3.8	+15,900
6	690.1	3.8	+19,700
7	690.1	3.8	+23,500
8	690.1	3.8	+27,300
9	690.1	3.8	+31,100
10	690.1	3.8	+34,900
11	690.1	3.8	+38,700
12	690.1	3.8	+42,500
Rooftop	690.1	3.8	+46,300
Atap	88	4.0	+50,300

3.3.2 Pemodelan Struktur 3D Dengan ETABS V 18.1.1

Pada pemodelan tiga dimensi dimulai dengan mendefinisikan dimensi dan material elemen struktur yang akan digunakan sesuai dengan *shop drawing* Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam. Setelah mendefinisikan elemen struktur yang akan digunakan gambarkan elemen struktur sesuai dengan posisi yang terdapat pada *shop drawing*.

Dengan menggunakan program ETABS V 18.1.1, kita dapat membuat atau merubah model, melakukan analisis, merancang/mendesain dan mengoptimalkan desain. Hasil keluaran berupa tampilan grafis yang meliputi hasil analisis gaya-gaya elemen atau tegangan, desain struktur baja atau beton, *displacement* langsung dapat diketahui. Hasil analisis dan desain dapat dipilih untuk sebagian atau keseluruhan elemen. Program ETABS V 18.1.1 menyediakan empat fasilitas untuk analisis dan desain struktur, ialah membuat model, memodifikasi, menganalisis, dan mendesain struktur.



Gambar 3.3 Pemodelan 3D Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam

Sumber : Gambar penulis dengan program ETABS V 18.1.1

3.3.3 Input Pembebanan dan Dimensioning Struktur

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 Batam.

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 V 18.1.1. 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 Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam adalah sebagai berikut:

a. Beton

Beton yang digunakan dalam bangunan struktur Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam yaitu beton K-350.

b. Baja Tulangan

Baja tulangan yang digunakan dalam bangunan struktur Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam yaitu baja tulangan ulir (deform) dengan nilai f_y sebesar 400 MPa.

Tabel 3.2 Berat Jenis Material

Material	Berat (kg/m ²)
Beton	2200
Beton Bertulang	2400
Pasangan Bata Merah	1700

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

Tabel 3.3 Beban Mati Tambahan

Material	Berat (kg/m ²)
Adukan semen, per cm tebal	21
Keramik	24
Plafon dan Penggantung	18

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

Untuk komponen struktur lainnya disesuaikan dengan PPURG SKBI-1.3.53.1987 dan SNI 1727-2013, seperti pada di bab sebelumnya. Selain material adapun beberapa tipe elemen struktur pada Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam sebagai berikut:

a. Pelat

Tabel 3.4 Pelat Pada Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam

Jenis Pelat	Tebal (mm)
Pelat Lantai	130
Pelat Atap	120
Pelat Tangga	150
Bordes	150

b. Tie Beam

Tabel 3.5 Tie Beam Pada Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri
Batam

Tipe Tie Beam	Dimensi (mm)
TB 1	500/1000
TB 2	400/800
TB 3	400/600

c. Balok

Tabel 3.6 Balok Pada Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri
Batam

Tipe Balok	Dimensi (mm)
B 1	400/700
B 2	350/600
B 3	250/500
B 4	250/400
B 5	400/700
B 6	300/500
Ba 1	300/500
Ba 2	200/300
Ba 3	200/400

d. Kolom

Tabel 3.7 Kolom Pada Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri
Batam

Tipe Kolom	Dimensi (mm)
K 1 (Lantai 1 s/d 4)	800/800
K 1 (Lantai 5 s/d 8)	700/700
K 1 (Lantai 9 s/d dak)	700/700
K 2 (Lantai 1 s/d 6)	500/700
K 2 (Lantai 7 s/d dak)	500/700
K 3	300/300
K 4	400/400
K5 (Kolom siku)	400/400

e. Core Wall

Core Wall yang digunakan adalah core wall dengan tebal 300 mm.

2. Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup dalam perencanaan disesuaikan dengan fungsi dari ruangan yang digunakan.

Tabel 3.8 Beban Hidup (Live Load)

Fungsi Ruangan	Beban Hidup (kg/m ²)
Lantai ruang kuliah	250
Ruang pertemuan	400
Tangga dan bordes tangga untuk sekolah/gedung kuliah	300
Atap	100

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

3. Beban Gempa (Quake Load)

Beban gempa yang digunakan adalah beban gempa dinamik respon spektrum dan *time history*. Wilayah gempa yang digunakan adalah Kota Batam.

