

BAB III

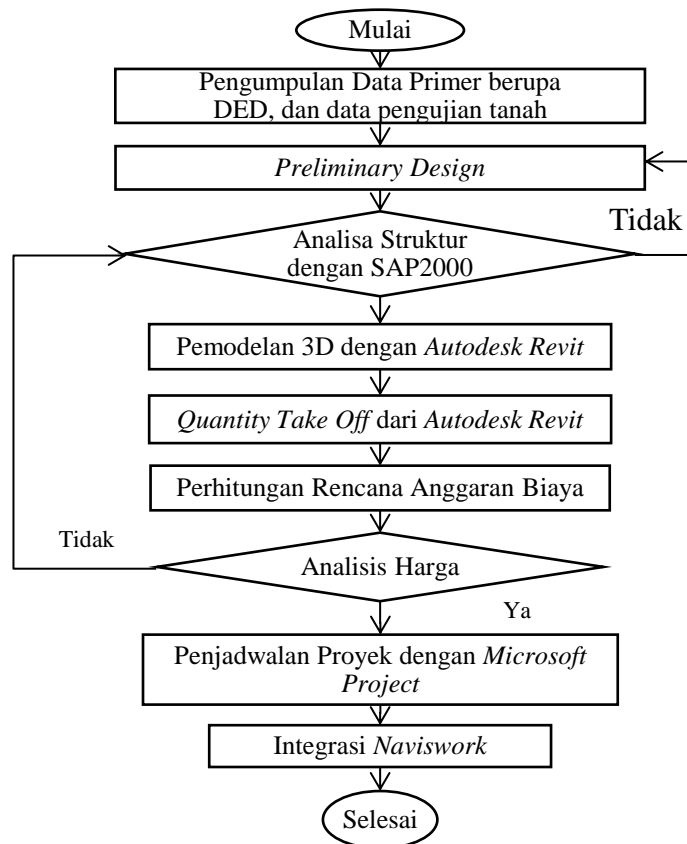
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Metode Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu perencanaan ulang struktur Gedung Fakultas Hukum UNTAG Semarang dengan menggunakan *Building Information Modeling* (BIM). Metode yang digunakan yaitu kuantitatif karena dalam penelitian ini terdapat beberapa perhitungan struktur bangunan serta analisa suatu bangunan dengan menggunakan *Building Information Modeling* (BIM).

3.2 Alur Perencanaan

Diagram alir ini merupakan tahapan dalam perencanaan ulang Gedung Fakultas Hukum UNTAG Semarang yang terintegrasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan metode SRPMK dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan

3.3 Data Perencanaan

Data perencanaan proyek pembangunan Gedung Fakultas Hukum UNTAG Semarang memuat informasi teknis yang berkaitan dengan karakteristik bangunan, kondisi lokasi, serta ketentuan perencanaan yang digunakan dalam pengembangan desain.

3.3.1 Data Umum

Data umum pada penelitian ini memuat informasi detail mengenai gambaran bangunan secara umum seperti berikut ini.

- Nama Proyek : Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas 17 Agustus 1945 Semarang.
- Lokasi Proyek : Jl. Pemuda No. 70, Pandansari, Kecamatan Semarang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50133.
- Pemilik Proyek : Universitas 17 Agustus 1945 Semarang.
- Sumber Dana : Dana Internal Universitas 17 Agustus 1945.
- Kontraktor : PT. Chimarder 777
- Metode Pelaksanaan : Swakelola UNTAG
- Luasan Lahan : 690 m².
- Tinggi Bangunan : 23,35 meter
- Fungsi Bangunan : Gedung Perkuliahan.



Gambar 3.2 Citra Satelit Lokasi Proyek Pembangunan

Sumber: *Citra Satelit*

Berdasarkan peta lokasi proyek pembangunan Gedung Fakultas Hukum UNTAG Semarang yang berada di area strategis di pusat kota dan sangat padat bangunan, dengan deskripsi batasan lahan berikut:

- Selatan : Berbatasan dengan jalan protokol utama, yaitu Jl. Pemuda.
 Utara : Berbatasan langsung dengan area pemukiman warga di wilayah Jl. Pandansari Raya.
 Barat : Berbatasan dengan bangunan KHAS Semarang Hotel dan bangunan komersial lainnya.
 Timur : Berbatasan dengan bangunan Hotel Louis Kiene Pemuda dan bangunan komersial lainnya.

