

**ANALISIS PENGARUH IMPLEMENTASI *BUILDING*
INFORMATION MODELING DALAM ESTIMASI *QUANTITY*
TAKE OFF PADA PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN STT
ANUGERAH MISI NIAS BARAT**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar
Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas HKBP Nommensen Medan*

Disusun oleh :

ALFRED PATRIOT BUSH DAELI

20310010

Telah diuji di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 30 Agustus 2024 dan
dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I



Bartholomeus, ST., MT

Dosen Pembimbing II



Ir. Partahi Lumbangaol, M.Eng.Sc

Dosen Penguji I



Nurvita L. M. Simanjuntak, ST., M.Sc

Dosen Penguji II



Luki Hariando Purba, ST., M.Eng

Dosen Fakultas Teknik



Dr. Irena Johang Pangaribuan, MT

Ketua Program Studi



Ir. Yetty Riris R Saragi, S.T., M.T., IPU, ACPE

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri konstruksi, proses estimasi *Quantity Take-Off* (QTO) atau juga sering disebut sebagai perhitungan volume merupakan salah satu tahap krusial dalam perencanaan dan manajemen suatu proyek konstruksi. *Quantity Take-Off* (QTO) merupakan suatu pekerjaan untuk melakukan perhitungan kuantitas dari bahan yang akan digunakan pada setiap item-item pekerjaan dalam proyek konstruksi (Laorent et al., 2019). Oleh karena itu, ketepatan dalam melakukan estimasi *quantity take off* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap anggaran biaya proyek, pengelolaan sumber daya, dan jadwal pelaksanaan.

Rizqy et al., (2021) menyatakan bahwa di Indonesia saat ini, sebagian besar perusahaan konstruksi masih menggunakan metode konvensional dalam melakukan estimasi *quantity take-off*. Metode konvensional yang dimaksud adalah perhitungan manual dengan *Microsoft Excel* berdasarkan pedoman pada SMM (*Standard Method of Measurement*). Namun, perhitungan QTO secara konvensional ini dinilai kurang efisien dan sering kali terkena masalah seperti kesalahan perhitungan (*human error*), kehilangan data, keterbatasan desain visual, dan proses waktu yang lama.

Untuk mengatasi kendala tersebut, industri konstruksi mulai mengembangkan teknologi bernama *Building Information Modeling* (BIM) sebagai alat bantu untuk proses perencanaan dan manajemen proyek. *Building Information Modeling* (BIM) adalah digitalisasi atau visualisasi dari karakteristik fisik maupun fungsional dari suatu bangunan konstruksi yang di dalamnya memuat berbagai informasi mengenai bangunan tersebut dan saling terintegrasi satu sama lain. Dengan integrasi BIM ini, semua informasi mengenai proyek bangunan konstruksi, termasuk dimensi bangunan (3D), jadwal/*time schedule* (4D), biaya dan kuantitas (5D), analisis energi (6D), dan manajemen aset (7D) dapat diakses secara akurat dan dikelola secara efisien (Saputra et al., 2022).

Salah satu platform BIM yang bisa melakukan pemodelan sekaligus memuat informasi dari pemodelan bangunan itu sendiri adalah *Autodesk Revit*. *Autodesk Revit* adalah salah satu *software* BIM yang dapat digunakan untuk memodelkan suatu bangunan konstruksi baik itu pemodelan struktur, arsitektur, maupun MEP. Karena sudah terintegrasi dengan BIM, *Autodesk Revit* juga dapat digunakan untuk mengeluarkan informasi atau *output* mengenai *quantity Take-Off* dari setiap bangunan yang sudah dimodelkan (Purnomo et al., 2023).

Pada umumnya, proyek konstruksi gedung bertingkat memiliki banyak uraian item pekerjaan yang terpecah dan memiliki kompleksitas yang tinggi dalam estimasi volume setiap pekerjaannya. Hal tersebut berlaku pada Pembangunan Struktur Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat. Pada perencanaannya, gedung

ini dibangun dengan 3 lantai dan memiliki item pekerjaan yang banyak dan kompleks, sehingga diperlukan ketelitian dalam estimasi volume pekerjaan pada konstruksi ini. Namun, untuk mendapatkan hasil QTO yang cepat dan akurat, metode konvensional bukanlah metode yang disarankan untuk dipakai terutama pada konstruksi gedung bertingkat. Hal tersebut sangat memakan waktu dan memiliki risiko kesalahan data yang besar. Oleh sebab itu, implementasi BIM merupakan suatu langkah yang tepat agar pekerjaan estimasi *Quantity Take-Off* suatu proyek konstruksi lebih efisien dari segi waktu dan keakuratan hasil data yang tinggi.

Penelitian tugas akhir ini akan berfokus pada konsep BIM 5D yaitu estimasi kuantitas dan biaya, yang mana akan membahas bagaimana pengaruh implementasi *Building Information Modeling* terhadap estimasi *Quantity Take-Off* (QTO) suatu bangunan gedung. Studi kasus pada penelitian ini adalah pekerjaan Pembangunan Struktur Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat. Penelitian ini akan dilakukan dengan melakukan pemodelan ulang 3D pada *software* BIM yaitu *Autodesk Revit*. Setelah dimodelkan, maka akan diambil *output quantity take-off* hasil dari BIM untuk dilakukan perbandingan *quantity take off* terhadap volume hasil metode konvensional dan volume pada BOQ kontrak proyek. Dengan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan gambaran dan pemahaman mengenai bagaimana implementasi dari BIM ini dapat membantu produktivitas dan keakuratan dalam estimasi *quantity take-off* sehingga meminimalisir adanya *waste material* yang bisa mempengaruhi biaya pekerjaan suatu proyek konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang akan diangkat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa persentase perbandingan hasil perhitungan QTO pekerjaan struktur menggunakan metode BIM dengan metode konvensional dan pada nilai BOQ kontrak pada data proyek ?
2. Berapa selisih estimasi biaya proyek hasil *quantity take-off* dari BIM dengan metode konvensional dan estimasi biaya yang terdapat pada data BOQ kontrak proyek ?
3. Apa saja faktor yang menyebabkan adanya perbedaan hasil perhitungan *quantity take off* BIM dengan perhitungan konvensional serta pada nilai BOQ kontrak pada data proyek ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Membandingkan persentase perbandingan hasil perhitungan QTO pekerjaan struktur menggunakan metode BIM dengan metode konvensional dan pada BOQ kontrak pada data proyek.
2. Mengetahui selisih estimasi biaya proyek hasil *quantity take-off* dari BIM dengan metode konvensional dan biaya yang terdapat pada data proyek.
3. Menguraikan faktor penyebab adanya perbedaan hasil perhitungan *quantity* BIM dengan metode konvensional dan pada nilai BOQ kontrak proyek.

1.4 Batasan Penelitian

1. Pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan data struktur proyek pembangunan Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat.
2. Pemodelan yang dilakukan adalah elemen utama struktur beton Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat.
3. Pemodelan dilakukan menggunakan *software Autodesk Revit*
4. Perbandingan hasil *Quantity Take-Off* dilakukan pada item pekerjaan volume beton struktur dan volume pembesian.
5. Dalam pemodelan, tidak dilakukan proses analisis struktur dan penjadwalan.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan dan pemahaman terkait *Building Information Modeling* (BIM).
2. Mengetahui prosedur dan faktor yang perlu diperhatikan dalam mengimplementasikan *Building Information Modeling* (BIM).
3. Meningkatkan penerimaan teknologi di industri konstruksi khususnya teknologi *Building Information Modeling* (BIM).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Building Information Modeling (BIM)

2.1.1 Definisi *Building Information Modeling* (BIM)

Menurut *Buildingsmart* (dalam PUPR, 2018), *Building Information Modeling* (BIM) adalah penggambaran digital yang merepresentasikan karakter fisik dan fungsi dari sebuah bangunan (dikenal sebagai objek BIM), yang memuat berbagai informasi tentang elemen-elemen bangunan tersebut. Informasi ini digunakan sebagai landasan untuk mengambil keputusan sepanjang siklus hidup bangunan, mulai dari tahap konseptual hingga tahap demolisi. Secara sederhana, BIM merupakan suatu metode yang digunakan dalam desain, konstruksi, dan manajemen bangunan. Metode ini melibatkan penggunaan sistem, pengelolaan, serta prosedur atau langkah-langkah pelaksanaan proyek yang didasarkan pada informasi menyeluruh terkait semua aspek bangunan yang dikelola.

Definisi lain yang dikemukakan oleh Eastman (2008) menyatakan bahwa *Building Information Modeling* (BIM) adalah salah satu kemajuan yang menjanjikan dalam industri *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC). Dengan teknologi BIM, sebuah model virtual yang akurat dari bangunan dibuat secara digital. Setelah dimodelkan, model tersebut memuat geometri dan data relevan yang diperlukan untuk konstruksi bangunan tersebut. BIM juga memfasilitasi banyak fungsi yang diperlukan untuk memodelkan siklus hidup sebuah bangunan, memberikan dasar bagi kemampuan konstruksi baru dan perubahan dalam peran dan kolaborasi antar tim proyek. Ketika diterapkan dengan benar, BIM memungkinkan proses desain dan konstruksi yang lebih terintegrasi yang menghasilkan kualitas bangunan yang lebih baik dengan biaya yang lebih hemat dan durasi proyek yang lebih singkat.

Dari dua pendapat tersebut, disimpulkan bahwa *Building Information Modeling* (BIM) adalah penggambaran digital yang menyajikan karakter fisik dan fungsi suatu bangunan dalam bentuk model virtual. Model ini tidak hanya mencakup geometri bangunan, tetapi juga memuat berbagai informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut, seperti spesifikasi material, dimensi, dan informasi teknis lainnya. BIM memiliki peran yang sangat penting dalam memfasilitasi proses desain, konstruksi dan

manajemen bangunan secara terintegrasi. Melalui teknologi BIM, tim proyek dapat bekerja lebih efisien dan berkolaborasi dalam siklus hidup proyek, mulai tahap konseptual sampai tahap demolisi. Implementasi BIM diharapkan dapat menghasilkan kualitas bangunan yang lebih baik dengan biaya yang hemat dan durasi yang singkat. Dengan memanfaatkan informasi yang tersedia pada model BIM, keputusan yang lebih baik diambil sepanjang siklus hidup bangunan, yang pada akhirnya menghasilkan bangunan yang efisien dan berkelanjutan. Dengan demikian, BIM bukan hanya sekedar teknologi atau metode desain, tetapi juga merupakan alat yang memungkinkan transformasi dalam industri konstruksi, meningkatkan efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan proyek konstruksi.

2.1.2 Manfaat *Building Information Modeling* (BIM)

Secara umum, manfaat BIM dalam proyek konstruksi meliputi beberapa hal misalnya, kolaborasi yang lebih baik antar disiplin konstruksi, visualisasi 3D yang akurat, analisis yang mendalam terhadap aspek desain, serta manajemen proyek yang lebih efisien. Menurut Eastman (2008), manfaat BIM berupa :

- a. Manfaat pra-konstruksi ke *owner*, meliputi :
 1. Membantu manajemen risiko proyek lebih awal
 2. Peningkatan kinerja dan kualitas bangunan
- b. Manfaat pada desain, meliputi :
 1. Visual desain yang lebih awal dan lebih akurat
 2. Identifikasi otomatis ketika terjadi perubahan pada desain
 3. Menghasilkan gambar 2D yang akurat pada setiap proses desain
 4. Kolaborasi desain awal antar disiplin
 5. Mudah memverifikasi maksud desain
 6. Memperlihatkan estimasi biaya setiap tahap desain
 7. Meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan energi
- c. Manfaat pada konstruksi dan fabrikasi, meliputi :
 1. Sinkronisasi antara rencana desain dan konstruksi
 2. Menemukan kesalahan desain lebih awal
 3. Bereaksi cepat terhadap masalah desain dan *site*
 4. Menggunakan model desain sebagai dasar fabrikasi elemen
- d. Manfaat pada pasca-konstruksi, meliputi :
 1. Pengelolaan dan pengoperasian fasilitas yang lebih baik

2. Terintegrasi dengan manajemen sistem dan operasional fasilitas

2.1.3 Tingkatan Implementasi dan Dimensi *Building Information Modeling* (BIM)

Building Information Modeling (BIM) memiliki beberapa dimensi dan tingkatan implementasi yang menunjukkan tingkat level implementasi dalam suatu organisasi proyek konstruksi. Menurut BIM PUPR (2018), tingkat implementasi BIM atau disebut *maturity level* dalam suatu organisasi proyek antara lain :

1. Level 0 BIM

Level ini merupakan level terbawah dari BIM, pada level ini tidak ada kolaborasi antar disiplin dan *drafting* masih menggunakan 2D (CAD).

2. Level 1 BIM

Kombinasi antara desain konseptual 3D dan 2D CAD, di mana setiap disiplin memiliki standar desain masing-masing.

3. Level 2 BIM

Adanya kolaborasi model/objek antar disiplin namun masih bekerja dengan sistem dan ruang lingkup disiplin sendiri, dan dipertukarkan dengan format yang disamakan seperti IFC.

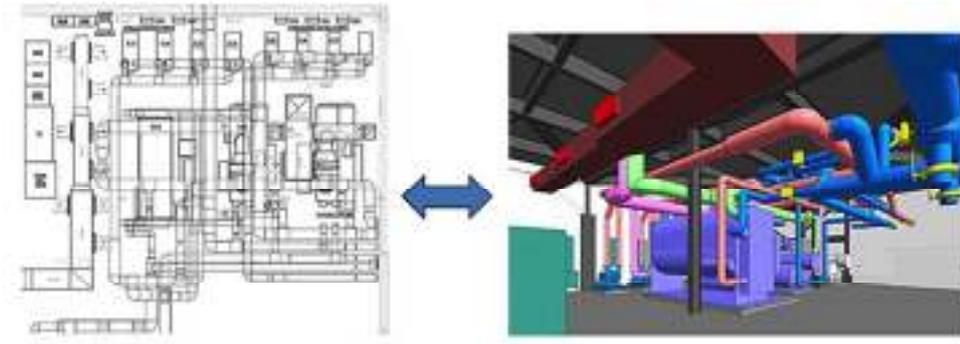
4. Level 3 BIM

Kolaborasi penuh, pelaku menggunakan *shared object* dan bersifat open BIM.

Saat ini, teknologi *Building Information Modeling* (BIM) telah berkembang dari dimensi awal 3D ke dimensi 4D, 5D, 6D, dan 7D yang memiliki fungsi masing-masing.

1. 3D (Model 3D)

Pada dimensi ini, memperlihatkan kondisi eksisting dan memvisualisasikan model proyek konstruksi dalam bentuk virtual



Gambar 2. 1 Model 3D
(Sumber : BIM PUPR, 2018)

2. 4D (Time Schedule)

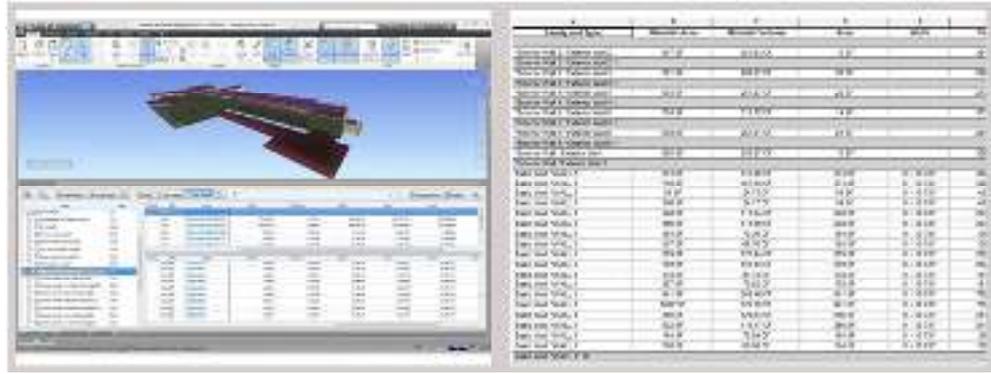
Model 4D dihasilkan dengan memvisualisasikan tahapan pekerjaan konstruksi proyek ke dalam model 3D. Pada model ini , memuat semua rincian pekerjaan dalam fase konstruksi untuk diakses oleh pemilik, kontraktor, dan pelaku konstruksi lainnya.



Gambar 2. 2 Time schedule
(Sumber : BIM PUPR, 2018)

3. 5D (Cost Estimate)

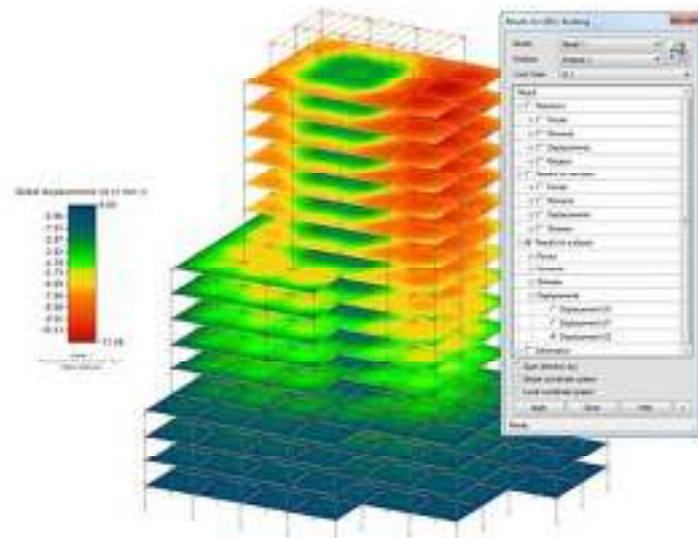
Pada dimensi ini, BIM dapat mengeluarkan *take-off material* atau volume pekerjaan proyek konstruksi yang sudah dimodelkan. Setelah mengeluarkan volume, maka biaya dapat dimasukkan untuk dihubungkan pada setiap kuantitas pekerjaan.



Gambar 2. 3 *Cost estimate*
(Sumber : Olilo Technologies, 2023)

4. 6D (*Sustainability, Energy Analysis*)

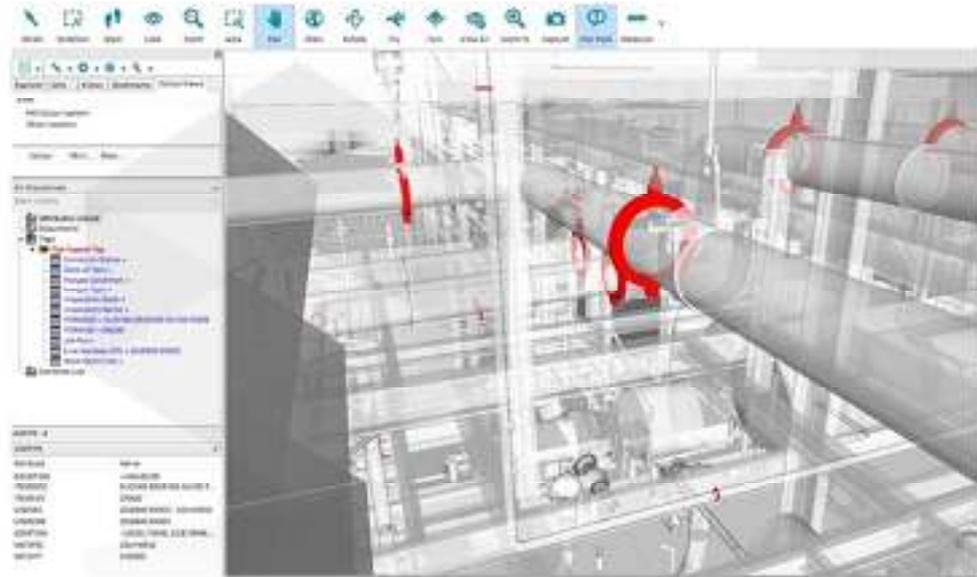
Pada dimensi ini, pengguna dapat melakukan analisis energi berdasarkan model 3D yang sudah dimodelkan. Pada dimensi ini meliputi analisis emisi, pengelolaan limbah, energi, dan analisis termal.



Gambar 2. 4 *Energy analysis*
(Sumber : Uppunda, 2022)

5. 7D (*Facility Management Application*)

Digunakan oleh pengelola fasilitas untuk mengoperasikan dan merawat fasilitas pada bangunan proyek sepanjang masa pakainya. Memungkinkan pengguna untuk menarik dan melacak informasi seperti kondisi komponen, spesifikasi, pemeliharaan, data garansi, dan lainnya sehingga proses penggantian menjadi lebih mudah dan cepat.



Gambar 2. 5 Facility management
(Sumber : PUPR, 2018)

2.1.4 Autodesk Revit

Autodesk Revit adalah *software* desain multidisiplin yang terintegrasi dengan BIM yang memungkinkan tim *Architecture, Engineering, and Engineering* (AEC) untuk memodelkan desain, struktur, dan sistem ke dalam bentuk 3D dengan akurat dan tepat. Selain itu, *Revit* juga memfasilitasi manajemen proyek dengan menyediakan fitur revisi instan terhadap rencana, elevasi, serta penjadwalan suatu proyek. *Revit* juga mampu menggabungkan tim proyek multidisiplin untuk meningkatkan efisiensi dan kolaborasi baik di kantor maupun di lapangan proyek (Autodesk, 2024).

Menurut Autodesk (2024), adapun berbagai kelebihan *software Revit* yaitu antara lain :

1. Peningkatan Efisiensi dan Produktivitas

Revit memungkinkan pembuatan model 3D terintegrasi secara otomatis sehingga menghasilkan gambar 2D seperti denah lantai, elevasi, bahkan sampai pada kuantitas material. Hal ini menghemat waktu dan energi dengan tidak memodelkan ulang gambar 2D secara manual pada setiap tahap desain.

