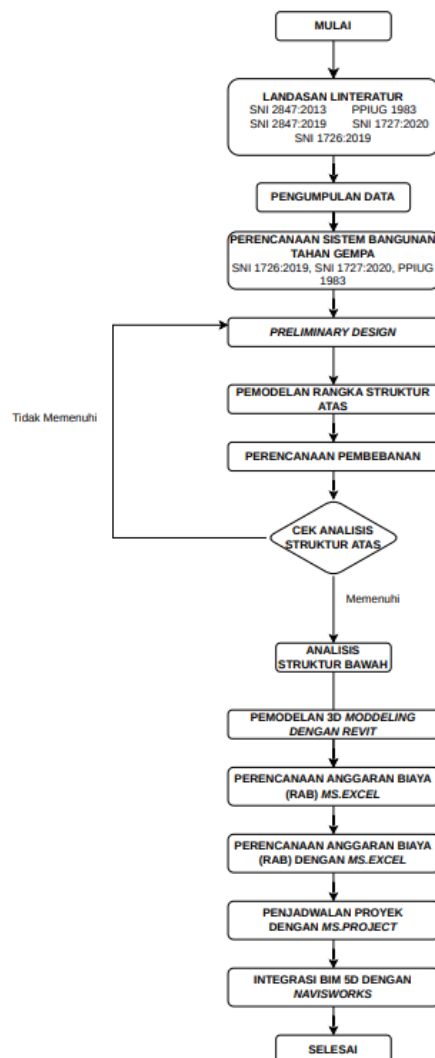


BAB III

METODE PERENCANAAN

3.1 Diagram Alir Perencanaan Struktur

Metode perencanaan ulang Struktur Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY mengikuti diagram alir sesuai yang ditunjukkan oleh gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan
(Sumber : Penulis,2025)

Diagram alir tersebut menunjukkan tahapan sistematis perencanaan struktur bangunan dimulai dari landasan literatur yang mengacu pada SNI 2847 (beton), SNI 1726 (gempa), SNI 1727 (pembebanan), dan PPIUG 1983, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data serta perencanaan sistem bangunan tahan gempa untuk menentukan konsep struktur yang sesuai. Setelah itu dilakukan *preliminary design* guna memperoleh dimensi awal elemen struktur, yang kemudian dibagi menjadi struktur atas dan struktur bawah untuk dimodelkan dalam analisis struktur. Selanjutnya dilakukan permodelan rangka struktur dan perencanaan pembebanan. Jika sudah memenuhi, proses dilanjutkan ke analisis detail struktur atas dan bawah, kemudian dibuat pemodelan 3D menggunakan Revit, dilanjutkan dengan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan Ms. Excel, serta penjadwalan proyek menggunakan Ms. Project, hingga tahap akhir berupa integrasi BIM 5D dengan Navisworks, yang menandai selesainya keseluruhan proses perencanaan.

3.2 Referensi Literatur

Referensi literatur yang digunakan sebagai dasar dalam proses perencanaan ulang struktur Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY meliputi:

- a. SNI 2847:2013 mengenai ketentuan persyaratan beton struktural pada bangunan gedung.
- b. SNI 2847:2019 yang mengatur ketentuan persyaratan beton struktural pada bangunan gedung.
- c. SNI 1726:2019 yang mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa pada struktur bangunan gedung maupun non gedung.
- d. SNI 1727:2020 yang mengatur ketentuan beban desain minimum beserta kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lainnya.
- e. PPIUG 1983 yang mengatur ketentuan pembebanan pada bangunan gedung di Indonesia.