3.3.2 Data Tanah

Data tanah untuk perencanaan ulang suatu bangunan diperoleh dengan melalui pengujian mekanika tanah seperti *Cone Penetration Test (CPT)*, *Standard Penetration Test (SPT)*, sondir dan lain sebagainya. Pengujian tanah tersebut bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah di lapangan agar pada saat merencanakan sebuah pondasi sesuai dengan kondisi tanah yang ada sehingga pondasi bangunan menjadi kuat, aman dan juga untuk meminimalisir terjadinya penurunan tanah.

Tabel 3.1 Data Tanah dan Geoteknik

Data	Keterangan
Jenis Tanah	Pasir
Kedalaman Tanah	30 meter
Pengujian Lapangan	Bor Mesin
Pengujian Laboratorium	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berat Isi (asli dan kering) dan Kadar Air ▪ <i>Specific Gravity</i> ▪ <i>Atterberg Limits</i> ▪ <i>Grain Size Test</i> ▪ <i>Direct Shear Test</i> ▪ <i>Unconfined Compression Test</i> ▪ <i>Consolidation</i>

Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG, (2024)

Tabel 3.2 Data Lapisan Tanah

Kedalaman Tanah	Keterangan
±0,00 s/d – 3,00	LEMPUNG berpasir dan material urugan, warna coklat kehitaman, ukuran butir sedang, konsistensi sedang, tidak plastis, dan terdapat banyak bongkahan keramik sisa <i>cutting</i> dari pondasi.
-3,00 s/d -5,00	PASIR berlempung, warna hitam, ukuran butir halus - sedang, kondisi tanah sangat lepas-lepas, tidak plastis, terdapat sedikit pecahan kulit kerang.
-5,00 s/d -9,00	PASIR, warna hitam, ukuran butir halus sedang, kondisi lepas, tidak plastis, terdapat banyak pecahan kulit kerang.
-9,00 s/d -10,00	PASIR berlempung, warna hitam keabu-abuan, kondisi tanah lepas, plastisitas sedang, terdapat sedikit pecahan kulit kerang, dan terdapat sedikit kerikil batuan.
-10,00 s/d -11,00	PASIR, warna hitam, ukuran butir sangat halus, kondisi tanah lepas, tidak plastis, dan terdapat banyak pecahan kulit kerang.
-11,00 s/d -14,00	LEMPUNG sedikit berpasir jhalus, warna abu-abu, konsistensi tanah sedang (<i>medium stiff</i>), plastisitas sedang - tinggi, dan terdapat sedikit pecahan kerang.
-14,00 s/d -19,00	PASIR, ukuran butir sangat halus, warna hitam, kondisi tanah lepas, tidak plastis, dan terdapat banyak pecahan kerang.
-19,00 s/d -22,00	LEMPUNG sedikit berpasir halus, warna abu-abu, konsistensi tanah kaku (<i>stiff</i>), plastisitas sedang, dan terdapat sedikit pecahan kerang
-22,00 s/d -23,00	PASIR, warna hitam, ukuran butir sangat halus, kondisi tanah sedang (<i>medium dense</i>), tidak plastisitas, dan terdapat banyak pecahan kulit kerang
-23,00 s/d -27,00	LEMPUNG, warna abu-abu, konsistensi tanah sangat kaku, dan plastisitas sedang
-27,00 s/d -28,00	LEMPUNG sedikit berpasir halus, warna abu-abu, konsistensi tanah sangat kaku, dan plastisitas sedang.
-28,00 s/d -30,00	LEMPUNG, warna abu-abu, konsistensi tanah sangat kaku (<i>very stiff</i>), dan plastisitas tinggi.

Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG, (2024)

3.3.3 Data Beton

Data beton diperoleh dari proyek konstruksi yang akan kita rencanakan ulang. Dimana data beton tersebut dapat meliputi seperti kolom, balok, pelat, pondasi (bisa

tiang pancang atau *bore pile* sesuai dengan jenis tanah dan lokasi proyek), *pile cap* dan lain sebagainya. Data beton yang dimaksud yaitu mengenai kekuatan mutu beton yang akan dipakai.