2. Desain lebih akurat

Revit mengadopsi pendekatan berbasis objek, di mana setiap komponen bangunan seperti pintu, jendela, dan komponen lainnya dianggap sebagai objek cerdas yang memiliki properti dan perilaku khusus. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan dan ketidakkonsistenan dalam desain.

3. Informasi bangunan terpusat

Revit tidak hanya berfungsi untuk pemodelan 3D, tetapi juga berisi informasi terperinci tentang setiap elemen bangunan, termasuk informasi mengenai material, spesifikasi, dan estimasi biaya. Data ini bisa digunakan untuk keperluan estimasi biaya, volume, maupun penjadwalan.

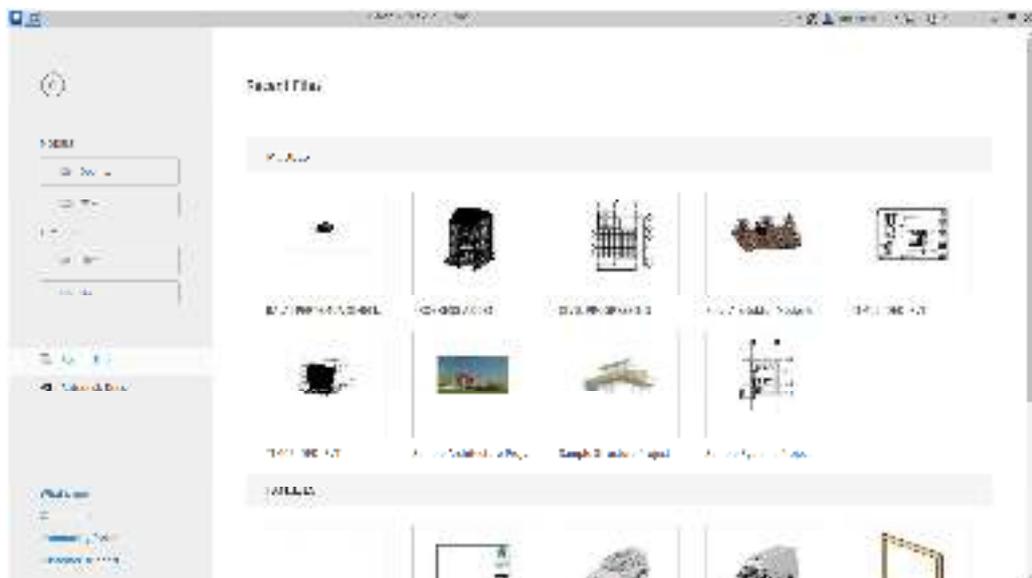
4. Desain Berkelanjutan

Revit dapat digunakan untuk analisis kinerja energi bangunan dan melakukan simulasi pencahayaan alami. Informasi ini sangat berguna dalam mengambil keputusan untuk keberlanjutan bangunan.

Di bawah ini, ditampilkan beberapa tampilan pada *Autodesk Revit* beserta fungsinya masing-masing :

a. Tampilan awal

Gambar 2.6 di bawah merupakan tampilan awal *Autodesk Revit 2023*. Pada saat membuat model baru, maka *software* akan mengalihkan pengguna pada area tampilan kerja yang berisi berbagai macam *tools* dengan fungsinya masing-masing.



Gambar 2. 6 Tampilan awal
(Sumber: *Revit*, 2024)

b. Menu Bar

Menu Bar merupakan *toolbar* utama yang berada di bagian atas lembar kerja. Pada bagian inilah seluruh perintah utama untuk pemodelan elemen-elemen

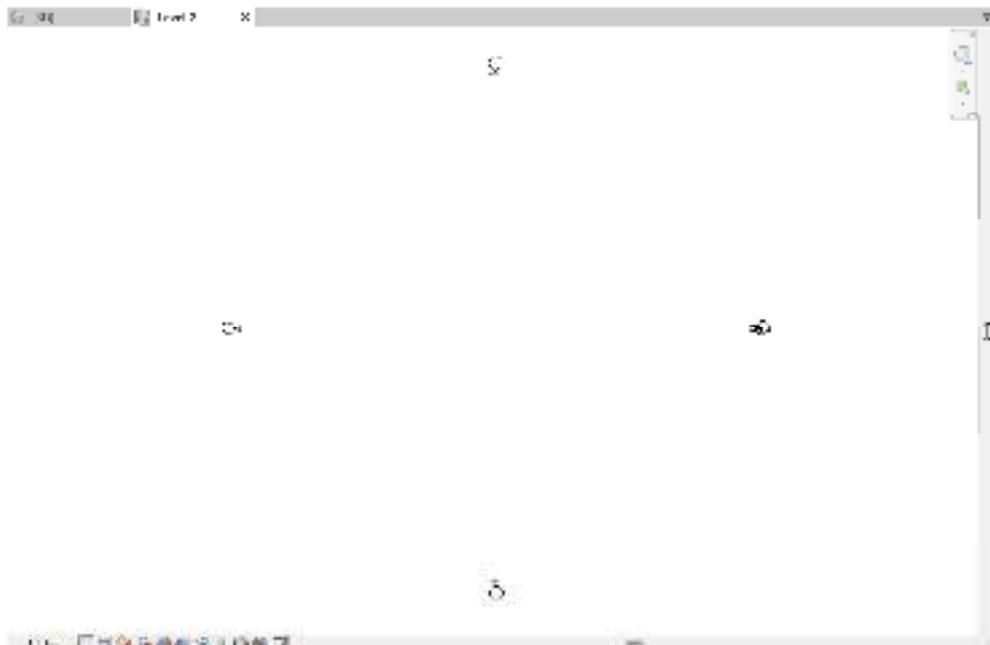
bangunan. Pada *toolbar* ini, pengguna bisa memodelkan komponen bangunan mulai dari disiplin arsitektur, struktur, dan MEP. Menu bar pada *Revit* dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini :



Gambar 2. 7 Menu bar
(Sumber: Revit, 2024)

c. Area Gambar

Bagian ini adalah area pemodelan pekerjaan yang akan dimodelkan. Pada area ini pengguna bisa melihat bentuk bangunan yang sudah dimodelkan. Bentuk area gambar bisa dilihat pada gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2. 8 Area gambar
(Sumber: Revit, 2024)

d. *Project Browser*

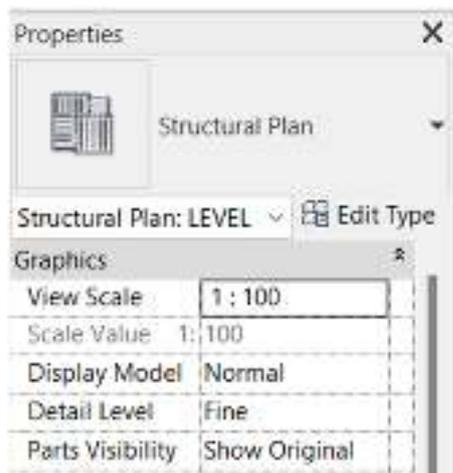
Project browser memuat data-data seluruh pekerjaan yang dimodelkan seperti *view*, *sheet*, *level*, *elevation*, dan data model lainnya. Pada bagian ini dapat dilakukan kontrol pekerjaan yang sudah dibuat. Misalnya melihat denah lantai, melihat potongan, melihat detail, dan mengidentifikasi *family* yang sudah dimuat ke dalam model. *Project Browser* bisa dilihat pada gambar 2.9 di bawah.



Gambar 2. 9 *Project browser*
(Sumber: Revit, 2024)

e. *Properties*

Tab *properties* seperti gambar 2.10 di bawah, merupakan sumber informasi mengenai elemen-elemen pekerjaan yang sudah dimodelkan. Di dalamnya terdapat berbagai informasi seperti spesifikasi material, volume, area, ataupun jenis komponen yang sudah dimodelkan. Pada *tab* ini, pengguna bisa mengedit semua spesifikasi komponen dengan mudah sesuai kebutuhan pemodelan.



Gambar 2. 10 *Properties*
(Sumber: Revit, 2024)

2.2 *Quantity Take-Off (QTO) dan Anggaran Biaya*

2.2.1 *Definisi Quantity Take-Off*

Menurut Wiranti et al., (2022) *Quantity Take-Off (QTO)* adalah proses menghitung atau mengukur rincian material dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek konstruksi berdasarkan gambar kerja dan spesifikasi yang telah

ditentukan. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan perhitungan *Quantity Take-Off* pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. Mengklasifikasi komponen pekerjaan.
2. Membuat deskripsi dari item pekerjaan.
3. Menentukan dimensi pekerjaan yang dilakukan.
4. Menetapkan jam kerja.
5. Menetapkan biaya.

Perhitungan QTO dilakukan untuk memperkirakan volume dan rencana anggaran proyek. Pada dunia konstruksi, banyak program yang telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi perhitungan. Salah-satunya adalah metode BIM yang memungkinkan perhitungan QTO yang dilakukan secara otomatis, sehingga mengurangi ketidakakuratan dalam estimasi *quantity take-off* (Wiranti et al., 2022).

2.2.2 Definisi Anggaran Biaya

Anggara biaya adalah nilai estimasi biaya yang dikeluarkan dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Menurut Budi (2018), Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan salah satu tahapan krusial dalam sebuah proyek karena menjadi dasar untuk menyusun penawaran sistem pembiayaan dan kerangka anggaran yang akan dikeluarkan. RAB diperlukan untuk mengestimasi biaya total yang diperlukan untuk bahan material, upah tenaga kerja, dan segala biaya lain yang terkait dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Mengingat proyek memerlukan investasi finansial yang signifikan, perhitungan yang cermat mutlak diperlukan. Hal ini mencakup perhitungan jumlah biaya konstruksi, volume pekerjaan, jenis pekerjaan, harga material, serta upah kerja. Semua aspek ini bertujuan untuk mengontrol dan mengoptimalkan biaya konstruksi atau proyek agar lebih efisien dan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan oleh pemilik proyek.

2.2.3 Metode Estimasi *Quantity Take-Off*

Menurut Olsen & Taylor (2017), Dalam melakukan estimasi perhitungan volume pekerjaan atau *quantity take-off*, terdapat dua (2) metode yang sering digunakan yaitu :

1. Metode Konvensional

Metode konvensional dalam estimasi *quantity take-off* merupakan metode tradisional yang menggunakan gambar 2D sebagai acuan untuk estimasi volume pekerjaan. Setiap gambar 2D harus ditinjau satu per satu untuk menghitung jumlah bahan atau material setiap item pekerjaan. Dari segi biaya, metode ini mungkin lebih murah dan terjangkau, akan tetapi metode ini memakan waktu yang lama dan kesalahan sering terjadi. Program yang

biasa dipakai untuk metode ini yaitu *Microsoft Excel* untuk membantu melakukan penyusunan item pekerjaan dan perhitungan kuantitas secara manual.

2. Metode *Building Information Modeling* (BIM)

Metode BIM merupakan alternatif untuk menggantikan metode konvensional pada proses estimasi *material take-off*. BIM merupakan sistem atau metode desain konstruksi di mana semua proses/tahap desain terintegrasi dalam model digital sehingga menghasilkan dan mengelola data bangunan secara otomatis seperti spesifikasi, dimensi, dan volume bangunan tersebut. Oleh karena itu, dengan mengadopsi BIM, kemungkinan kesalahan perhitungan dan *human error* dalam estimasi *quantity take-off* dapat diminimalkan.

Menurut Mulyono et al., (2022) Perbandingan penggunaan metode konvensional dan metode BIM dalam melakukan estimasi *material take-off* yaitu seperti pada Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2. 1 Perbandingan QTO metode konvensional dan BIM

Kriteria	Konvensional	BIM
Proses	Manual, menggunakan gambar 2D dan <i>Microsoft Excel</i>	Otomatis, menggunakan model 3D dan <i>software</i> BIM
Akurasi	Cenderung rawan kesalahan karena perhitungan manual	Lebih akurat karena perhitungan otomatis dan terintegrasi
Efisiensi	Membutuhkan waktu lama dan banyak tenaga kerja	Lebih cepat dan efisien karena otomatisasi
Kolaborasi	Sulit untuk berkolaborasi antar tim	Memudahkan kolaborasi antar tim melalui model terpusat
Visualisasi	2D, sulit untuk memvisualisasikan desain	3D, memungkinkan visualisasi desain yang lebih jelas

(Sumber : Mulyono et al., 2022)

2.3 Elemen Struktur Beton Bertulang

Setiap struktur bangunan direncanakan dan di desain oleh arsitek maupun ahli teknik sipil sedemikian rupa agar dapat memperoleh tuntutan fungsi bangunan dan bangunan dapat beroperasi dengan baik. Agar suatu bangunan struktur beton bertulang dapat berfungsi dengan baik, maka seorang perencana struktur wajib mendesain

elemen-elemen bangunan tersebut dengan benar dan tepat. Menurut Setiawan (2016), terdapat jenis-jenis elemen struktur beton bertulang yang sering digunakan yaitu:

a. Pelat lantai

Pelat lantai adalah suatu elemen horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun yang statis ke elemen pemikul beban vertikal yaitu balok, kolom, maupun dinding. Pelat lantai dapat direncanakan sehingga berfungsi menyalurkan beban dalam satu arah maupun dalam dua arah.

b. Balok

Balok adalah elemen horizontal maupun miring yang panjang dengan dimensi penampang yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat ke elemen struktur lain seperti kolom dan dinding.

c. Kolom

Kolom merupakan elemen penting yang memikul beban dari balok dan pelat. Kolom diperuntukkan untuk memikul beban aksial maupun beban lateral seperti beban gempa dan beban angin.

d. Dinding

Dinding merupakan elemen vertikal yang dapat memikul beban gravitasi maupun beban lateral seperti gempa bumi sehingga lebih sering di kenal dengan istilah dinding geser (*shear wall*)

e. Pondasi

Pondasi adalah elemen pemikul beban dari kolom yang kemudian menyalurkannya ke lapisan tanah keras. Pondasi beton bertulang dapat berupa pondasi pelat setempat, pondasi lajur, pondasi rakit (*raft*), maupun pondasi dalam seperti *bore pile*.

2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini merupakan pengembangan dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya sifatnya. Pada penelitian terdahulu terdapat kesamaan pembahasan yaitu pengaruh implementasi BIM dalam estimasi *Quantity Take-Off* pada konstruksi bangunan gedung.

Berikut ini, dijabarkan beberapa hasil penelitian terdahulu yang sudah dilakukan sesuai pada tabel berikut yang merupakan kumpulan penelitian-penelitian mengenai implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam estimasi *Quantity Take-Off* pada konstruksi bangunan gedung.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Kesimpulan Penelitian
1	(Fajri, 2023)	Implementasi BIM Dalam Estimasi QTO, RAB, Dan Analisis Struktur Menggunakan Revit Dan Robot Struktural Analysis (Gedung Asrama MAN 1 Langsa)	Mengetahui perbandingan Quantity Take Off yang dikeluarkan Autodesk Revit dengan perhitungan konvensional.	selisih perhitungan di Revit sebesar 4% (9,7 m3) dari perhitungan konvensional. Selisih tersebut diakibatkan karena, Perhitungan secara konvensional menghitung volume beton dari titik as ke as. sedangkan Revit sudah otomatis menghitung dari bentang efektif struktur.
2	(K. A. Saputra et al., 2023)	Analisis Komparasi Quantity Take Off Pekerjaan Struktur Berdasarkan Metode Konvensional Dan Metode BIM Studi Kasus : Perencanaan Omah DW	Mengetahui hasil clash detection dan pengaruhnya pada quantity yang dikeluarkan oleh Autodesk Revit	Sebesar 66,71% clashes dapat diperbaiki hanya dengan cara menggeser elemen struktur tanpa menyebabkan perubahan quantity, 33,22% clashes dapat diselesaikan dengan mengubah bentuk elemen stuktur yang menyebabkan penambahan quantity, dan 0,07% clashes dapat diperbaiki dengan mengubah bentuk elemen struktur yang menyebabkan pengurangan quantity.

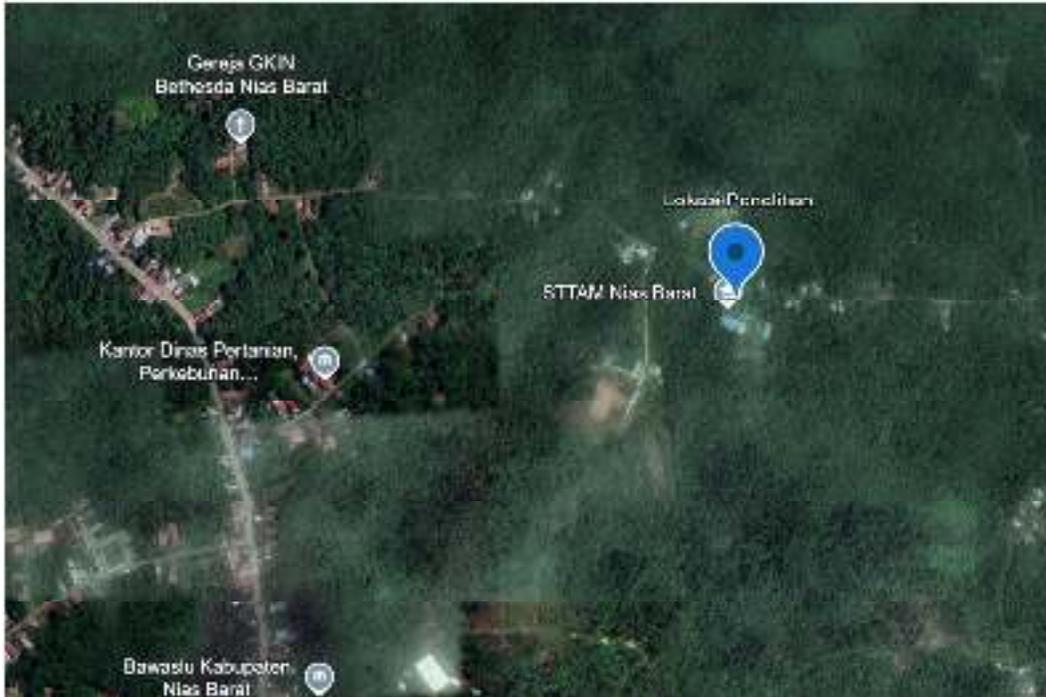
3	(Maghfirona et al., 2023)	Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural	Melakukan perbandingan volume beton dari cara perhitungan konvensional dengan metode aplikasi berbasis BIM yaitu <i>Autodesk Revit</i> .	Perbandingan hasil perhitungan <i>quantity take off</i> menggunakan metode BIM dan metode Konvensional menunjukkan hasil yang kurang lebih sama, meskipun demikian hasil tersebut mengindikasikan efisiensi yang lebih baik dalam penggunaan metode BIM dibandingkan dengan Konvensional.
4	(Reista et al., 2022)	<i>Quantity Take-Off</i> Berbasis <i>Building Information Modeling</i> (BIM) Studi Kasus: Gedung Bappeda Padang	Mengetahui selisih perbandingan hasil volume dari <i>Autodesk Revit</i> dengan BOQ proyek.	Rata-rata selisih perbedaan volume pada pekerjaan fondasi adalah 2%, pekerjaan <i>sloof</i> dan balok 0%, pekerjaan kolom 1%, pekerjaan pelat lantai 3%, pekerjaan <i>railing</i> 15%, pekerjaan dinding 7%, pekerjaan pintu 7%, pekerjaan jendela 0%, pekerjaan pola lantai 5%, pekerjaan <i>plafond</i> 17%, dan pekerjaan atap 6%.

5	(Ferial et al., 2021)		Menggunakan software <i>Autodesk Revit</i> dan <i>Autodesk Autodesk Navisworks</i> untuk pekerjaan QTO, serta menganalisis perbedaan hasil perhitungan QTO berbasis <i>Building Information Modeling (BIM)</i> dengan perhitungan QTO secara manual.	Dari seluruh item pekerjaan struktur yang dihitung dengan <i>software</i> sebanyak 122 item pekerjaan, ditemukan 113 pekerjaan sesuai dengan volume manual, 2 pekerjaan hampir sesuai dengan volume manual, 6 pekerjaan tidak sesuai dengan volume manual dan 1 pekerjaan tidak dapat dihitung.
---	-----------------------	--	--	---

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat. Proyek ini berlokasi di Desa Simaeasi, Kecamatan Mandrehe, Kabupaten Nias barat. Denah lokasi objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Lokasi objek penelitian
(Sumber : Google Earth, 2024)

3.2 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan terdapat dua data yaitu data umum dan data sekunder. Data ini merupakan data proyek pembangunan Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat.

3.2.1 Data Umum

Data proyek yang menjadi objek penelitian pada penelitian ini adalah seperti pada Tabel 3.1 berikut

Tabel 3. 1 Data Umum Proyek

Nama Proyek	Proyek Pembangunan Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat
Alamat Proyek	Desa Simaeasi, Kecamatan Mandrehe, Kabupaten Nias Barat
Struktur Bangunan	Beton Bertulang
Tinggi Lantai	+10.350 (3 Lantai + Lantai Dak)
Pelaksana	PT. BINTANG MILENIUM PERKASA
Nilai Kontrak	Rp. 20.994.420.835,33

(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)

3.2.2 Data Sekunder

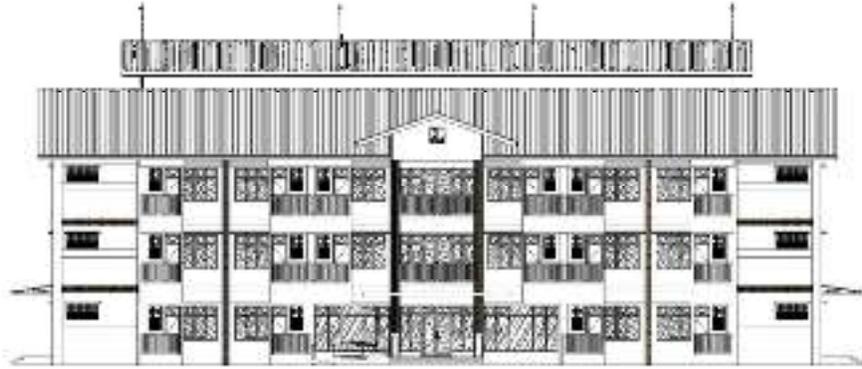
Data sekunder pada penelitian ini berupa gambar kerja (DED) struktur bangunan dalam bentuk CAD dan dokumen RAB yang didapatkan dari PT. BINTANG MILENIUM PERKASA. Berikut adalah data-data yang didapatkan.