3.3 Data Umum Proyek

Data Umum Proyek yang merupakan tinjauan khusus Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY adalah sebagai berikut:

3.3.1 Profil Proyek

Profil dan data yang terdapat pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta adalah sebagai berikut:

- | | |
|-------------------------|--|
| a. Nama Proyek | : Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) |
| b. Lokasi Proyek | : Jl. Kenari Nomor 6, RT/RW 28/08, Kelurahan Semaki, Kemantren Umbulharjo, Kota Yogyakarta, 55166 |
| c. Tahun Anggaran | : 2025-2026 |
| d. Sumber Dana | : APBN dan RKA UNY |
| e. No. SPK | : 08.04.04/UN34.07/LK/KONTRAK/PBJ/2025 |
| f. Tanggal SPK | : 4 Agustus 2025 |
| g. Nilai Kontrak | : ± Rp. 64.935.000.000 |
| h. Sistem Pembayaran | : Pembayaran Termin |
| i. Pemilik Proyek | : Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)
Kementrian Pendidikan Tinggi Sains dan Teknologi Universitas Negeri Yogyakarta |
| j. Waktu Pelaksanaan | : 420 Hari Kalender |
| k. Waktu Pemeliharaan | : 365 Hari Kalender |
| l. Konsultan Perencana | : PT. Pola Data Consultant |
| m. Konsultan Pengawas | : PT. ARSS BARU |
| n. Kontraktor Pelaksana | : Anugerah Prima Industri Kontraktor, KSO |
| o. Total Luas Lahan | : ± 4.892 m ² |
| p. Total Luas Bangunan | : ± 9.016 m ² |

3.3.2 Data Teknis Proyek

Data teknis yang merupakan tinjauan khusus Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY adalah sebagai berikut:

a. Pondasi *Bore pile*

Keterangan spesifikasi *bore pile* :

1. Mutu beton : Fc' 25 Mpa
2. Kelas baja tulangan : BJTS 420
3. Diameter : 800 mm
4. Selimut beton : 75 mm
5. Baja tulangan utama : 24 D19

b. *Pilecap*

Keterangan spesifikasi *pilecap* :

1. Mutu beton : Fc' 25 Mpa
2. Kelas baja tulangan : BJTS 420
3. Selimut beton bawah : 100 mm

Tabel 3. 1 Tipe – Tipe *Pilecap*

No	Tipe <i>Pilecap</i>	Dimensi (mm)	Ketebalan
1	P1	4100 x 4100	1000
2	P1a	4100 x 4100	1000
3	P2	4100 x 4100	1000
4	P3	4100 x 6200	1000
5	P4	2000 x 2000	1000
6	P5	6800 x 4300	1000
7	P6	6200 x 4100	1000
8	P7	6200 x 8300	1000
9	P7a	6200 x 8300	1000
10	P8	Sesuai Detail	1000

c. *Sloof*

Keterangan spesifikasi *Sloof* :

1. Mutu beton : Fc' 25 Mpa
2. Kelas baja tulangan : BJTS 420
3. Selimut beton : 50 mm

Tabel 3. 2 Tipe – Tipe *Sloof*

No	Tipe <i>Sloof</i>	Dimensi (mm)
1	S1	400 x 550
2	S2	300 x 500
3	S3	300 x 500
4	S4	250 x 450
5	S5	400 x 550

d. Kolom

Keterangan spesifikasi kolom :

1. Mutu beton : Fc' 25 Mpa
2. Kelas baja tulangan : BJTS 420
3. Selimut beton : 40 mm

Tabel 3. 3 Tipe-Tipe Kolom

No	Tipe Kolom	Dimensi (mm)	Keterangan
1	K1	900 x 900	Lantai 1
2	K2	850 x 850	Lantai 3-4
3	K3	800 x 800	Lantai 5-6
4	K4	700 x 700	Lantai 8-Atap
5	K5	650 x 650	Lantai 1-2
6	K6	600 x 600	Lantai 1-Atap
7	K7	900 x 900	Lantai 1
8	K8	850 x 850	Lantai 3-7
9	K9	900 x 900	Lantai 3-7
10	K10	500 x 500	Lantai 1 - Atap
11	K11	500 x 500	Lantai 1 - Atap
12	K12	500 x 500	Lantai 3-6
13	K1a	900 x 900	Lantai 2

e. Balok

Keterangan spesifikasi balok :