Tabel 3.3 Data Beton Rencana

Data	Keterangan
Jenis Struktur	Beton bertulang
Jenis Pondasi	<i>Bore pile</i>
Mutu Beton	Fc' 35 Mpa (<i>ready mix</i>)
Berat jenis beton	2400 kg/m ³
Modulus elastisitas	27.805,575 Mpa

Sumber: Gambar *Detail Enggineering Design*

Tabel 3.4 Data Baja Tulangan Rencana

Data	Keterangan
Tulangan Pokok	BJTS 420, fy 420 Mpa, fu 525 Mpa
Tulangan Sengkang	BJTP 280, fy 280 Mpa, fu 350 Mpa
Mutu Beton	Fc' 35 Mpa (<i>ready mix</i>)
Berat jenis beton	7850 kg/m ³
Modulus elastisitas	200.000 Mpa

Sumber: Gambar *Detail Enggineering Design*

3.4 Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan jurnal 10 tahun terakhir sebagai pandangan dengan mengacu pada peraturan berikut:

1. SNI 1726:2019 Mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
2. SNI 2847:2019 Mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
3. SNI 1727:2020 Mengenai Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

3.5 Tahap Perencanaan

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data awal, analisis kebutuhan, serta penetapan konsep perencanaan yang mencakup aspek teknis, fungsional, ekonomi, dan keselamatan bangunan. Data yang dikaji meliputi kondisi lokasi, karakteristik tanah, kebutuhan pengguna, serta ketentuan peraturan dan standar perencanaan yang berlaku.

3.5.1 Preliminary Design Penampang

Preliminary Design merupakan tahapan awal dari sebuah perencanaan untuk menentukan dimensi pada sebuah struktur meliputi desain balok, pelat, dan kolom berdasarkan SNI 2847-2019.

1. Balok

Salah satu bagian struktur atas yang memiliki fungsi untuk menyalurkan gaya atau momen ke kolom (Saputra, 2022). Dalam merencanakan tinggi balok diatur dalam pasal 9.3.1.1 SNI 2847:2019. Merujuk pada SNI 2847:2019 penentuan dimensi balok dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 3.5 Menentukan Tinggi Balok (SNI 2847:2019)

Perletakan Komponen Struktur	h minimum
Tertumpu Sederhana	$\ell / 16$
Satu Ujung Menerus	$\ell / 18,5$
Kedua Ujung Menerus	$\ell / 21$
Kantilever	$\ell / 8$

Perencanaan tinggi balok untuk perencanaan awal menggunakan persamaan berikut ini:

a. Balok induk $h = \frac{L}{12}$ (35)

b. Balok anak $h = \frac{L}{16}$ (36)

c. Kantilever $h = \frac{L}{8}$ (37)

d. Sloof $h = \frac{L}{18,5}$ (38)

Perencanaan untuk dimensi lebar balok menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Lebar balok } b = \frac{1}{2} h \dots\dots\dots (39)$$

Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan menurut SNI 2487:2019 Pasal 18.6.2.1 batasan dimensi balok harus memenuhi kriteria sebagai berikut.

1. Bentang bersih, $L_n \geq 4d$

$$d = h - \text{cover} - \emptyset \text{ tul. Sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul. Utama} \dots\dots\dots (40)$$

Keterangan :

L_n = Bentang bersih

d = Jarak efektif beton

2. Lebar penampang, b_w

$$b_w = 0,3h \text{ (atau)} \dots\dots\dots (41)$$

$$b_w = 250 \text{ mm} \dots\dots\dots (42)$$

3. Lebar proyeksi balok melintasi lebar kolom tidak boleh melebihi c_2 dan $0,75 c_1$ yang lebih kecil pada setiap sisi kolom.

2. Kolom

Perencanaan dimensi kolom berdasarkan SNI 2847:2019 dengan menggunakan metode pembebanan, dimensi kolom dapat diperoleh melalui perhitungan berikut ini.

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \dots\dots\dots (43)$$

$$I_{kolom} = \frac{1}{12} \times \frac{b}{l} \text{ kolom} \times h^3 \dots\dots\dots (44)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times \frac{b}{l} \text{ balok} \times h^3 \dots\dots\dots (45)$$

Keterangan dari rumus diatas, sebagai berikut:

I_{kolom} = inersia kolom

L_{kolom} = tinggi bersih kolom

I_{balok} = inersia balok

L_{balok} = panjang bersih balok

3. Pelat

Perencanaan dimensi pelat berdasarkan SNI 2847:2019 pada jenis pelat satu arah, maka pelat akan dianggap menumpu balok bentang panjang, sedangkan balok bentang pendek hanya memikul beban pelat yang kecil Adapun syarat untuk pelat satu arah, yaitu :

Tabel 3. 1 Tebal minimum pelat satu arah (SNI 2847:2019)

Kondisi Tumpuan	Tinggi minimum
Tumpuan sederhana	L/20
Satu ujung menerus	L/24
Kedua ujung menerus	L/28
Kantilever	L/10

$$L_x < 0,4 \text{ (atau) } \dots\dots\dots (46)$$

$$\frac{L_y}{L_x} > 2 \dots\dots\dots (47)$$

Keterangan dari rumus diatas, yaitu:

L_y = panjang arah y.