1. Data Spesifikasi Struktur

Data struktur ini mencakup semua data elemen struktur bangunan. Mulai dari denah struktur, elevasi, dimensi, dan jumlah tulangan elemen struktur. Data struktur tersebut adalah sebagai berikut.

a. Tampak dan Potongan Bangunan

Tampak dan potongan bangunan dapat dilihat seperti pada Gambar 3.2 sampai Gambar 3.6 berikut.



TAMPAK DEPAN
AKSI 1/20

Gambar 3. 2

Tampak depan bangunan

(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)

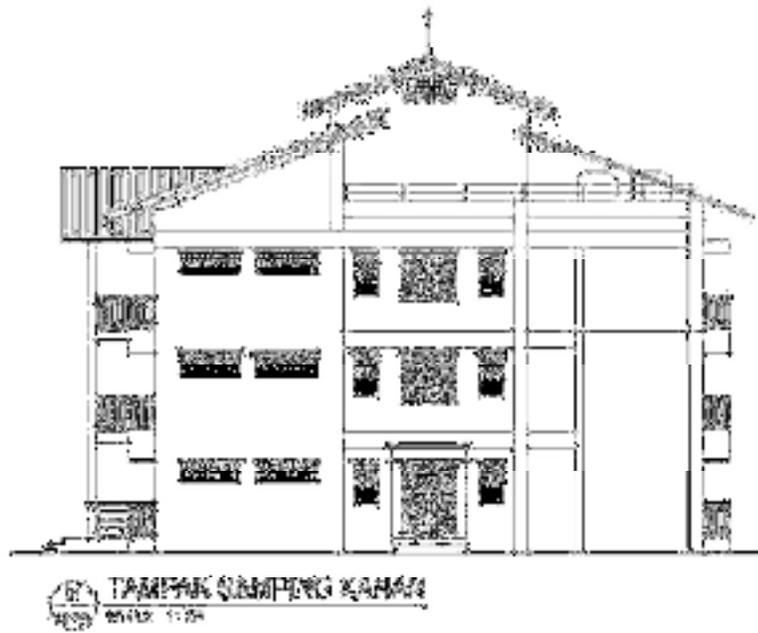


TAMPAK SAMPING KIRI
AKSI 1/20

Gambar 3. 3

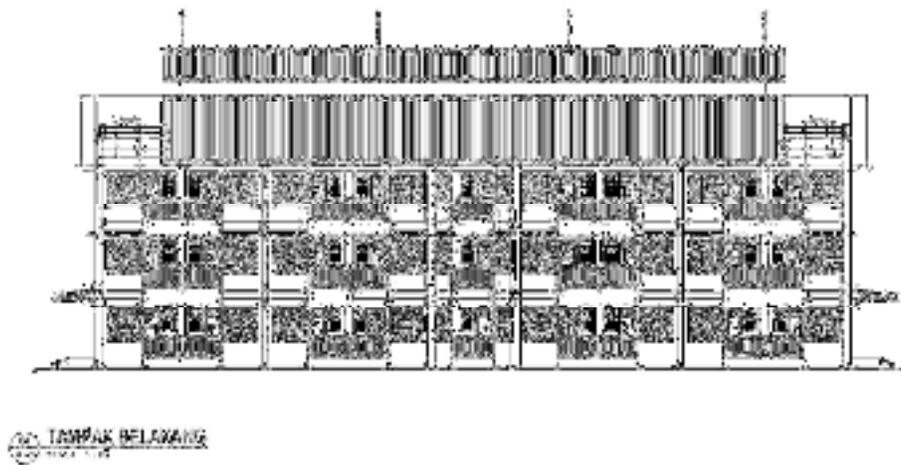
Tampak samping kiri bangunan

(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)



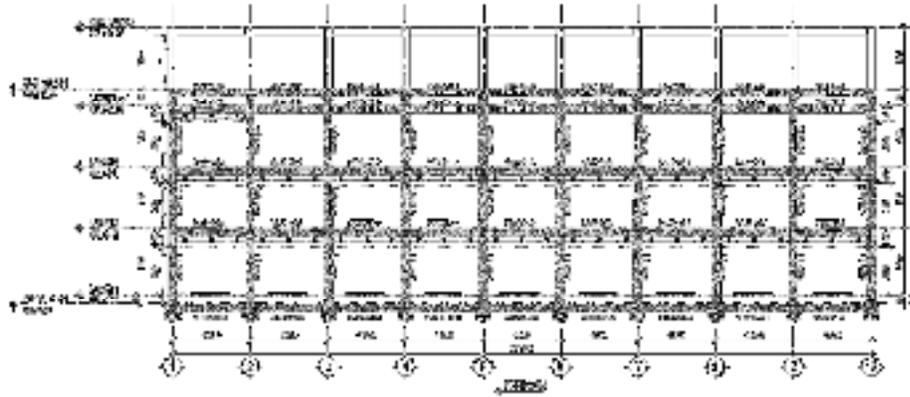
Gambar 3. 4

Tampak samping kanan bangunan
(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)



Gambar 3. 5

Tampak belakang bangunan
(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)

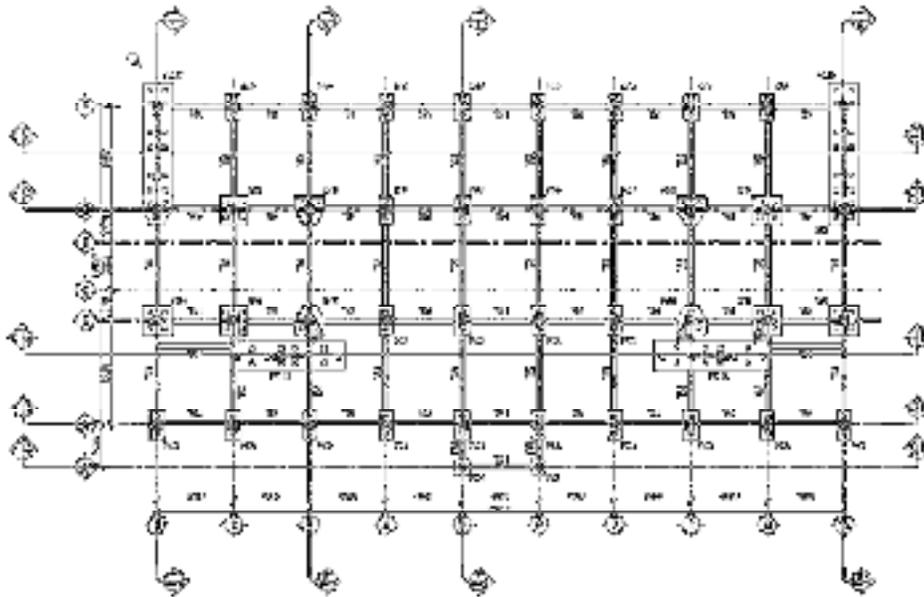


Gambar 3. 6 Potongan struktur bangunan

(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)

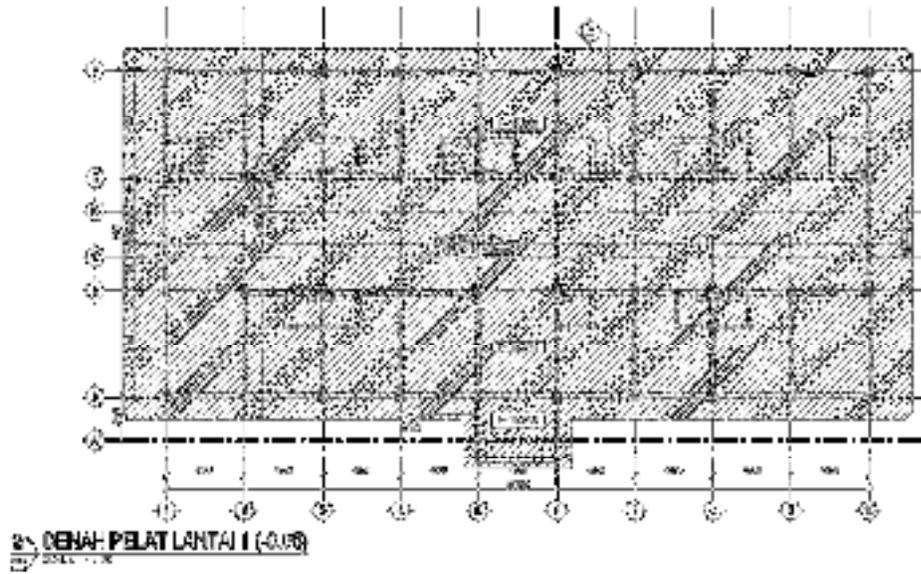
b. Denah Struktur

Denah struktur tiap lantai bisa dilihat seperti pada Gambar 3.7 sampai Gambar 3.11 berikut.

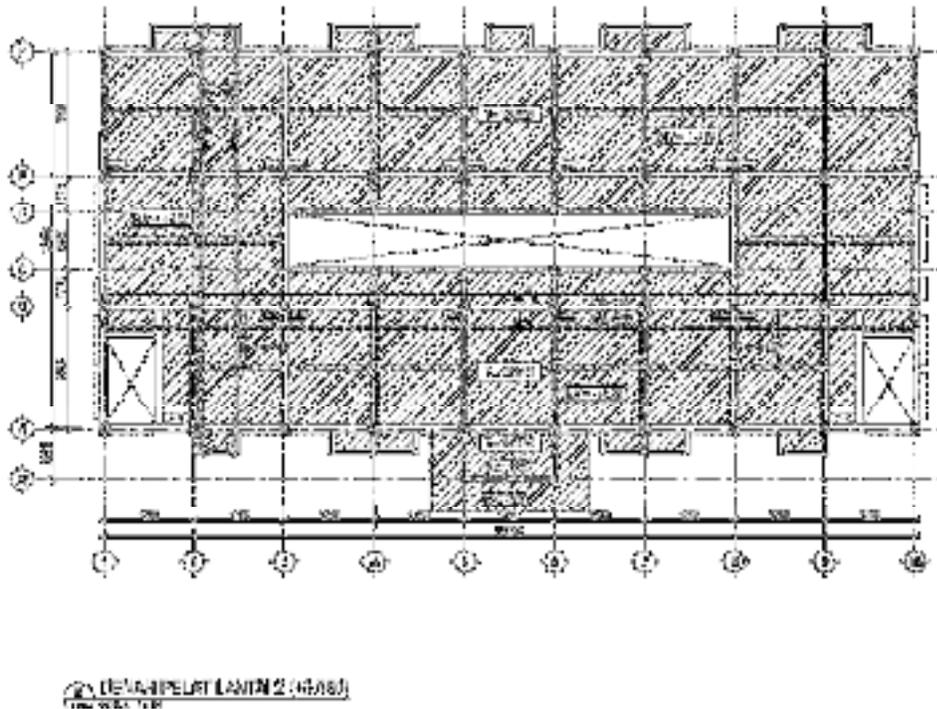


Gambar 3. 7 Denah struktur bawah

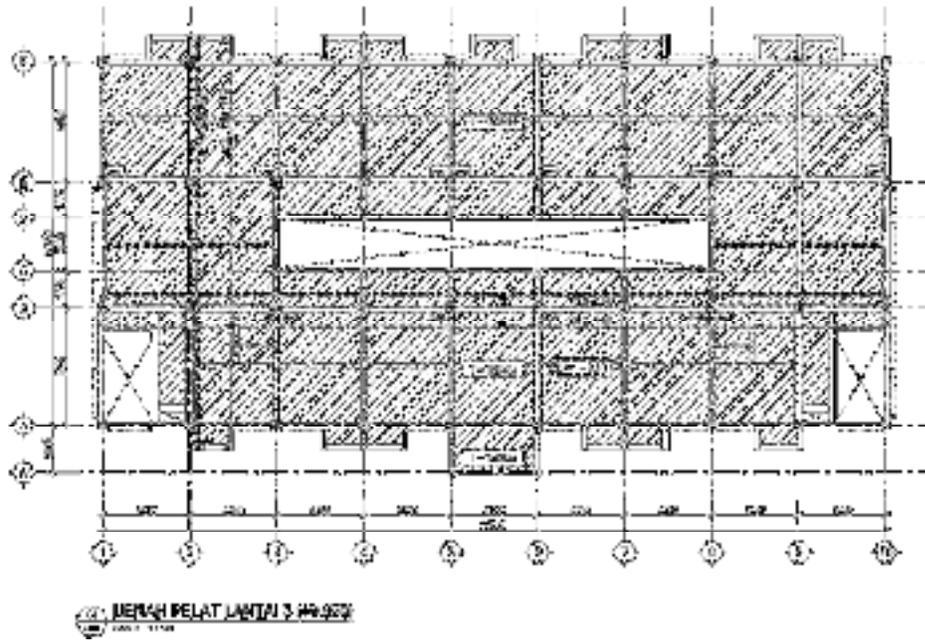
(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)



Gambar 3. 8 Denah struktur lantai 1
(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)

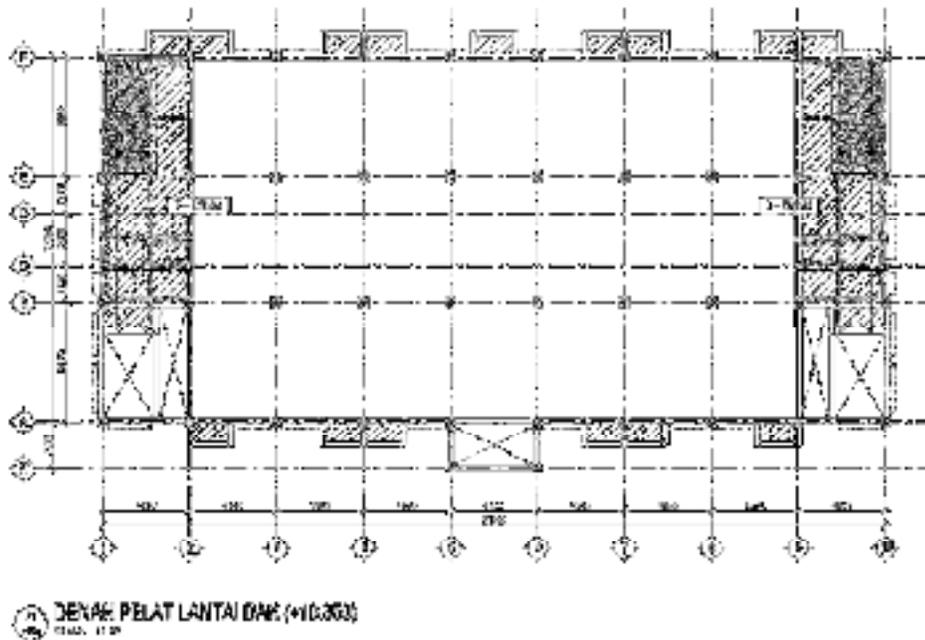


Gambar 3. 9 Denah struktur lantai 2
(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)



Gambar 3. 10 Denah struktur lantai 3

(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)



Gambar 3. 11 Denah struktur lantai *dak*

(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)

c. RAB

RAB yang digunakan adalah RAB kontrak. RAB kontrak ini digunakan untuk meng-*input* harga satuan ke model dan sebagai pembanding deviasi harga kontrak dengan harga hasil *output* pemodelan. Gambar 3.12 berikut adalah tampilan RAB pada dokumen proyek yang akan di *input* ke dalam model.

NO.	URAIAN PEKERJAAN	KONTRAK			
		VOL	SAT.	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.2.	PEKERJAAN LANTAI 2 ELV. +3.55				536.698.725,61
1	Kolom K1				
-	Beton K-300	36,16	M ³	2.827.273,00	102.242.673,50
-	Besi beton	5.878,25	Kg	20.516,10	120.598.764,83
-	Bekisting	282,56	M ²	248.490,00	70.213.334,40
2	Kolom K2				
-	Beton K-300	0,61	M ³	2.827.273,00	1.730.291,08
-	Besi beton	142,11	Kg	20.516,10	2.915.529,29
-	Bekisting	8,16	M ²	248.490,00	2.027.678,40
3	Balok G1.1				
-	Beton K-300	8,10	M ³	2.827.273,00	22.913.280,62
-	Besi beton	1.637,40	Kg	20.516,10	33.593.098,04
-	Bekisting	90,30	M ²	273.314,00	24.679.570,92
4	Balok G2.1				
-	Beton K-300	12,78	M ³	2.827.273,00	36.132.548,94
-	Besi beton	2.565,06	Kg	20.516,10	52.625.116,37
-	Bekisting	130,64	M ²	273.314,00	35.705.740,96
5	Balok G3.1				
-	Beton K-300	3,58	M ³	2.827.273,00	10.120.223,70
-	Besi beton	673,15	Kg	20.516,10	13.810.464,01
-	Bekisting	27,04	M ²	273.314,00	7.390.410,56

Gambar 3. 12 RAB kontrak proyek

(Sumber : PT. BINTANG MILENIUM PERKASA, 2024)

3.3 Software Pendukung Penelitian

Software pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autodesk Revit*, *Autocad*, dan *Microsoft Excel*. Versi semua *software* yang digunakan pada penelitian ini adalah versi 2023 dengan lisensi *student version*. Faktor dipilihnya *software* ini karena *software* ini merupakan perangkat lunak yang sudah terintegrasi dengan BIM dan saling terhubung satu sama lain. Pada penelitian ini *Autodesk Revit* akan digunakan sebagai perangkat pemodelan 3D dan analisis *output quantity take-off*, sementara untuk *software Autocad dan Excel* digunakan untuk mengolah data dan melakukan perhitungan volume secara konvensional.

3.4 Tahapan Penelitian

Langkah penelitian dan metode yang dilakukan pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

3.4.1 Tahap Persiapan

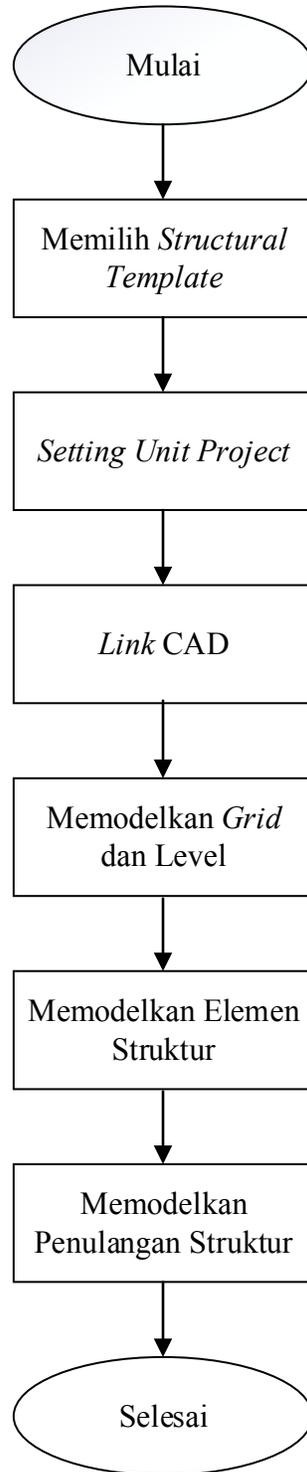
Tahap awal penelitian ini adalah tahap persiapan. Pada tahap ini, dilakukan studi literatur atau kajian pustaka mengenai BIM dan *software* pendukung penelitian yaitu *Autodesk Revit*. Pada tahap ini juga dilakukan identifikasi pada objek bangunan yang akan dimodelkan.

3.4.2 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah tahap persiapan telah selesai. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan objek penelitian yang sudah ditentukan yaitu Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat. Data yang digunakan adalah data gambar DED struktur dan BOQ proyek.

3.4.3 Tahap Pemodelan (3D)

Tahap pemodelan 3D pada *software Revit* dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 3.13 berikut.

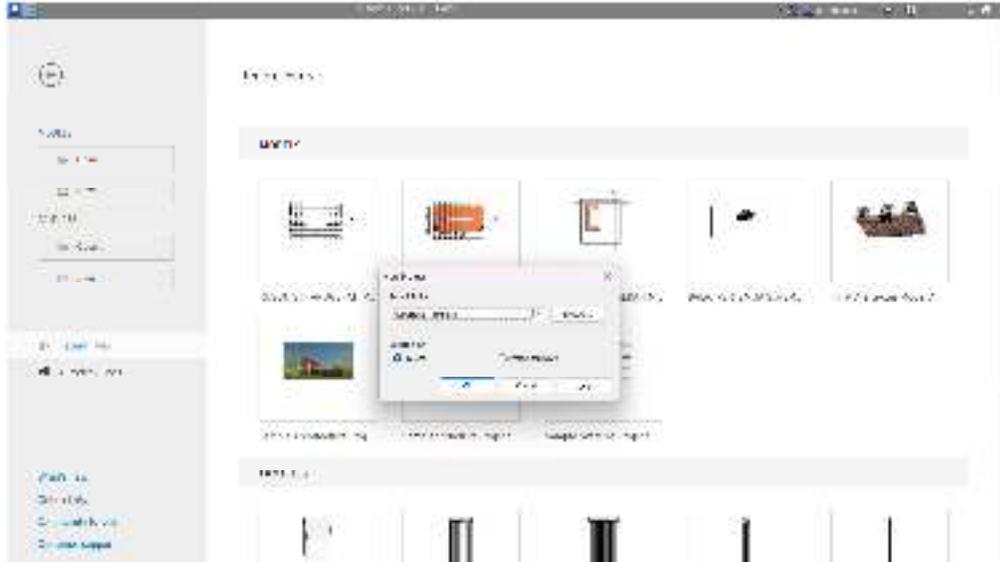


Gambar 3. 13 Tahap pemodelan 3D
(Sumber: peneliti, 2024)

Untuk tahap dan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk pemodelan struktur di *Revit* adalah sebagai berikut.