1. Mutu beton : Fc' 25 Mpa
2. Kelas baja tulangan : BJTS 420
3. Selimut beton : 40 mm

Tabel 3. 4 Tipe-Tipe Balok

No	Tipe Balok	Dimensi (mm)
1	B1	350 x 700
2	B1a	350 x 500

No	Tipe Balok	Dimensi (mm)
3	B1b	400 x 700
4	B2	350 x 700
5	B3	350 x 700
6	B3a	350 x 700
7	B4	300 x 550
8	B5	300 x 450
9	B6	300 x 550
10	B7	250 x 500
11	B8	250 x 400
12	B8a	250 x 400
13	B9	300 x 500
14	B10	300 x 600
15	B11	300 x 500
16	B12	250 x 450
17	B13	250 x 600
18	B14	250 x 500
19	B15	300 x 650
20	B16	300 x 400
21	B17	300 x 600
22	B18	300 x 500
23	B19	475 x 700
24	B20	300 x 600

f. Plat Lantai (*Slab*)

Keterangan spesifikasi plat :

1. Mutu beton : Fc' 25 Mpa
2. Kelas baja tulangan : BJTS 420

Tabel 3. 5 Tipe-Tipe Plat Lantai (Slab)

No	Tipe Plat	Selimut Beton (mm)		Tebal (mm)
		Atas	Bawah	
1	A0	20	20	120
2	A1	20	20	130
3	A2	20	20	120
4	A3	20	20	130

g. Material Utama

Keterangan spesifikasi material :

1. Mutu beton : Fc' 25 Mpa (Bored pile, *Pile cap*, *Sloof*, kolom, balok, dan plat)
2. Kelas baja tulangan : BJTS 420
3. Kelas tulangan Wiremesh : U50
4. Baja tulangan : D10, D13, D16, D19, D22, D25, D29, D32

3.3.3 Struktur Organisasi Proyek

Pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY terdapat beberapa elemen struktur organisasi proyek konstruksi yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Pemilik proyek (*owner*) adalah Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemendikti Saintek) Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Konsultan perencana oleh PT. Pola Data Consultant.
3. Kontraktor pelaksana oleh PT. Wahyu Prima Group.
4. Konsultan pengawas oleh PT. ARSS BARU.
5. Sub kontraktor bidang pekerjaan repair struktur pondasi oleh CV. Mitra Binangun.
6. Sub kontraktor bidang *scaffolding* dan bekisting oleh CV. Cipta Mandiri.

3.3.4 Data Penyelidikan Tanah

Untuk menganalisis kekuatan struktur dasar serta ketahanan terhadap gempa dalam menentukan jenis dan kedalaman pondasi yang tepat, penulis mengumpulkan data relevan dari proyek tersebut, khususnya yang berkaitan dengan kondisi tanah. Data tersebut berupa hasil Uji Sondir yang telah diolah dan mencakup informasi mengenai SPT (*Standard Penetration Test*).

3.4 Software yang Digunakan

Perencanaan ulang Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY memerlukan beberapa *software* untuk mendukung proses analisis struktur, pemodelan bangunan, perhitungan kuantitas pekerjaan, penyusunan jadwal proyek, dan estimasi biaya. Software yang digunakan terdiri atas software pada metode konvensional dan *software* yang terintegrasi dalam penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 5D dalam proses perencanaan ulang gedung meliputi:

3.4.1 *Software* pada Metode Konvensional

Perencanaan konstruksi pada Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY menggunakan beberapa perangkat lunak yang bekerja secara terpisah. *Software* yang biasa digunakan meliputi:

1. Microsoft Word
2. Microsoft Excel
3. SAP 2000
4. AutoCad

Masing-masing *software* memiliki fungsi yang berbeda sehingga proses pertukaran data dilakukan secara manual. Perubahan desain yang terjadi pada tahap perencanaan mengharuskan pembaruan data pada setiap *software* yang digunakan. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian informasi antar dokumen serta meningkatkan risiko kesalahan dalam proses perencanaan dan pengendalian proyek.