L_x = panjang arah x.

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.1. terkait syarat untuk pelat dua arah, yaitu :

$$\frac{L_n}{S_n} < 2 \dots\dots\dots (48)$$

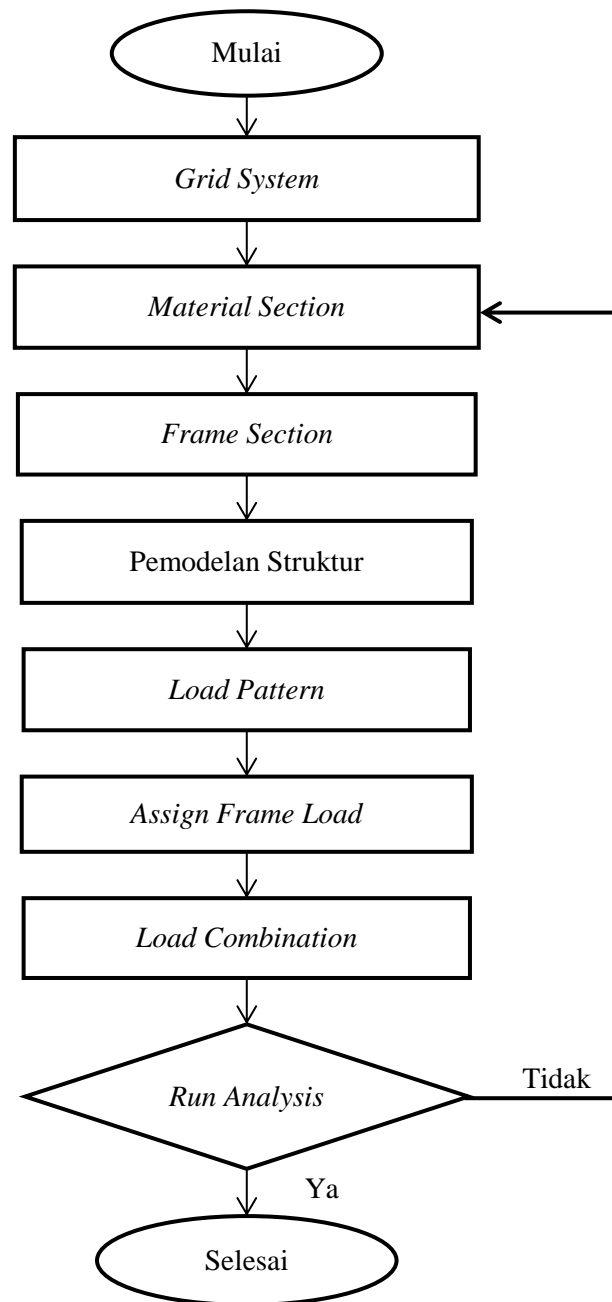
Keterangan dari rumus diatas, yaitu:

L_n = panjang bersih bentang.

S_n = panjang bersih bentang terpendek.

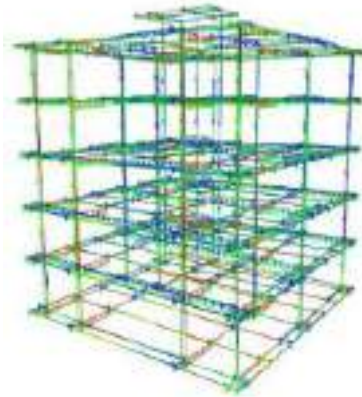
3.5.2 Analisa Struktur Atas

Pada penelitian ini analisa struktur atas menggunakan *software* SAP2000 untuk menganalisis beban mati, beban hidup, beban angin, gempa bumi, gaya lateral dan analisis dinamik yang lain. Tahapan analisa struktur bangunan ini dengan SAP2000 sebagai berikut:



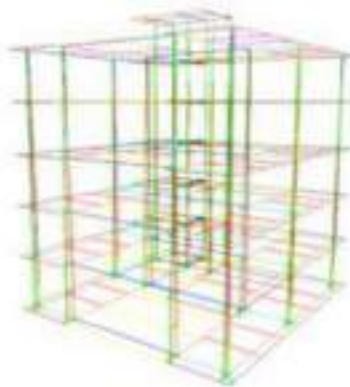
Gambar 3.3 Diagram Alir Analisa Struktur Atas SAP2000