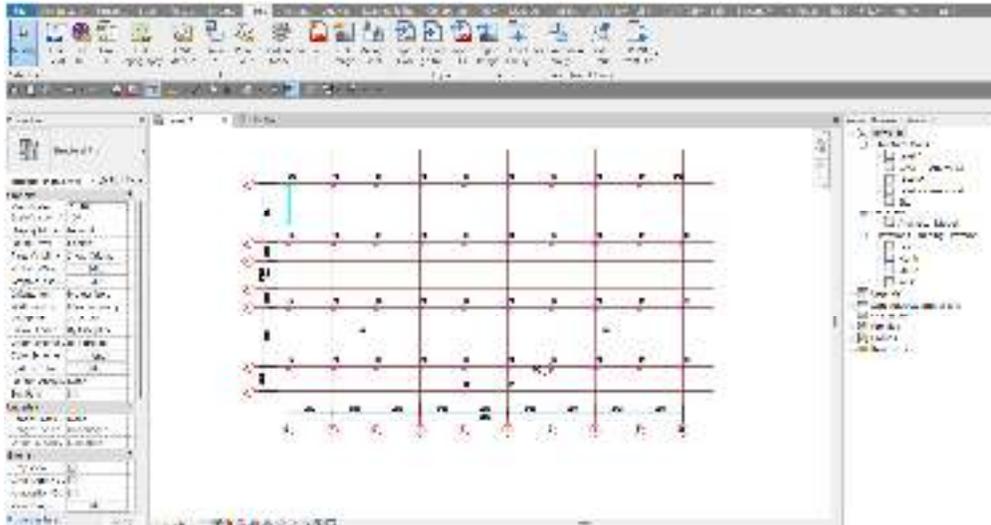
a. Pemodelan *grid* dan elevasi

Tahap ini adalah tahap awal pada pemodelan. Sebelum masuk pada pemodelan, terlebih dahulu menentukan *dicipline template* yang akan digunakan. Pada model ini, akan menggunakan *structural template* karena yang akan dimodelkan adalah pemodelan struktur bangunan saja. Gambar 3.14 Berikut merupakan tampilan awal saat melakukan pemodelan di *Revit*.



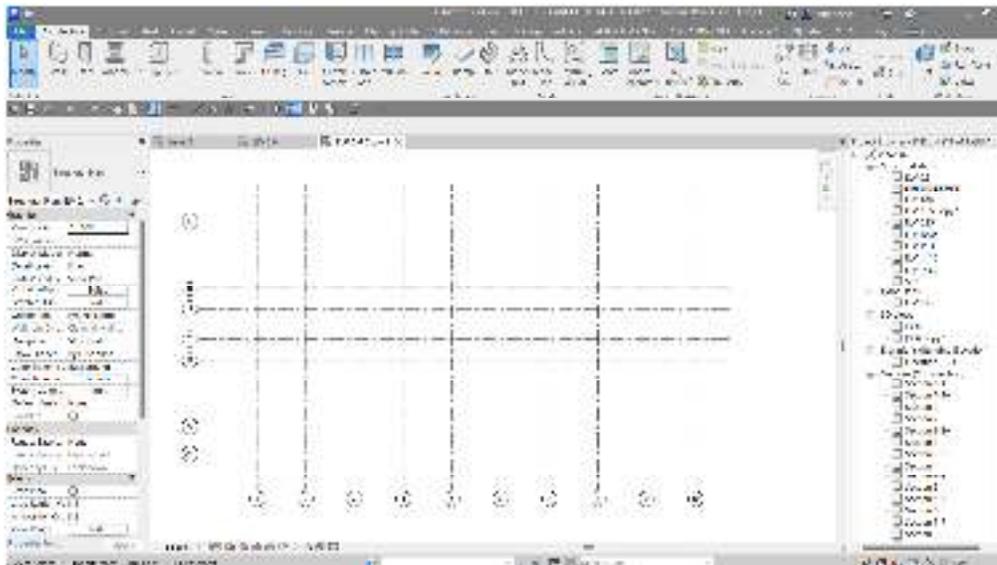
Gambar 3.14 Tampilan awal Revit
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah masuk pada bagian *sheet*, perlu melakukan *setting unit project* terlebih dahulu dengan masuk pada menu *manage*, kemudian memilih opsi *project units*. Tampilan *setting unit project* bisa dilihat pada Gambar 3.15 berikut.



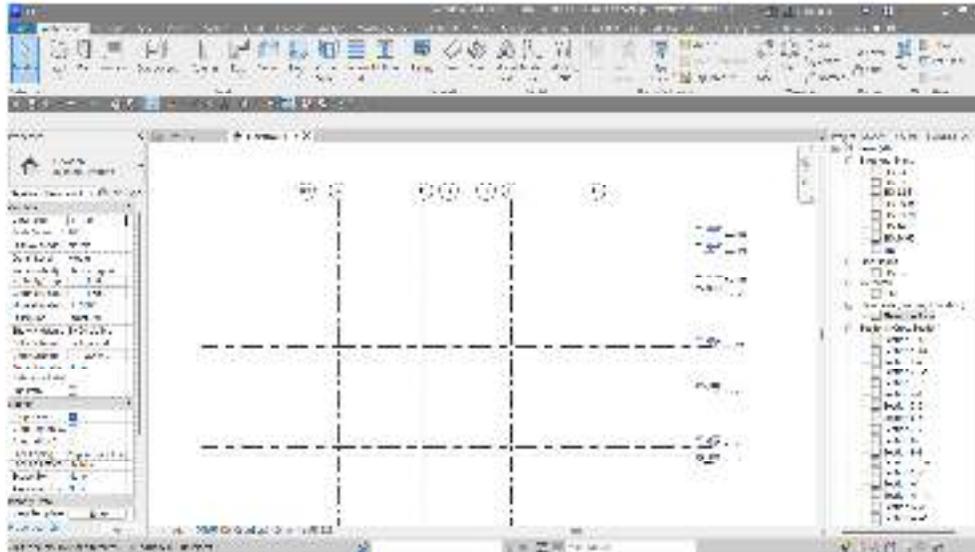
Gambar 3.17 Tampilan link CAD Revit
(Sumber : Revit, 2024)

Dari integrasi *file* CAD seperti pada Gambar 3.17 di atas, selanjutnya pemodelan *grid* model Revit ditempatkan di atas *grid file* CAD tersebut sehingga mendapat model *grid* seperti Gambar 3.18 di bawah ini.



Gambar 3. 18 Pemodelan *grid* Revit
(Sumber : Revit, 2024)

Sama halnya dengan cara pemodelan *grid*, pemodelan elevasi bisa dilakukan dengan cara *link CAD* sehingga didapat tampilan seperti elevasi seperti Gambar 3.19 di bawah.



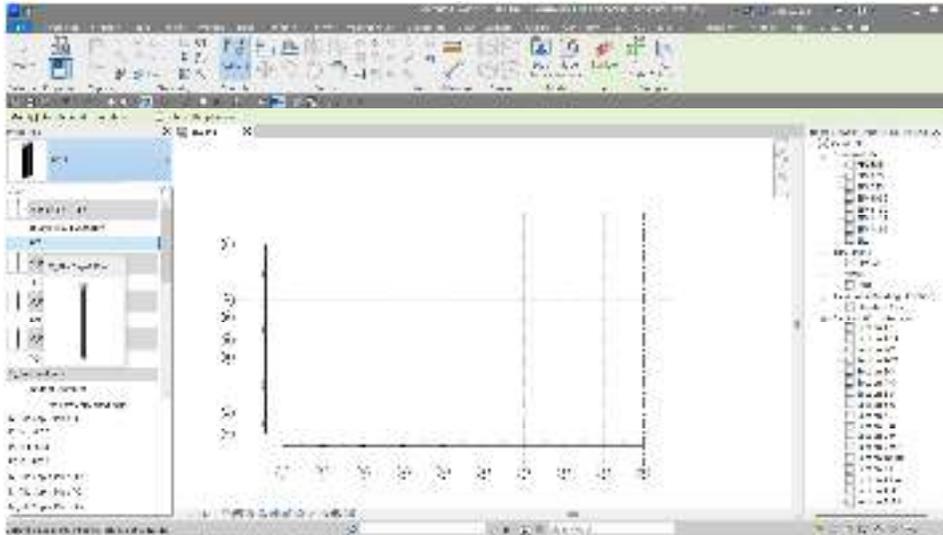
Gambar 3. 19 Pemodelan elevasi
(Sumber : Revit, 2024)

b. Pemodelan elemen struktur

Di Revit, model elemen-elemen struktur berbentuk secara terpisah dengan masing-masing parameter yang di satukan dalam satu kesatuan yang disebut dengan *family*. *Family* yang akan di dimodelkan pada penelitian ini adalah elemen-elemen struktur bangunan beton bertulang diantara-Nya adalah Pondasi *pile cap*, sloof(*tie beam*), kolom, *shear wall*, balok, dan pelat.

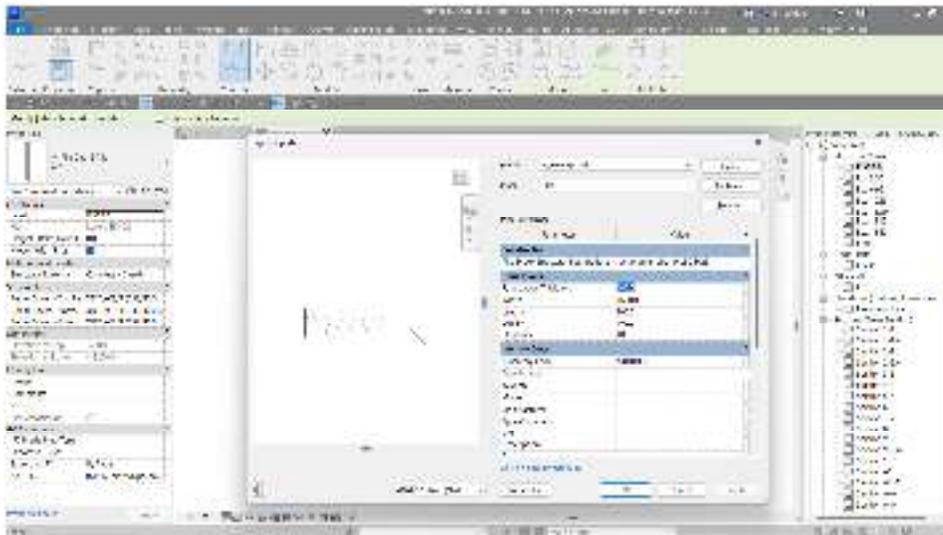
1. Pondasi *Pile cap*

Pemodelan pondasi *pile cap* dimulai dengan meng-*input family* pondasi *pile cap* ke dalam model. Caranya dengan masuk pada menu *structure* pada menu *ribbon*, kemudian memilih opsi pondasi yang dimodelkan pada tab *foundation*, yaitu *isolated*. Setelah itu, pada kiri layar terdapat tab *properties* untuk memilih jenis *family pile cap* yang akan di *input* pada model seperti pada Gambar 3.20 berikut.



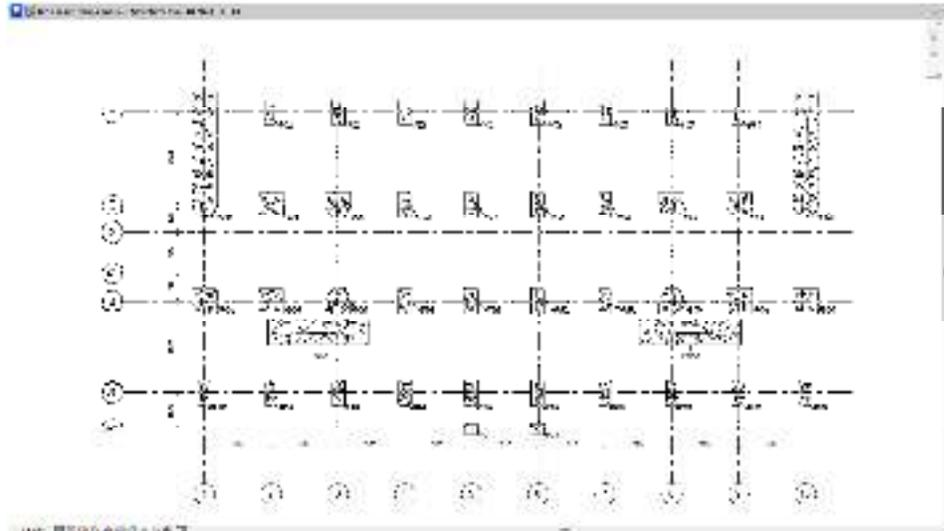
Gambar 3. 20 Memilih jenis *pile cap*
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah *memilih jenis family pile cap*, maka perlu melakukan pengaturan parameter seperti tipe dan dimensi dari setiap jenis *pile cap* tersebut. Mengatur parameter *pile cap* dilakukan dengan masuk pada *type properties* pada elemen *pile cap* dan mengisi parameter seperti tipe dan ukuran *pile cap* seperti pada Gambar 3.21 di bawah.



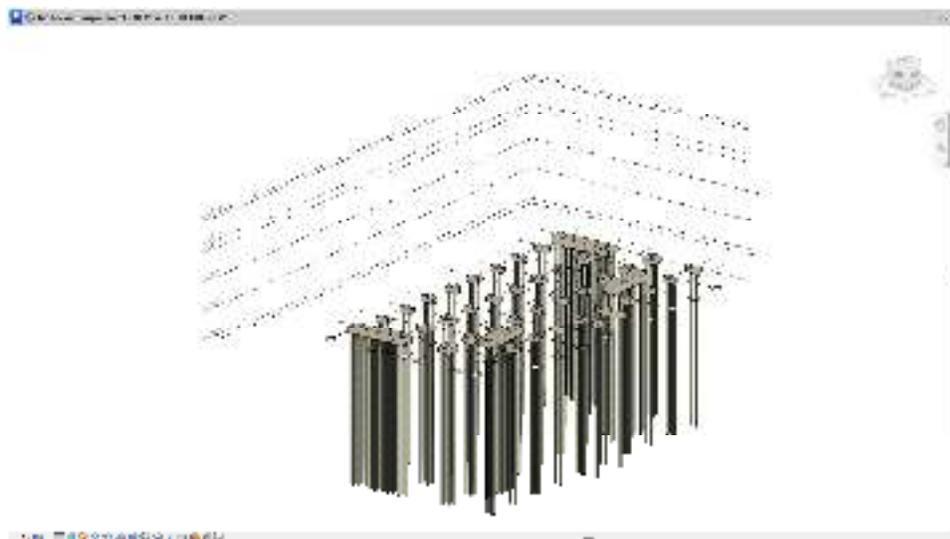
Gambar 3. 21 Pengaturan dimensi *pile cap*
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah mengatur dimensi dan parameter *pile cap*, maka semua *pile cap* di tempatkan pada *grid* model sesuai dengan denah titik pondasi yang direncanakan seperti pada Gambar 3.22 berikut.



Gambar 3. 22 Penempatan *pile cap*
(Sumber : Revit, 2024)

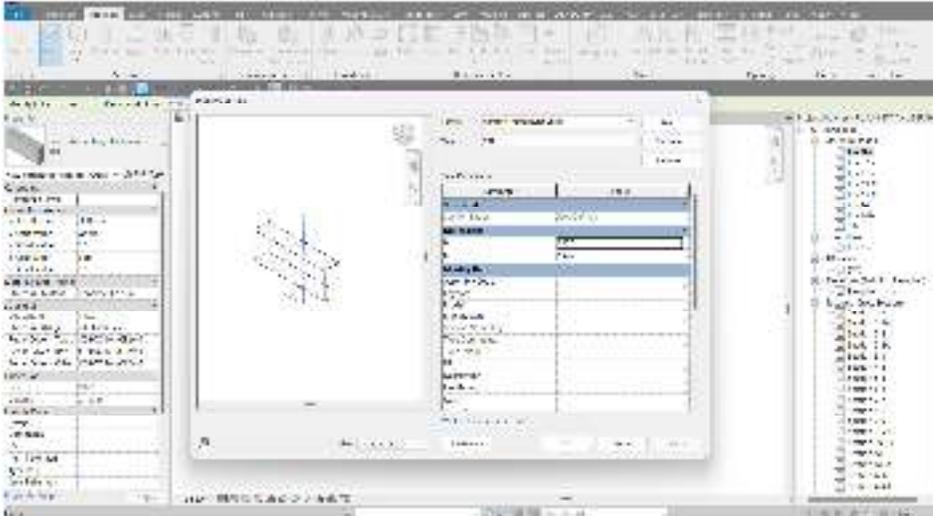
Setelah menempatkan *pile cap* pada titiknya, maka secara otomatis model *pile cap* akan menjadi model 3D seperti pada Gambar 3.23 berikut.



Gambar 3. 23 Tampilan 3D hasil pemodelan *pile cap*
(Sumber : Revit, 2024)

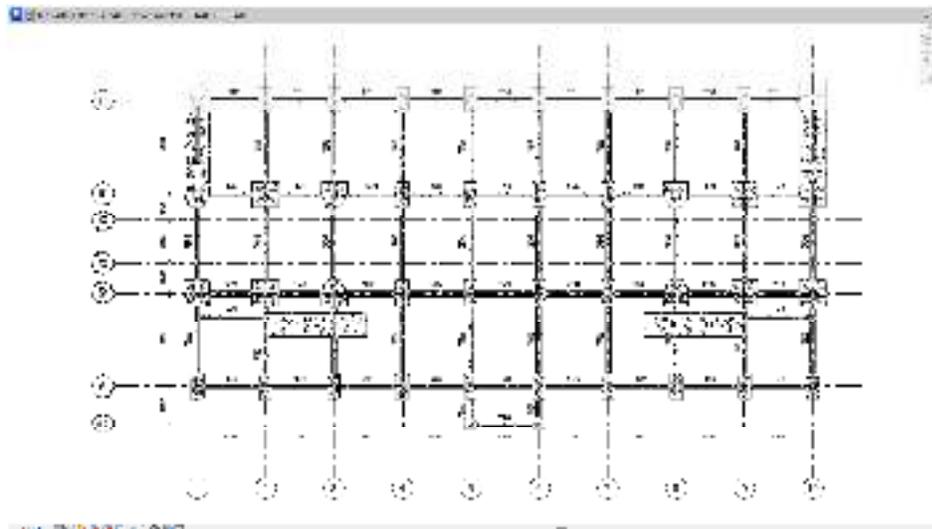
2. *Tie beam*

Pemodelan *tie beam* dilakukan dengan masuk pada tab *structure*, kemudian memilih opsi *structural framing beam*. Sama seperti pemodelan *pile cap*, dilakukan pemilihan *family tie beam* yang akan dimodelkan pada tab *properties* dan memilih jenis *family concrete beam*. Kemudian setelah itu mengatur parameter dari setiap tipe *tie beam* sesuai pada spesifikasi dan data struktur proyek. tampilan pengaturan dimensi *tie beam* bisa dilihat seperti pada Gambar 3.24 berikut.



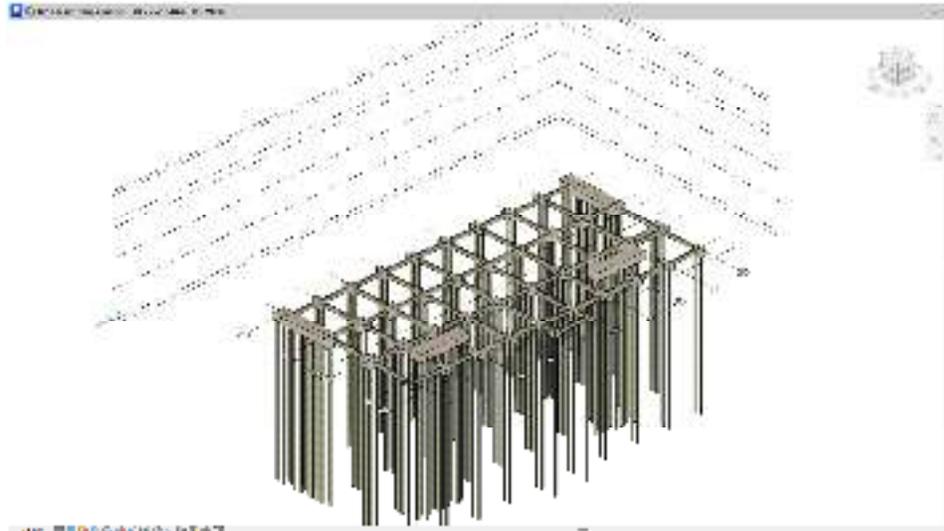
Gambar 3. 24 Pengaturan dimensi *tie beam*
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah mengatur dimensi *tie beam*, berikutnya memodelkan *tie beam* pada *grid* model dan elevasi sesuai dengan perencanaan. Gambar 3.25 berikut merupakan contoh tampilan penempatan *tie beam*.