3.4.2 *Software* pada Perencanaan BIM 5D

Perencanaan ulang Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY menggunakan konsep *Building Information Modeling* (BIM) 5D dengan beberapa *software* yang saling terintegrasi, yaitu:

1. Microsoft Word
2. Microsoft Excel
3. SAP 2000
4. AutoCad
5. Autodesk Revit
6. Navisworks
7. Microsoft Project

Setiap *software* memiliki fungsi yang saling mendukung dalam proses perencanaan proyek. Microsoft Word digunakan untuk penyusunan laporan, Microsoft Excel digunakan untuk pengolahan data dan perhitungan biaya, SAP2000 digunakan untuk analisis struktur, Autodesk Revit digunakan untuk pemodelan tiga dimensi dan perhitungan kuantitas pekerjaan, Navisworks

digunakan untuk integrasi model dan simulasi pelaksanaan konstruksi, sedangkan Microsoft Project digunakan untuk penyusunan jadwal proyek.

Penggunaan BIM 5D memungkinkan integrasi antara model bangunan, kuantitas pekerjaan, biaya, dan waktu pelaksanaan dalam satu lingkungan kerja digital. Integrasi tersebut dapat meningkatkan efisiensi proses perencanaan, mempermudah koordinasi antar disiplin, serta mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan akibat perbedaan data antar dokumen.

3.5 Perencanaan Struktur Atas Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY

Perencanaan Struktur Atas Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta merupakan tahapan perancangan elemen struktur bagian atas bangunan yang meliputi *sloof*, pelat, balok, dan kolom. Perencanaan dilakukan menggunakan SAP2000. Berikut tahapan yang digunakan dalam proses perencanaan ulang Gedung.

3.5.1 Perencanaan Pembebanan Sistem Bangunan Tahan Gempa

Pembangunan gedung bertingkat harus memperhitungkan beban gempa, terutama untuk bangunan yang berada di wilayah rawan gempa. Dalam perencanaan ulang Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY, analisis pembebanan dilakukan dengan mempertimbangkan beban mati, beban hidup, dan beban angin yang bekerja pada struktur. Perhitungan tersebut mengacu pada ketentuan dalam SNI 1727:2020 mengenai beban desain minimum serta kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lainnya.

Selain itu, beban gempa dihitung sesuai ketentuan SNI 1726:2019 dengan mengacu pada data seismik yang diperoleh dari situs RSA Cipta Karya serta hasil penyelidikan tanah. Nilai beban gempa yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan faktor risiko, faktor keutamaan gempa, serta spektrum respons desain.

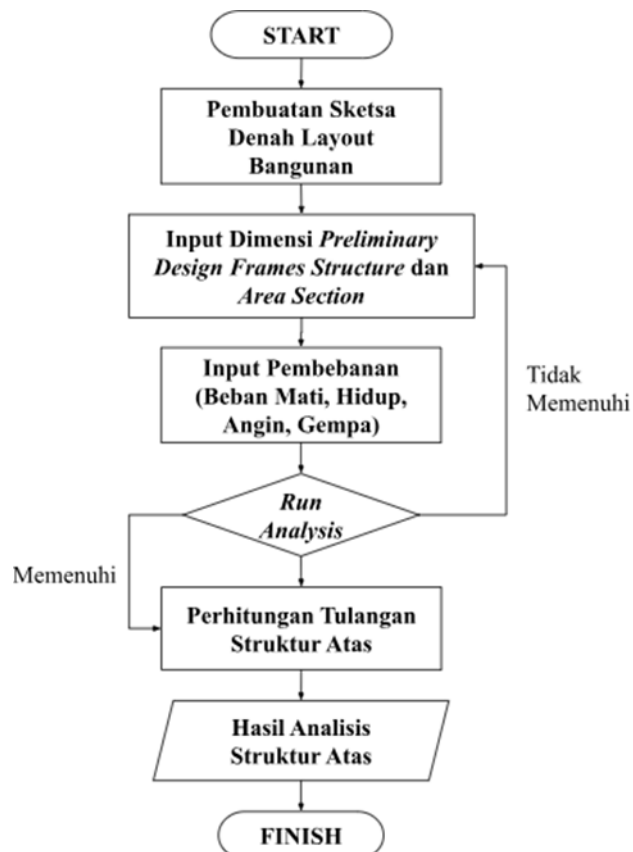
3.5.2 Preliminary Design

Tahap *preliminary design* merupakan langkah awal dalam proses perencanaan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY. Pada tahap ini dilakukan

perhitungan awal untuk menentukan dimensi elemen struktur utama, seperti balok, pelat lantai, kolom, dan tangga. Selanjutnya, hasil perencanaan tersebut dianalisis menggunakan SAP2000 dengan perhitungan pembebanan yang mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, serta PPIUG 1983.

