

PENERAPAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM ESTIMASI *QUANTITY TAKE OFF* MATERIAL PEKERJAAN STRUKTURAL PADA PEMBANGUNAN GEDUNG KONDOMINIUM HOTEL 8 LANTAI

Heri Permana, Rifaldi Adi Saputra, Alizar

Universitas Dian Nusantara, Indonesia

Email: heripermana02@gmail.com, rifaldi.adi.saputra@undira.ac.id, alizar@undira.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan Building Information Modeling (BIM) dalam proses perhitungan Quantity Take Off (QTO) pada konstruksi struktur bangunan bertingkat, serta mengidentifikasi manfaat yang diperoleh dari penggunaan BIM. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Populasi dalam penelitian ini adalah proyek konstruksi bangunan bertingkat yang menggunakan metode BIM, dengan sampel diambil dari beberapa proyek yang relevan. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan analisis dokumen. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode komparatif untuk membandingkan hasil perhitungan QTO antara metode BIM dan metode konvensional. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan BIM dalam proses perhitungan QTO memberikan keunggulan substansial dalam hal akurasi dan efisiensi. Terjadi selisih hasil perhitungan QTO antara metode BIM dan metode konvensional, di mana item volume beton menunjukkan selisih terbesar sebesar 7,24% pada beton pelat lantai 2, dan volume pembesian memiliki selisih terbesar sebesar 9,87% pada pembesian pelat lantai 3. Penerapan BIM dalam perhitungan QTO meningkatkan efisiensi dan akurasi estimasi biaya, serta mengoptimalkan alokasi sumber daya dan mengurangi potensi kesalahan perhitungan. Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi industri jasa konstruksi, terutama dalam meningkatkan kualitas perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi melalui teknologi BIM.

Kata kunci: Building Information Modelling (BIM), Struktural, Quantity Take Off (QTO), Autodesk Revit, selisih

Abstract

This study aims to examine the application of Building Information Modeling (BIM) in the Quantity Take Off (QTO) calculation process in the construction of multi-storey building structures, as well as identify the benefits obtained from the use of BIM. The type of research used is quantitative research with a case study approach. The population in this study is a multi-storey building construction project using the BIM method, with samples taken from several relevant projects. Data collection techniques are carried out through observation, interviews, and document analysis. The data obtained was analyzed using a comparative method to compare the results of the QTO calculation between the BIM method and the conventional method. The results of the analysis show that the application of BIM in the QTO calculation process provides a substantial advantage in terms of accuracy and efficiency. There was a difference in the results of the QTO calculation between the BIM method and the conventional method, where the concrete volume item showed the largest difference of 7.24% in the concrete of the 2nd floor slab, and the volume of reinforcement had the largest difference of 9.87% in the ironing of the 3rd floor slab. The application of BIM in QTO calculations improves the efficiency and accuracy of cost estimation, as well as optimizes resource allocation and reduces the potential for calculation errors. The results of this study have important implications for the construction services industry, especially in improving the quality of planning and implementation of construction projects through BIM technology.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Structural, Quantity Take Off (QTO), Autodesk Revit, differences

*Correspondence Author: Heri Permana
Email: heripermana02@gmail.com



PENDAHULUAN

Perkembangan industri jasa konstruksi yang pesat selama beberapa dekade terakhir telah mendorong perubahan dan inovasi dengan penggunaan teknologi dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Indonesia menjadi bagian dari dinamika perkembangan teknologi dan transformasi manajemen jasa konstruksi, Salah satu teknologi yang kian diminati dalam industri jasa konstruksi adalah BIM (*Building Information Modelling*). BIM merupakan model digital yang menggambarkan bentuk dan karakteristik dari suatu fasilitas yang berfungsi sebagai sumber pengetahuan bersama yang menyediakan informasi dan menjadi dasar yang dapat diandalkan dalam pengambilan keputusan selama siklus hidup bangunan (Fitriani et al., 2021). Dikenal sebagai teknologi dalam bidang Architecture, Engineering and Construction (AEC), BIM memiliki kemampuan dalam menyajikan informasi proyek secara menyeluruh dengan format tiga dimensi, memberikan gambaran simulasi yang jelas dan mendetail mengenai perkembangan proyek tersebut (Apriansyah, 2021; Zhang et al., 2020).

Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Balai Pengembangan Sumber Daya Manusia PU mengategorikan Building Information Modelling (BIM) berdasarkan dimensinya, mulai dari representasi geometris bangunan (BIM 3D) hingga aplikasi manajemen fasilitas bangunan (BIM 7D). BIM 4D mencakup aspek penjadwalan proyek, BIM 5D berfokus pada estimasi biaya, ekstrak kuantitas dan value engineering, BIM 6D mempertimbangkan keberlanjutan proyek melalui analisis konsep energi dan dampaknya pada lingkungan. Terakhir, BIM 7D menekankan aspek manajemen fasilitas dan pengoprasian bangunan setelah penyelesaian proyek. BIM 5D adalah estimasi biaya menggunakan model BIM dengan cara menghubungkan model 3D ke database estimasi biaya/cost database (Santoso et al., 2024).

Salah satu software yang telah mengadopsi BIM adalah Autodesk Revit. Autodesk Revit adalah aplikasi atau alat program berbasis BIM yang membantu mendokumentasikan seluruh informasi proyek dalam model 3D secara lebih realistis (Reista et al., 2022). Revit berfungsi untuk membuat model digital yang menyimpan informasi tentang suatu bangunan atau proyek secara terintegrasi antara sistem arsitektur, struktur, dan Mechanical, Electrical, Plumbing (MEP). Autodesk Revit memiliki banyak kelebihan yaitu dalam integrasi perangkat lunak untuk menghitung volume, penjadwalan, deteksi tabrakan, proses yang lebih cepat (Marizan, 2019). Sehingga Revit digunakan dalam penelitian ini dikarenakan lebih akurat dalam pemodelan dan dengan sendirinya akan membuat optimasi perhitungan QTO.

QTO merupakan proses perhitungan volume secara rinci yang dapat digunakan dalam penyusunan Bill Of Quantity pada proses tender. BoQ berperan penting pada estimasi anggaran konstruksi. Maka dari itu, perhitungan yang akurat sangat diperlukan oleh kontraktor guna mengoptimalkan efisiensi penggunaan material sehingga sesuai dengan kondisi aktual di lapangan (Laorent et al., 2019). Material adalah bahan yang akan dibentuk, digabungkan, dan diselesaikan melalui proses (Dwi B. et al., 2021). QTO merupakan aspek krusial dalam perhitungan biaya konstruksi. Proses ini perlu dilakukan dengan tingkat ketelitian yang tinggi serta mengacu pada data desain yang tersedia. Keakuratan dan kelengkapan data memegang peranan penting dalam menentukan estimasi biaya konstruksi. Perhitungan QTO umumnya dilakukan dengan metode konvensional menggunakan MS Excel, tetapi proses ini memerlukan proses yang cukup panjang (Lim et al., 2021; Zhao et

al., 2024). Oleh sebab itu, pemanfaatan perangkat lunak komputer menjadi salah satu solusi alternatif dalam meningkatkan ketepatan untuk estimasi perhitungan QTO.

