

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Metodologi**

Pada penelitian ini, penulis melakukan penelitian perkuatan struktur dan Analisa kinerja struktur dengan Metode *Concrete Jacketing* dan Metode *Levelling Time History Nonlinier*. Dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan struktur *eksisting* dan struktur yang ditambahkan tingkat sebanyak 3 lantai dan dilakukan perkuatan pada kolom struktur. Setelah itu, pemodelan sebelum dan setelah perkuatan akan diberikan beban gempa *time history* yang akan ditingkatkan Aog atau PGA secara bertahap dan akan dibandingkan hasil dari kedua pemodelan tersebut.

### **3.2. Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah Dalam penelitian ini adalah langkah awal dalam menentukan pentingnya penelitian ini dilakukan. Pada tahap ini, permasalahan yang muncul adalah lahan yang semakin berkurang di wilayah Indonesia terutama provinsi lampung, sehingga salah satu alternatif adalah melakukan perluasan bangunan secara vertikal. Penambahan tingkat yang terjadi akan menjadi beban yang akan diterima oleh suatu struktur sehingga perlu dilakukan perkuatan agar bisa menahan beban yang ditambahkan. Metode perkuatan yang biasa digunakan pada konstruksi gedung adalah metode *concrete jacketing*. Selain itu, struktur sebelum dan setelah perkuatan akan diberikan beban gempa yang berbeda beda agar dapat dibandingkan performa sebelum dan setelah dilakukan perkuatan. Perbandingan tersebut dianalisa menggunakan Metode *Levelling Time History Nonlinier*.

Hasil akhir dari perumusan masalah tersebut yang diwujudkan dalam judul pada penelitian ini.

### **3.3. Pengumpulan Data**

Data yang mendukung penelitian ini berupa gambar detail gedung SMK-SMTI Bandar Lampung berupa data denah arsitektur, denah kolom *eksisting*, detail kolom *eksisting* dan denah balok didapat melalui pihak Konsultan Jimie dan rekan secara langsung. Gambar berupa *softfile* gambar detail perencanaan pengadaan renovasi Gedung Pendidikan tahun 2019 yang selanjutnya dimodelkan secara tiga dimensi

dengan bantuan software struktur. Selain itu, data gempa juga dibutuhkan dalam penelitian ini yang merupakan data gempa *Time History Imperial Valley*.

Data-data teknis yang akan digunakan pada model struktur adalah sesuai dengan gambar DED gedung SMK-SMTI Bandar Lampung yang sudah ada. Data ini akan digunakan sebagai acuan dalam permodelan pada tugas akhir ini. Adapun data tersebut adalah sebagai berikut :

1. Lokasi bangunan : Jl. Jend. Sudirman No. 43 Kelurahan: Rawa Laut, Kecamatan Enggal Kota Bandar Lampung, Lampung
2. Fungsi Bangunan : Sekolah
3. Jumlah Lantai : 2
4. Tinggi Lantai : 4 meter
5. Tinggi Lantai Atap : 4 meter
6. Tinggi Bangunan : ± 8 meter
7. Struktur Bangunan : Beton bertulang

Adapun Mutu material beton yang digunakan pada permodelan struktur adalah seperti pada tabel berikut:

**Tabel 3. 1.** Detail Material Bahan

No	Material	Mutu	Modulus Elastisitas
1	Beton Bertulang	K-300	23794.257 Mpa
2	Baja Tulangan	BJTD-40	200000 Mpa

Di mana nilai modulus elastisitas untuk beton normal,  $E_c$  diizinkan diambil sebesar  $4700 \sqrt{f_c'}$ .  $f_c$  Beton 25,630 Mpa. Untuk baja tulangan menggunakan BJTD-40 dengan tegangan leleh  $f_y$  adalah 400 Mpa dan tegangan putus ( $f_u$ ) adalah 570 MPa. Dimensi elemen struktur yang digunakan pada SMK-SMTI Bandar Lampung adalah seperti pada tabel berikut.

**Tabel 3. 2.** Dimensi Elemen Struktur

No	Section	Ukuran
1	Kolom	Kolom 450x450 mm
2		Kolom 450x400 mm
3		Kolom 300x300 mm
4	Balok	Balok 600x400 mm
5		Balok 400x250 mm
6		Balok 300x200 mm
7	Sloof	Sloof 500x250 mm
8		Sloof 400x250 mm

Setelah data-data sudah terkumpulkan, maka akan dilakukan proses studi literatur data yang kemudian akan dilakukan permodelan pada SAP2000.