Gambar 3. 25 Penempatan *tie beam*
(Sumber : Revit, 2024)

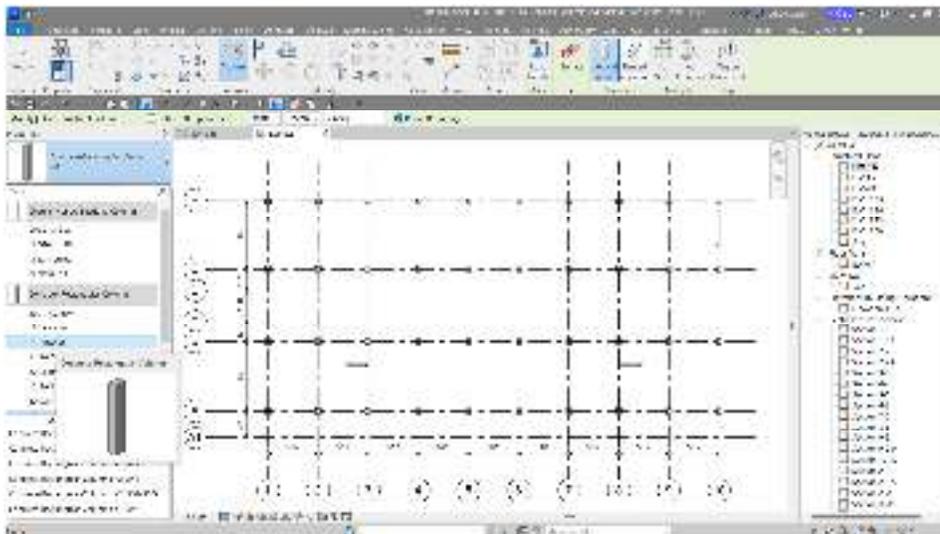
Setelah menempatkan *tie beam*, maka secara otomatis *tie beam* akan ter modelkan secara 3D seperti Gambar 3.26 berikut.



Gambar 3. 26 Tampilan 3D setelah penempatan *tie beam*
(Sumber : Revit, 2024)

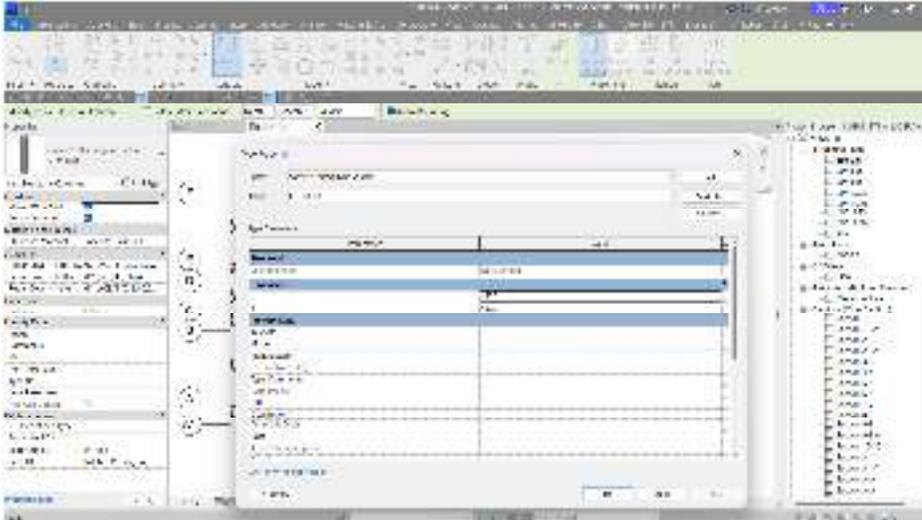
3. Kolom

Saat memodelkan kolom, langkah awah adalah kembali masuk pada *tab structure*, kemudian memilih opsi *structural collum*. Setelah itu, masuk pada tab properties dan memilih jenis *family* kolom beton yaitu *concrete collum*. tampilan pemilihan jenis kolom bisa dilihat seperti pada Gambar 3.27 berikut.



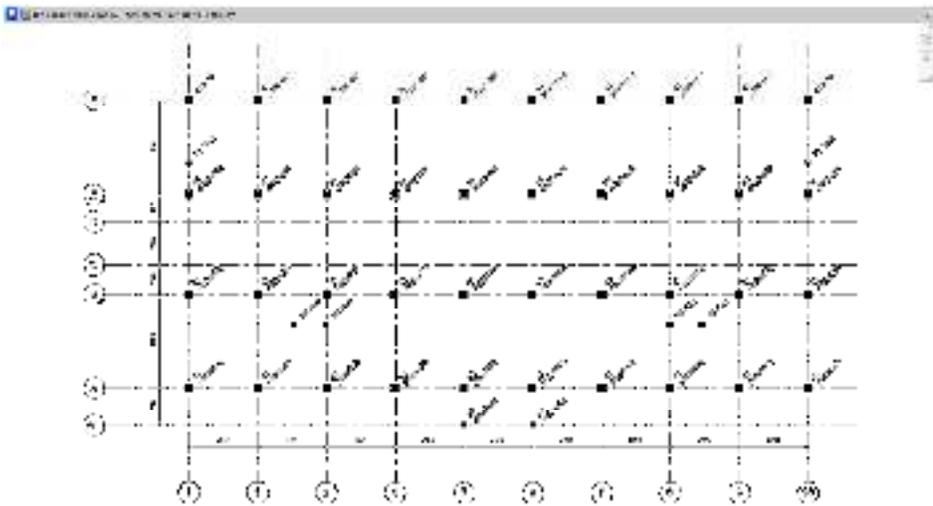
Gambar 3. 27 Memilih jenis *family* kolom
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah memilih jenis *family* kolom, maka dilakukan penentuan dimensi pada *type properties* seperti pada Gambar 3.28 di bawah ini.



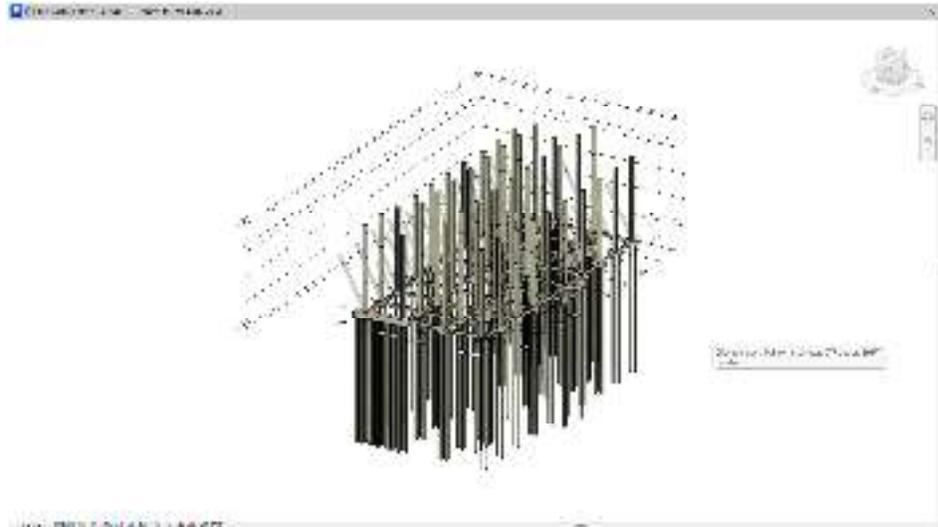
Gambar 3. 28 Pengaturan parameter kolom
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah menyesuaikan nama dan dimensi kolom, langkah selanjutnya adalah dengan menempatkan kolom pada model *grid* sesuai denah kolom rencana. Ketinggian kolom juga harus disesuaikan dengan ketinggian elevasi rencana. Contoh tampilan penempatan kolom bisa dilihat seperti pada Gambar 3.29 berikut.



Gambar 3. 29 Penempatan kolom
(Sumber : Revit, 2024)

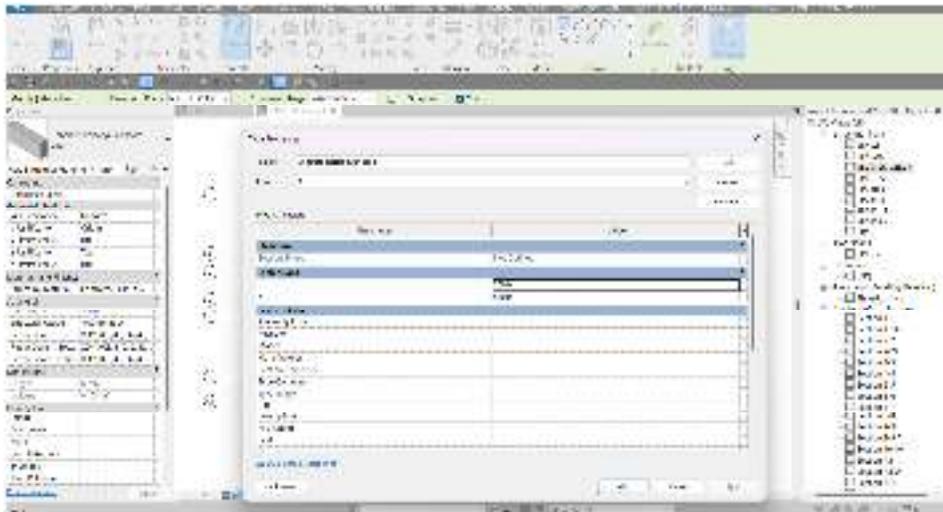
Setelah menempatkan kolom, maka secara otomatis kolom akan ter modelkan secara 3D seperti Gambar 3.30 berikut.



Gambar 3. 30 Tampilan 3D setelah penempatan kolom
(Sumber : Revit, 2024)

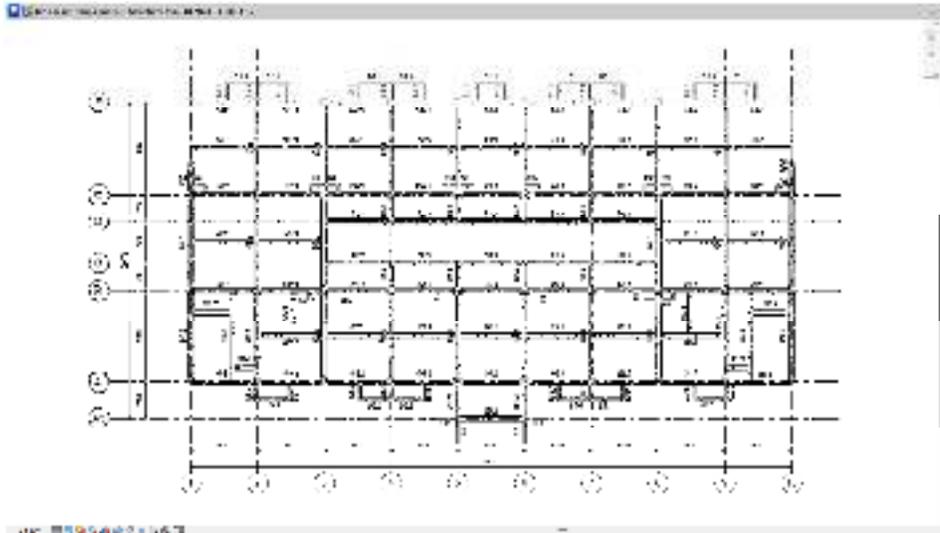
4. Balok

Pada pemodelan balok, langkah yang dilakukan sama dengan pemodelan *tie beam* yaitu dengan masuk pada tab *structure*, kemudian memilih opsi *structural framing*. Selanjutnya memilih jenis *family* balok yaitu *concrete beam* serta menentukan dimensi dari setiap tipe balok sesuai dengan detail rencana. Tampilan pengaturan parameter balok dapat dilihat seperti pada Gambar 3.31 berikut.



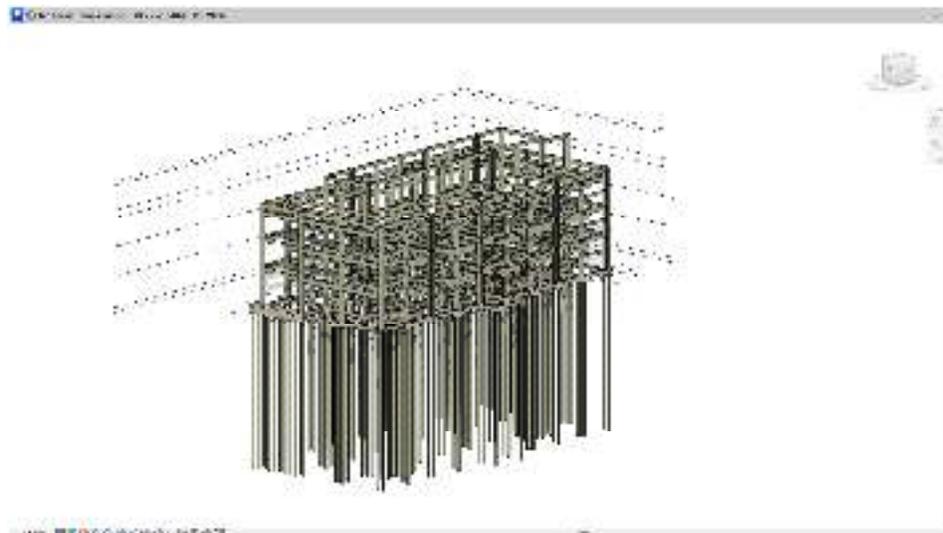
Gambar 3. 31 Pengaturan dimensi kolom
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah pengaturan semua parameter jenis balok, selanjutnya dilakukan penempatan balok pada *grid* model sesuai denah rencana dan elevasi pada gambar kerja seperti pada Gambar 3.32 berikut.



Gambar 3. 32 Penempatan balok
(Sumber : Revit, 2024)

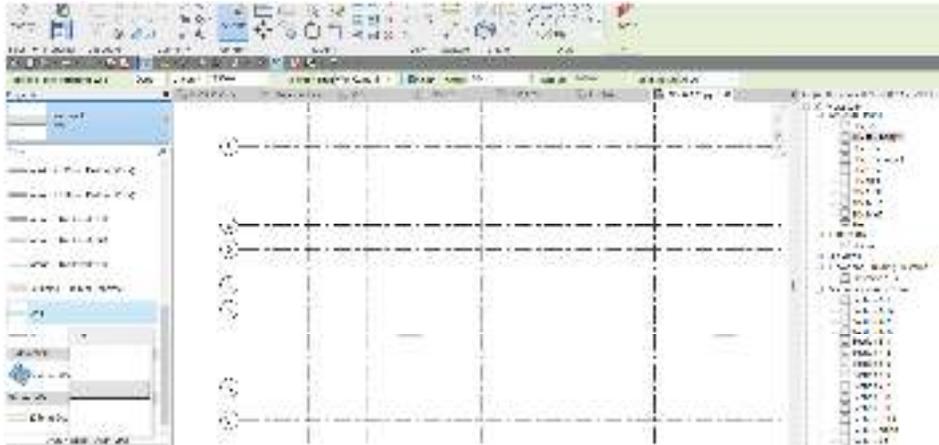
Setelah penempatan balok pada *grid*, maka otomatis balok akan terintegrasi pada model 3D seperti pada Gambar 3.33 berikut.



Gambar 3. 33 Tampilan 3D setelah penempatan balok
(Sumber : Revit, 2024)

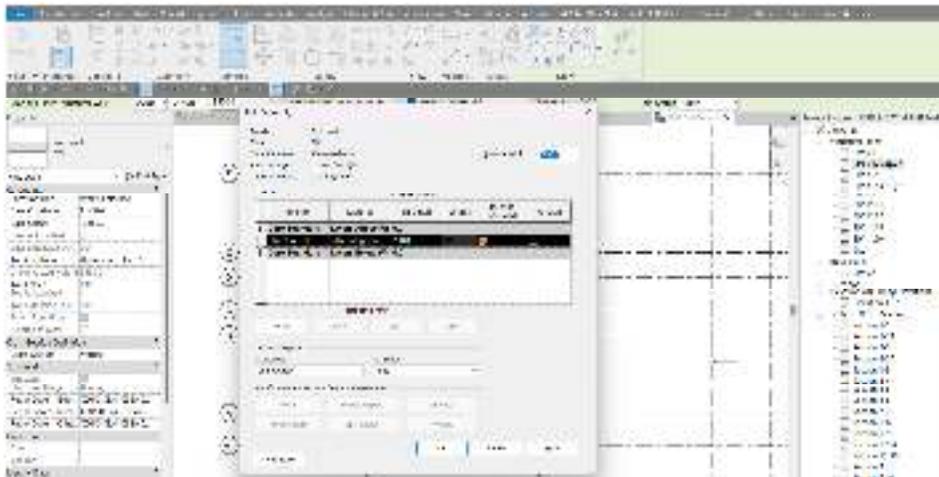
5. *Shear wall*

Langkah pertama pemodelan *shear wall* adalah dengan masuk pada tab *structure*, kemudian memilih *opsi wall structure* pada *ribbon*. Sama seperti pemodelan lainnya, perlu menentukan *family structure* terlebih dahulu pada tab *properties* kemudian memilih *family basic wall*. Tampilan dalam memilih *family shear wall* dapat dilihat pada Gambar 3.34 berikut.



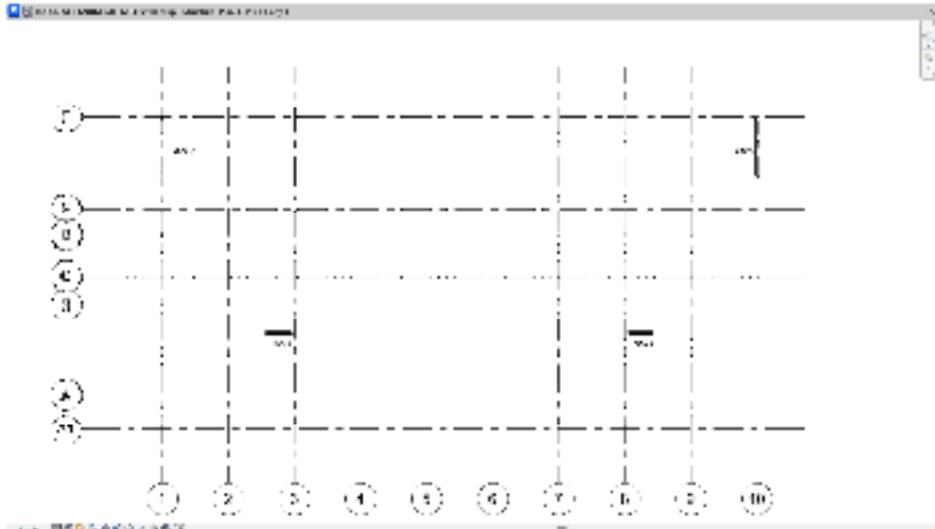
Gambar 3. 34 Pemilihan *family shear wall*
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah menentukan *family*, maka kembali masuk pada *type properties* dan menyesuaikan parameter *shear wall*. Kemudian untuk mengatur ketebalan dari shear wall, pada menu type properties, masuk pada edit structure kemudian memasukkan nominal ketebalan shear wall pada kolom *structure thickness* sesuai detail rencana pada data proyek. Tampilan tahapan ini bisa dilihat pada Gambar 3.35 berikut.



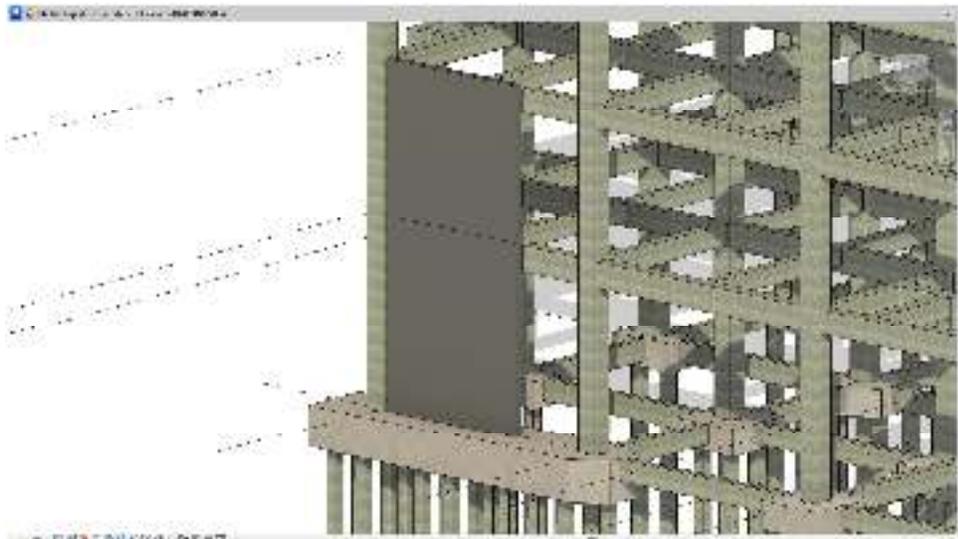
Gambar 3. 35 Edit parameter *shear wall*
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah menyelesaikan parameter setiap tipe *shear wall*, maka *shear wall* ditempatkan di *grid* model sesuai pada denah lokasi shear wall. Tampilan penempatan *shear wall* bisa dilihat pada Gambar 3.36 berikut.