Penelitian ini mengkaji bagaimana penerapan metode BIM 5D menggunakan software Autodesk Revit versi 2023 dalam mengoptimalkan perhitungan QTO pada struktur pembangunan bangunan bertingkat pada proyek pembangunan gedung kondominium hotel 8 lantai. Penggunaan BIM 5D diharapkan akan membantu meningkatkan akurasi perhitungan QTO, mengurangi resiko kesalahan, serta mengoptimalkan pengelolaan biaya proyek secara keseluruhan. Penelitian ini akan mendalami bagaimana penerapan BIM 5D dapat memberikan manfaat dalam perhitungan optimasi QTO untuk struktur gedung bertingkat. Penelitian ini akan berfokus pada pemodelan untuk menghasilkan optimasi perhitungan QTO. Oleh karena itu, diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan wawasan berharga bagi para profesional konstruksi, pengembang proyek, serta pemangku kepentingan lainnya dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keberhasilan proyek konstruksi gedung bertingkat.

Penelitian terdahulu menunjukkan perkembangan signifikan dalam penerapan Building Information Modeling (BIM) dalam industri konstruksi. Fitriani (2021) menekankan bahwa BIM berfungsi sebagai sumber pengetahuan yang dapat diandalkan dalam pengambilan keputusan selama siklus hidup bangunan, menyoroti pentingnya integrasi informasi yang dapat memperlancar proses konstruksi. Soebadono dkk. (2022) menambahkan bahwa kemampuan BIM untuk menyajikan informasi proyek dalam format tiga dimensi memberikan simulasi yang jelas, yang esensial untuk pengelolaan proyek yang efektif. Suroso & Amin (2023) mengkategorikan BIM menurut dimensinya, dengan fokus pada BIM 5D yang menghubungkan model 3D ke database estimasi biaya, menunjukkan bagaimana BIM dapat meningkatkan efisiensi dalam estimasi biaya. Selain itu, Itsna A R (2022) menjelaskan penggunaan Autodesk Revit yang mendokumentasikan informasi proyek dalam model 3D, mencakup integrasi sistem arsitektur, struktur, dan MEP. Penelitian oleh Laorent, Nugraha, & Budiman (2019) serta DWI B (2021) menekankan pentingnya Quantity Take Off (QTO) dalam estimasi biaya konstruksi, yang memerlukan akurasi tinggi untuk mengoptimalkan penggunaan material.

Novelty penelitian ini terletak pada penerapan metode BIM 5D menggunakan software Autodesk Revit versi 2023 untuk mengoptimalkan perhitungan QTO pada struktur bangunan bertingkat, khususnya pada proyek pembangunan gedung kondominium hotel 8 lantai (Alzara et al., 2023; Datta et al., 2023; Inzerillo et al., 2024). Penelitian ini mengintegrasikan teknologi terkini dengan menggunakan versi terbaru Revit, yang menawarkan fitur-fitur baru dan peningkatan dalam pemodelan yang lebih akurat. Fokus yang diberikan pada kinerja proyek spesifik memberikan studi kasus konkret untuk penerapan BIM 5D dalam konteks yang relevan dan kompleks. Selain itu, penelitian ini menganalisis secara mendalam bagaimana penerapan BIM 5D dapat meningkatkan ketepatan dan efisiensi dalam perhitungan QTO, yang sebelumnya dilakukan dengan metode konvensional yang rumit dan memakan waktu. Hasil penelitian diharapkan memberikan manfaat praktis bagi profesional konstruksi, dengan panduan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan keberhasilan proyek konstruksi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat temuan dari penelitian terdahulu tetapi juga memberikan kontribusi baru yang relevan dalam pengembangan teknologi dalam industri jasa konstruksi.

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil penerapan perhitungan Quantity Take Off (QTO) menggunakan metode Building Information Modelling (BIM) dengan Autodesk Revit versi 2023 pada pekerjaan struktur pembangunan gedung kondominium hotel 8 lantai, serta untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan dalam perhitungan QTO antara metode konvensional dan metode BIM. Manfaat dari penelitian ini meliputi menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai penerapan metode BIM dalam pekerjaan struktural, memperluas wawasan dan kemampuan dalam rancangan perhitungan menggunakan pemodelan bangunan, memberikan informasi tentang teknik memodelkan bangunan dengan Autodesk Revit, serta memenuhi persyaratan Tugas Akhir untuk memperoleh gelar sarjana.

Pendahuluan ini memberikan manfaat signifikan bagi pengembangan industri jasa konstruksi, terutama melalui penerapan teknologi Building Information Modeling (BIM). Dengan memahami dinamika perkembangan teknologi dalam konstruksi, para profesional dapat mengoptimalkan perencanaan dan pelaksanaan proyek, berkat model digital yang menyajikan informasi proyek secara komprehensif. Penggunaan Autodesk Revit sebagai alat untuk dokumentasi dan pemodelan meningkatkan akurasi, mengurangi risiko kesalahan dalam perhitungan Quantity Take Off (QTO), dan berkontribusi pada efisiensi penggunaan material serta pengelolaan anggaran proyek. Selain itu, penelitian ini menawarkan studi kasus konkret dengan fokus pada proyek gedung kondominium hotel 8 lantai, memberikan panduan praktis bagi pengembang dan profesional untuk menerapkan metode BIM 5D. Hasil penelitian diharapkan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya, memperluas wawasan dalam rancangan perhitungan, dan mendukung inovasi berkelanjutan dalam industri konstruksi.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus, yang berfokus pada penerapan metode Building Information Modeling (BIM) 5D dalam perhitungan Quantity Take Off (QTO) untuk pekerjaan struktural (Fai, 2022; Waruwu, 2023). Lokasi penelitian ini adalah gedung kondominium hotel 8 lantai yang terletak di Jalan Pantai Mutiara, Jakarta Utara. Lokasi ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Gedung Kondominium Hotel 8 Lantai.

Sumber : Google Maps

Populasi dalam penelitian ini terdiri dari seluruh data proyek pembangunan Gedung Kondominium Hotel 8 lantai, sedangkan sampel yang diambil meliputi data Detail Engineering Design (DED) dan dokumen Bill of Quantity (BoQ) yang relevan untuk analisis. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengumpulan data sekunder dari

dokumen DED dan BoQ yang disediakan oleh PT. XYZ. Data tersebut mencakup gambar teknik, spesifikasi material, serta hasil perhitungan QTO yang sebelumnya dilakukan menggunakan metode konvensional. Dengan pendekatan ini, penelitian dapat memanfaatkan informasi yang telah ada untuk menghasilkan analisis yang lebih mendalam dan relevan terhadap topik yang diangkat.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan QTO yang diperoleh melalui metode konvensional dengan hasil yang didapatkan dari pemodelan menggunakan Autodesk Revit versi 2023. Data yang diperoleh akan dievaluasi untuk mengidentifikasi deviasi pada setiap item pekerjaan serta menilai efisiensi metode BIM dibandingkan dengan metode tradisional. Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk diagram dan tabel untuk memudahkan interpretasi. Software Autodesk Revit digunakan dalam penelitian ini untuk memungkinkan analisis QTO secara otomatis, yang mempermudah proses pemodelan dan estimasi material serta integrasi berbagai fase pelaksanaan konstruksi. Data yang telah dikumpulkan akan digunakan untuk memodelkan gambar struktur bangunan dalam Autodesk Revit, mengacu pada data geometri dan spesifikasi dari DED, sehingga output pemodelan dapat menghasilkan QTO untuk setiap item pekerjaan yang dimodelkan, yang kemudian akan dianalisis untuk perbandingan hasil QTO antara metode konvensional dan metode BIM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Data

Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, proses analisis dapat dimulai. Berikut adalah langkah-langkah dalam menganalisis data.