### **3.4. Studi Literatur**

Studi literatur merupakan dasar pedoman yang diambil untuk menganalisis penelitian ini. Studi literatur mencakup seluruh hal yang berhubungan dengan analisis statik dan dinamik. Pedoman yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
2. SNI 2847:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Gedung.
3. SNI 1727:2020 Peraturan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya.
4. *Federal Emergency Management Of Building (FEMA-356)*, buku yang telah di publikasi, dan jurnal publikasi terkait yang mendukung analisis.
5. IS 15988 2013 Indian Standard *seismic evaluation and strengthening of existing reinforced concrete buildings — guidelines* pedoman dalam evaluasi dan perkuatan struktur beton bertulang *eksisting* yang dikeluarkan oleh *Bureau of Indian Standards*
6. Doc No. CED 39 (7428) P *Draft Indian Standard, seismic evaluation and strengthening of existing reinforced concrete buildings – guidelines*

### **3.5. Pemodelan Struktur**

Pemodelan pada penelitian menggunakan software SAP2000 dan terdiri dari 3 macam pemodelan yaitu pemodelan struktur *eksisting* dan pemodelan struktur akibat penambahan tingkat.

#### **1. Pemodelan Struktur *Eksisting***

Pemodelan pada struktur *eksisting* di desain sesuai dengan gambar perencanaan (DED) pengadaan renovasi gedung gedung SMK-SMTI Bandar Lampung tahun 2019. Gedung ini dimodelkan menggunakan sistem struktur beton bertulang. Dimensi Pada pemodelan struktur *eksisting* didesain berdasarkan data gambar yang diperoleh.

#### **2. Pemodelan Struktur Akibat Penambahan Tingkat**

Pada pemodelan struktur ini akan di lakukan penambahan tingkat pada struktur *eksisting* dari bangunan SMK-SMTI Bandar Lampung sebanyak 3 lantai. Struktur tambahan dimodelkan menggunakan sistem struktur beton bertulang. Dimensi Pada pemodelan struktur tambahan didesain berdasarkan SNI 2847:2019.

### 3. Pemodelan Struktur Perkuatan

Pada pemodelan struktur ini akan di lakukan perkuatan kolom dengan cara penambahan dimensi dan tulangan pada kolom struktur setelah penambahan tingkat, perkuatan kolom mengacu kepada Doc No. CED 39 (7428) dan IS 15988 2013.

## 3.6. Desain Elemen Struktur

### 3.6.1. Pembebanan Statik Pada Struktur

Pembebanan struktur didesain berdasarkan SNI 1727-2020 dan PPIUG 1983. Beban yang diterima oleh struktur adalah sebagai berikut:

#### 1. Beban SIDL (*Super Imposed Dead Load*)

- a. keramik + spesi = 1,10 KN/m<sup>2</sup>
- b. Penggantung Plafond = 0,10 KN/m<sup>2</sup>
- c. Plafon = 0,72 KN/m<sup>2</sup>
- d. Mekanikal Elektrikal = 0,19 KN/m<sup>2</sup>
- e. Dinding Batu Bata = 3,78 KN/m<sup>2</sup>

#### 2. Beban Hidup (*Live Load*)

- a. Ruang Kelas = 1,92 KN/m<sup>2</sup>
- b. Koridor di atas lantai pertama = 3,83 KN/m<sup>2</sup>
- c. Koridor lantai pertama = 4,79 KN/m<sup>2</sup>

#### 3. Beban Angin (*Wind Load*)

- a. Tekanan angin desain = 0,856 KN/m<sup>2</sup>

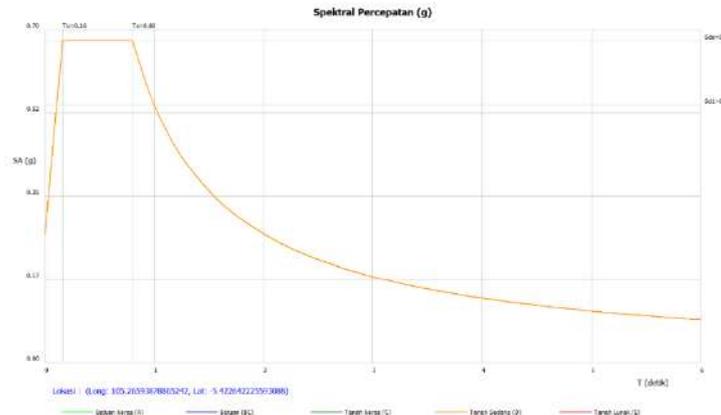
#### 4. Beban Hidup Atap (*Live Roof Load*)

