

## Bab III Metodologi

### III.1 Lingkup dan Tata Cara Pengerjaan Tugas Akhir

Dalam mengerjakan tugas akhir, dibutuhkan metode penelitian yang direpresentasikan dengan diagram alur pada Gambar III.1. Metode penelitian ini memuat tahapan dan rangkaian analisis dan desain yang dilakukan pada pengerjaan tugas akhir. Pembuatan metode ini dibutuhkan agar mendapatkan parameter-parameter sehingga tujuan tugas akhir dapat tercapai. Adapun berikut ini adalah tahapan dan diagram alur pengerjaan tugas akhir.

#### 1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengkaji secara mendalam terhadap teori-teori yang melandasi proses analisis dan desain dari bangunan tinggi 17 lantai. Literatur yang digunakan sebagai dasar berasal dari *text book* yang berkaitan dengan bangunan tinggi beton bertulang beserta pondasinya, peraturan atau code kontemporer yang berlaku di Indonesia, materi workshop, paper, dan jurnal ilmiah.

#### 2. Penentuan konfigurasi struktur

Penentuan konfigurasi struktur sangat menentukan perilaku struktur terhadap beban yang diberikan. Penentuan konfigurasi struktur didapatkan dengan menginterpretasi gambar *layout* arsitektural menjadi suatu *layout* struktural yang selanjutnya dapat didesain oleh rekayasawan struktur. Aspek arsitektural seperti fungsi lantai tertentu, bahan material yang digunakan, dimensi maksimum dan minimum dari penampang, ataupun *layout* secara umum sangat mempengaruhi aspek-aspek struktural. Dalam tahap ini, rekayasawan struktur dapat berkompromi dengan arsitek dan klien untuk mempertimbangkan beberapa hal yang berpengaruh terhadap struktur dan kenyamanan bangunan. Hasil dari tahap ini adalah *layout* struktural, spesifikasi, fungsi, dan pembebanan.

### 3. *Preliminary design*

*Preliminary design* adalah desain tahap awal untuk mendesain struktur bangunan tinggi. Dalam tahap ini, layout struktural yang telah diterjemahkan selanjutnya didesain awal untuk kolom, dinding, pelat, dan balok berupa dimensi dan material yang sesuai dengan SNI 2847-2013. Hasil dari proses *preliminary design* adalah spesifikasi material dan dimensi elemen struktur.

### 4. Pemodelan desain struktur menggunakan ETABS

Dalam tahap ini, dilakukan pemodelan struktur menggunakan layout struktural dengan dimensi penampang elemen struktur dan spesifikasi material yang telah didefinisikan dalam proses *preliminary design*. Selanjutnya model tersebut diberikan mekanisme pembebanan gaya gravitasi maupun gaya lateral yang akan bekerja pada struktur.

### 5. Analisis gaya gempa dengan ETABS

Analisis gaya gempa atau analisis respons spektrum merupakan analisis dinamik suatu struktur bangunan yang dikenakan gaya gempa tertentu. Prosedur analisis spektrum respons spektra terdiri dari penentuan klasifikasi situs, penentuan kategori seismik bangunan, penentuan kekakuan diafragma, penentuan parameter percepatan gempa, pembuatan respons spektrum, ketidakberaturan struktur, pengecekan redundansi, analisis gaya statik dan dinamik yang bekerja pada struktur, serta pengecekan tambahan terhadap perilaku struktur lainnya yang disyaratkan dalam SNI 1726-2012. Analisis gaya gempa akan diterangkan dalam subbab lain dalam bab ini. Hasil dari proses ini adalah analisis gaya pada struktur untuk selanjutnya dilakukan *detailing* penulangan.

### 6. Desain elemen struktur

Setelah dilakukan analisis gaya gempa, gaya pada struktur dianalisis untuk selanjutnya dilakukan *detailing* elemen-elemen struktur, yaitu balok, pelat, kolom, dan dinding sesuai dengan kriteria desain beton bertulang pada SNI 2847-2013.