Gambar 3. 36 Penempatan *shear wall*
(Sumber : Revit, 2024)

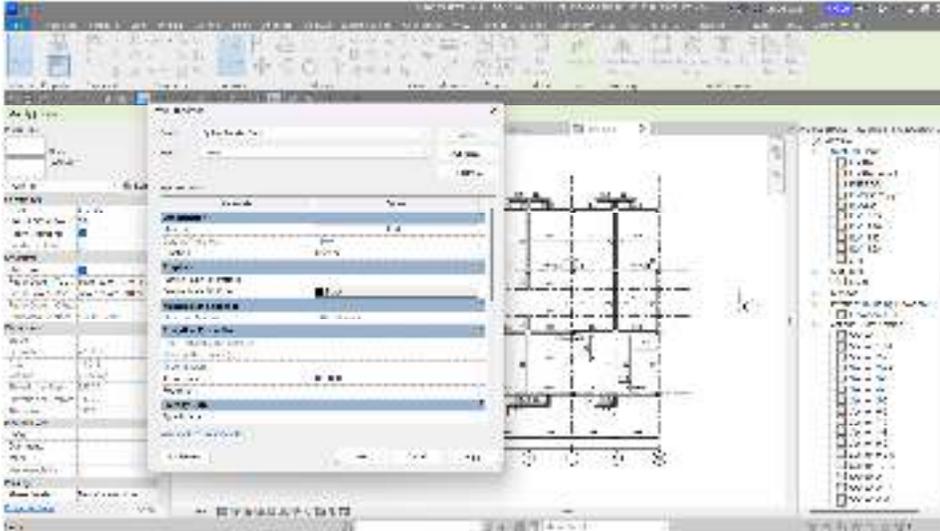
Setelah penempatan *shear wall* pada *grid*, maka otomatis *shear wall* akan *terintegrasi* pada model 3D seperti pada Gambar 3.37 berikut.



Gambar 3. 37 Tampilan 3D Penempatan *shear wall*
(Sumber : Revit, 2024)

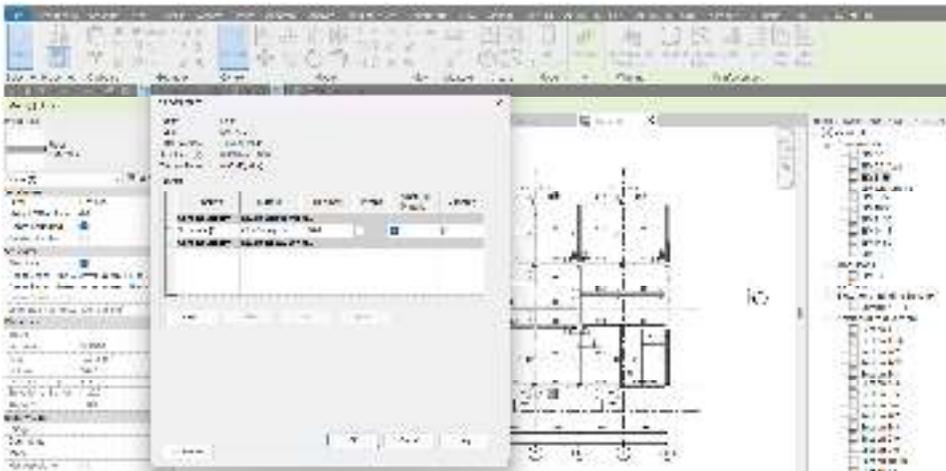
6. Pelat

Dalam proses pemodelan pelat di *Revit*, langkah-langkahnya dimulai dengan beralih ke tab *Structure* di *ribbon*, kemudian memilih opsi *structural floor*. Setelah itu, masuk pada *type properties* untuk menentukan *family* dan parameter dari *pelat*. Tampilan pengaturan parameter bisa dilihat pada Gambar 3.38 berikut.



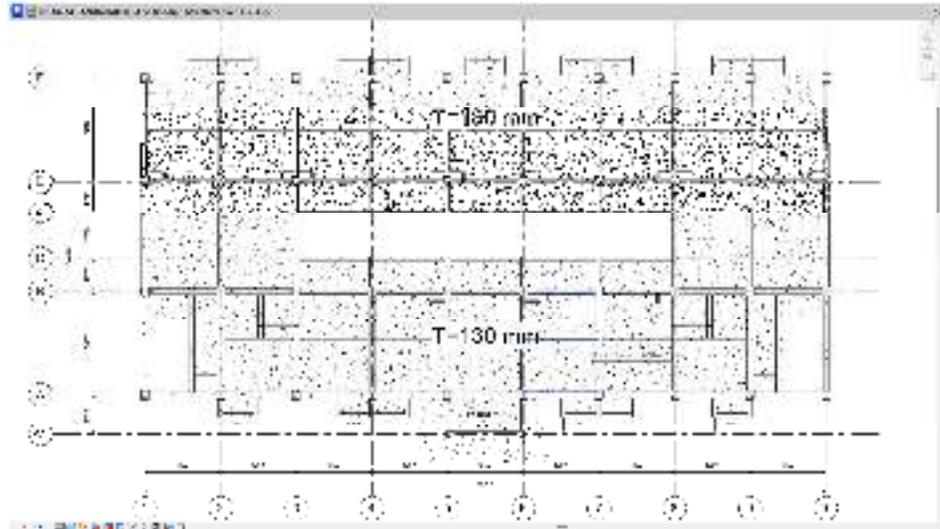
Gambar 3. 38 Pengaturan parameter pelat
(Sumber : Revit, 2024)

Kemudian, masuk pada perintah *edit structure* pada *type properties* dan selanjutnya memasukkan nominal ketebalan pelat sesuai tebal rencana. Tampilan mengatur ketebalan pelat bisa dilihat pada Gambar 3.39 di bawah.



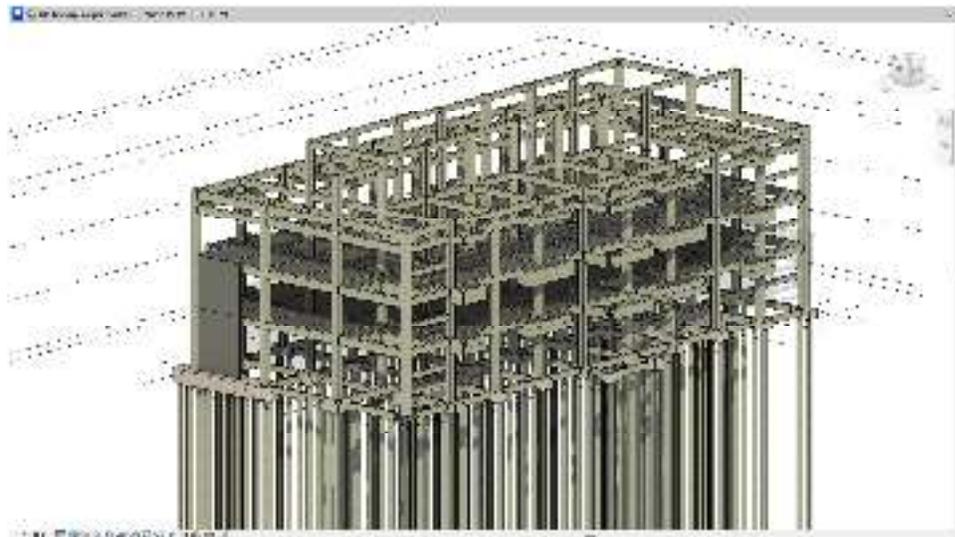
Gambar 3. 39 Pengaturan dimensi pelat
(Sumber : Revit, 2024)

Kemudian, langkah selanjutnya adalah memilih area di mana pelat akan diletakkan. Ini bisa dilakukan dengan menggambar kontur pelat secara manual atau dengan menggunakan alat pemilihan area otomatis di Revit. Contoh tampilan pelat setelah dimodelkan bisa dilihat pada Gambar 3.40 berikut.



Gambar 3. 40 Penempatan pelat lantai
(Sumber : Revit, 2024)

Setelah penempatan model pelat, maka otomatis pelat akan terintegrasi pada model 3D seperti pada Gambar 3.41 berikut.



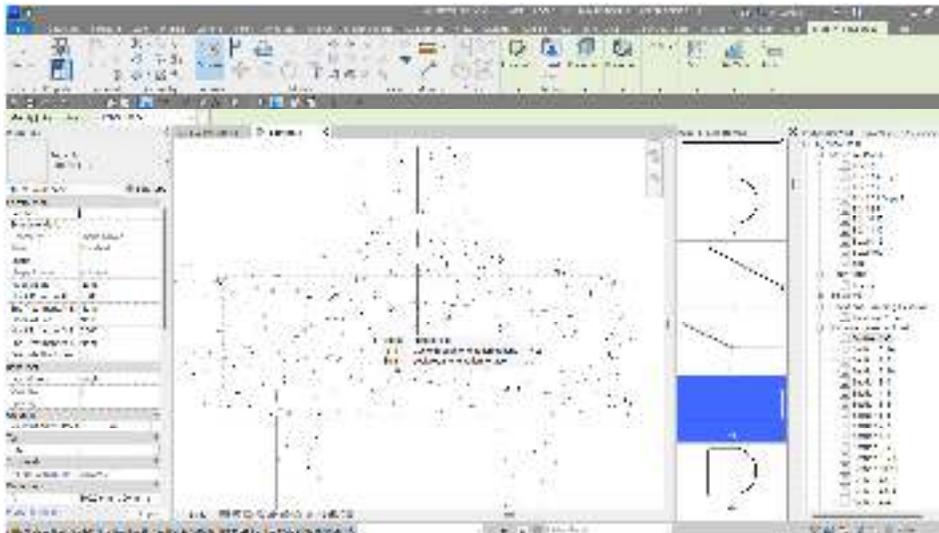
Gambar 3. 41 Tampilan 3D setelah penempatan pelat
(Sumber : Revit, 2024)

c. Penulangan elemen struktur

Setelah melakukan pemodelan elemen, maka langkah selanjutnya adalah melakukan penulangan pada model struktur tersebut. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

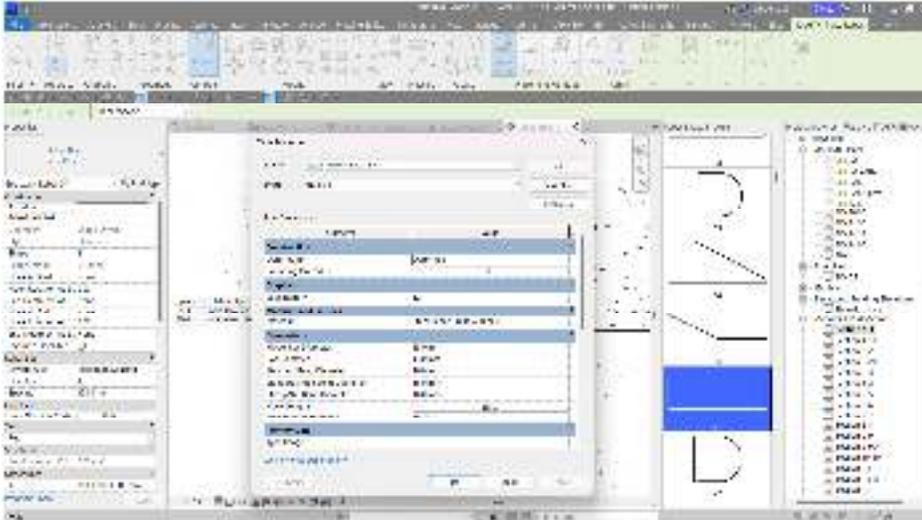
1. *Pile cap*

Elemen struktur yang dilakukan penulangan pertama adalah pondasi *pile cap*. Langkah pertama adalah memilih salah satu *pile cap* yang akan diberi tulangan kemudian masuk pada *detail view*. Setelah itu di *toolbar* atas, pilih tab *structure* dan klik tab *rebar* untuk membuka panel *rebar*. Setelah masuk pada panel *rebar*, pada layar sebelah kanan dipilih pola tulangan yang akan ditambahkan ke dalam *pile cap* seperti pada Gambar 3.42 berikut.



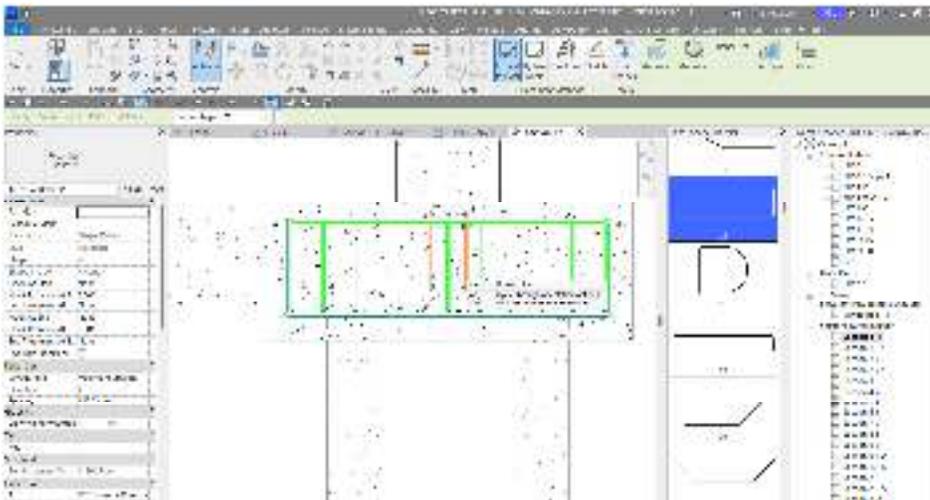
Gambar 3. 42 Penulangan *Pile cap*
(Sumber: Revit, 2024)

Kemudian Di *tab properties* pada panel "*Rebar*", diatur parameter seperti diameter, jumlah, dan jarak tulangan sesuai dengan spesifikasi yang tercantum dalam perencanaan struktur. Pengaturan parameter tulangan bisa dilihat pada Gambar 3.43 berikut.



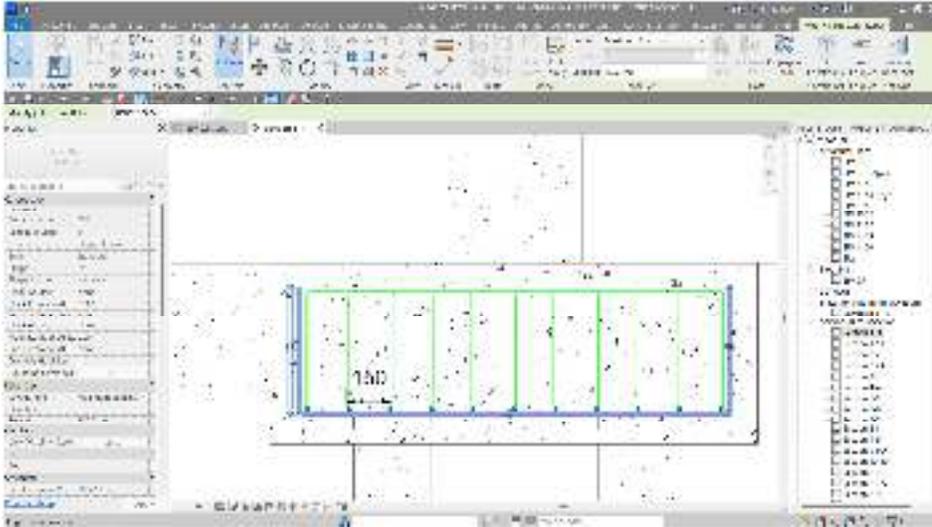
Gambar 3. 43 Konfigurasi parameter *rebar*
(Sumber: Revit, 2024)

Kemudian setelah pengaturan parameter tulangan, langkah selanjutnya adalah penempatan rebar sesuai dengan bentuk pada gambar detail struktur. Penempatan *rebar* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.44 berikut.



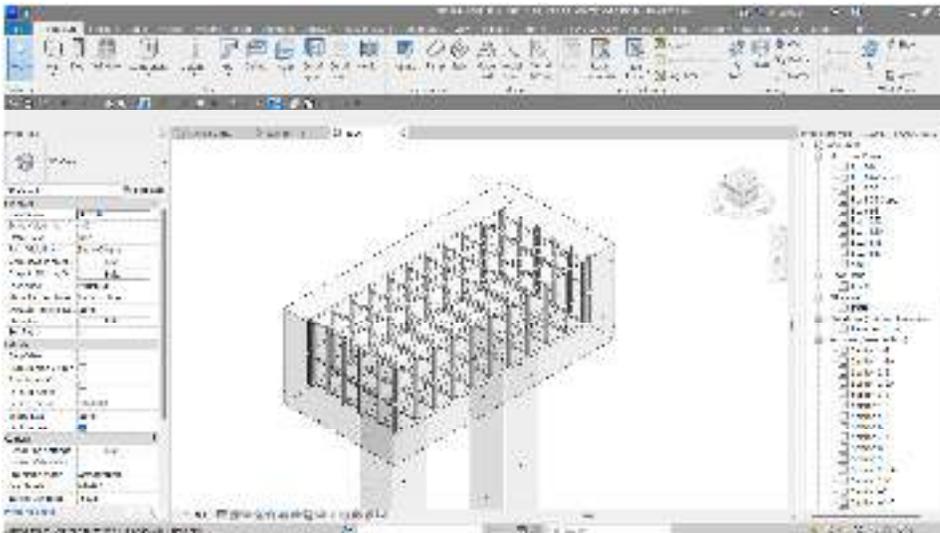
Gambar 3. 44 Penempatan *rebar pile cap*
(Sumber: Revit, 2024)

Langkah berikutnya adalah melakukan penyesuaian detail penulangan *pile cap* seperti jarak, panjang, dan jumlah tulangan. Penyesuaian detail tulangan *pile cap* bisa dilihat seperti pada Gambar 3.45 berikut.



Gambar 3. 45 Penyesuaian detail *rebar pile cap*
(Sumber: Revit, 2024)

Setelah melakukan penyesuaian rebar, maka *rebar* akan secara otomatis terintegrasi menjadi model 3D seperti pada Gambar 3.46 berikut.

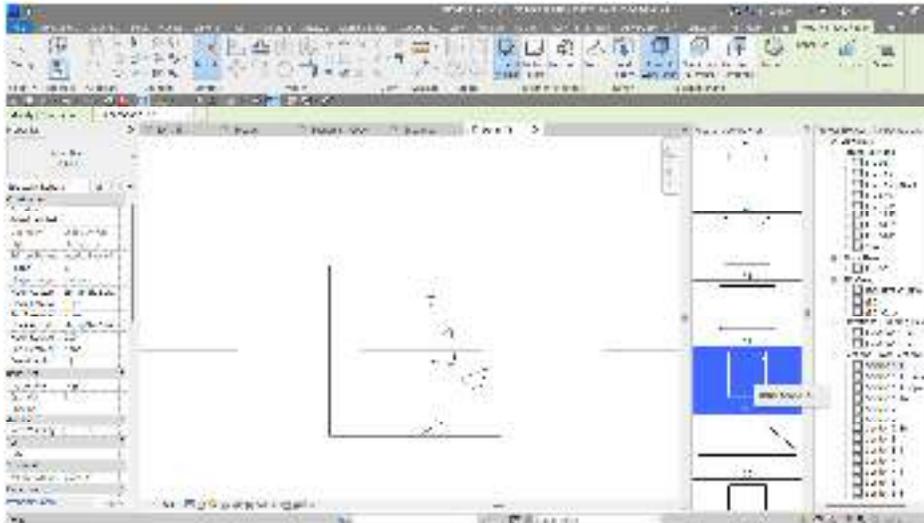


Gambar 3. 46 Tampilan 3D penulangan *pile cap*
(Sumber: Revit, 2024)

2. Kolom

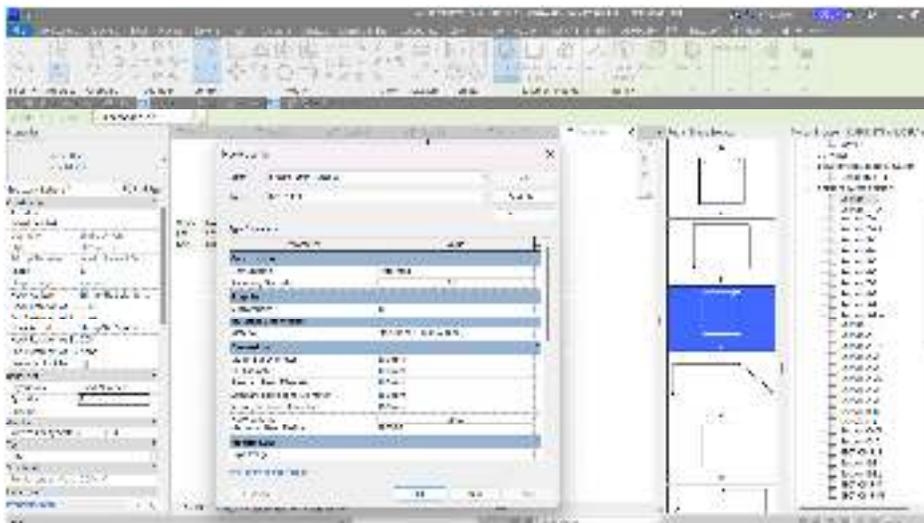
Dalam proses penulangan kolom pada *Revit*, langkah awal yang dilakukan adalah memilih salah satu kolom yang akan diberi penulangan, kemudian masuk pada *section/detail view* kolom tersebut. Setelah memilih jenis kolom, pada menu atas/*ribbon*, pilih menu *rebar* untuk masuk pada panel *rebar*. Selanjutnya, pada kanan layar terdapat jenis-jenis pola penulangan lalu dipilih salah satu jenis yang sesuai

dengan penulangan kolom. Pemilihan jenis tulangan kolom seperti pada Gambar 3.47 berikut.