3.5.3 Pemodelan dan Analisis Struktur Atas Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta

Penjelasan mengenai analisis struktur atas Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY berbasis SAP2000 disajikan dalam diagram alir pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Analisis Struktur Atas Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY

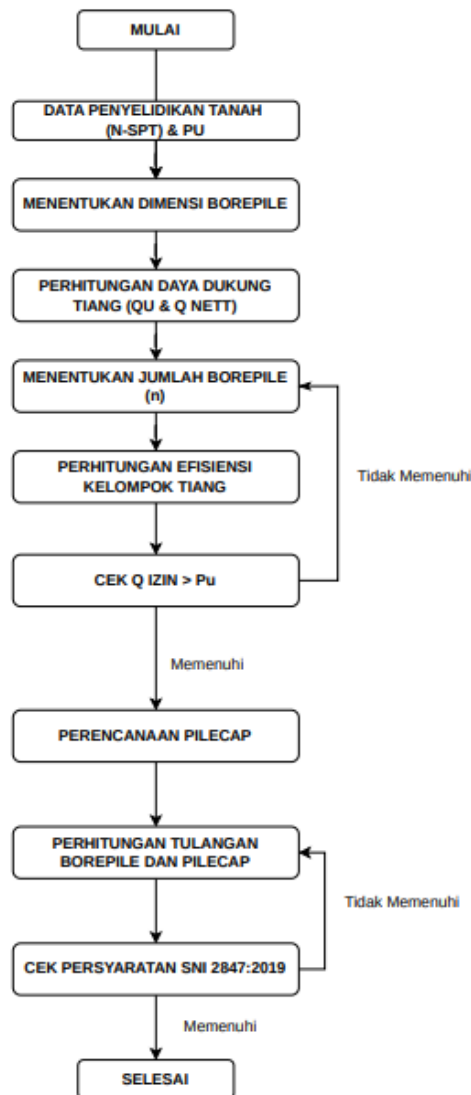
Perencanaan struktur atas Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY dilakukan dengan mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019, khususnya terkait dimensi elemen dan persyaratan perencanaan tulangan. Hasil analisis menggunakan SAP2000 berupa reaksi dan

gaya dalam yang bekerja pada struktur, serta luas tulangan yang dibutuhkan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan tulangan aktual pada proyek pembangunan.

Apabila hasil analisis SAP2000 menunjukkan peringatan berwarna merah pada dimensi struktur dari *preliminary design*, maka diperlukan revisi dimensi untuk mendapatkan kinerja struktur yang aman dan memenuhi ketentuan.

3.6 Perencanaan Struktur Pondasi Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY

Perencanaan struktur pondasi merupakan tahapan penting dalam menjamin kestabilan bangunan melalui penyaluran beban dari struktur atas ke lapisan tanah pendukung secara aman. Pada Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta, perencanaan pondasi dilakukan berdasarkan data penyelidikan tanah berupa nilai N-SPT. Perencanaan pondasi dilakukan dengan menghitung daya dukung ultimit, daya dukung izin, efisiensi kelompok tiang, serta kebutuhan jumlah tiang berdasarkan beban aksial hasil analisis struktur menggunakan SAP2000. Selanjutnya, dilakukan perencanaan *pilecap* sebagai elemen penghubung antara kolom dan kelompok *Borepile* untuk memastikan distribusi beban yang merata ke pondasi. Dengan mempertimbangkan kondisi tanah, kapasitas daya dukung pondasi, serta ketentuan perencanaan yang berlaku, sistem pondasi yang direncanakan diharapkan mampu memberikan keamanan, kestabilan, dan kinerja struktur yang optimal. Pondasi yang akan digunakan pada Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY dapat direncanakan dengan tahapan-tahapan pada diagram alir gambar 3.3.