- a. Beban hidup atap = 0,96 KN/m<sup>2</sup>

### 3.6.2. Pembebanan Respon Spektrum

Respons spektrum dapat dihitung dan dibuat manual sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu berdasarkan SNI 1726-2019. Respons spektrum yang digunakan akan disesuaikan dengan data respons spektrum tepat pada lokasi SMK-

SMTI Bandar Lampung. Fungsi respons spektrum ini sendiri disesuaikan dengan kelas situs di sekitar gedung SMK-SMTI Bandar Lampung. Berikut adalah hasil dari respons spektrum gedung SMK-SMTI Bandar Lampung.



**Gambar 3. 1.** Respons Spektrum Gedung SMK-SMTI Bandar Lampung  
*Sumber: RSA 2019*

Data desain seismik SMK-SMTI Bandar Lampung yang didapat dari aplikasi RSA 2019, sebagai berikut:

- Kelas situs = D
- Kategori Resiko = IV
- Faktor keutamaan = 1,5
- $S_s$  = 0,886230 g
- $S_1$  = 0,435302 g
- $F_a$  = 1,145508
- $F_v$  = 1,864698
- $S_{ms}$  = 1,015183 g
- $S_{m1}$  = 0,811706 g
- $S_{ds}$  = 0,676789 g
- $S_{d1}$  = 0,541138 g

### 3.6.3. Sistem Struktur Penahan Gempa

Jenis situs tanah dan letak geografis untuk gedung SMK-SMTI Bandar Lampung didesain parameter percepatan terpetakan  $S_{ds} = 0,676789$  dan  $S_1 = 0,541138$  berdasarkan SNI 1726-2019. Oleh karena itu, diperoleh kategori desain seismik adalah D dan Sistem struktur penahan gempa adalah sistem struktur pemikul momen khusus.

### 3.7. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang didesain pada gedung adalah kombinasi beban untuk metode *ultimete* yang ditinjau berdasarkan SNI 1726-2019. Kombinasi pembebanan yang diinput pada gedung adalah sebagai berikut:

1.  $1,4 D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5.  $0,9D + 1,0W$
6.  $1,2D + E_v + E_h + L$
7.  $0,9D - E_v + E_h$

Berdasarkan SNI 1726 Pasal 8.3.1 Pengaruh Beban Seismik ( $E$ ) untuk kombinasi 6 dan 7 harus ditentukan sesuai dengan ketentuan berikut:

$$E_h = \rho Q_E \quad (3.1)$$

$$E_v = 0,2S_{DS} D \quad (3.2)$$

Keterangan:

$E_h$  = Pegaruh beban seismic horizontal

$E_v$  = Pengaruh beban seismic vertikal

$\rho$  = faktor redundansi

$Q_E$  = Pengaruh gaya seismik

$SDS$  = Parameter respons spektrapercepatan desain pada priode pendek

Berdasarkan SNI 1726 pasal 7.3.4.2 nilai faktor redundansi untuk kategori desain seismic D didapatkan sebesar 1,3, dengan nilai  $SDS$  sebesar 0,676789 sehingga didapat nilai perhitungan beban seismic horizontal.

1. Kombinasi 6 =  $1,3E + 0,1353D$
2. Kombinasi 7 =  $1,3E - 0,1353D$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka bentuk kombinasi pembebanan 6 dan 7 adalah.

6.  $1,33D + 1,3E + L$
7.  $1,03D + 1,3E$

Beberapa kombinasi dilakukan modifikasi pada kombinasi gempa dengan 100% pada arah horizontal utama dan penambahan 30% pada arah horizontal lainnya.

pada kombinasi beban angin didesain berdasarkan peraturan SNI 1727:2020 pada pasal 26 dan 27. Beban statik diinputkan ke software SAP2000 dengan anggapan beban merata untuk beban hujan, angin, dan beban hidup atap pada struktur dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku. Sementara untuk beban hidup, beban mati tambahan dianggap menjadi beban merata area karena akan diinputkan pada area (lantai).