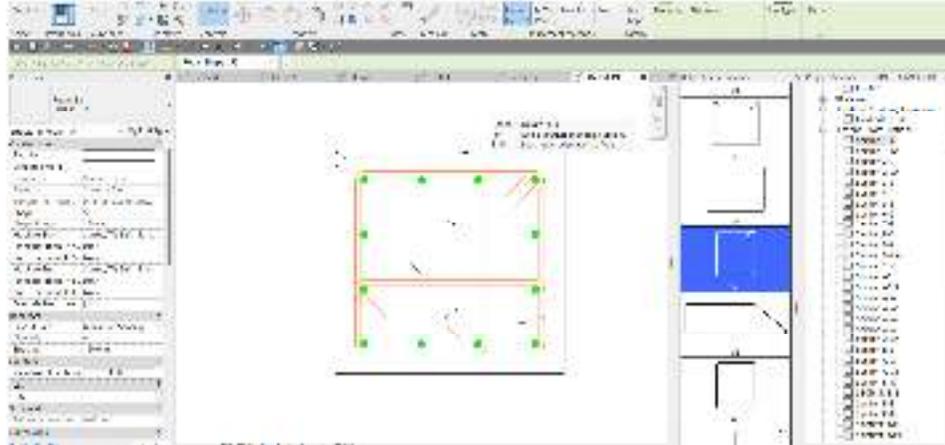
Gambar 3. 47 Panel penulangan kolom
(Sumber: Revit, 2024)

selanjutnya, dilakukan konfigurasi lebih lanjut terkait dengan dimensi dan distribusi *rebar* di dalam kolom. Ini mencakup penentuan diameter, panjang, jarak antar tulangan, dan pola distribusi *rebar* yang sesuai dengan persyaratan desain. Konfigurasi parameter *rebar* kolom dilakukan pada *tab* dan *type properties rebar* seperti pada Gambar 3.48 berikut.



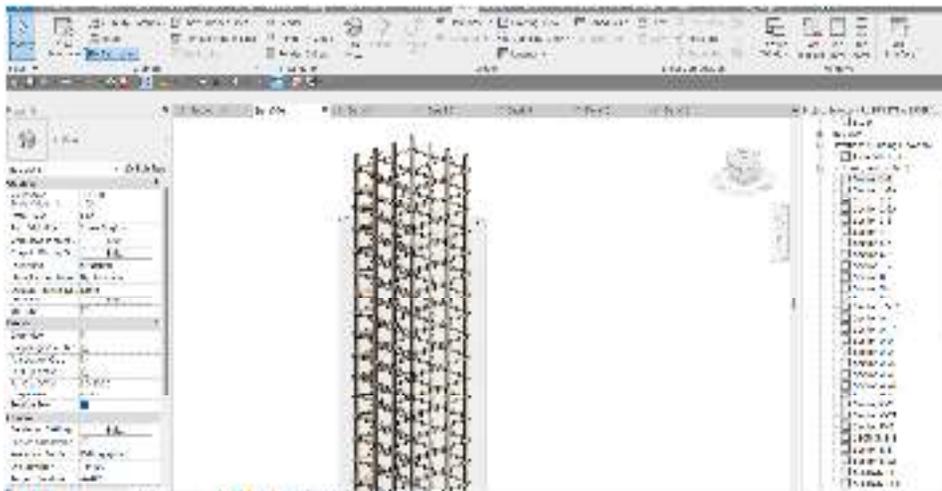
Gambar 3. 48 Konfigurasi parameter tulangan kolom
(Sumber: Revit, 2024)

Setelah itu, langkah selanjutnya dilakukan penempatan *rebar* pada kolom. Penempatan ini menyesuaikan pada desain penulangan kolom rencana. Penempatan tulangan kolom bisa dilihat seperti Gambar 3.49 berikut.



Gambar 3. 49 Penempatan *rebar* kolom
(Sumber: Revit, 2024)

Setelah menempatkan tulangan pada kolom dan menyesuaikan dengan standar dan gambar kerja, maka *rebar* akan otomatis ter modelkan secara 3D seperti pada Gambar 3.50 berikut.

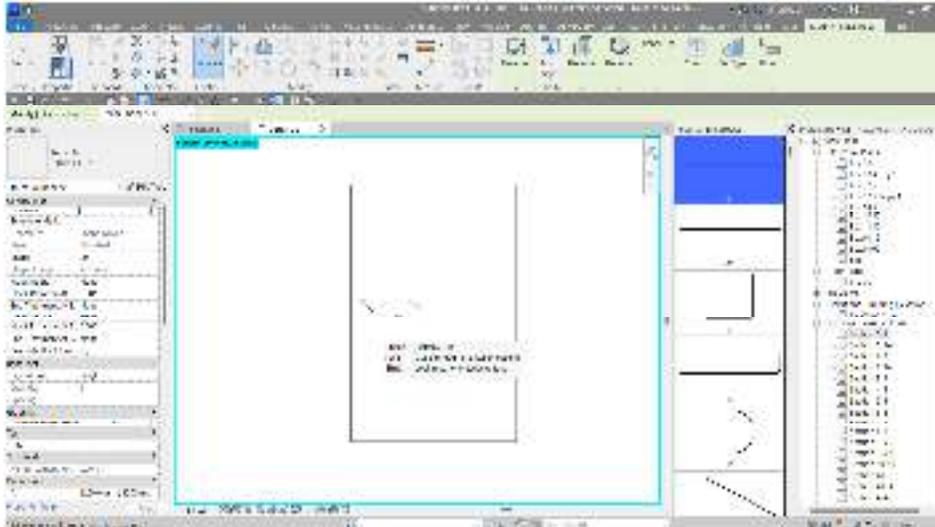


Gambar 3. 50 Tampilan 3D hasil penulangan kolom
(Sumber: Revit, 2024)

3. *Tie beam* dan balok

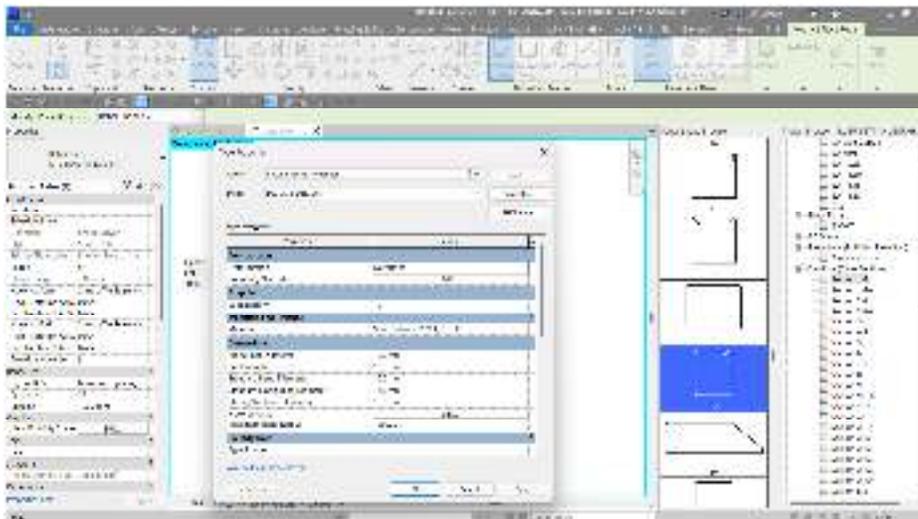
Penulangan *tie beam* dan balok memiliki langkah-langkah yang sama yaitu Langkah pertama adalah masuk pada *detail view*. Pada *detail view* setelah memilih elemen balok,

pilih opsi *rebar* yang berada pada menu *ribbon* sehingga panel *rebar* muncul pada layar. Pada kiri layar, terdapat pola atau jenis tulangan dan pilih jenis tulangan yang sesuai pada balok. Tampilan panel penulangan balok seperti pada Gambar 3.51 berikut.



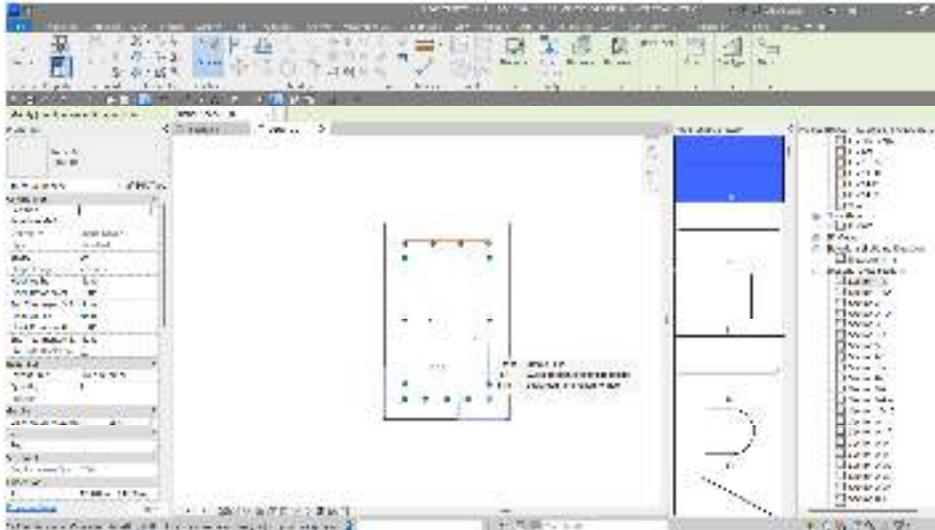
Gambar 3. 51 Panel penulangan balok
(Sumber: Revit, 2024)

Langkah berikutnya adalah penyesuaian Parameter Penulangan. Di panel *rebar* pada *type properties*, sesuaikan parameter seperti diameter tulangan, jarak antar tulangan, dan panjang penulangan sesuai dengan kebutuhan desain dan spesifikasi yang dari gambar kerja. Penyesuaian parameter bisa dilihat seperti Gambar 3.52 berikut.



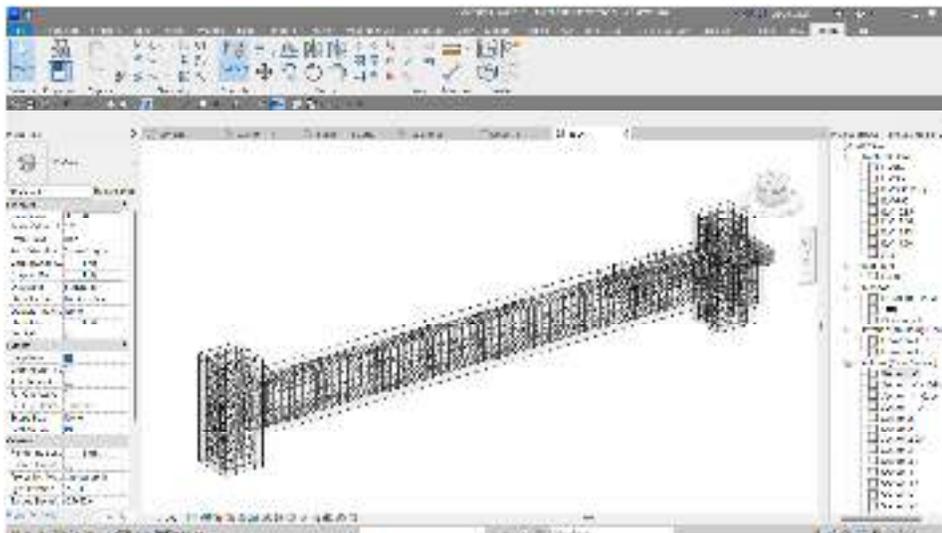
Gambar 3. 52 Parameter penulangan balok
(Sumber: Revit, 2024)

Setelah menyesuaikan parameter tulangan, maka dilakukan penempatan tulangan pada balok. Pada tahap ini, jumlah tulangan, jenis tulangan dan orientasi tulangan disesuaikan berdasarkan pada desain tulangan balok pada gambar kerja. Gambar 3.53 berikut merupakan tampilan penempatan tulangan pada balok.



Gambar 3. 53 Penempatan tulangan balok
(Sumber: Revit, 2024)

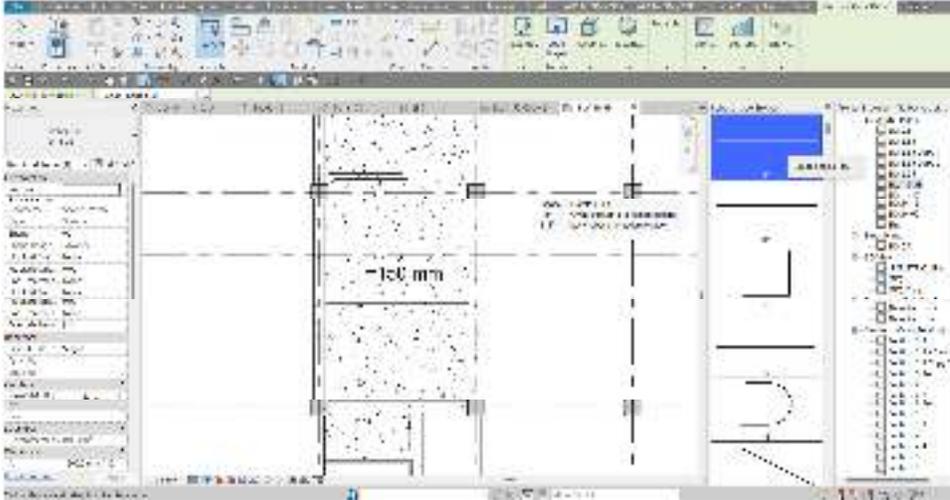
Setelah menempatkan *rebar* pada balok atau *tie beam*, maka secara otomatis *rebar* akan ter modelkan secara 3D seperti pada Gambar 3.54 berikut.



Gambar 3. 54 Tampilan 3D penulangan balok
(Sumber: Revit, 2024)

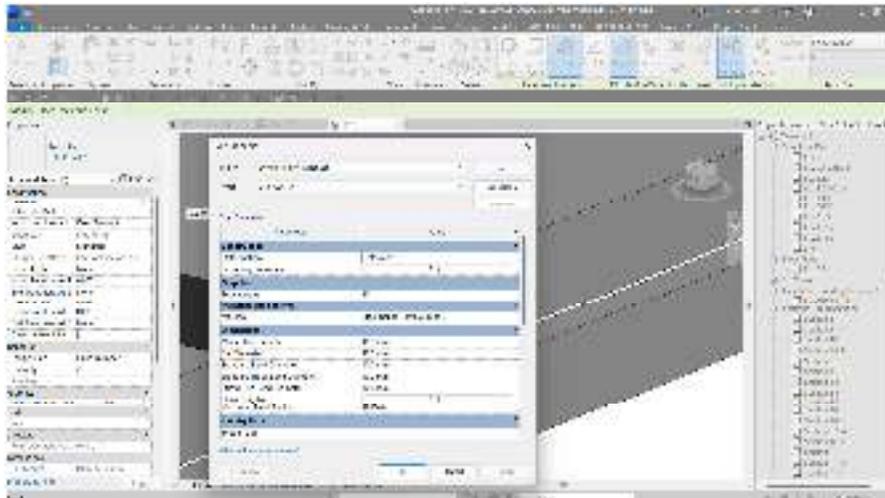
4. Pelat

Langkah awal penulangan pelat adalah dengan memilih pelat yang akan ditambahkan tulangan. Di toolbar atas, pilih tab *structure* dan klik *rebar* untuk membuka panel rebar. Tampilan panel *rebar* pelat bisa dilihat seperti pada Gambar 4.55 berikut.



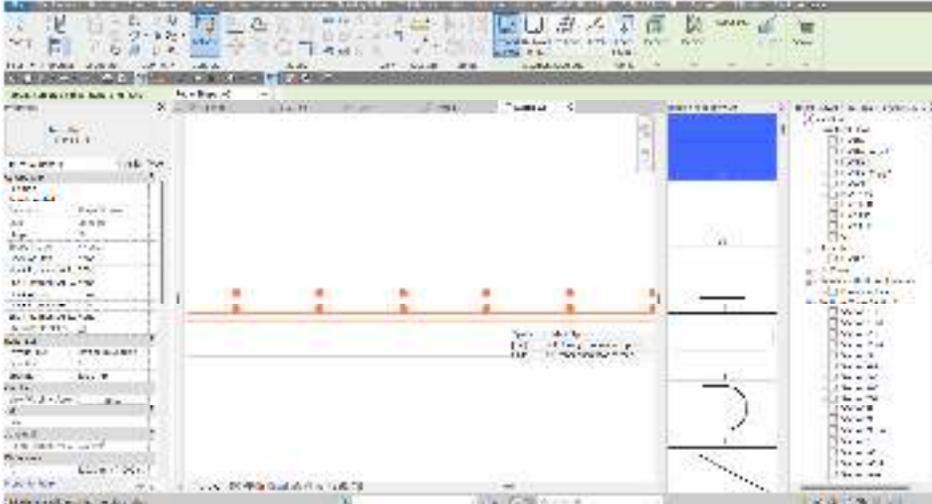
Gambar 3. 55 Panel penulangan pelat
(Sumber: Revit, 2024)

Di panel *rebar* pada *tab properties* atur parameter seperti diameter tulangan, jarak tulangan, dan panjang tulangan sesuai dengan spesifikasi yang tercantum dalam perencanaan struktur. Tampilan pengaturan parameter tulangan pelat bisa dilihat seperti pada Gambar 3.56 berikut.



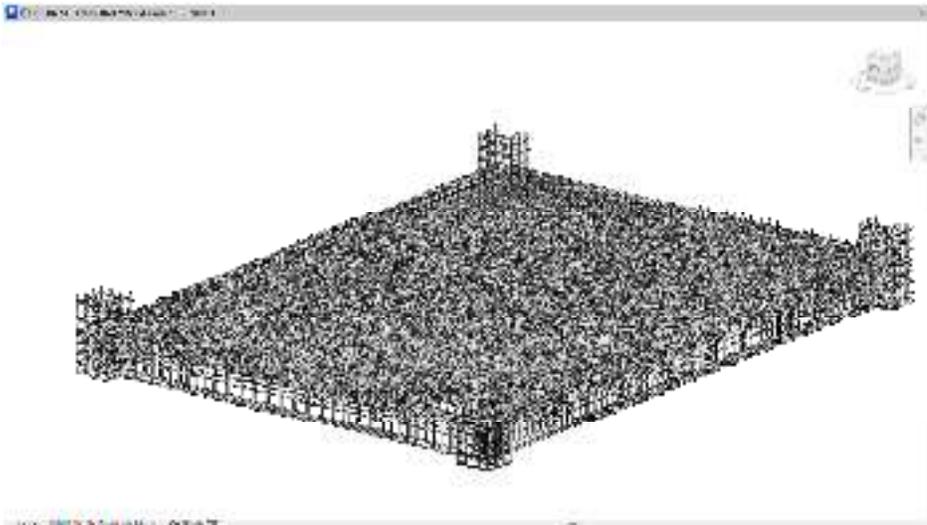
Gambar 3. 56 Parameter penulangan pelat
(Sumber: Revit, 2024)

Selanjutnya masuk pada *section view*, kemudian melakukan penempatan tulangan pelat. Pada tahap ini, dilakukan penyesuaian orientasi tulangan seperti tulangan arah memanjang dan memendek. Penempatan tulangan bisa dilihat seperti pada Gambar 3.57 berikut.



Gambar 3. 57 Penempatan tulangan pelat
(Sumber: Revit, 2024)

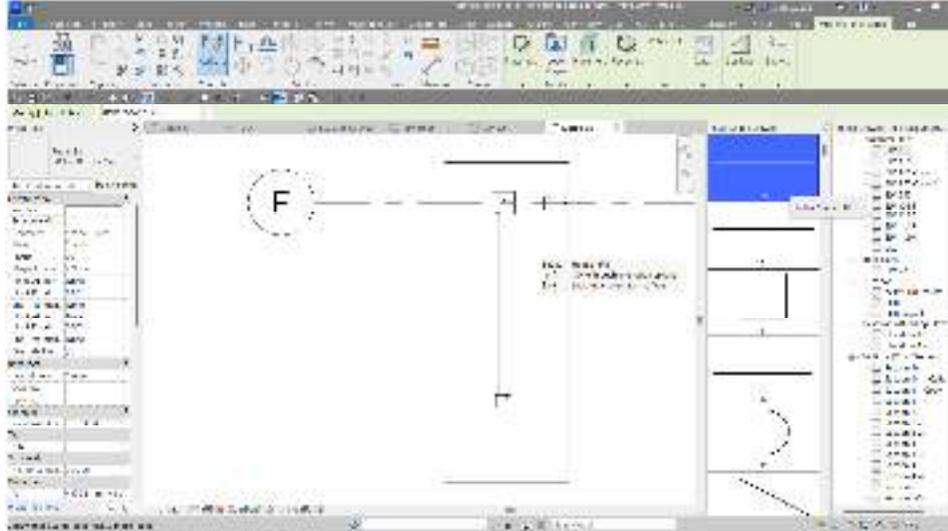
Setelah tulangan selesai ditambahkan, maka penulangan pelat secara otomatis termodelkan secara 3D seperti pada Gambar 3.58 berikut.



Gambar 3. 58 Tampilan 3D penulangan pelat
(Sumber: Revit, 2024)

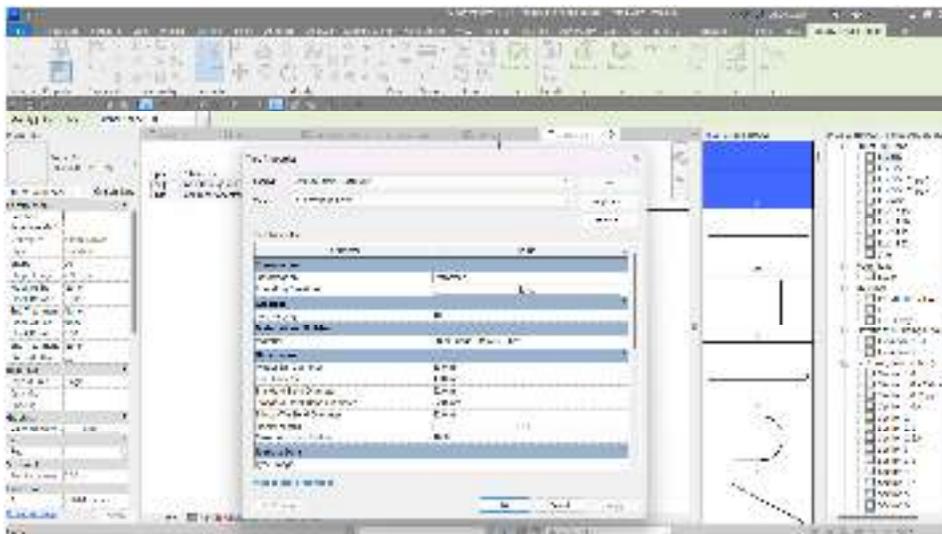
5. *Shear wall*

Langkah pertama penulangan *shearwall* adalah Pilih *shearwall* yang akan ditambahkan tulangan. Di toolbar atas, pilih tab *structure* dan klik *rebar* untuk membuka panel *rebar*. Panel *rebar* pada *shearwall* seperti pada Gambar 3.59 di bawah.



