

Penerapan Sistem BIM dengan Autodesk Revit dalam Perhitungan Volume Pekerjaan pada Proyek Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Ardi Giovani^{1*}, Safaruddin M. Nuh², Lusiana³

¹⁻³ Universitas Tanjungpura, Indonesia

*Korespondensi penulis: ardigiovani876@gmail.com

Abstract. *Work volume calculations are essential for project cost estimation. Many projects, such as the Laboratory Building of the Faculty Engineering at Tanjungpura University, calculate work volumes conventionally. Conventional calculation considered less efficient and prone to errors. Building Information Modeling (BIM) provides a solution that produces more accurate and efficient calculations than conventional methods. This research aims to compare structural work volume results produced by BIM using Autodesk Revit against conventional methods and project's BOQ. This research also describes the benefits and challenges of BIM implementation based on the researcher's experience applying BIM with Autodesk Revit in work volume calculation. The comparison between BIM and conventional method shows a maximum difference of 2% across all work items. Meanwhile, the comparison between BIM and the BOQ shows significant differences: 81% in column formwork area, 24% in grade beam/beam concrete volume, 25% in column reinforcement weight, 25% in steel beam weight, and 10% in the steel plate weight. This research proves that BIM implementation produces more accurate and efficient calculations and serves as an effective BOQ cross-check tool. Based on the researcher's experience in implementing BIM with Autodesk Revit, challenges found in procurement aspects, modeling aspects, and model dependency on reference drawings.*

Keywords: *Autodesk Revit; Building Information Modeling (BIM); Construction Planning; Revit Modeling Tools; Work Volume Analysis*

Abstrak. Perhitungan volume pekerjaan sangat penting dalam estimasi biaya proyek. Banyak proyek, salah satunya Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang menghitung volume pekerjaan secara konvensional. Perhitungan konvensional dinilai kurang efisien dan rentan terhadap kesalahan. Sistem *Building Information Modelling* (BIM) hadir sebagai solusi yang dapat menghasilkan perhitungan yang lebih akurat dan efisien dibandingkan perhitungan konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan volume pekerjaan struktural menggunakan BIM dengan Autodesk Revit terhadap metode konvensional dan BOQ proyek. Penelitian ini juga bertujuan untuk mendeskripsikan manfaat dan tantangan penerapan BIM dalam perhitungan volume pekerjaan berdasarkan pengalaman peneliti menerapkan BIM menggunakan Autodesk Revit. Hasil perbandingan antara metode BIM dan metode konvensional menunjukkan selisih maksimum 2% pada seluruh item pekerjaan. Hasil perbandingan antara metode BIM dan BOQ proyek menunjukkan selisih 81% pada luas bekisting kolom, selisih 24% pada volume beton sloof/balok, selisih 25% pada berat tulangan kolom, selisih 25% pada berat balok baja, dan selisih 10% pada berat pelat baja. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa penerapan BIM menghasilkan perhitungan volume yang lebih akurat dan efisien dibandingkan metode konvensional, serta berfungsi sebagai alat *cross-check* dokumen BOQ. Berdasarkan pengalaman peneliti menerapkan BIM dengan Autodesk Revit, tantangan ditemukan pada aspek pengadaan, aspek pemodelan, serta ketergantungan model terhadap gambar acuan.

Kata Kunci: Alat Pemodelan Revit; Analisis Volume Pekerjaan; Autodesk Revit; Perencanaan Konstruksi; Pemodelan Informasi Bangunan (BIM)

1. LATAR BELAKANG

Indonesia adalah salah satu negara berkembang dengan potensi lahan yang luas dan sumber daya yang bisa dimanfaatkan untuk pembangunan. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang terus berlanjut, kebutuhan akan konstruksi juga semakin meningkat (Pratama & Marzuki, 2024). Namun dalam proses perencanaan dan desain bangunan, masih banyak proyek

konstruksi yang melakukan perhitungan volume pekerjaan secara konvensional. Perhitungan secara konvensional dilakukan berdasarkan gambar kerja dan dibantu dengan Microsoft Excel. Menurut Ihsan & Wacano (2024), kesalahan pada metode konvensional sering terjadi akibat ketidaktepatan serta tingginya kompleksitas perhitungan volume. Perhitungan volume pekerjaan harus dilakukan secara akurat karena perhitungan volume berdampak pada biaya konstruksi (Anwar & Nurchasanah, 2023).