### **3.8. Evaluasi Struktur Eksisting**

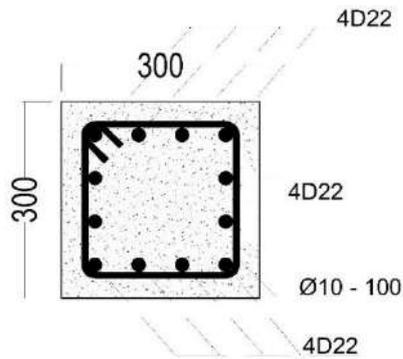
Setelah Struktur eksisting dimodelkan, selanjutnya dilakukan Evaluasi struktur. Evaluasi struktur eksisting dilakukan untuk mengetahui apakah struktur masih memenuhi persyaratan atau tidak, dalam penelitian ini penulis akan melakukan 2 Evaluasi yaitu *capacity ratio* dan evaluasi simpangan antar tingkat yang mengacu kepada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung.

### **3.9. Evaluasi Struktur Setelah Penambahan Tingkat**

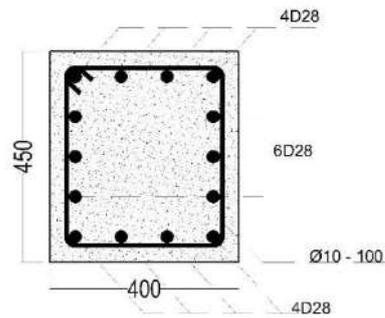
Setelah struktur penambahan tingkat dimodelkan selanjutnya dilakukan Evaluasi struktur. Evaluasi struktur dilakukan untuk mengetahui apakah struktur masih mampu menahan beban tambahan atau tidak dengan cara melihat apakah pada balok-kolom terjadi *over stress* (O/S). Selain itu, dilakukan juga evaluasi simpangan antar tingkat seperti pada evaluasi struktur eksisting.

### **3.10. Perkuatan Struktur**

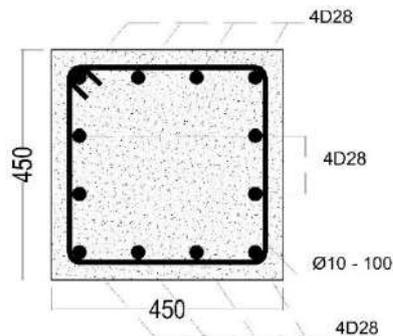
Perkuatan struktur didesain menggunakan metode *concrete jacketing*, dimana akan dilakukan penambahan dimensi dan tulangan pada kolom *eksisting*. Besar penambahan pada struktur *eksisting* akan dihitung secara manual dengan kriteria desain berdasarkan IS 15988 2013 dan dokumen CED 39 (7428) (7428) dalam jurnal Saruni, Dapas, dan Manalip pada tahun 2017. Hasil desain perkuatan yang sudah dihitung secara manual tersebut akan diinputkan kedalam pemodelan struktur akibat penambahan tingkat.



**Gambar 3.2.** Kolom *Eksisting* 300×300 mm SMK-SMTI Bandar Lampung



**Gambar 3.3.** Kolom *Eksisting* 400×450 mm SMK-SMTI Bandar Lampung



**Gambar 3.4.** Kolom *Eksisting* 450×450 mm SMK-SMTI Bandar Lampung

### 3.11. Desain Penulangan Balok-Kolom SRPMK

Desain Penulangan Balok-Kolom pada struktur tambahan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang mengacu kepada SNI 2847:2019.

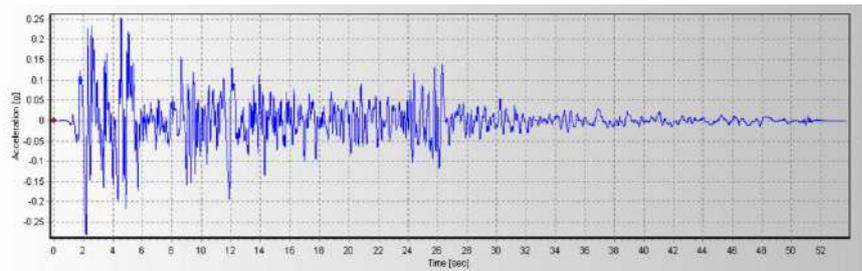
### 3.12. Evaluasi Struktur Setelah Perkuatan

Setelah struktur dilakukan perkuatan selanjutnya dilakukan Evaluasi struktur kembali untuk mengetahui apakah masih ada kolom atau balok struktur yang mengalami *over stress* (O/S). Selain itu, dilakukan juga evaluasi simpangan antar tingkat seperti pada evaluasi struktur eksisting dan evaluasi struktur penambahan tingkat.