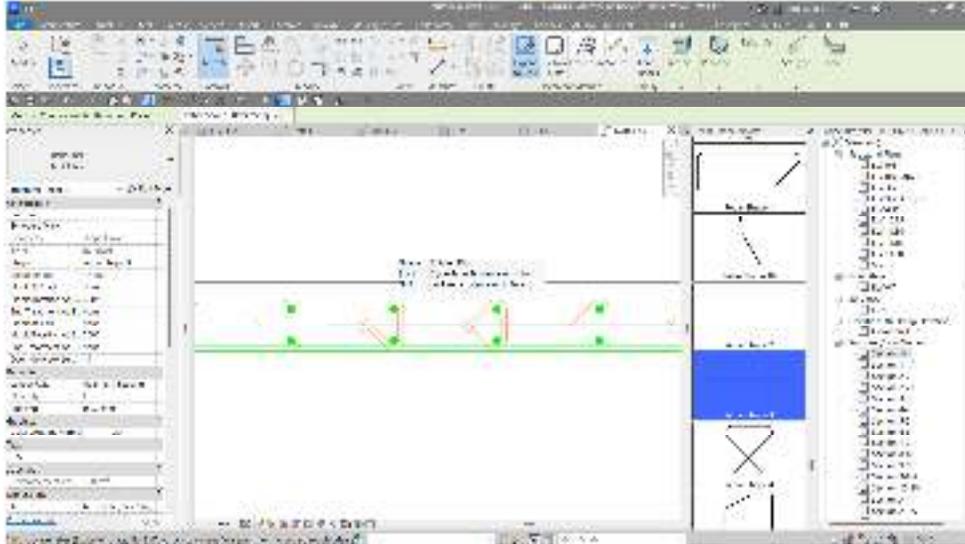
Gambar 3. 59 Panel penulangan *shear wall*
(Sumber: Revit, 2024)

Setelah itu, pada panel *rebar*, masuk pada *tab properties* untuk mengatur parameter diameter tulangan, jarak tulangan, dan pola penulangan sesuai dengan spesifikasi yang tercantum dalam perencanaan struktur. Pengaturan parameter *rebar shearwall* seperti pada Gambar 3.60 berikut.



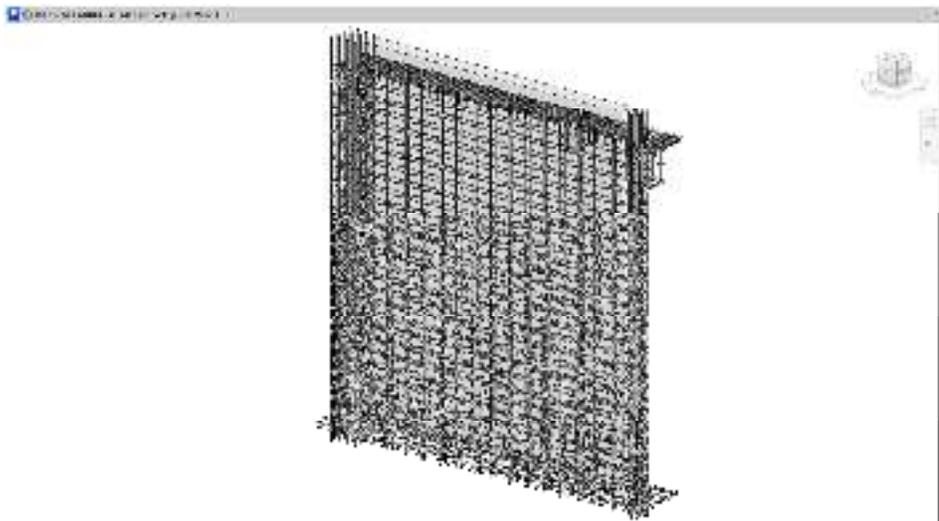
Gambar 3. 60 Pengaturan parameter *shear wall*
(Sumber: Revit, 2024)

Setelah menyesuaikan parameter rebar, masuk pada *section view shearwall* untuk *menempatkan* tulangan. Dalam menempatkan tulangan ini, dilakukan penyesuaian seperti pola, jumlah, dan orientasi tulangan. Penempatan tulangan bisa dilihat seperti pada Gambar 3.61 berikut.



Gambar 3. 61 Penempatan tulangan *shear wall*
(Sumber: Revit, 2024)

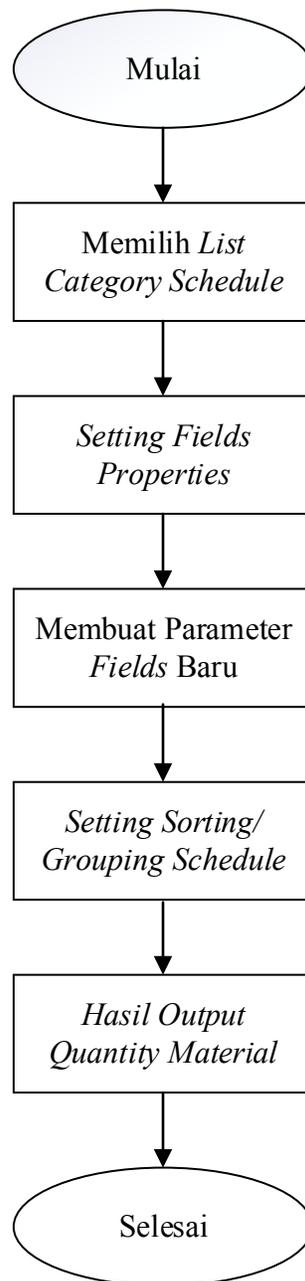
Setelah menempatkan tulangan *shear wall*, maka secara otomatis *rebar* akan termodelkan secara 3D seperti Gambar 3.62 di bawah.



Gambar 3. 62 Tampilan 3D penulangan *shear wall*
(Sumber: Revit, 2024)

3.4.4 Output Quantity Take-Off

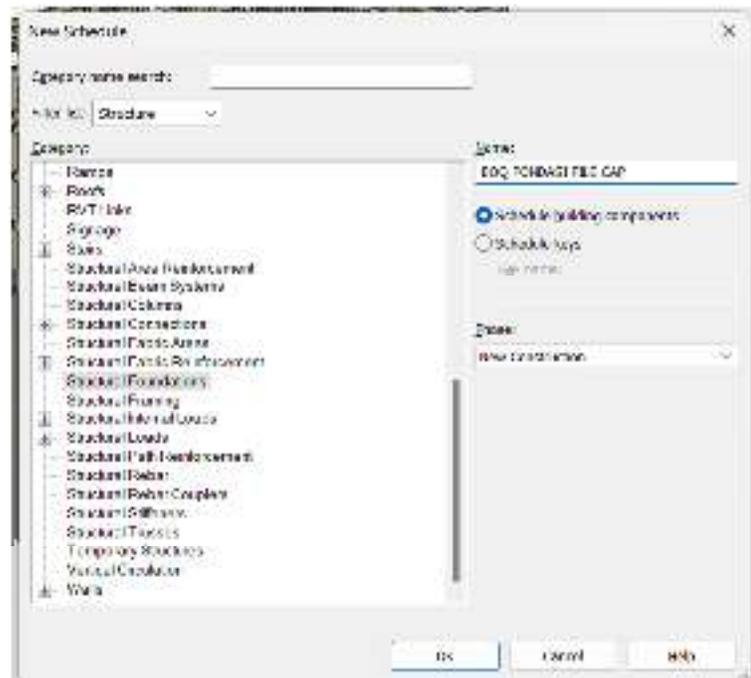
Setelah pemodelan 3D selesai, maka tahap selanjutnya adalah mengeluarkan *output quantity take off*. Tahap yang dilakukan untuk mengeluarkan *output quantity take off* dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.63 berikut.



Gambar 3. 63 Tahapan mengeluarkan *output quantity*
(Sumber: peneliti, 2024)

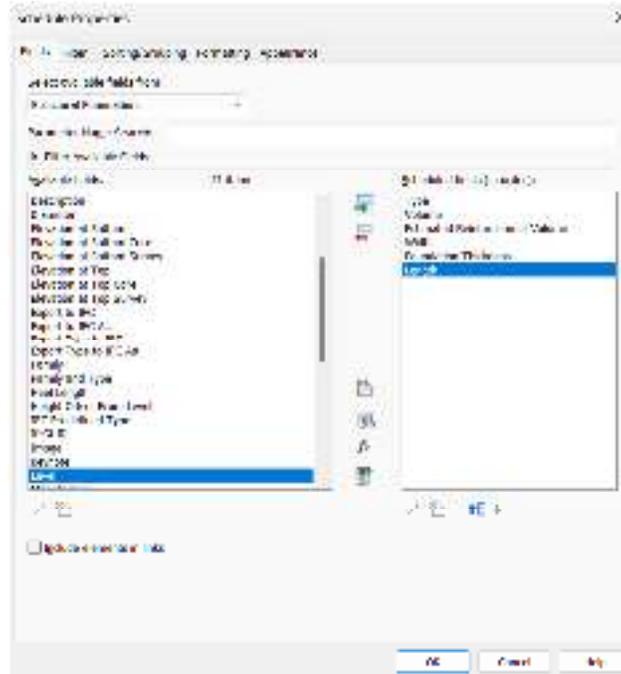
Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengeluarkan *quantity take off* pada Revit adalah sebagai berikut.

1. Langkah pertama untuk mengeluarkan *quantity take-off* struktur yang sudah dimodelkan, dapat dilakukan dengan memilih *schedules quantities* pada *taskbar reports&schedules* yang berada pada tab *analyze* dan kemudian mengatur *schedule quantities*. Dalam mengatur *schedule quantities* yang akan ditampilkan, perlu memilih kategori elemen struktur pada *list category* seperti pada Gambar 3.64 berikut.



Gambar 3. 64 List category quantity Revit
(Sumber: Revit, 2024)

2. Setelah memilih *category* elemen struktur yang ingin ditampilkan, selanjutnya yaitu menentukan *fields* apa saja yang akan ditampilkan sebagai laporan informasi akhir dari hasil pemodelan. *Fields* yang perlu ditampilkan menyesuaikan dengan elemen struktur yang ingin dianalisis. Tampilan *fields* dapat dilihat pada Gambar 3.65 berikut ini.

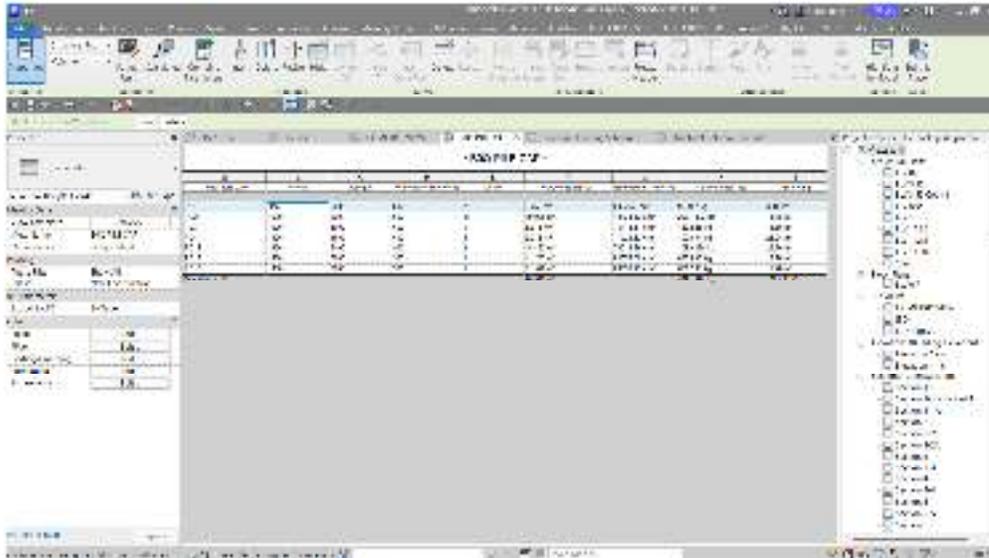


Gambar 3. 65 Tampilan *fields Properties*
(Sumber: Revit, 2024)

- Untuk menampilkan data seperti volume besi, luas bekisting, dan data lainnya, maka perlu membuat parameter baru dengan masuk pada menu *add calculated value parameter* pada *fields* kemudian memasukkan rumus pada kolom *formula*. Tampilan *calculated value* bisa dilihat pada Gambar 3.66 berikut.

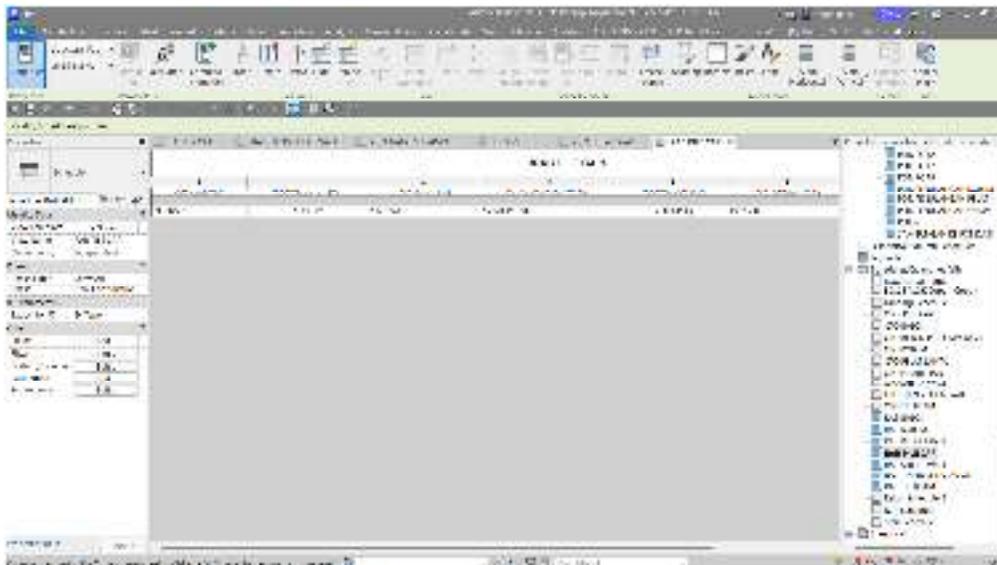


Gambar 3. 66 Tampilan *calculated value*
(Sumber: Revit, 2024)



Gambar 3. 68 Tampilan *output schedule quantity take off*
(Sumber: Revit, 2024)

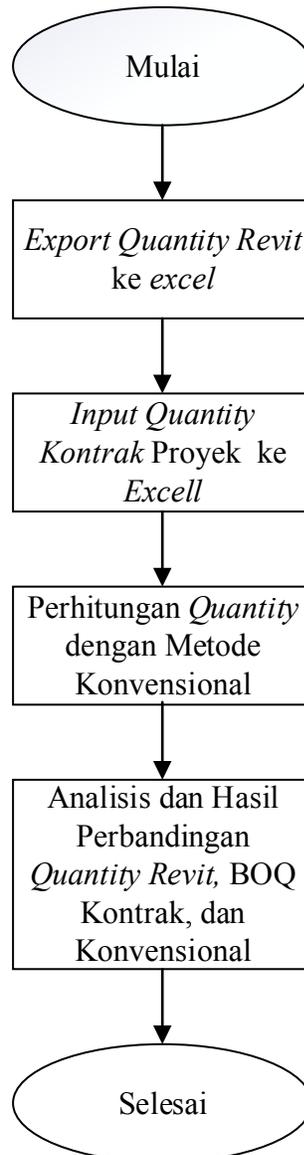
6. Untuk mengeluarkan Estimasi biaya pada *Revit*, dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti pada poin nomor 1 sampai 5 dengan catatan menyesuaikan *fields* dan *schedule* serta meng-*input* harga satuan pada *fields properties*. Contoh tampilan *schedule* estimasi biaya pada *Revit* bisa dilihat seperti pada Gambar 3.69 berikut.



Gambar 3. 69 Tampilan *schedule estimasi biaya* di Revi
(Sumber: Revit, 2024)

3.4.5 Analisis Perbandingan Hasil *Quantity Take Off*

Setelah memperoleh *material take-off* dari metode BIM, maka dilakukan komparasi atau perbandingan dengan hasil perhitungan metode konvensional yang ada pada BOQ proyek. Berikut adalah tahapan analisis perbandingan *quantity* yang bisa dilihat pada Gambar 3.70 berikut.



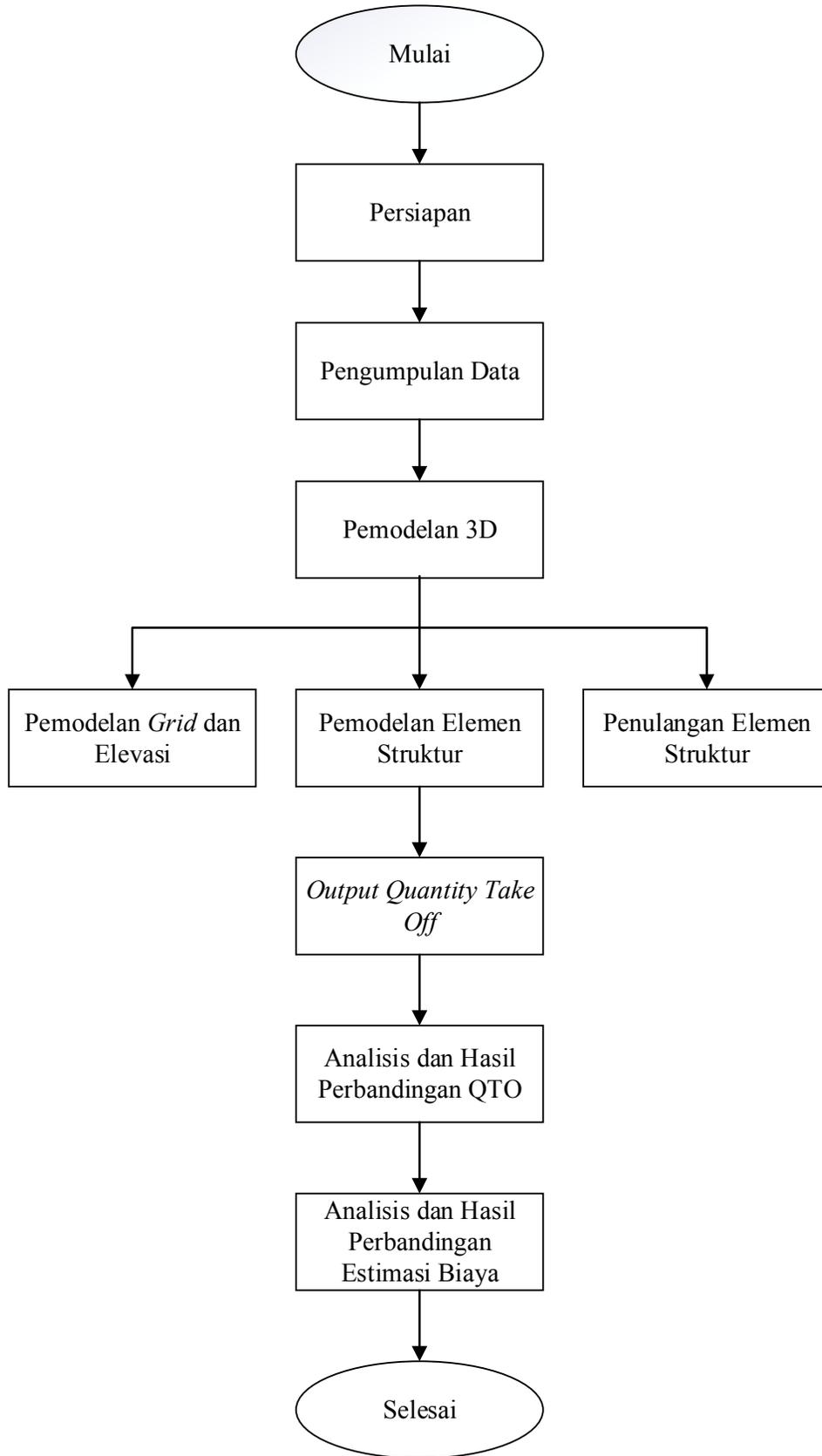
Gambar 3. 70 Tahapan analisis perbandingan *quantity*
(sumber: peneliti, 2024)

3.4.6 Analisis Perbandingan Anggaran Biaya

Setelah memperoleh hasil komparasi *Quantity take off*, maka selanjutnya adalah tahapan untuk melakukan analisis perbandingan anggaran biaya dari masing-masing *Quantity*. Untuk mendapatkan total estimasi Anggaran Biaya dari masing-masing *quantity*, maka dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Total Anggaran Biaya} = \text{Quantity} \times \text{Harga Satuan}$$

Setelah merumuskan detail tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini, maka diagram aliran penelitian keseluruhan adalah seperti pada Gambar 3.71 berikut.



Gambar 3. 71 Diagram alir penelitian
(Sumber: peneliti, 2024)