1) Masukan Spesifikasi Teknis Material Struktural Kedalam Model 3D

Prosedur untuk mengintegrasikan spesifikasi komponen struktural ke dalam model tiga dimensi menggunakan Revit adalah sebagai berikut:

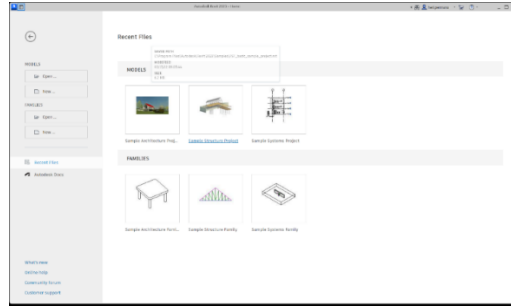
- a. Memasukkan spesifikasi teknis yang relevan dalam studi kasus ke dalam model tiga dimensi Revit, mengacu pada Family dan Type yang sesuai.
- b. Mengklasifikasikan jenis komponen dan menambahkan ukuran dimensi struktural berdasarkan dokumen proyek ke dalam model tiga dimensi menggunakan Family dan Type yang tepat.

2) Memodelkan Data Kedalam Bentuk 3D

Dalam tahap memodelkan data dalam format 3D, dilakukan dengan menggunakan Software Revit. Semua informasi dalam gambar for contruction, shop drawing dan spesifikasi bahan dimasukkan kedalam gambar 3D sehingga dapat terintegrasi satu sama lain. Berikut adalah langkah-langkah pemodelan BIM menggunakan Software Autodesk Revit versi 2023.

a) Membuka Software Autodesk Revit versi 2023

Buka Software Autodesk Revit versi 2023, kemudian akan muncul tampilan awal program Autodeks Revit.



Gambar 1. Halaman pembuka Autodesk Revit versi 2023
(Sumber : Penulis, 2024)

b) Membuat New Project dengan structural template

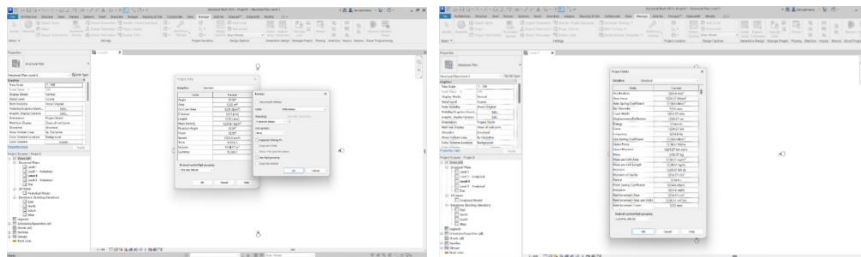
Pada tampilan default Autodesk Revit, pilih New pada models dan pilih template file yang akan digunakan, yaitu structural template, lalu klik ok.



Gambar 2. Membuat New Project dengan structural template
(Sumber : Penulis, 2024)

c) Setting project units structural

Pengaturan project units dengan memilih toolbar manager, kemudian memilih project units dan mengatur unit pada discipline common menjadi metric, karena discipline ini berpengaruh secara umum pada pemodelan selanjutnya. Setelah itu, mengganti discipline menjadi structural untuk mengatur units structural yang akan digunakan sesuai kebutuhan agar memudahkan proses pemodelan.

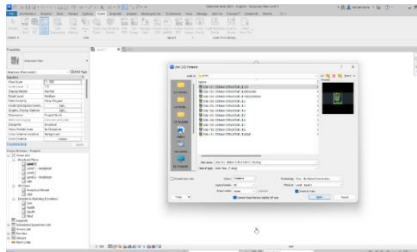


Gambar 3. Setting Project Units view
(Sumber : Penulis, 2024)

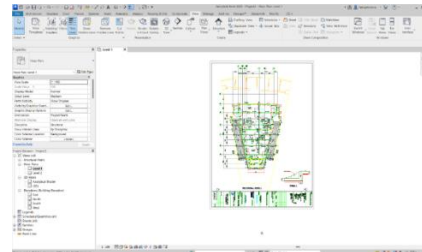
d) Memasukan Gambar DED ke Dalam Software Revit

Memasukan gambar DED kedalam Software Autodesk Revit adalah sebagai acuan untuk selanjutnya memodelkan 3D bangunan yang akan dikerjakan, dengan cara pilih insert pada taskbar, kemudian pilih link CAD untuk memasukkan gambar DED 2D ke dalam Revit,

selanjutnya pilih file AutoCad yang akan digunakan sebagai acuan. Setelah itu ubah Import units menjadi satuan yang sesuai dengan file AutoCad yang sudah di link kedalam Revit Project. Tampilan memasukan gambar DED 2D kedalam Software Revit dan Tampilan gambar DED 2D yang berhasil dimasukan kedalam Revit dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



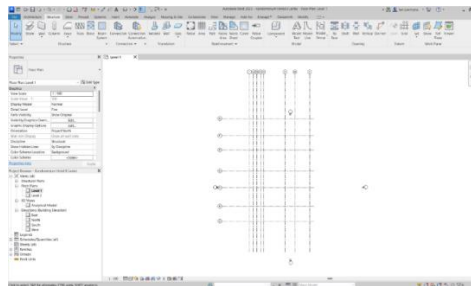
Gambar 4. Memasukan Gambar DED 2D
(Sumber : Penulis, 2024)



Gambar 5 Gambar DED 2D dalam Autodesk Revit
(Sumber : Penulis, 2024)

e) Pembuatan Grid

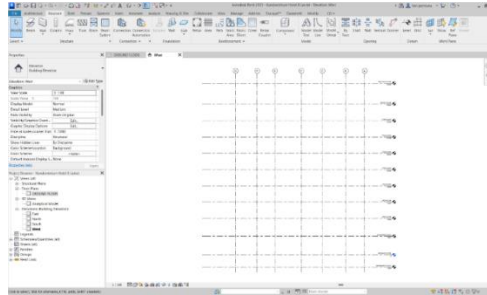
Untuk membuat Grid pilih structure pada taksbar kemudian pilih Grid atau bisa dengan mengetik GR pada keyboard, selanjutnya buat grid sesuai dengan gambar DED yang sudah dimasukan sebelumnya, terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grid Bangunan
(Sumber : Penulis, 2024)

f) Pembuatan Elevasi

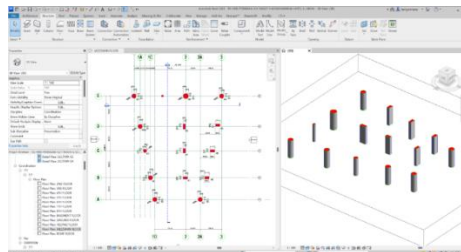
Untuk membuat Elevasi pilih Elevations (Building Elevation) pada project browser dan pilih salah satu elevasi dan copy garis elevasi yang sudah tersedia untuk menambahkan elevasi sesuai dengan elevasi bangunan. terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Elevasi lantai
(Sumber : Penulis, 2024)

g) Memasukan struktur kolom kedalam model 3D

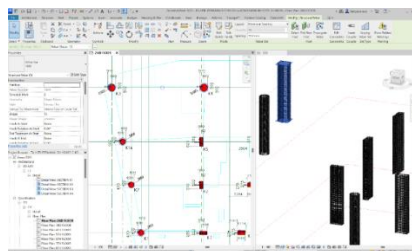
Pilih Taskbar Structure lalu Column kemudian Edit Type, atur data kolom yang dibutuhkan. Setelah itu masukan kolom sesuai dengan gambar DED. Tampilan dalam memasukan kolom struktur kedalam model 3D terlihat dalam Gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Memasukan Struktur kolom
(Sumber : Penulis, 2024)