Hasil dari analisa menggunakan SAP2000 ini yaitu gaya momen, gaya geser serta gaya aksial. Dalam melakukan analisa struktur atas namun tidak aman maka harus dilakukan perubahan dimensi dengan menyesuaikan SNI 2847:2019. Struktur atas meliputi balok, kolom, dan pelat. Berikut ilustrasi analisa struktur dengan SAP2000, yaitu



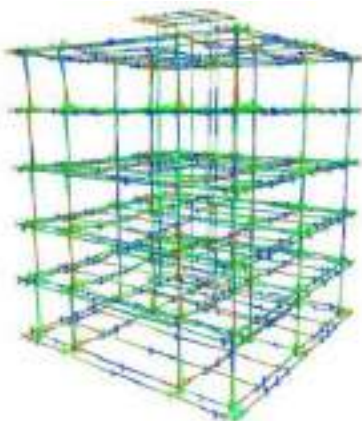
Gambar 3.4 Cek terhadap gaya lintang

Sumber: Christiandava et al., (2023)



Gambar 3.5 Cek terhadap gaya aksial

Sumber: Christiandava et al., (2023)

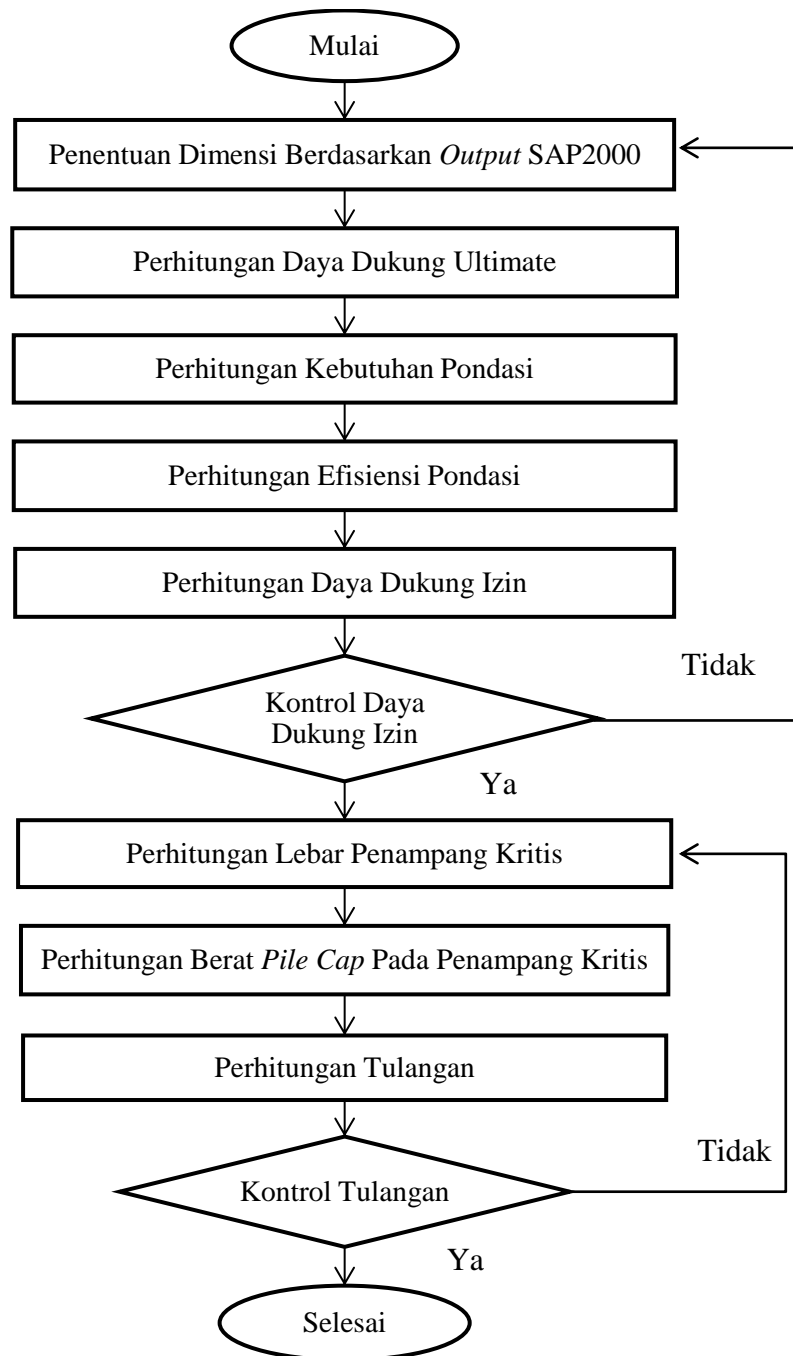


Gambar 3.6 Cek terhadap momen

Sumber: Christiandava et al., (2023)