### 3.13. Analisa *Levelling Time History*

#### 3.13.1. Analisis *Time Histori* (Akselogram)

Beban gempa *time history* yang digunakan merupakan rekaman gempa berupa kurva percepatan (*acceleration*) dan waktu (*time*). Rekaman catatan gempa yang di gunakan merupakan rekaman gempa *Time History Imperial Valley* yang terjadi di California pada tahun 1940 yang didapat dari website <https://peer.berkeley.edu/>. Berikut adalah hasil dari akselogram dari data gempa *Imperial valley 1940*.



**Gambar 3.5.** Akselogram (Imperial Valley-02, 5/19/1940)

*Sumber: Data Seismosignal*

#### 3.13.2. *Levelling Time History*

Data gempa *time history* yang sudah di dapat akan di *levelling* dengan mengalikan percepatan gempa (Aog) dengan koefisien pengali sampai struktur mengalami keruntuhan (*collaps*).

### 3.14. Analisis Level Kinerja Struktur

#### 3.14.1. Cek Sendi Plastis

Pengecekan sendi plastis dilakukan dengan cara meningkatkan nilai Aog (percepatan gempa awal) hingga pada pemodelan struktur sebelum dan setelah perkuatan hingga kondisi struktur mencapai runtuh (*collapse*). Sendi plastis yang pertama kali mengalami kondisi leleh dan runtuh dijadikan sebagai titik tinjauan pada pengecekan simpangan maksimum dan rotasi.

#### 3.14.2. Cek Simpangan Maksimum

Pengecekan simpangan maksimum (*Displacement*) dilakukan dengan cara mengambil suatu titik tinjauan dari pemodelan struktur sebelum dan setelah perkuatan yang telah dimodelkan, nilai dimpangan maksimum merupakan *output* dari SAP2000, nilai tersebut akan diambil bersamaan dengan peningkatan nilai percepatan gempa (Aog) nilai simpangan maksimum akan dibandingkan dengan batasan pada aturan FEMA 356.

### **3.14.3. Cek Rotasi**

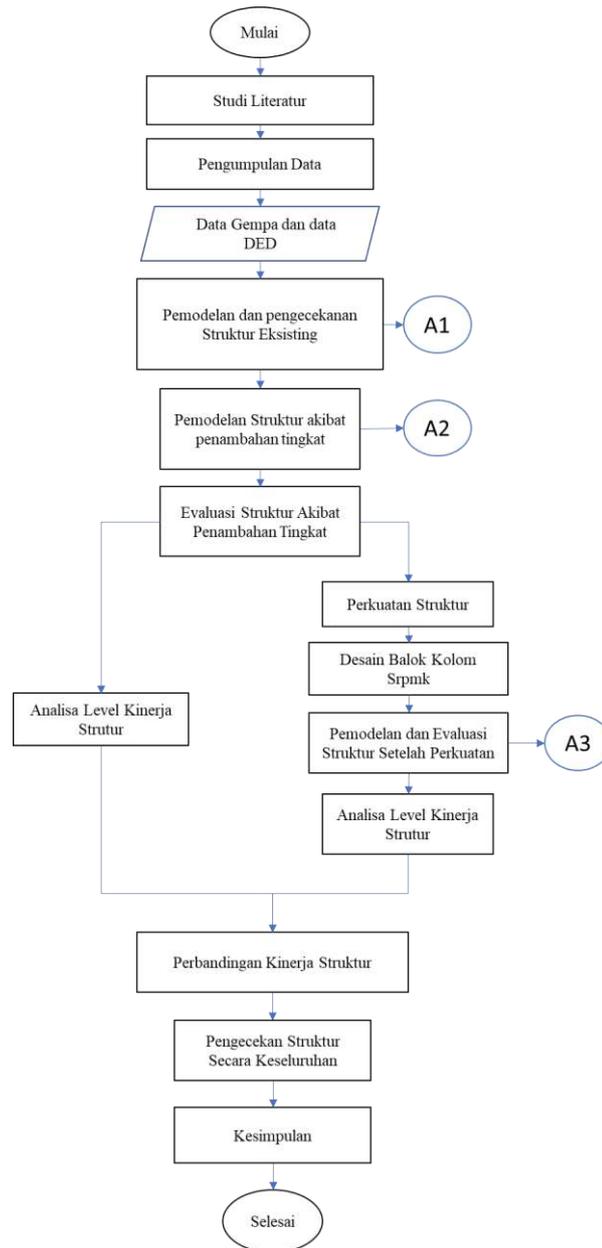
Pengecekan nilai rotasi dilakukan dengan cara yang serupa dengan pengecekan simpangan maksimum yaitu dengan mengambil suatu titik tinjauan dari pemodelan struktur sebelum dan setelah perkuatan yang telah dimodelkan, nilai rotasi merupakan *output* dari SAP2000, nilai tersebut akan diambil bersamaan dengan peningkatan nilai percepatan gempa ( $A_{og}$ ), nilai rotasi akan dibandingkan dengan batasan pada aturan FEMA 356.