h) Memasukan pembesian struktur kolom

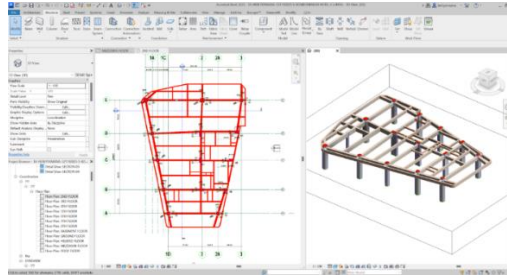
Klik pada bagian struktur Column yang sudah dibuat kemudian pilih Rebar lalu modelkan sesuai dengan schedule penulangan. Tampilan pemodelan pembesian struktur kolom terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Memasukan Pembesian Struktur kolom
(Sumber : Penulis, 2024)

i) Memasukan struktur balok kedalam model 3D

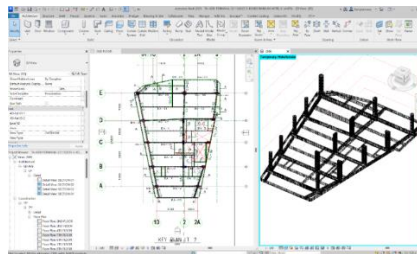
Pilih Taskbar Structure lalu Beam kemudian Edit Type pada properties, buat type struktur balok yang dibutuhkan. Setelah itu masukan balok sesuai dengan gambar DED. Tampilan memasukan struktur balok kedalam modeling seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Memasukan Struktur Balok
(Sumber : Penulis, 2024)

j) Memasukan pembesian struktur balok

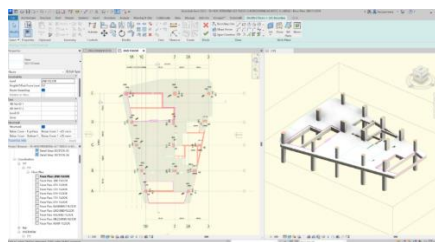
Klik pada bagian struktur balok yang sudah dibuat kemudian pilih Rebar lalu modelkan sesuai dengan schedule penulangan. Tampilan pemodelan pembesian struktur balok terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Memasukan Pembesian Struktur Balok
(Sumber : Penulis, 2024)

k) Memasukan struktur pelat lantai kedalam model 3D

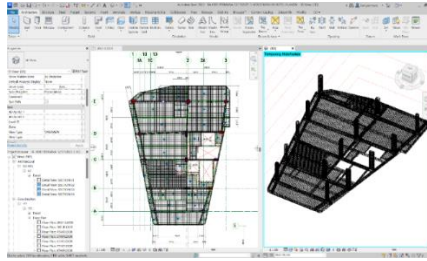
Pilih Taskbar Structure lalu floor structural kemudian type lantai dan atur elevasi lantainya, Setelah itu gambarkan pelat lantai sesuai dengan gambar DED. Tampilan meng-input pelat lantai struktur kedalam modelling seperti dalam Gambar 12.



Gambar 12. Pemodelan Struktur Pelat Lantai
(Sumber : Penulis, 2024)

l) Memasukan pembesian struktur pelat lantai

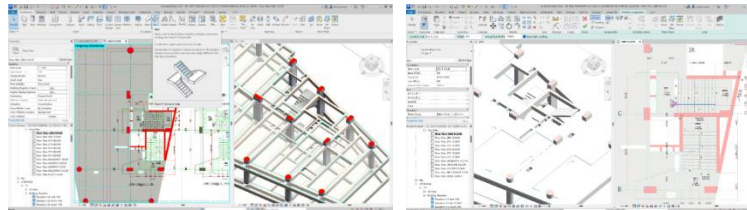
Klik bagian dari struktur pelat lantai yang sudah dibuat sebelumnya setelah itu pilih Rebar kemudian modelkan sesuai dengan design bangunan. Seperti yang terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pembesian Struktur Plat Lantai
(Sumber : Penulis, 2024)

m) Memasukan struktur Tangga kedalam model 3D

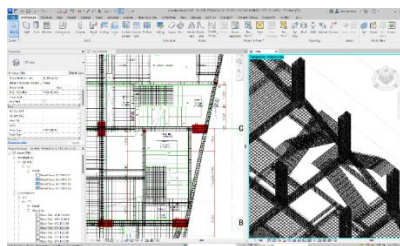
Pilih Taskbar Architecture lalu Stair kemudian Edit Type pada properties, buat type tangga yang diinginkan setelah itu modelkan struktur tangga sesuai dengan gambar DED. Tampilan memasukan struktur tangga kedalam model 3D terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Pemodelan Struktur Tangga
(Sumber : Penulis, 2024)

n) Memasukan pembesian struktur tangga

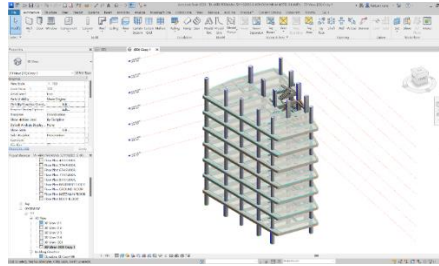
Klik pada bagian struktur tangga yang sudah dibuat dan pilih Rebar lalu modelkan sesuai dengan desain yang telah direncanakan seperti Gambar 15 berikut ini.



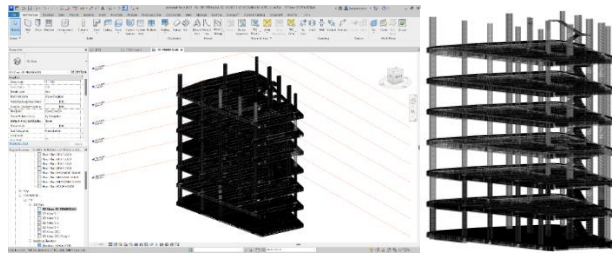
Gambar 15. Pembesian Struktur Tangga
(Sumber : Penulis, 2024)

o) Hasil pemodelan komponen struktur dan pembesian

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dibuat pada pekerjaan struktur bangunan maka dihasilkan model 3D struktur beton dan pembesian yang terlihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.



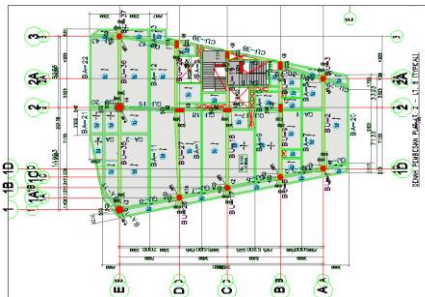
Gambar 16. Tampilan 3D Struktur beton
(Sumber : Penulis, 2024)



Gambar 17. Tampilan 3D Struktur Pembesian
(Sumber : Penulis, 2024)

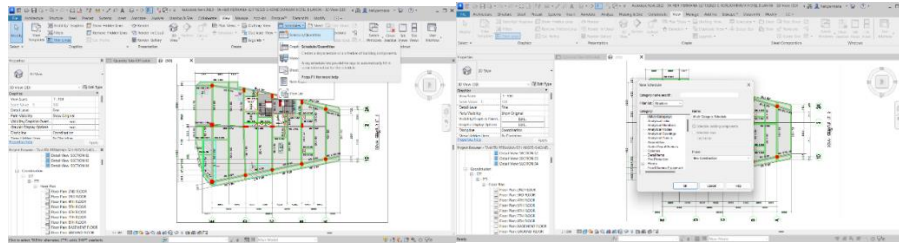
3) Quantity Take Off Dengan Software Autodesk Revit 2023

Setelah pemodelan struktur selesai, langkah berikutnya adalah menyusun hasil perhitungan QTO berdasarkan model dan pembagian keterangan pada setiap jenis family komponen struktur yang merujuk pada spesifikasi teknis yang terdapat dalam dokumen. Seperti terlihat pada gambar 18 dibawah ini.