#### 7. Desain pondasi

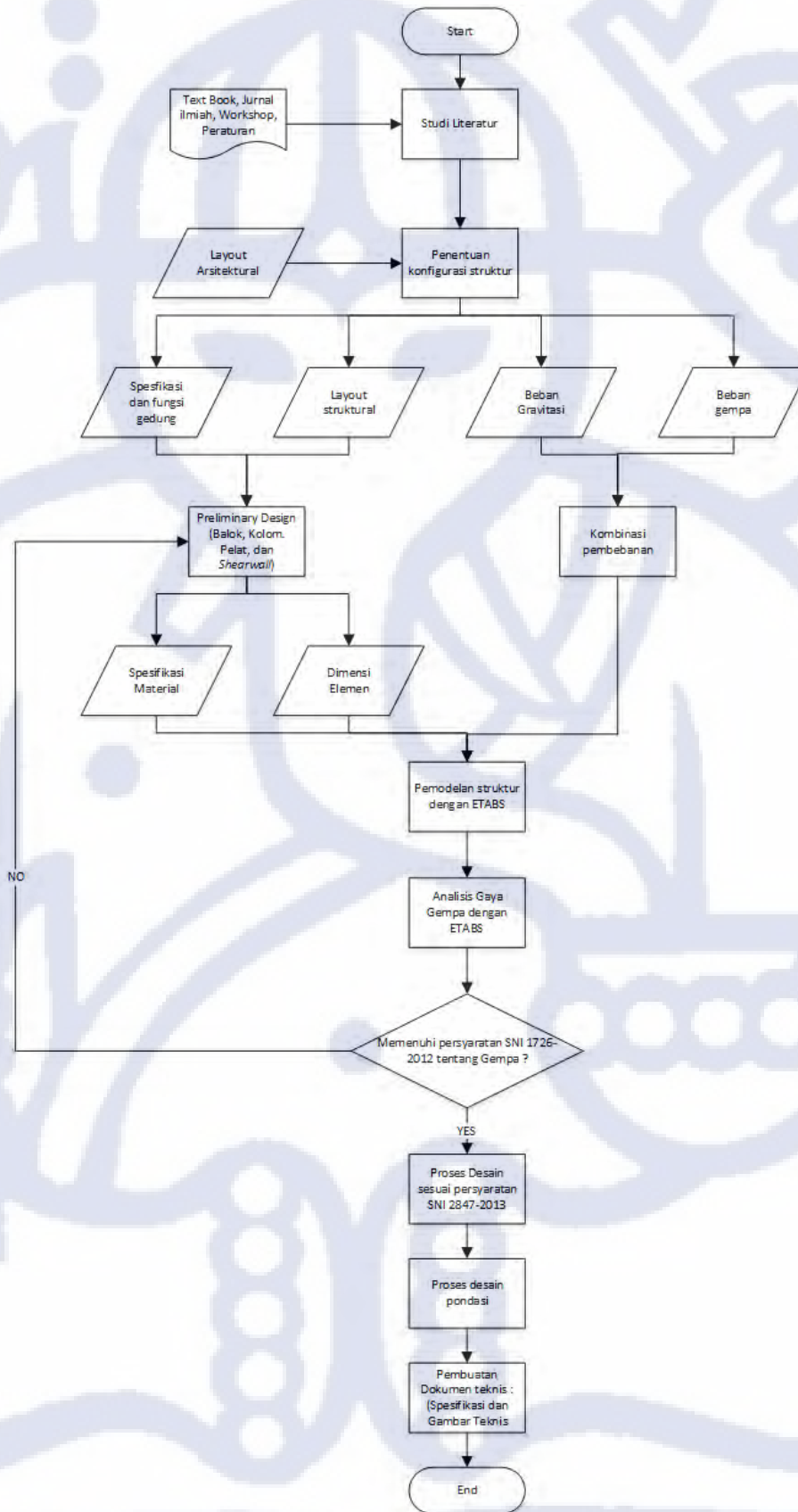
Dalam tahap ini dilakukan desain pondasi yang menahan struktur atas bangunan. Total gaya yang bekerja pada bangunan ditransfer kepada pondasi sehingga dapat ditransfer ke tanah yang menaungi bangunan.

#### 8. Perhitungan volume dan biaya material

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan terhadap beton dan baja yang telah di desain. Setelah volume diketahui, dilakukan perhitungan terhadap biaya material bangunan.