### **3.15. Perbandingan Kinerja Struktur**

Setelah diketahui nilai kinerja struktur pada kedua pemodelan, maka akan dilakukan perbandingan antara level kinerja struktur *eksisting* dengan struktur yang telah dilakukan perkuatan dan penambahan tingkat.

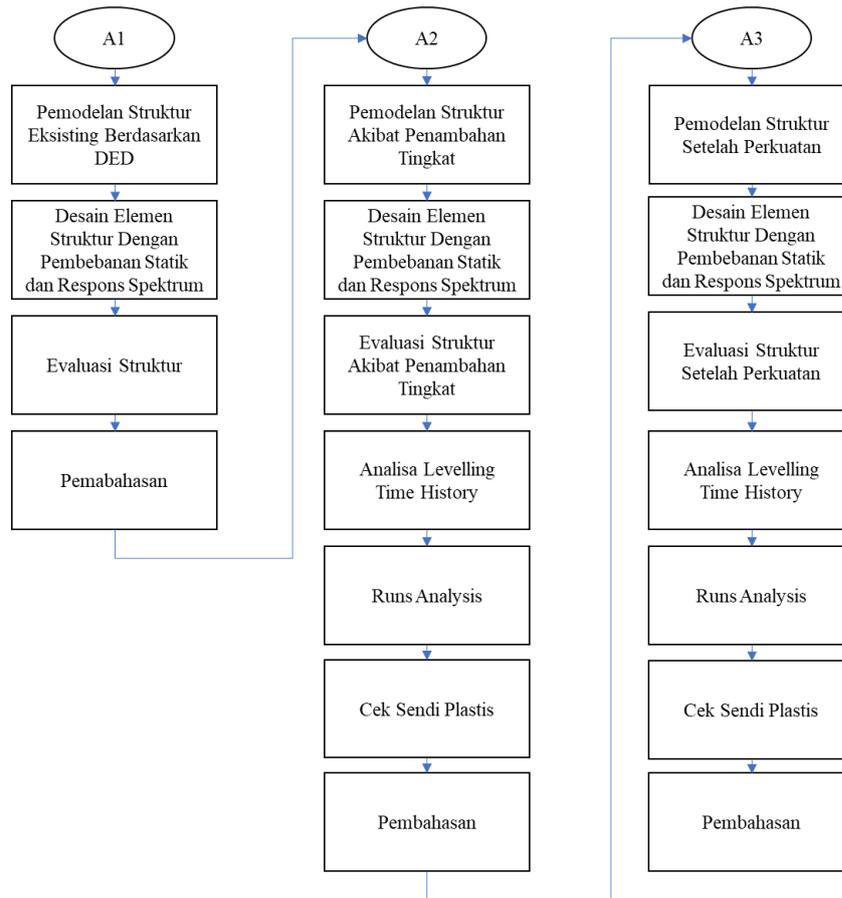
### **3.16. Diagram Alir**

Urutan proses pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir berikut:



**Gambar 3.6.** Diagram Alir Penelitian

Permodelan Struktur Eksisting, Struktur Penambahan tingkat, dan struktur perkuatan dijelaskan pada diagram alir berikut ini:



**Gambar 3.7.** Diagram Alir Permodelan Struktur