Gambar 18. Tampilan Type-Type Family Komponen Struktural
(Sumber : Penulis, 2024)

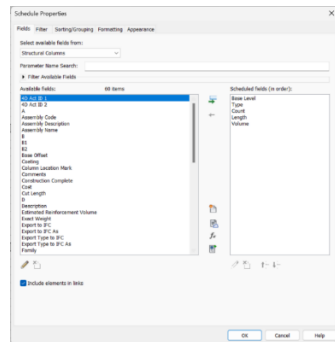
Sesudah pemodelan dan pembagian type pada setiap family komponen struktur sudah dilakukan, maka hitungan Quantity Take Off (QTO) sudah dapat dihasilkan dengan memilih view pada taskbar dan pilih schedule. Pada daftar filter, pilih structure kemudian sesuaikan category berdasarkan jenis structure untuk pembuatan structure schedule sebagaimana terlihat pada gambar 19. dibawah ini.



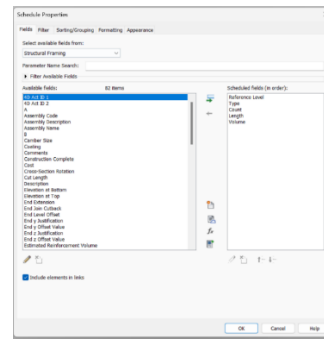
Gambar 19. Pengaturan New Schedule
(Sumber : Penulis, 2024)

4) Perhitungan Quantity Take Off Pekerjaan Struktur Beton

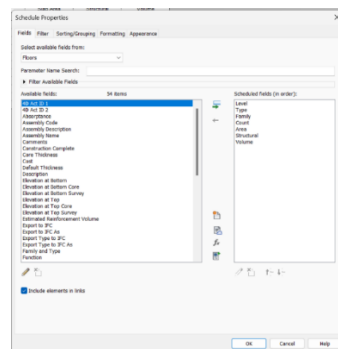
Perhitungan QTO untuk struktur beton pada Autodesk Revit akan dilakukan secara otomatis dengan cara membuat membuat schedules quantities seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Langkah untuk membuat QTO pekerjaan struktur beton adalah dengan fields apa saja yang ditampilkan sebagai laporan informasi dalam Autodesk Revit. Tampilan fields seperti yang terlihat pada gambar 20, 21, 22, 23 dan gambar 24.



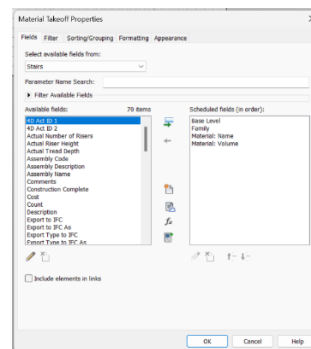
Gambar 20. Tampilan Fields
QTO Struktur Kolom
(Sumber : Penulis, 2024)



Gambar 21. Tampilan Fields
QTO Struktur Balok
(Sumber : Penulis, 2024)

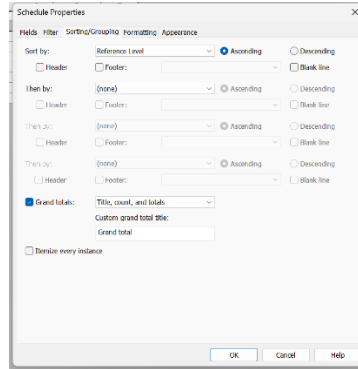


Gambar 22. Tampilan Fields
QTO Struktur Pelat Lantai
(Sumber : Penulis, 2024)



Gambar 23. Tampilan Fields
QTO Struktur Tangga
(Sumber : Penulis, 2024)

Setelah menentukan fields yang akan ditampilkan untuk perhitungan QTO pekerjaan struktur beton, selanjutnya menentukan sorting/grouping berdasarkan tampilan schedule properties seperti pada gambar 24.



Gambar 24. Tampilan Sorting/Grouping
(Sumber : Penulis, 2024)

Setelah proses sorting/grouping selesai, maka hasil QTO sudah dapat dilihat berdasarkan Fields yang telah dipilih. Tampilan hasil QTO untuk pekerjaan beton pada struktur Kolom, Balok Pelat lantai dan Tangga dapat dilihat pada gambar 4.25, 4.26, 4.27 dan gambar 4.28 berikut ini.

<QTO S Column>				
A	B	C	D	E
Level	Type	Count	Length	Volume
2ND FLOOR	<varies>	14	60.20	33.70
3RD FLOOR	<varies>	14	60.20	33.70
4TH FLOOR	<varies>	14	60.20	33.70
5TH FLOOR	<varies>	14	60.20	33.70
6TH FLOOR	<varies>	14	60.20	33.70
7TH FLOOR	<varies>	14	60.20	33.70
8TH FLOOR	<varies>	14	60.20	33.70
MEZZANIN FLOOR	<varies>	15	71.25	46.51
Grand total: 113			492.65	282.39

Gambar 25. Hasil QTO Struktur kolom
(Sumber : Penulis, 2024)

<QTO S Beam>				
A	B	C	D	E
Level	Type	Count	Length	Volume
2ND FLOOR	<varies>	92	385.64	61.70
3RD FLOOR	<varies>	92	386.17	62.48
4TH FLOOR	<varies>	92	386.17	62.46
5TH FLOOR	<varies>	91	383.70	62.44
6TH FLOOR	<varies>	91	386.18	62.53
7TH FLOOR	<varies>	91	386.18	62.53
8TH FLOOR	<varies>	91	386.18	62.53
Grand total: 640			2700.20	436.67

Gambar 26. Hasil QTO Struktur Balok
(Sumber : Penulis, 2024)

<QTO S Slab>						
A	B	C	D	E	F	G
Level	Type	Family	Count	Slab Area	Structural	Volume
2ND FLOOR	<varies>	Floor	4	455.34	56.92	
3RD FLOOR	<varies>	Floor	4	457.30	57.16	
4TH FLOOR	<varies>	Floor	4	457.30	57.16	
5TH FLOOR	<varies>	Floor	4	457.33	57.17	
6TH FLOOR	<varies>	Floor	4	457.33	57.17	
7TH FLOOR	<varies>	Floor	4	457.33	57.17	
8TH FLOOR	<varies>	Floor	4	457.33	57.17	
Grand total: 28			28	3199.26	399.91	

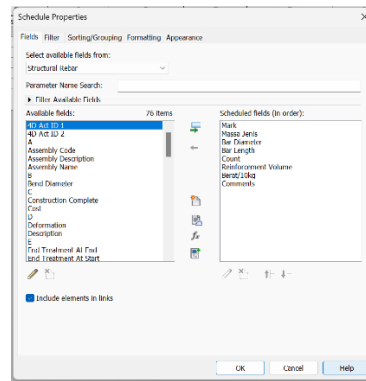
Gambar 27. Hasil QTO Struktur Pelat Lantai
(Sumber : Penulis, 2024)

A	B	C	D
Level	Family	Material	Volume
2ND FLOOR	Cast-In-Place Stair	Concrete - Cast In Place	5.77
3RD FLOOR	Cast-In-Place Stair	Concrete - Cast In Place	5.77
4TH FLOOR	Cast-In-Place Stair	Concrete - Cast In Place	5.77
5TH FLOOR	Cast-In-Place Stair	Concrete - Cast In Place	5.77
6TH FLOOR	Cast-In-Place Stair	Concrete - Cast In Place	5.77
7TH FLOOR	Cast-In-Place Stair	Concrete - Cast In Place	5.77
8TH FLOOR	Cast-In-Place Stair	Concrete - Cast In Place	2.93
Grand total: 13			37.58