Perkembangan teknologi mendorong inovasi baru untuk menjawab tantangan ini, salah satunya adalah sistem *Building Information Modeling* (BIM). BIM hadir sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam perencanaan serta pelaksanaan proyek konstruksi. BIM adalah sistem yang berfungsi untuk mengelola data konstruksi dalam bentuk model tiga dimensi yang memuat informasi geometrik dan atribut teknis lainnya (Gunawan & Kartika, 2021). Dengan model ini, BIM dapat mengurangi potensi kesalahan dalam pembacaan data, mengurangi risiko miskomunikasi antar disiplin ilmu, dan mempermudah koordinasi sejak tahap desain hingga pelaksanaan proyek (Novita & Pangestuti, 2021). Selain itu, Tigauw, Aprilianto, & Santoso, (2023) menyebutkan bahwa BIM memungkinkan perhitungan volume pekerjaan secara lebih akurat, efisien, dan terintegrasi dibandingkan dengan metode konvensional (AutoCAD dan Excel) yang memiliki keterbatasan dalam pengelolaan data secara otomatis dan *real-time*.

Autodesk Revit merupakan salah satu *software* yang mengadopsi sistem BIM yang mampu merancang sebuah bangunan konstruksi mulai dari pemodelan struktur, arsitektur, dan MEP (Mekanikal, Elektrikal, dan *Plumbing*) (Novita & Pangestuti, 2021). Reista, Annisa, & Ilham, (2022) menyebutkan bahwa Autodesk Revit dapat menghasilkan volume pekerjaan secara otomatis dan jika model diubah, volume akan langsung berubah sehingga dapat mempersingkat waktu perhitungan volume pekerjaan.

Proyek Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura masih menggunakan perhitungan konvensional (AutoCAD dan Excel) untuk menghitung volume pekerjaan. Amri, Hardyanti, & Sumiyati, (2023) menyebutkan bahwa perhitungan secara konvensional menimbulkan risiko ketidakakuratan dalam perhitungan volume pekerjaan. Oleh karena itu, analisis perbandingan terhadap hasil volume pekerjaan struktur antara metode konvensional dan BIM menjadi penting. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan dan mengevaluasi hasil perbandingan volume pekerjaan dari tiga sumber data (Dokumen BOQ proyek, hasil perhitungan BIM dengan Autodesk Revit, dan perhitungan konvensional oleh peneliti). Penelitian ini juga bertujuan untuk mendeskripsikan manfaat dan tantangan

penerapan BIM menggunakan *software* Autodesk Revit 2022 dalam perhitungan volume pekerjaan.

Batasan penelitian ini difokuskan pada pemodelan bangunan berdasarkan dokumen Gambar Rencana Proyek Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dan tidak melakukan perhitungan analisis kekuatan struktur. Perhitungan volume pekerjaan dibatasi pada pekerjaan fondasi, sloof, kolom, balok, dan pelat lantai.

2. KAJIAN TEORITIS

A. *Building Information Modeling* (BIM)

BIM atau *Building Information Modeling* adalah suatu sistem, konsep, maupun proses mengelola data konstruksi yang dapat dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi. BIM menggunakan model ini untuk memvisualisasikan proyek konstruksi sehingga memungkinkan pengguna menganalisis dan mengontrol proyek konstruksi lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional (Sholeh, 2025). BIM menggabungkan beberapa jenis ilmu seperti arsitektur, struktur, mekanikal, dan elektrik sehingga sistem BIM dapat menghindari kesalahan akibat *miss communication* antar berbagai bidang yang terlibat (Novita & Pangestuti, 2021).