#### 9. Pembuatan dokumen teknis

Desain elemen struktur yang telah selesai membutuhkan spesifikasi dan gambar teknis agar dapat diterjemahkan untuk pengerjaan bangunan. Dalam tahap ini dibuat dokumen teknis berupa spesifikasi dan gambar teknis yang dilampirkan.



Gambar III.1 Diagram alur pengerjaan tugas akhir

### III.2 Preliminary Design

*Preliminary design* merupakan tahap desain awal untuk menentukan dimensi dan spesifikasi material berdasarkan denah struktural dan fungsi lantai yang telah ditetapkan. Tahapan-tahapan dalam *preliminary design* dapat dilihat melalui penjelasan berikut ini dan diagram alir pada Gambar III.2.

1. *Preliminary design* pelat

*Preliminary design* pelat ditentukan dengan mengacu SNI 2847-2013. Proses penentuan dimensi dan spesifikasi pelat final dari *preliminary design* berdasarkan proses *trial and error* yang mencocokkan juga dengan perilaku struktur setelah dilakukan pembebanan pada ETABS.

2. *Preliminary design* balok

*Preliminary design* balok ditentukan dengan mengacu SNI 2847-2013. Proses penentuan dimensi dan spesifikasi balok final dari *preliminary design* berdasarkan proses *trial and error* yang mencocokkan juga dengan perilaku struktur setelah dilakukan analisis gempa pada ETABS.

3. *Preliminary design* kolom

*Preliminary design* kolom ditentukan dengan melihat *tributary area* beban yang bekerja pada kolom yang ditinjau. Dalam tahap *preliminary design* awal, pembebanan yang diasumsikan bekerja hanya beban gravitasi saja (Beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup). Proses penentuan dimensi dan spesifikasi kolom final dari *preliminary design* berdasarkan proses *trial and error* yang mencocokkan juga dengan perilaku struktur setelah dilakukan analisis gempa pada ETABS.

4. *Preliminary design* dinding geser

*Preliminary design* dinding geser ditentukan dengan mengacu SNI 2847-2013. Penentuan shearwall didasarkan bentang, ketinggian lantai, dan persyaratan panjang penyaluran pada SNI 2847-2013 pasal 21.7.5. Proses penentuan dimensi dan spesifikasi dinding geser final dari *preliminary*

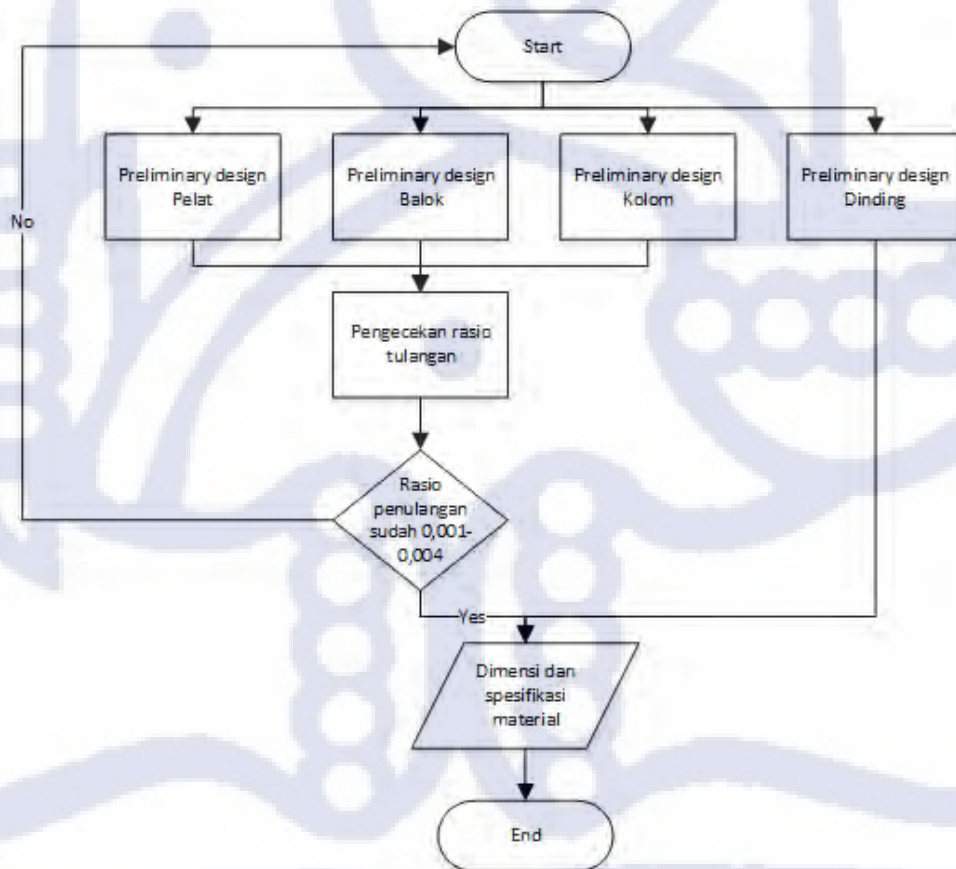
*design* berdasarkan proses *trial and error* yang mencocokkan juga dengan perilaku struktur setelah dilakukan analisis gempa pada ETABS.