Gambar 28. Hasil QTO Struktur Tangga
(Sumber : Penulis, 2024)

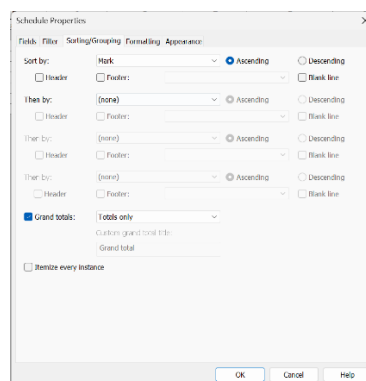
5) Volume Quantity Take Off Pekerjaan Pembesian

Perhitungan Quantity Take Off (QTO) untuk pembesian dapat secara otomatis dilakukan dengan penggunaan software Autodesk Revit yang sudah dimodelkan sesuai dengan gambar DED. Fields yang perlu ditampilkan untuk QTO pembesian dapat dilihat pada gambar 29 dibawah ini.



Gambar 29. Tampilan Fields QTO Pembesian
(Sumber : Penulis, 2024)

Setelah menentukan fields yang akan ditampilkan untuk perhitungan QTO pembesian. Kemudian, atur sorting/grouping berdasarkan tampilan schedule properties yang akan ditampilkan dapat dilihat pada gambar 30 dibawah ini.



Gambar 30. Tampilan Sorting/Grouping QTO Pembesian
(Sumber : Penulis, 2024)

Sesudah proses sorting/grouping selesai, maka hasil QTO sudah dapat dilihat berdasarkan Fields yang sudah dipilih sebelumnya. Tampilan hasil QTO untuk pekerjaan

pembesian pada struktur Kolom, Balok dan Pelat lantai dapat dilihat pada gambar 31, gambar 32, gambar 33 dan gambar 34 Berikut ini.

<QTO S Rebar Column>						
A	B	C	D	E	F	G
Type Pekerjaan	Massa Jenis	Bar Diameter	Bar Length	Count	Reinforcement Volume	Berat/10kg
Pembesian Kolom L2	7850	<varies>	231.38/74	1391835	16 cm³	10925.90602
Pembesian Kolom L3	7850	<varies>	230.93/74	1371378	22 cm³	10765.319013
Pembesian Kolom L4	7850	<varies>	237.90/78	1422048	42 cm³	11163.080062
Pembesian Kolom L5	7850	<varies>	236.07/76	1396084	83 cm³	10959.205904
Pembesian Kolom L6	7850	<varies>	236.87/80	1422808	81 cm³	11169.048193
Pembesian Kolom L7	7850	<varies>	236.16/76	1396336	74 cm³	10963.393372
Pembesian Kolom L8	7850	<varies>	239.17/78	1431291	45 cm³	11235.637921
			1650.41	9830783	63 cm³	77171.651486

Gambar 31. Hasil QTO Pembesian Struktur kolom
(Sumber : Penulis, 2024)

<QTO S Rebar Beam>						
A	B	C	D	E	F	G
Type Pekerjaan	Massa Jenis	Bar Diameter	Bar Length	Count	Reinforcement Volume	Berat/10kg
Pembesian Balok L2	7850	<varies>	2139.78/463	2422042	46 cm³	19013.033317
Pembesian Balok L3	7850	<varies>	2067.74/420	2410349	91 cm³	18921.246809
Pembesian Balok L4	7850	<varies>	2067.74/420	2410349	95 cm³	18921.247127
Pembesian Balok L5	7850	<varies>	2017.63/417	2185051	44 cm³	17152.653798
Pembesian Balok L6	7850	<varies>	2017.64/417	2185062	55 cm³	17152.741004
Pembesian Balok L7	7850	<varies>	2017.64/417	2185062	55 cm³	17152.741004
Pembesian Balok L8	7850	<varies>	2017.64/417	2185062	55 cm³	17152.741004
			14345.80	15982981	41 cm³	125466.404063

Gambar 32. Hasil QTO Pembesian Struktur Balok
(Sumber : Penulis, 2024)

<QTO S Rebar Slab>						
A	B	C	D	E	F	G
Type Pekerjaan	Massa Jenis	Bar Diameter	Bar Length	Count	Reinforcement Volume	Berat/10kg
Pembesian Pelat L2	7850	10 mm	7377.27/1622	766747	99 cm³	6018.971747
Pembesian Pelat L3	7850	10 mm	7808.44/1738	830581	94 cm³	6520.068201
Pembesian Pelat L4	7850	10 mm	7808.23/1740	830708	77 cm³	6521.063848
Pembesian Pelat L5	7850	10 mm	7777.30/1704	834052	35 cm³	6547.310982
Pembesian Pelat L6	7850	10 mm	7826.43/1704	837867	59 cm³	6577.260601
Pembesian Pelat L7	7850	10 mm	7826.43/1704	837867	59 cm³	6577.260601
Pembesian Pelat L8	7850	10 mm	7826.43/1704	837867	59 cm³	6577.260601
			54250.54	5775693	83 cm³	45339.196579

Gambar 33. Hasil QTO Pembesian Struktur Pelat Lantai
(Sumber : Penulis, 2024)

<QTO S Rebar Stairs>						
A	B	C	D	E	F	G
Type Pekerjaan	Massa Jenis	Bar Diameter	Bar Length	Count	Reinforcement Volume	Berat/10kg
Pembesian Tangga L2	7850	<varies>	169.18/119	132963	88 cm³	1043.766489
Pembesian Tangga L3	7850	<varies>	166.61/117	128949	03 cm³	1012.249901
Pembesian Tangga L4	7850	<varies>	166.61/117	128949	03 cm³	1012.249901
Pembesian Tangga L5	7850	<varies>	166.61/117	128949	03 cm³	1012.249901
Pembesian Tangga L6	7850	<varies>	166.61/117	128949	03 cm³	1012.249901
Pembesian Tangga L7	7850	<varies>	166.61/117	128949	03 cm³	1012.249901
Pembesian Tangga L8	7850	<varies>	86.13/61	68031	39 cm³	534.046403
			1088.33	845740	43 cm³	6639.062390

Gambar 34. Hasil QTO Pembesian Struktur Tangga
(Sumber : Penulis, 2024)