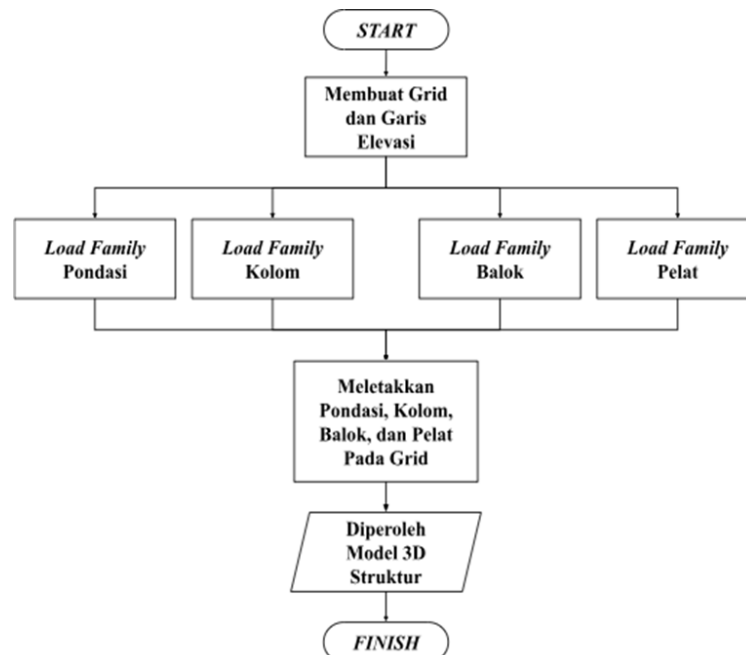
Gambar 3. 3 Perencanaan Pondasi *Borepile*

Pada tahap perencanaan pondasi Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY digunakan pondasi *bore pile*. Proses perencanaan diawali dengan pengumpulan data penyelidikan tanah berupa nilai N-SPT dan beban aksial kolom (P_u) hasil analisis struktur. Selanjutnya dilakukan penentuan dimensi *bore pile* yang digunakan sebagai dasar untuk menghitung daya dukung tiang, meliputi daya dukung ultimit (Q_u) dan daya dukung netto (Q_{nett}). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut ditentukan jumlah *bore pile* yang dibutuhkan, kemudian dilakukan perhitungan efisiensi kelompok tiang untuk memperoleh daya dukung izin pondasi

(Qizin). Nilai Qizin selanjutnya dibandingkan dengan beban aksial terfaktor (P_u) sebagai kontrol keamanan pondasi. Apabila syarat $Q_{izin} \geq P_u$ belum terpenuhi, maka dilakukan penyesuaian jumlah tiang hingga diperoleh desain yang memenuhi persyaratan. Setelah itu dilakukan perencanaan *pilecap* yang meliputi penentuan dimensi dan tebal *pile cap*, dilanjutkan dengan perhitungan tulangan *bore pile* dan *pile cap* sesuai ketentuan SNI 2847:2019. Tahap akhir dilakukan pemeriksaan terhadap persyaratan desain yang berlaku untuk memastikan bahwa kapasitas dan detail tulangan yang direncanakan telah memenuhi ketentuan, sehingga diperoleh sistem pondasi yang aman dan layak digunakan.

3.7 Pemodelan 3D Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta

Pada proses pemodelan 3D digunakan perangkat lunak Autodesk Revit yang dijelaskan melalui diagram alir berikut:



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pemodelan 3D Strukur

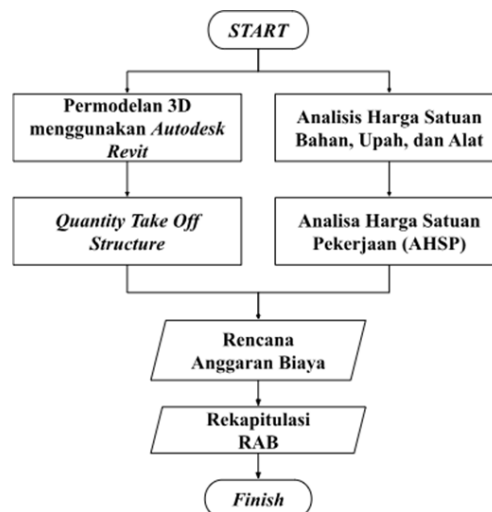
Tahapan pemodelan 3D dalam perencanaan ulang Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak *Autodesk Revit*. Proses ini diawali dengan