3.3.4 Analisis Gempa Dinamik Respon Spektrum

3.3.4.1 Parameter dan Tahapan Respon Spektrum

Dalam penentuan beban gempa dinamik respon spektrum terdapat beberapa parameter yang harus ditentukan terlebih dahulu sebelum dibuatnya grafik respons spektrum yang nantinya digunakan sebagai fungsi beban dalam proses analisis. 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:

1. Kategori Risiko Bangunan Gedung Untuk Beban Gempa

Kategori risiko struktur gedung untuk beban gempa disesuaikan dengan fungsi bangunan yaitu sebagai ruang perkuliahan, maka Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam masuk kedalam kategori risiko IV. Nilai kategori risiko struktur bangunan didapatkan dari tabel 2.3 atau pada SNI 1726-2019 (tabel 3).

2. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Nilai faktor keutamaan gempa disesuaikan dengan nilai kategori risiko struktur, maka didapatkan faktor keutamaan gempa untuk Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam sebesar 1,5. Nilai faktor keutamaan gempa dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.4 atau pada SNI 1726-2019 (tabel 4).

3. Koefisien Modifikasi Respons (R_a)

Nilai koefisien modifikasi respons disesuaikan dengan jenis sistem struktur yang digunakan dalam pemodelan bangunan Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam, maka didapatkan nilainya adalah sebesar 8 (rangka beton bertulang pemikul momen khusus). Nilai dari koefisien modifikasi respons dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.6 atau SNI 1726-2019 (tabel 12).

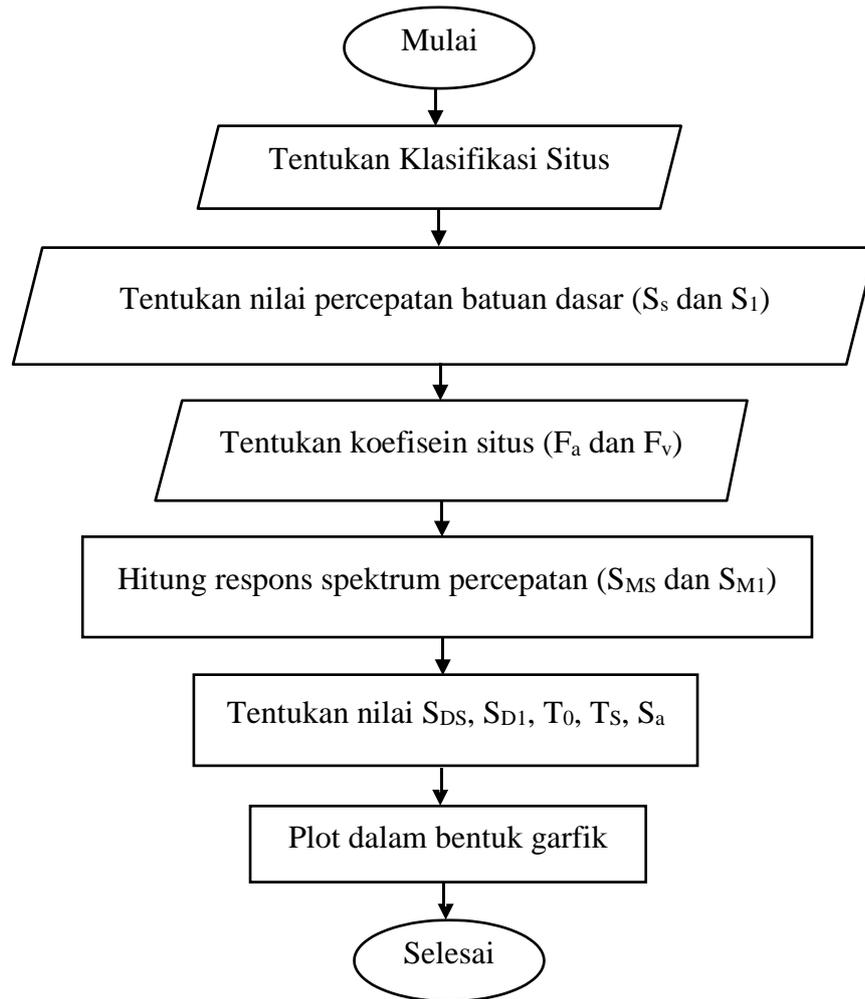
4. Klasifikasi Situs

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).

5. Kategori Desain Seismik

Dalam memilih kategori desain seismik dapat digunakan tabel 2.7 dan 2.8 atau pada SNI 1726-2019 (tabel 8 dan tabel 9) berdasarkan S_{DS} atau S_{D1} . Sehingga untuk Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam masuk kedalam kategori risiko desain seismik A.