2. Analisa Perbandingan Hasil Qto Metode Bim Dengan Metode Konvensional

Analisa ini menghasilkan data berupa tabel yang merupakan hasil perhitungan QTO material pekerjaan struktural yang didapat dengan software Autodesk Revit. Karena Autodesk Revit tidak dapat menampilkan rekapitulasi estimasi QTO material pekerjaan struktural secara detail, diperlukan penggunaan software tambahan seperti Ms. Excel untuk mengolah data yang berisi perbandingan QTO antara metode BIM dengan metode konvensional yang telah diperoleh sebelumnya. Tabel 4.1 berikut menunjukkan rekapitulasi perhitungan QTO material untuk pekerjaan struktural.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan QTO Metode Konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Sat	Qty	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
	BILL NO. 3.2 - PEKERJAAN STRUKTUR				
	BILL NO. 3.2.4 - STRUKTUR LANTAI 2				
	Beton Ready Mix Fc 37.35 Mpa, pada :				
	Balok	m3	63,93		-
	Pelat	m3	61,04		-
	Kolom	m3	34,27		-
	Tangga	m3	6,08		-
	Pembesian U42 &/ U28, pada :				
	Balok	kg	18.634,46		-
	Pelat	kg	7.173,62		-
	Kolom	kg	12.883,67		-
	Tangga	kg	2.077,69		-
	BILL NO. 3.2.4 - STRUKTUR LANTAI 2				-
	BILL NO. 3.2.5 - STRUKTUR LANTAI 3				
	Beton Ready Mix Fc 37.35 Mpa, pada :				
	Balok	m3	63,93		-
	Pelat	m3	61,04		-
	Kolom	m3	34,27		-
	Tangga	m3	6,08		-
	Pembesian U42 &/ U28, pada :				
	Balok	kg	18.634,46		-
	Pelat	kg	7.163,62		-
	Kolom	kg	11.470,57		-
	Tangga	kg	1.077,69		-
	BILL NO. 3.2.5 - STRUKTUR LANTAI 3				-
	BILL NO. 3.2.6 - STRUKTUR LANTAI 4				
	Beton Ready Mix Fc 37.35 Mpa, pada :				
	Balok	m3	63,93		-
	Pelat	m3	61,04		-
	Kolom	m3	34,27		-
	Tangga	m3	6,08		-
	Pembesian U42 &/ U28, pada :				
	Balok	kg	18.634,46		-
	Pelat	kg	7.163,62		-
	Kolom	kg	11.418,58		-
	Tangga	kg	1.077,69		-
	BILL NO. 3.2.6 - STRUKTUR LANTAI 4				-
	BILL NO. 3.2.7 - STRUKTUR LANTAI 5				
	Beton Ready Mix Fc 37.35 Mpa, pada :				
	Balok	m3	63,94		-
	Pelat	m3	61,04		-
	Kolom	m3	34,27		-
	Tangga	m3	6,08		-
	Pembesian U42 &/ U28, pada :				
	Balok	kg	16.534,56		-
	Pelat	kg	7.163,62		-
	Kolom	kg	11.401,08		-
	Tangga	kg	1.077,69		-
	BILL NO. 3.2.7 - STRUKTUR LANTAI 5				-
	BILL NO. 3.2.8 - STRUKTUR LANTAI 6				
	Beton Ready Mix Fc 37.35 Mpa, pada :				
	Balok	m3	63,94		-
	Pelat	m3	61,04		-
	Kolom	m3	34,27		-
	Tangga	m3	6,08		-
	Pembesian U42 &/ U28, pada :				
	Balok	kg	16.534,56		-
	Pelat	kg	7.163,62		-
	Kolom	kg	11.546,98		-
	Tangga	kg	1.077,69		-
	BILL NO. 3.2.8 - STRUKTUR LANTAI 6				-
	BILL NO. 3.2.9 - STRUKTUR LANTAI 7				
	Beton Ready Mix Fc 37.35 Mpa, pada :				
	Balok	m3	63,94		-
	Pelat	m3	61,04		-
	Kolom	m3	34,27		-
	Tangga	m3	6,08		-
	Pembesian U42 &/ U28, pada :				
	Balok	kg	16.534,56		-
	Pelat	kg	7.163,62		-
	Kolom	kg	11.272,68		-
	Tangga	kg	1.077,69		-
	BILL NO. 3.2.9 - STRUKTUR LANTAI 7				-
	BILL NO. 3.2.10 - STRUKTUR LANTAI 8				
	Beton Ready Mix Fc 37.35 Mpa, pada :				
	Balok	m3	63,94		-
	Pelat	m3	61,04		-
	Kolom	m3	35,50		-
	Tangga	m3	3,07		-
	Pembesian U42 &/ U28, pada :				
	Balok	kg	16.534,56		-
	Pelat	kg	7.163,62		-
	Kolom	kg	11.774,90		-
	Tangga	kg	571,20		-
	BILL NO. 3.2.10 - STRUKTUR LANTAI 8				-

Tabel 2. Perbandingan Perhitungan Quantity Take Off (QTO) Struktural Beton Metode BIM dengan Metode Konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Sat	QTO Metode Konvensional	QTO Metode BIM	Deviasi (%)
1	Beton Lantai 2				
	Balok	m3	63,93	61,70	3,61%
	Pelat	m3	61,04	56,92	7,24%
	Kolom	m3	34,27	33,70	1,69%
2	Beton Lantai 3				
	Balok	m3	63,93	62,48	2,32%
	Pelat	m3	61,04	57,16	6,79%
	Kolom	m3	34,27	33,70	1,69%
3	Beton Lantai 4				
	Balok	m3	63,93	62,46	2,35%
	Pelat	m3	61,04	57,16	6,79%
	Kolom	m3	34,27	33,70	1,69%
4	Beton Lantai 5				
	Balok	m3	63,94	62,44	2,40%
	Pelat	m3	61,04	57,17	6,77%
	Kolom	m3	34,27	33,70	1,69%
5	Beton Lantai 6				
	Balok	m3	63,94	62,53	2,25%
	Pelat	m3	61,04	57,17	6,77%
	Kolom	m3	34,27	33,70	1,69%
6	Beton Lantai 7				
	Balok	m3	63,94	62,53	2,25%
	Pelat	m3	61,04	57,17	6,77%
	Kolom	m3	34,27	33,70	1,69%
7	Beton Lantai 8				
	Balok	m3	63,94	62,53	2,25%
	Pelat	m3	61,04	57,17	6,77%
	Kolom	m3	35,50	34,87	1,81%
	Tangga	m3	3,07	2,93	4,84%

Berdasarkan perbandingan perhitungan QTO pekerjaan struktur beton didapatkan selisih yang cukup signifikan, hal ini dapat disebabkan karena hasil perhitungan QTO struktural beton menggunakan metode BIM pada Autodesk Revit menghasilkan perhitungan volume bersih beton secara otomatis. Perbandingan terbesar pada perhitungan Quantity Take Off (QTO) struktural beton terdapat pada pelat lantai 2 dengan deviasi 7,24%.

Tabel 3. Perbandingan Perhitungan QTO Pembesian Metode BIM dengan Metode Konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Sat	QTO Metode Konvensional	QTO Metode BIM	Deviasi (%)
1	Pembesian Lantai 2				
	Balok	kg	18.634,46	19.013,03	-1,99%
	Pelat	kg	6.573,62	6.018,97	9,22%
	Kolom	kg	11.883,67	10.925,91	8,77%
2	Pembesian Lantai 3				
	Balok	kg	18.634,46	18.921,25	-1,52%
	Pelat	kg	7.163,62	6.520,07	9,87%
	Kolom	kg	11.470,57	10.765,32	6,55%
3	Pembesian Lantai 4				
	Balok	kg	18.634,46	18.921,25	-1,52%
	Pelat	kg	7.163,62	6.521,06	9,85%
	Kolom	kg	11.418,58	11.163,08	2,29%
4	Pembesian Lantai 5				
	Balok	kg	16.534,56	17.152,65	-3,60%
	Pelat	kg	7.163,62	6.547,31	9,41%
	Kolom	kg	11.401,08	10.959,27	4,03%
5	Pembesian Lantai 6				
	Balok	kg	16.534,56	17.152,74	-3,60%
	Pelat	kg	7.163,62	6.577,26	8,91%
	Kolom	kg	11.546,98	11.169,05	3,38%
6	Pembesian Lantai 7				
	Balok	kg	16.534,56	17.152,74	-3,60%
	Pelat	kg	7.163,62	6.577,26	8,91%
	Kolom	kg	11.272,68	10.953,39	2,91%
7	Pembesian Lantai 8				
	Balok	kg	16.534,56	17.152,74	-3,60%
	Pelat	kg	7.163,62	6.577,26	8,91%
	Kolom	kg	11.774,90	11.235,64	4,80%
	Tangga	kg	571,20	534,05	6,96%

Pada perbandingan perhitungan Quantity Take Off Pembesian didapat selisih yang cukup signifikan, hal ini dapat disebabkan karena pemodelan BIM pada pekerjaan pembesian sesuai dengan gambar Detailed Engineering Design (DED) dan secara otomatis menghasilkan hitungan volume sesuai perencanaan pemasangan. Perbandingan terbesar pada perhitungan Quantity Take Off pembesian terdapat pada pelat lantai 3 dengan deviasi 9,87%.