#### 5. Pengecekan gaya dalam

Pengecekan gaya dalam dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang bekerja pada elemen-elemen struktur. Dalam proses ini, gaya-gaya tersebut digunakan untuk memperkirakan jumlah dan besar tulangan pada elemen struktur sehingga tulangan tidak terlalu rapat. Apabila gaya dalam terlalu besar, penampang disesuaikan untuk menampung jumlah tulangan, jika sebaliknya maka penampang dapat digunakan.

#### 6. Spesifikasi Material dan Dimensi

Setelah dilakukan preliminary design, luaran dari proses ini adalah spesifikasi material dan dimensi yang digunakan untuk pemodelan lebih lanjut.



Gambar III.2 Diagram alur preliminary design

### III.3 Analisis Gaya Gempa

Dalam tahap ini, dilakukan analisis beban lateral gempa yang menimpa struktur terhadap kriteria bangunan tahan gempa *sesuai* dengan SNI 1726-2012. Berikut menunjukkan merupakan tahapan dan diagram alur analisis gaya gempa yang dapat dilihat pada Gambar III.2.

1. Penentuan kelas situs

Penentuan klasifikasi situs ditentukan melalui pasal 5.3 pada SNI 1726-2012. Adapun penentuan kelas situs desain seismik didasarkan pada beberapa parameter yang dapat dipakai, yaitu kecepatan rata-rata gelombang geser  $\bar{v}_s$ , tahanan peneterasi standar lapangan  $\bar{N}$  dan kuat geser niralir rata-rata  $\bar{s}_u$ .

2. Pembuatan respons spektrum

Pembuatan respons spektrum desain didasarkan pada pasal 6.4 SNI 1726-2012. Dalam pembuatan respons spektra dibutuhkan parameter percepatan gempa desain berupa  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ . Parameter desain tersebut didapatkan dari parameter percepatan  $S_s$  dan  $S_1$  yang diamplifikasi dengan faktor amplifikasi  $F_a$  dan  $F_v$  sehingga didapatkan parameter modifikasi  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$ . Parameter modifikasi itulah yang dijadikan parameter desain dengan dikalikan bilangan tertentu.

3. Penentuan kategori desain seismik

Parameter percepatan gempa yang telah didapatkan digunakan untuk menentukan kategori desain seismik dari A sampai F. Kategori desain seismik penting karena menandakan tingkat risiko bangunan terhadap gempa sehingga kategori desain seismik akan menentukan proses-proses setelahnya sesuai dengan SNI 1726-2012.

4. Pemilihan sistem struktur penahan gaya gempa

Setelah melihat kategori desain seismik, dipilih sistem struktur yang sesuai dengan kebutuhan penanggulangan beban. Sistem struktur akan menentukan

nilai –nilai Koefisien modifikasi respons yang sesuai,  $R$ , faktor kuat lebih sistem,  $\Omega_0$ , dan koefisien amplifikasi defleksi,  $C_d$ .