Sistem BIM ini membantu menghindari kesalahan tersebut dengan menyediakan *platform* yang bisa diakses oleh semua pihak yang terlibat agar memiliki akses informasi yang sama (Tigauw et al., 2023). Penggunaan BIM ini memungkinkan *developer*, konsultan, dan kontraktor dapat bekerja sama dalam melaksanakan proyek karena BIM dapat menggabungkan informasi-informasi digital yang ada (Ferial, Hidayat, Pesela, & Daoed, 2021). Menurut Peraturan Menteri PUPR Nomor 22 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara menyebutkan bahwa BIM harus digunakan dan diterapkan pada bangunan gedung negara tidak sederhana dengan luas bangunan lebih dari 2000 m² dan memiliki lebih dari 2 lantai.

B. Autodesk Revit

Autodesk Revit merupakan salah satu aplikasi yang menerapkan sistem *Building Information Modeling* (BIM) yang dimiliki oleh Autodesk. Autodesk Revit berfungsi untuk mendukung berbagai tahapan proyek konstruksi mulai dari desain bangunan hingga pada pemeliharaan bangunan berkelanjutan (Soetjipto, Zarkasi, & Trisiana, 2023). Dengan Autodesk Revit, semua disiplin ilmu dapat bekerja sama secara *real-time* untuk membuat dan memodifikasi model bersama sehingga mengurangi kesalahan dan meningkatkan efisiensi suatu proyek (Tigauw et al., 2023). Nama Revit diambil dari istilah *Revise Instantly* karena

kemampuannya merevisi model secara instan, sehingga setiap elemen yang terkait akan langsung mengikuti perubahan tersebut (Alimin, Imron, & Taulani, 2023). Zakaria Rugas, Waluyo, & Almuntofa Purwantoro, (2024) menyebutkan bahwa Autodesk Revit memungkinkan penggunaanya untuk membuat sebuah model digital 3D yang terintegrasi dengan informasi dari bangunan yang dimodelkan lalu mengeluarkan hasil kuantitas yang akan digunakan dalam volume pekerjaan secara otomatis.

C. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah besaran suatu volume sesuai dengan masing-masing item pekerjaan dalam satu satuan. Untuk mendapatkan perhitungan volume yang tepat, insinyur harus memahami gambar desain yang meliputi gambar denah, gambar potongan, gambar detail hingga model tiga dimensinya (Jonathan & Anondho, 2021). Perhitungan volume pekerjaan sangat penting dalam suatu proyek konstruksi karena diperlukan dalam pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) (Juliani & Renaningsih, 2023). Perhitungan volume pekerjaan harus dilakukan secara akurat karena kesalahan dalam tahap ini dapat menimbulkan kerugian (Anwar & Nurchasanah, 2023).

Satuan dalam volume pekerjaan dapat berupa m, m², m³, kg, lumsum, dan buah. Volume pekerjaan nanti akan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan yang telah ditetapkan sehingga didapatkan jumlah biaya setiap pekerjaan. Untuk mengetahui suatu volume pekerjaan maka perlu dilakukan perhitungan volume sebagai berikut:

a Perhitungan Volume Beton (m³)

Perhitungan volume beton untuk suatu elemen struktural seperti *pile cap*, sloof, kolom, balok, dan pelat lantai memerlukan rumus:

$$V = P \times L \times T \quad (1)$$

Dengan: V = Volume beton (m³)

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tebal / tinggi (m)

b Perhitungan Luas Bekisting (m²)

Luas bekisting untuk suatu elemen struktural dihitung berdasarkan luas permukaan elemen beton yang bersentuhan dengan cetakan sementara dan memerlukan rumus:

$$A_1 = K \times T \quad (2)$$

$$A_2 = 2 \times (T \times P) + (L \times P) \quad (3)$$

Dengan: A₁ = Luas Bekisting Kolom & Pile Cap (m²)

A_2 = Luas Bekisting Sloof Gantung & Balok (m^2)

K = Keliling penampang elemen (m)

P = Panjang elemen (m)

L = Lebar elemen (m)

T = Tebal / tinggi elemen (m)

c Perhitungan Berat Tulangan (kg)

Perhitungan berat tulangan untuk elemen struktural beton seperti *pile cap*, sloof, kolom, balok, dan pelat lantai memerlukan rumus:

$$m = \rho \times A \times l \times n \quad (4)$$

Dengan: m = Berat tulangan (kg)