Perlu dicatat bahwa ada perbedaan dalam selisih perhitungan QTO antara metode BIM dan metode konvensional pada pekerjaan struktural. Nilai perhitungan QTO pada metode konvensional rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan perhitungan metode BIM. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa kebutuhan volume material dihitung secara kasar dan kurang mendetail karena hanya mengacu pada gambar 2D dan diestimasi lebih banyak untuk menghindari kekhawatiran tentang kekurangan material. Berdasarkan penelitian, penyebab perbedaan QTO disebabkan oleh ketidakakuratan dalam perhitungan, dan terdapat faktor koefisien yang perlu dipertimbangkan untuk safety factor di lapangan (Setiawan, 2021).

Defisit anggaran dalam perhitungan pembesian balok terjadi akibat perbedaan antara metode konvensional dan metode BIM. Berdasarkan tabel yang ditampilkan, nilai QTO dari metode BIM untuk pembesian balok menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan metode konvensional. Perbedaan ini menyebabkan deviasi negatif. Ini bisa disebabkan karena perbedaan asumsi, kesalahan input atau perubahan desain. sehingga dapat memengaruhi hasil perhitungan. Implikasinya, jika BIM benar-benar mengoptimalkan anggaran, proyek dapat lebih efisien, tetapi jika terjadi kesalahan, bisa timbul kekurangan material. Oleh karena itu, diperlukan pengecekan ulang model BIM agar hasilnya akurat dan sesuai kebutuhan di lapangan.

Perbedaan akurasi perhitungan antara metode konvensional dan metode BIM dapat menyebabkan variasi dalam estimasi anggaran. Dengan penerapan metode BIM serta pemanfaatan perangkat lunak Autodesk Revit, gambar 2D dimodelkan menjadi bentuk 3D, sehingga kebutuhan volume material menjadi lebih terperinci. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan konsep BIM mampu menghasilkan material takeoff yang akurat, sehingga tidak hanya meningkatkan ketepatan dalam perhitungan volume, tetapi juga berpotensi menekan biaya perencanaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan Quantity Take Off (QTO) pada pekerjaan struktural menggunakan metode BIM 5D dalam proyek pembangunan Gedung Kondominium Hotel 8 lantai, dapat disimpulkan bahwa penerapan konsep BIM meningkatkan ketepatan perhitungan volume pekerjaan struktural, dengan deviasi rata-rata untuk berbagai pekerjaan seperti struktur balok (2,49%), pelat lantai (6,84%), kolom (1,71%), tangga (5,30%), serta pembesian balok (-2,78%), pelat lantai (9,30%), kolom (4,68%), dan tangga (6,08%). Hal ini menunjukkan bahwa metode BIM memiliki potensi efisiensi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional dalam estimasi QTO material konstruksi. Selain itu, perbandingan antara perhitungan metode konvensional dan metode BIM menunjukkan deviasi signifikan, seperti pada volume beton pelat lantai 2 (7,24%) dan volume pembesian pelat lantai 3 (9,87%), yang disebabkan oleh penggunaan data gambar dan spesifikasi teknik dalam pemodelan 3D, sehingga menghasilkan perhitungan QTO secara otomatis.

BIBLIOGRAFI

- Alzara, M., Attia, Y. A., Mahfouz, S. Y., Yosri, A. M., & Ehab, A. (2023). Building a genetic algorithm-based and BIM-based 5D time and cost optimization model. *IEEE Access*, 11, 122502–122515. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3317137>
- Apriansyah, R. (2021). *Implementasi konsep Building Information Modelling (BIM) dalam estimasi quantity take off material pekerjaan struktural*.
- Datta, S. D., Sobuz, M. H. R., Mim, N. J., & Nath, A. D. (2023). Investigation on the effectiveness of using building information modeling (BIM) tools in project management: a case study. *Revista de La Construcción*, 22(2), 306–320. <https://doi.org/10.7764/rdlc.22.2.306>
- Dwi B., A. C., Wasono, D. S., Hermawan, & Dwi Hatmoko, J. U. (2021). Studi Awal Efisiensi Penggunaan 5D-Bim Terhadap Volume Material Dan Estimasi Biaya Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Rumah Tinggal 2 Lantai). *Konteks (Konferensi Nasional Teknik Sipil)*, M(2013).
- Fai. (2022). Metode Kuantitatif adalah. *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 2018.
- Fitriani, H., Budiarto, A., Rachmadi, A., & Muhtarom, A. (2021). Analisis Persepsi Perusahaan Architecture, Engineering, Construction (AEC) terhadap Adopsi Building Information Modeling (BIM). *Jurnal Media Teknik Sipil*, 19(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v19i1.14281>
- Inzerillo, L., Acuto, F., Pisciotta, A., Mantalovas, K., & Di Mino, G. (2024). Exploring 4d and 5d Analysis in BIM Environment for Infrastructures: A Case Study. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 233–240. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W4-2024-233-2024>
- Laorent, D., Nugraha, P., & Budiman, J. (2019). ANALISA QUANTITY TAKE-OFF DENGAN MENGGUNAKAN AUTODESK REVIT. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 6(1). <https://doi.org/10.9744/duts.6.1.1-8>
- Lim, C., Yusoff, S., Ng, C. G., Lim, P. E., & Ching, Y. C. (2021). Bioplastic made from seaweed polysaccharides with green production methods. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 105895. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105895>
- Marizan, Y. (2019). Studi Literatur Tentang Penggunaan Software Autodesk Revit Studi Kasus Perencanaan Puskesmas Sukajadi Kota Prabumulih. *JURNAL ILMIAH BERING'S*, 6(01). <https://doi.org/10.36050/berings.v6i01.154>

- Reista, I. A., Annisa, A., & Ilham, I. (2022). Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural. *Journal of Sustainable Construction*, 2(1). <https://doi.org/10.26593/josc.v2i1.6135>
- Santoso, I. S., Suroso, A., & Amin, M. (2024). Analisa Pengaruh Tingkat Penerapan BIM 5D Terhadap Kinerja Waktu Proyek Konstruksi. *Journal of Industrial and Engineering System*, 4(1). <https://doi.org/10.31599/s1vpbf30>
- Waruwu, M. (2023). Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1).
- Zhang, S., Hou, D., Wang, C., Pan, F., & Yan, L. (2020). Integrating and managing BIM in 3D web-based GIS for hydraulic and hydropower engineering projects. *Automation in Construction*, 112, 103114. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103114>
- Zhao, Z., Sun, J., Li, X., Zhang, Z., & Meng, X. (2024). Joule heating synthesis of NiFe alloy/MoO₂ and in-situ transformed (Ni, Fe) OOH/MoO₂ heterostructure as effective complementary electrocatalysts for overall splitting in alkaline seawater. *Applied Catalysis B: Environmental*, 340, 123277. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2023.123277>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).