5. Penentuan kekakuan diafragma

Dalam tahap ini, dilakukan penentuan sifat kekakuan diafragma sesuai dengan pasal 7.3 SNI 1726-2012. Diafragma struktur dapat berupa diafragma *rigid*, *flexible*, atau *semi rigid*.

6. Pengecekan ketidakberaturan struktur

Tahap ini mengecek terjadinya ketidakberaturan struktur yang menentukan perilaku struktur tersebut menanggapi beban. Struktur dapat memiliki ketidakberaturan horizontal (1a, 1b, 2, 3, 4, dan 5) dan vertikal (1, 2, 3, 4, 5a, dan 5b) yang didasarkan pada pasal 7.3.2 SNI 1726-2012

7. Penentuan nilai redundansi

Dalam tahap ini, dilakukan penentuan nilai redundansi antara 1 atau 1,3 sesuai dengan pasal 7.3.4 SNI 1726-2012.

8. Penentuan periode getar fundamental struktur ( $T$ )

Penentuan periode getar fundamental struktur dilakukan untuk mengetahui periode getar struktur saat uncracked atau cracked beresonansi dengan periode gempa. Penentuan ini didapatkan berdasarkan pasal 7.8.2 SNI 1726-2012.

9. Analisis statik ekuivalen dan dinamik

Dalam tahap ini, ditentukan terlebih dahulu koefisien respon seismik ( $C_s$ ) sebagaimana terdapat dalam pasal 7.8.1.1 SNI 1726-2012 untuk gaya gempa statik ekuivalen. Selanjutnya, dicek kondisi apakah 0,85 gaya statik melebihi gaya dinamik atau justru sebaliknya. Hasil ini akan digunakan untuk tahap selanjutnya.

#### 10. Pemeriksaan skala gaya seismik

Setelah didapatkan dari kondisi sebelumnya, jika 0,85 gaya statik melebihi gaya dinamik, maka perbandingan lebihnya digunakan sebagai faktor kali untuk mengamplifikasi skala gaya seismik. Jika sebaliknya, maka faktor skala gaya seismik tetap.

#### 11. Pemeriksaan gaya tambahan

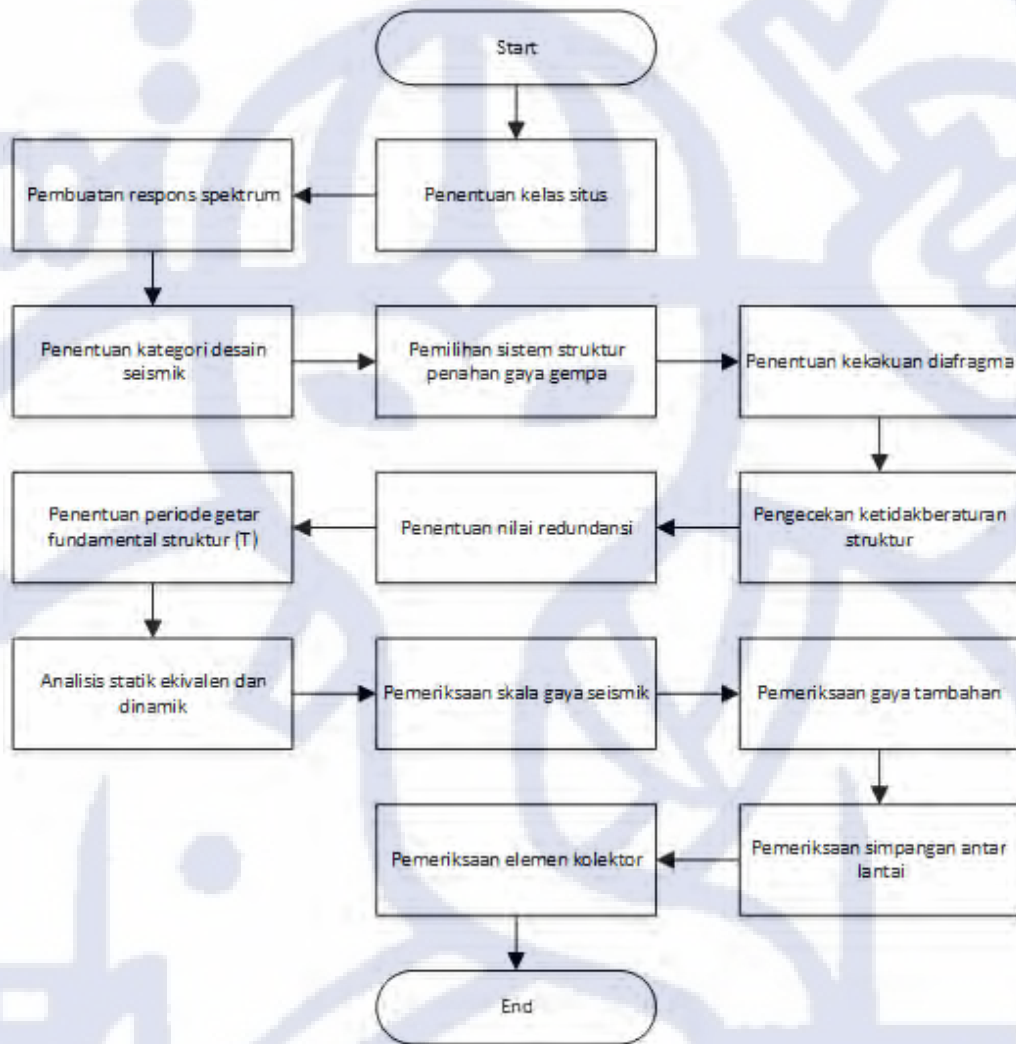
Dalam tahap ini dicek gaya-gaya tambahan torsi berdasarkan pasal 7.8.4. dan guling berdasarkan 7.8.5 SNI 1726-2012