Dalam mencari parameter respons spektrum terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu:



Gambar 3.4 Tahapan Pengerjaan Respon Spektrum

3.3.4.2 Running Struktur

Setelah dimensioning, input pembebanan struktur, dan memasukan gempa respon spektrum sudah selesai, kemudian dilakukan running struktur. Analisis dengan metode respons spektrum yang dilakukan dengan program ETABS V 18.1.1 termasuk analisis beban gempa linier bukan non linier.

3.3.4.3 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/s^2)
- R = koefisien modifikasi respons

Untuk kontrol gaya geser dasar digunakan persamaan berikut;

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

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

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

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:

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

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

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

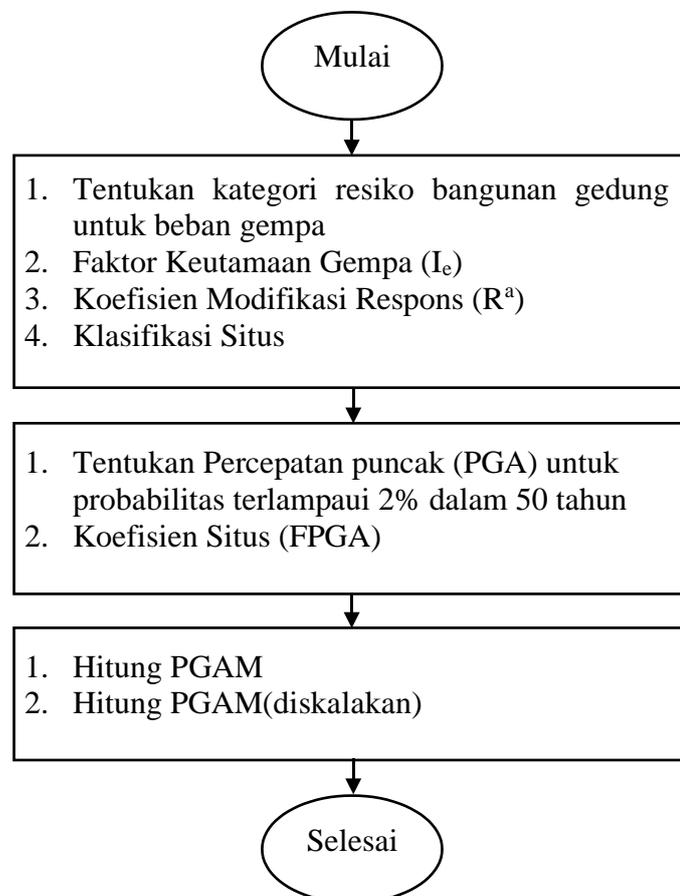
I_e = faktor keutamaan gempa

T = perioda fundamental struktur (detik)

3.3.5 Analisis *Time History*

3.3.5.1 Parameter dan Tahapan *Time History*

Untuk tahapan beban gempa dinamik *time history* ditunjukkan oleh diagram alir berikut ini:



Gambar 3.5 Tahapan Analisis *Time History*

Adapun parameter-parameter untuk beban gempa dinamik *time history*, yaitu:

1. 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 (SNI-1726-2019). Nilai PGA yang diperoleh dari Peta Hazard Gempa Indonesia yang terlampir dalam SNI-1726-2019.

2. Koefisien Situs

Nilai PGA menjadi acuan dalam menentukan nilai koefisien situs F_{PGA} , yang diperoleh dari tabel 2.11 atau Tabel 10 SNI-1726-2019. Percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs ($PGAM$).

3. Pemilihan Percepatan Gempa Masukan (Akselerogram)

Akselerogram yang dipilih dalam analisis *time history* pada level gempa rencana harus memenuhi persyaratan seperti yang ditetapkan dalam SNI 1726-2019 sebagai berikut:

- a. 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.
- b. 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 $0,8 T - 1,2T$.

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.

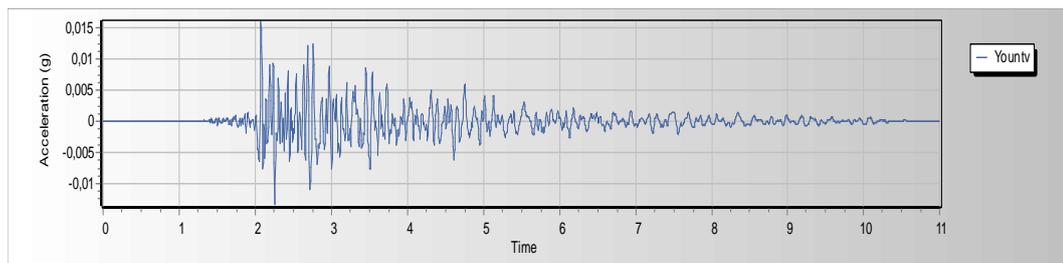
Pada tugas akhir ini rekaman gempa menggunakan 3 (tiga) data berdasarkan magnitudo yang berdekatan nilainya dengan gempa di Batam dengan magnitudo kurang dari 4,7-5,0 SR. (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika)