pemodelan struktur bawah berupa pondasi, yang disesuaikan dengan hasil perhitungan dimensi, jumlah tiang, serta *pile cap*. Selanjutnya, pemodelan dilanjutkan pada struktur atas yang mencakup balok, kolom, pelat lantai, pelat atap, dan tangga. Selain itu, dimasukkan pula elemen arsitektural seperti dinding, fasad, sistem *plumbing*, serta komponen pendukung lainnya. Adapun tahapan lengkap pemodelan 3D menggunakan Autodesk Revit dijelaskan sebagai berikut:

1. Membuat model dengan menentukan satuan proyek (*project units*) serta jenis material yang akan digunakan;
2. Menyusun *grid* dan garis elevasi yang berfungsi sebagai acuan pembatas struktur secara *horizontal* maupun *vertikal*;
3. Membentuk model desain Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta berdasarkan hasil perhitungan perencanaan, yang diawali dari penentuan tipe pondasi hingga dimensi balok, kolom, dan pelat;
4. Melakukan perencanaan penulangan pada elemen struktur sesuai dengan kebutuhan desain.

3.8 Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan ulang Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta menggunakan Microsoft Excel disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta dengan menggunakan Microsoft Excel dijelaskan sebagai berikut:

1. Klasifikasi kelompok pekerjaan proyek

Identifikasi pekerjaan dilakukan terhadap seluruh item pekerjaan pada Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta, termasuk pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, dan pekerjaan struktur atas seperti kolom, balok, dan pelat.

2. Perhitungan kebutuhan volume pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan dilakukan melalui Autodesk Revit dengan mengacu pada model 3D yang telah dibuat, kemudian data hasilnya dimuat ke dalam Microsoft Excel untuk pengolahan lebih lanjut.

3. Penyusunan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku pada lokasi proyek konstruksi. Secara umum, perhitungan AHSP dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Analisa (bahan, tenaga, alat) = Harga Satuan x Koefisien

Koefisien digunakan untuk menunjukkan besarnya kebutuhan bahan dan waktu yang dibutuhkan dalam setiap satuan pekerjaan. Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) dilakukan dengan menjumlahkan hasil analisis harga dari komponen bahan, alat, dan tenaga kerja.

Harga Satuan Pekerjaan = Analisis Harga Bahan + Analisis Harga Tenaga Kerja + Analisis Harga Alat

4. Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

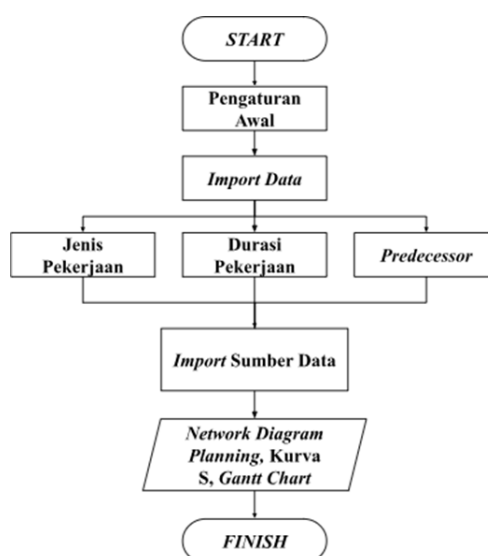
Anggaran biaya pekerjaan diperoleh dari hasil perkalian antara total volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan.

RAB = Volume Pekerjaan x Harga Satuan Pekerjaan

5. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun dengan bantuan *software Microsoft Excel*.

3.9 Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi UNY

Diagram alir pada Gambar 3.6 menunjukkan proses perencanaan penjadwalan pada perencanaan ulang Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta menggunakan Microsoft Project.