ρ = Massa jenis besi (7850 kg/m^3)

A = Luas penampang tulangan (m^2)

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times \text{diameter}^2$$

l = Panjang tulangan (m)

n = Jumlah tulangan

d Perhitungan Berat Profil Baja (kg)

Perhitungan berat profil baja yang diperlukan didapat dari perkalian antara panjang profil baja dengan berat profil baja per meter. Rumus perhitungan berat profil baja sebagai berikut:

$$m = P \times \text{Unit Weight} \quad (5)$$

Dengan: m = Berat profil baja (kg)

P = Panjang brofil baja (m)

Unit Weight = Berat per meter profil (kg)

Unit Weight didapat dari tabel spesifikasi pabrik baja seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat Profil Baja

Dimensi (mm)	Web & Flange Thickness (mm)	Unit Weight (kg/m)
100×50	5 & 7	9,3
200×100	5,5 & 8	21,3
300×150	6,5 & 9	36,7
400×200	8 & 13	66
HC 400×200	8 & 13	66

Sumber: (PT. Garuda Yamato Steel, 2024; PT. Lintech Indo Pratama, 2019)

e Perhitungan Berat Pelat Baja (kg)

Perhitungan berat pelat baja didapat dari mengalikan panjang, lebar, dan tebal pelat yang dikalikan dengan massa jenis baja. Rumus perhitungan berat pelat baja sebagai berikut:

$$m = \rho \times A \times T \quad (6)$$

Dengan: m = Berat pelat baja (kg)

ρ = Massa jenis besi (7850 kg/m³)

A = Luas Permukaan pelat (m²)

= Panjang (m) × Lebar (m) Pelat

T = Tebal pelat (m)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil studi kasus Proyek Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Kota Pontianak, Kalimantan Barat. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Penelitian kuantitatif digunakan untuk mendapatkan hasil berupa angka volume pekerjaan dan mengevaluasi hasil perhitungan tersebut, sedangkan penelitian kualitatif digunakan untuk mendeskripsikan manfaat dan tantangan penerapan BIM dengan Autodesk Revit pada perhitungan volume pekerjaan.

Alur Penelitian disajikan pada **Gambar 1**. Penelitian dimulai dari studi literatur yang melibatkan pengumpulan, peninjauan, dan analisis sumber-sumber informasi yang relevan dengan topik penelitian, yakni berkaitan dengan BIM, Autodesk Revit, dan volume pekerjaan. Peneliti mengumpulkan data sekunder untuk mendapatkan informasi yang akan digunakan dalam penelitian. Data sekunder berupa dokumen gambar rencana proyek dan dokumen *bill of quantity* (BOQ) proyek. Perhitungan volume pekerjaan dilakukan untuk elemen struktur seperti fondasi, sloof, kolom, pelat lantai, dan balok. Hasil perhitungan volume pekerjaan kemudian akan direkapitulasi dalam Microsoft Excel untuk dibandingkan dan dianalisis antara ketiga sumber, yakni metode *Building Information Modeling* (BIM) dengan Autodesk Revit, metode konvensional, dan dokumen *Bill of Quantity* (BOQ) dari proyek yang digunakan dalam studi kasus.

A. Analisis Dengan BIM

Peneliti membuat model 3D elemen struktur proyek menggunakan Autodesk Revit berdasarkan dokumen gambar rencana proyek yang ada. Analisis BIM menggunakan Autodesk Revit memanfaatkan model 3D yang telah dibuat untuk menghitung volume pekerjaan dari model secara otomatis. Hasil perhitungan dari Autodesk Revit berupa volume beton, luas

bekisting, berat tulangan, berat profil baja, berat pelat baja (pelat sambungan dan pengaku), dan kuantitas baut.