Tabel 3.9 *Ground Motion* untuk Perhitungan Analisis *Time History*

No	Nama Gempa	Stasiun	Tahun	Magnitudo
1	Yountville	Vallejo Fire Station #1	2000	5,00
2	Mammoth Lakes-07	USC Cash Baugh Ranch	1980	4,73
3	Umbria Marche (aftershock 18), Italy	Gubbio-Piana	1998	4,80

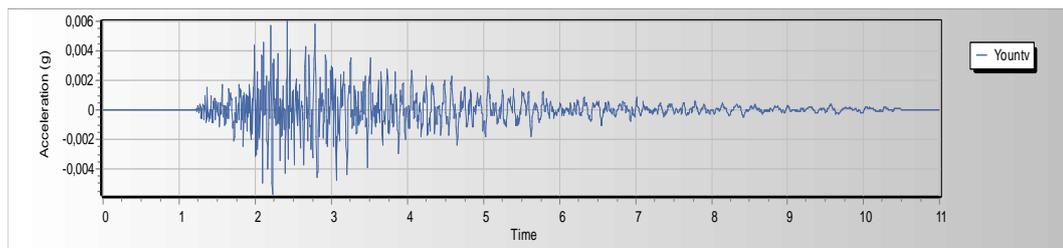
Sumber : <https://ngawest2.berkeley.edu/>

Data gempa berupa *ground motion* yang diambil dari website NGAWest.Peer adalah data asli yang belum diskala terhadap gempa Batam. Data *ground motion unscaled* dapat dilihat pada gambar 3.6 s/d gambar 3.11.



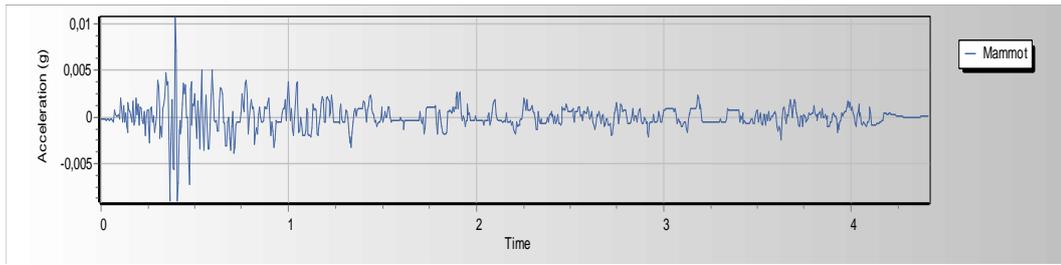
Gambar 3.6 *Ground Motion* Gempa Yountville – X

Sumber: peer.berkeley.edu



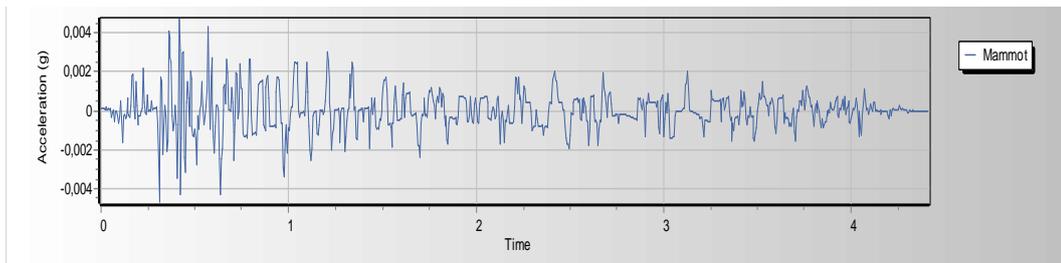
Gambar 3.7 *Ground Motion* Gempa Yountville – Y