#### 12. Pemeriksaan simpangan antar lantai

Simpangan antarlantai dicek agar tidak melebihi batas maksimum yang didasarkan pada pasal 7.8.6 SNI 1726-2012.

#### 13. Pemeriksaan elemen kolektor

Elemen kolektor dicek untuk mengetahui kemampuan elemen-elemen struktur yang menanggung beban transfer. Hal ini didasarkan pada pasal 7.10.2 SNI 1726-2012.



Gambar III.3 Diagram alur analisis gaya gempa

### III.4 Desain Elemen Struktur

Desain elemen struktur terdiri dari detailing penulangan elemen-elemen struktur atas yaitu pelat, balok, kolom, dinding, beserta sambungannya. Selain itu, dibuat juga desain elemen struktur bawah yang terdiri dari *pile*, *pile cap*, dan *tie beam*. Dalam tahap ini, elemen-elemen struktur ditinjau dapat menanggung beban yang bekerja baik gravitasi ataupun lateral dengan mekanisme plastifikasi sesuai dengan SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012. Tahapan-tahapan dalam desain elemen struktur dapat dilihat melalui penjelasan berikut ini dan diagram alir pada Gambar III.4.

#### 1. Desain elemen pelat

Desain elemen pelat digunakan dengan metode analisis lalu masuk ke proses detailing elemen-elemen pelat. Untuk pelat pada struktur lantai, pembebanan berdasarkan pada beban hidup dan mati yang bekerja pada pelat dan dengan pelat semi rigid perlu diperhitungkan beban yang diterima pada pelat tambahan.

#### 2. Desain elemen balok

Desain elemen balok harus memperhitungkan gaya dalam yang terjadi pada balok lalu masuk ke proses detailing penulangan elemen-elemen balok. Dalam melakukan detailing, syarat-syarat struktur SRPMK atau Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus harus dipenuhi. Selain itu, detailing balok juga harus memerhatikan peranannya sebagai elemen kolektor.

#### 3. Desain elemen kolom

Desain elemen kolom harus memperhitungkan gaya dalam yang terjadi pada kolom lalu masuk ke proses detailing penulangan elemen-elemen kolom. Dalam melakukan detailing, syarat-syarat struktur SRPMK atau Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus harus dipenuhi. Selain itu, detailing kolom-balok juga harus memenuhi konsep *strong column-weak beam*.

#### 4. Desain elemen dinding

Desain dinding berdasarkan gaya dalam yang bekerja pada dinding serta penulangan pada *boundary element* atau area yang mengalami tegangan tekan maksimum pada dinding. Selain itu, perlu diperhatikan penulangan khusus pada *couple beam* yang menyambungkan shearwall.