B. Analisis Dengan Metode Konvensional

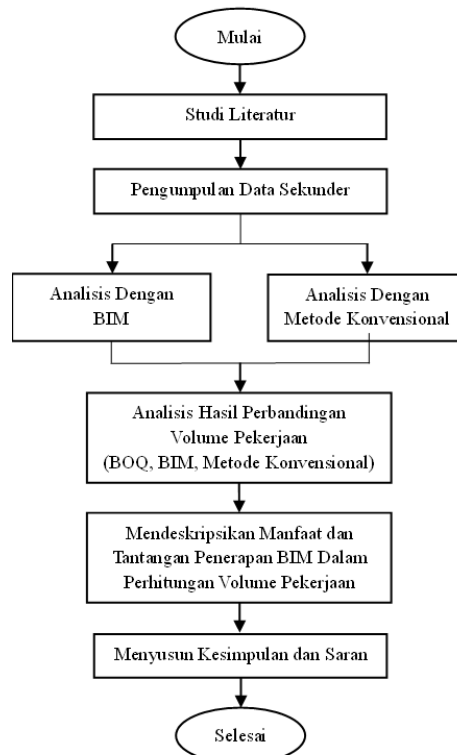
Analisis secara konvensional dalam perhitungan volume pekerjaan dilakukan secara manual menggunakan rumus geometri dasar dengan bantuan Microsoft Excel berdasarkan dokumen gambar rencana yang ada. Hasil perhitungan berupa volume beton, luas bekisting, berat tulangan, berat profil baja, berat pelat baja (pelat sambungan dan pengaku), dan kuantitas baut.

C. Analisis Hasil Perbandingan Volume

Analisis ini dilakukan untuk memberikan pemahaman mengenai keakuratan dari ketiga sumber dalam melakukan perhitungan volume pekerjaan, yakni perhitungan dengan cara konvensional, *export quantities* dari model BIM dengan *software* Autodesk Revit, serta dokumen *bill of quantities* (BOQ) yang disusun oleh estimator proyek. Analisis ini juga dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab perbedaan volume pekerjaan yang diperoleh dari masing-masing sumber perhitungan.

D. Manfaat dan Tantangan Penerapan BIM Dalam Perhitungan Volume Pekerjaan

Peneliti mendeskripsikan manfaat serta tantangan penerapan BIM dengan Autodesk Revit berdasarkan hasil analisis perbandingan volume pekerjaan pada proyek Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

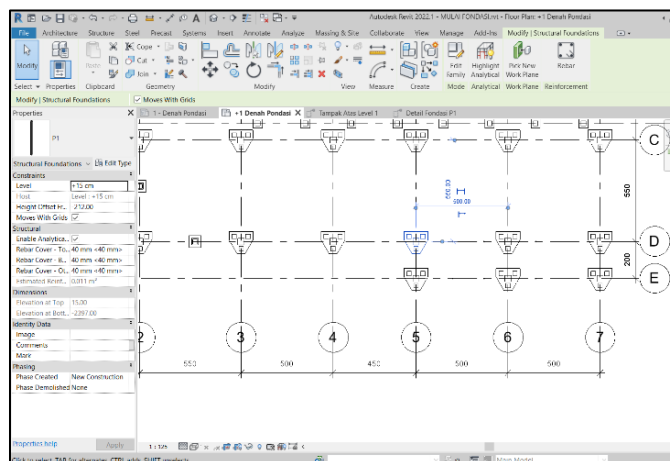


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

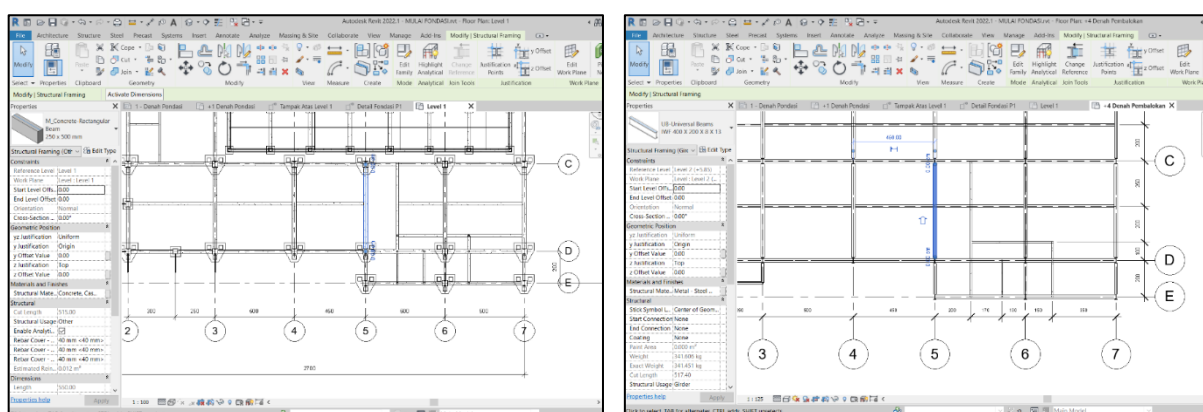
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemodelan dengan Autodesk Revit