Sumber: peer.berkeley.edu



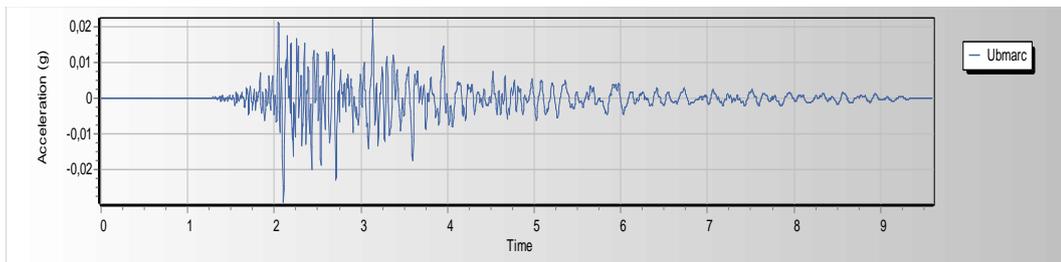
Gambar 3.8 *Ground Motion* Gempa Mammoth Lakes-07 – X

Sumber: peer.berkeley.edu



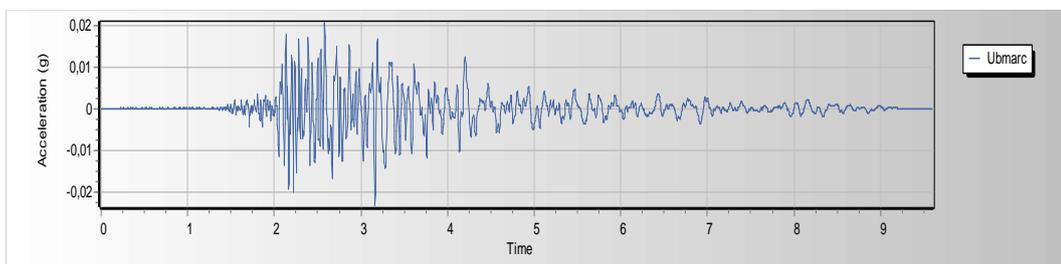
Gambar 3.9 *Ground Motion* Gempa Mammoth Lakes-07 – Y

Sumber: peer.berkeley.edu



Gambar 3.10 *Ground Motion* Gempa Umbria Marche (aftershock 18), Italy – X

Sumber: peer.berkeley.edu



Gambar 3.11 *Ground Motion* Gempa Umbria Marche (aftershock 18), Italy – Y

Sumber: peer.berkeley.edu

4. Penskalaan Percepatan Puncak Permukaan Tanah

SNI-1726-2019, mengenai parameter respons menetapkan setiap gerak tanah dalam analisis harus dikalikan (diskalakan) dengan I/R (sesuai konsep desain kapasitas), maka perhitungan PGA_M (diskalakan) atau percepatan puncak permukaan tanah setempat dihitung dengan Persamaan 2.10.

5. 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:

$$F_S = PGA_{M(diskalakan)} \times PGA_{M Max} \quad (3.6)$$

Keterangan :

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

$PGA_{M Max}$ = Percepatan puncak permukaan tanah dari akselerogram

3.3.5.2 Running Struktur

Setelah dimensioning, input pembebanan struktur, dan memasukan gempa *time history* sudah selesai, kemudian dilakukan running struktur. Analisis dengan metode *time history* yang dilakukan dengan program ETABS V 18.1.1 termasuk analisis beban gempa linier bukan non linier.

3.3.5.3 Kontrol Gaya Geser Dasar

Nilai geser dasar dari hasil analisis dinamik (V_{dinamik}) harus lebih besar atau sama dengan 85% geser dasar V_{statik} ($0,85.V1$) atau dituliskan $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85.V1$. 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-1726-2019. Jika geser dasar hasil analisis *time history* $V_{\text{dinamik}} < 0,85.V1$, maka percepatan gempa masukan dikali dengan $(0,85.V1)/V_{\text{dinamik}}$ hingga memenuhi syarat.

3.3.6 Hasil Analisis Kinerja Struktur

Hasil analisis kinerja struktur pada ETABS V.18.1.1 ialah kurva kapasitas yang menunjukkan perilaku struktur saat dikenai gaya geser pada level tertentu, kurva respon spektrum yang sesuai dengan wilayah gempa yang ada.

Perpotongan antara 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.

Dari gaya geser yang didapatkan dari hasil analisis maka dapat diketahui keadaan elastik 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.

3.3.7 Level Kinerja Struktur

Dari hasil analisis kinerja akan didapatkan nilai *displacement*. Selanjutnya untuk mengetahui level kinerja struktur digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Maximum total drift} = \frac{Dt}{H}$$

Keterangan:

Dt = besar defleksi maksimum yang terjadi (m)

H = tinggi total bangunan (m)

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat ditentukan level kinerja dari Gedung Kampus Terpadu dan Kuliah Politeknik Negeri Batam berdasarkan batasan rasio drift sesuai pada tabel 2.18 pada bab sebelumnya.