Gambar 3. 6 Diagram Alir Pembuatan Penjadwalan Ms. Project

Penjadwalan adalah salah satu proses dalam perencanaan konstruksi yang digunakan untuk melakukan pengawasan dan pengendalian terhadap kesesuaian antara jadwal rencana dan realisasi progres pekerjaan.

Penyusunan penjadwalan pekerjaan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta dengan Microsoft Project diawali dengan penginputan jenis pekerjaan, durasi masing-masing pekerjaan, dan waktu mulai pelaksanaan.

Dalam penyusunan jadwal, hubungan antar pekerjaan, baik sebelum maupun sesudah (*predecessors*), perlu diperhatikan untuk mengurangi risiko keterlambatan. Data waktu rencana kemudian dimasukkan ke dalam Microsoft Project untuk menghasilkan Output berupa *Gantt Chart* dan *Network Diagram*.

3.10 Integrasi *Building Information Modeling* (BIM) 5D

Perencanaan ulang Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta dengan pendekatan BIM 5D memungkinkan simulasi pekerjaan dari tahap awal hingga akhir ditampilkan melalui *software* Navisworks, yang diuraikan dalam diagram alir berikut.



Gambar 3. 7 Diagram Alir Integrasi BIM 5D

Setelah tahap pemodelan 3D dan penjadwalan proyek selesai, perencanaan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta dilanjutkan dengan integrasi ke dalam *software* Navisworks melalui tahapan berikut:

1. Model 3D gedung yang telah dibuat di Autodesk Revit diekspor ke dalam Navisworks sebagai tahap integrasi.
2. File data penjadwalan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta yang dibuat menggunakan Microsoft Project diekspor ke dalam Navisworks.
3. Data Rencana Anggaran Biaya (RAB) Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta diinput ke dalam Navisworks.
4. Sinkronisasi antara model 3D, data penjadwalan, dan data RAB dilakukan menggunakan *toolbar TimeLiner* pada Navisworks.

5. Simulasi BIM 5D dilakukan dengan menyesuaikan *type of construction* pada Navisworks.
6. Hasil simulasi BIM 5D berupa integrasi model 3D, penjadwalan proyek, dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi Universitas Negeri Yogyakarta, yang selanjutnya dapat diekspor dalam bentuk video.

3.11 Perencanaan Output Hasil Penelitian

Dalam perencanaan bangunan gedung menggunakan metode BIM 5D, dihasilkan beberapa jenis Output, yaitu BIM 2D, 3D, 4D, dan 5D yang diuraikan sebagai berikut:

1. BIM 2D menghasilkan gambar kerja berupa sketsa dalam bidang sumbu X dan Y. Pada proyek ini, Output yang diperoleh berupa *Detail Engineering Design* (DED) yang disusun menggunakan Autodesk AutoCAD.
2. Transisi BIM 2D ke 3D menghasilkan Output berupa analisis struktur dalam bentuk model rangka bangunan tiga dimensi. Analisis struktur menggunakan SAP2000 menghasilkan Output berupa dimensi elemen struktur sesuai standar, reaksi gaya dalam, kebutuhan tulangan lentur dan geser, serta beban aksial yang digunakan dalam perencanaan pondasi.
3. BIM 3D menghasilkan model struktur tiga dimensi yang merepresentasikan bentuk bangunan secara utuh. Pemodelan dilakukan menggunakan Autodesk Revit, dengan Output berupa kesesuaian antar *joint* struktur, model 3D terintegrasi, serta *quantity take off* untuk perhitungan volume dan anggaran biaya.
4. BIM 4D merupakan integrasi antara model 3D dengan aspek waktu, melalui penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS), Rencana Anggaran Biaya (RAB), serta pembobotan pekerjaan. Selanjutnya dilakukan penjadwalan menggunakan Microsoft Project, dengan Output berupa kurva progres rencana sebagai acuan pelaksanaan proyek.
5. BIM 5D merupakan tahap integrasi lanjutan yang menggabungkan model 3D, penjadwalan, dan biaya menggunakan *software* Navisworks. Output yang

dihasilkan berupa simulasi proses pembangunan yang telah terintegrasi dengan jadwal pelaksanaan dan RAB yang telah diperhitungkan.