#### 5. Desain detailing sambungan

Desain sambungan antara kolom dengan balok, kolom dengan kolom lainnya, balok dengan dinding, atau sambungan antara elemen-elemen

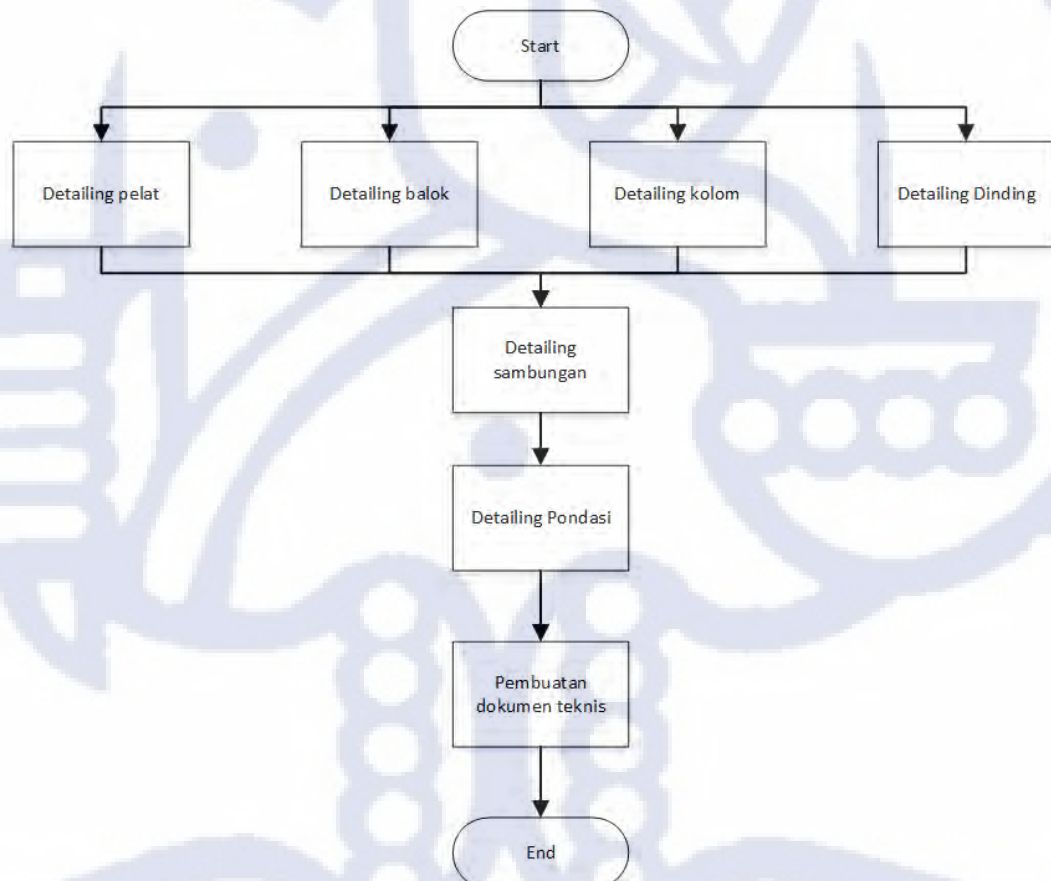
struktur lainnya harus memenuhi syarat pada SNI 2847-2013 agar kekuatan struktur bangunan yang didesain dapat utuh.

#### 6. Desain pondasi

Desain pondasi terdiri desain *pile* berdasarkan data tanah, *pile cap*, dan *tie beam*. Desain *pile* harus memerhatikan daya dukung aksial, tarik, dan lateral. Selain itu, efisiensi grup juga harus diperhitungkan dan *pile cap* yang menggabungkannya harus didesain tahan terhadap *punching shear*.

#### 7. Pembuatan Dokumen teknis

Setelah penulangan selesai, dilakukan pembuatan dokumen teknis berupa gambar teknis dan spesifikasi teknis seluruh elemen struktur tipikal sesuai dengan hasil dimensi dan penulangan akhir.



Gambar III.4 Diagram alur desain elemen struktur