3.5.3 Analisa Struktur Bawah

Analisis struktur bawah pada penelitian ini meliputi analisis pondasi dan *pile cap*. Struktur bawah bangunan ini di analisis menggunakan SAP2000 sehingga diperlukan tahapan sebagai berikut:

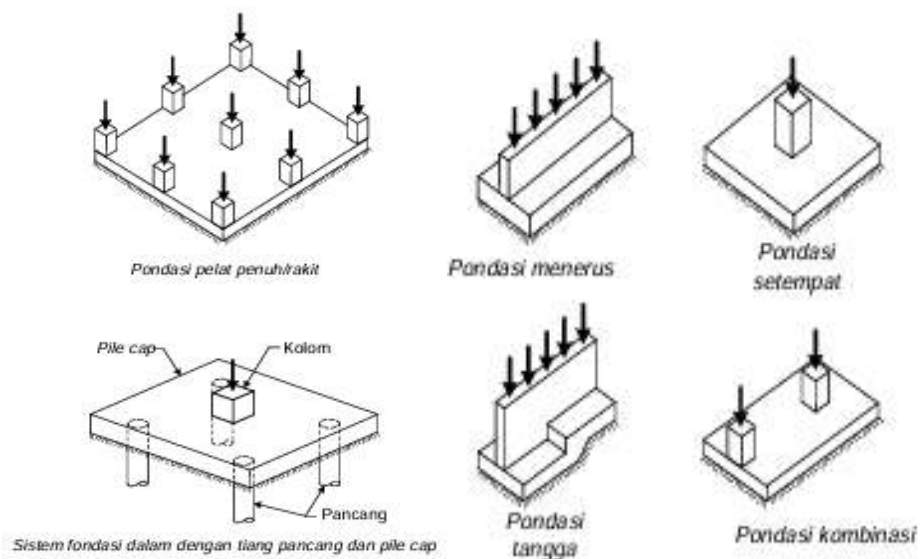


Gambar 3.7 Diagram Alir Analisa Struktur Bawah

Analisa struktur bawah bangunan ini meliputi struktur pondasi dan *pile cap*, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Pondasi

Pemilihan jenis pondasi pada saat melakukan perencanaan sebuah proyek berdasarkan dengan kondisi tanah pada proyek dan juga kedalaman tanah kerasnya. Pondasi memiliki beberapa jenis yaitu pondasi dalam dan dangkal. Menurut Diansyah (2019), menjelaskan bahwa hal yang harus diperhatikan pada saat melakukan perencanaan sebuah pondasi yaitu perhitungan kapasitas beban, jumlah tiang pondasi yang dibutuhkan, pengaturan tegangan terbesar, penulangan beton cor *pile cap*. Perhitungan pondasi yang akan digunakan akan mengacu pada SNI 2847:2019. Contoh tipe pondasi diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 3.8 Tipe Pondasi (SNI 2847:2019)

Sumber: SNI 2847:2019

2. Pile Cap

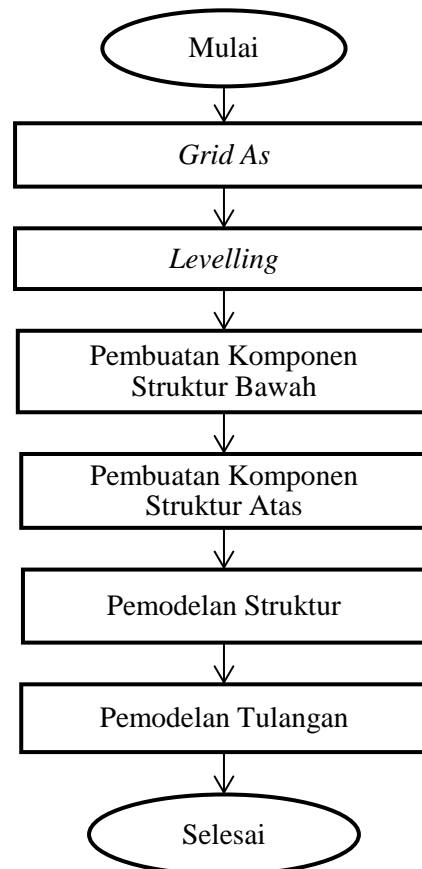
Pile cap bertujuan untuk menyalurkan beban dari kolom struktur atas ke pondasi *bore pile*. Berdasarkan SNI 2847:2019 tabel 22.2.2.4.3 syarat dan batas penulangan *pile cap* sebagai berikut:

Tabel 3.7 Syarat dan batas penulangan (SNI 2847:2019)

f_c' (MPa)	B_1
$17 \leq f_c' \leq 28$	0.85
$28 < f_c' < 55$	$0.85 - \frac{0.05 (f_c' - 28)}{7}$
$f_c' \geq 55$	0.65

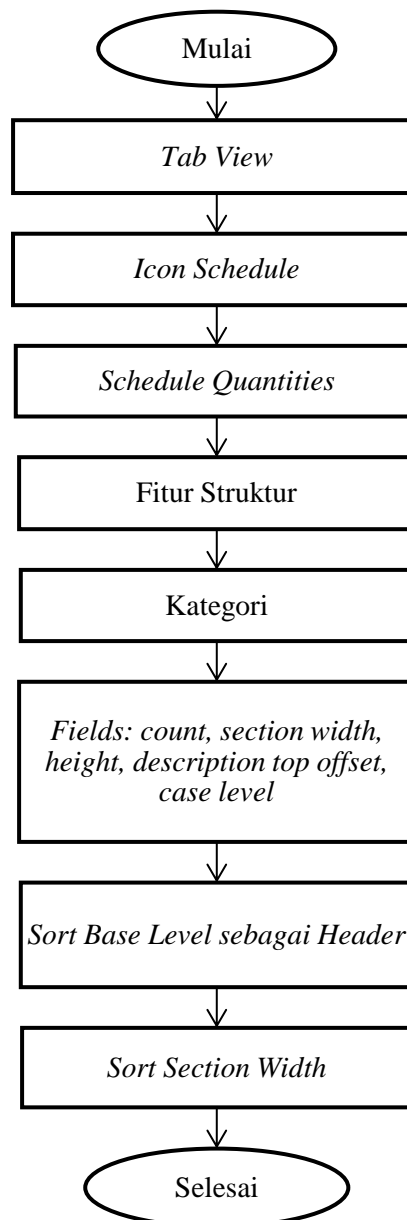
3.5.4 Permodelan 3D

Pemodelan 3D pada penelitian ini menggunakan *software* Revit. Pemodelan bangunan di Revit dimulai dengan membuat *Grid As* kemudian membuat sebuah *Levelling*. Setelah pembuatan tersebut dilanjutkan dengan membuat struktur atas dan bawah, lalu pemodelan tulangan. Apabila semua telah dilakukan maka pemodelan 3D dengan *software* Revit sudah selesai. Setelah pemodelan selesai yaitu perhitungan volume dan biaya.

**Gambar 3.9** Diagram Alir Permodelan 3D

3.5.5 Quantity Take Off

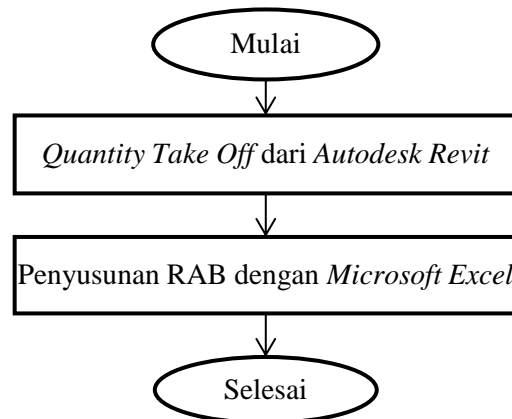
Setelah dilakukan pemodelan 3D maka dilakukan perhitungan volume bangunan di *software* Revit. Setelah dilakukan pemodelan dan *output* dari volume bangunan akan ada rekapitulasi mengenai *output* volume. *Quantity Take Off* nantinya menjadi dasar dalam penyusunan Rancangan Anggaran Biaya (RAB). Selain itu juga dapat digunakan dalam penyusunan penjadwalan sebuah proyek.



Gambar 3.10 Diagram Alir Quantity Take Off

3.5.6 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

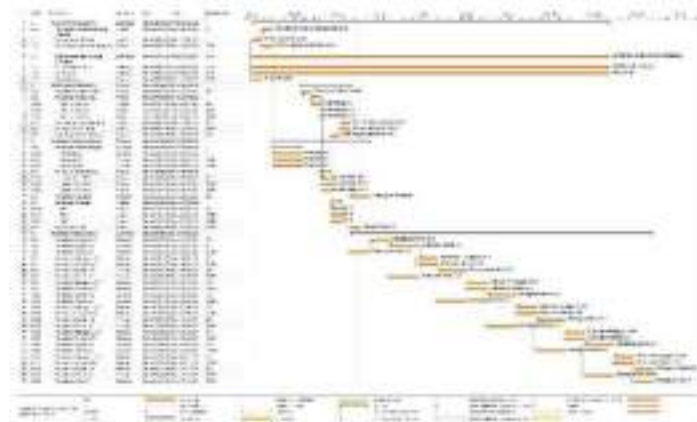
Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya pada penelitian ini dibantu dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Perhitungan tersebut diperoleh dari volume struktur bangunan dari Revit yang kemudian dihitung sesuai dengan standar harga satuan yang ada di wilayah tersebut.



Gambar 3.11 Diagram Alir Rencana Anggaran Biaya

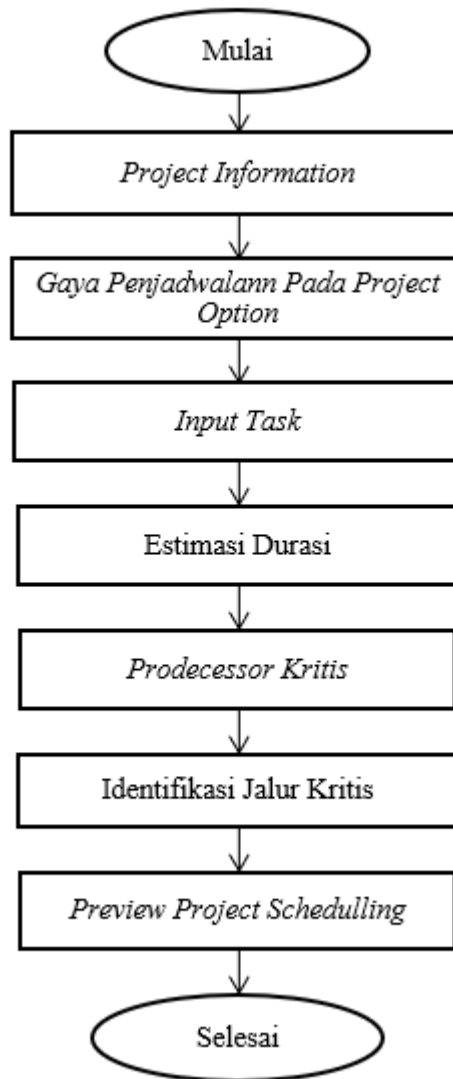
3.5.7 Penjadwalan Proyek

Penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak Microsoft Project untuk menyusun penjadwalan proyek. Langkah ini sangat krusial guna memastikan seluruh tahapan pekerjaan berjalan dengan target yang ditetapkan. Selain itu, adanya jadwal yang terstruktur juga berfungsi sebagai instrumen kontrol untuk memonitor progres atau sejauh mana proyek tersebut telah terealisasi.



Gambar 3.12 Penjadwalan Proyek

Sumber: Christiandava et al., (2023)



Gambar 3.13 Diagram Alir Penjadwalan Proyek.

3.5.8 Integrasi BIM 5D

Penelitian ini menerapkan Building Information Modelling (BIM) 5D dalam proses perencanaan ulang Gedung Fakultas Hukum Universitas 17 Agustus 1945 (UNTAG) Semarang. Implementasi BIM 5D dilakukan melalui integrasi model tiga dimensi bangunan dengan data penjadwalan pekerjaan dan estimasi biaya proyek menggunakan perangkat lunak Navisworks. Integrasi tersebut menghasilkan simulasi pelaksanaan konstruksi yang mampu menggambarkan urutan pekerjaan, durasi pelaksanaan, serta keterkaitannya dengan biaya proyek secara terstruktur. Dengan demikian, penerapan BIM 5D diharapkan dapat meningkatkan efektivitas

proses perencanaan, koordinasi, dan pengendalian proyek konstruksi. Diagram alir penerapan BIM 5D dalam penelitian ini disajikan pada gambar berikut.