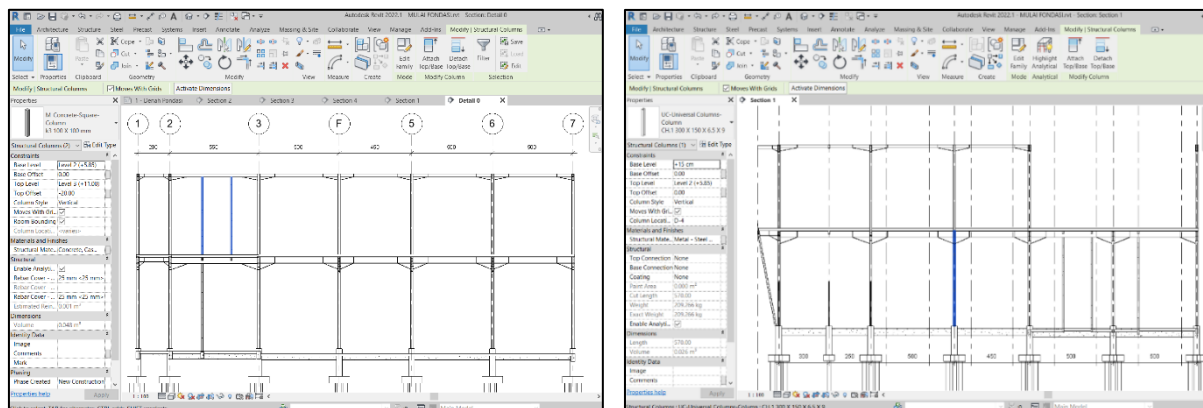
Pemodelan dilakukan pada elemen struktur fondasi, sloof, kolom beton dan baja, balok beton dan baja, pelat lantai, sambungan baja, baut, dan tulangan pada elemen beton berdasarkan dokumen gambar rencana proyek. Tujuan pembuatan model ini adalah untuk membuat representasi elemen struktur sehingga dapat diekspor volume dari model secara otomatis. Hasil pemodelan akan disajikan pada **Gambar 2** sampai dengan **Gambar 7**.



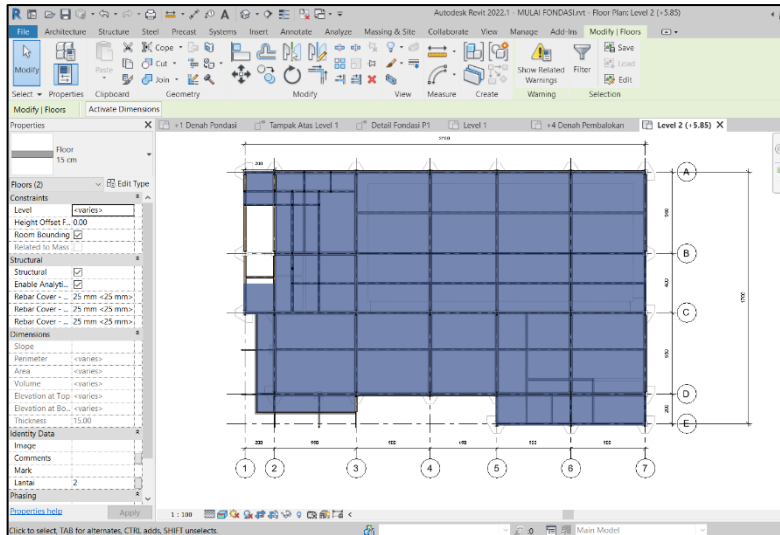
Gambar 2. Pemodelan Fondasi



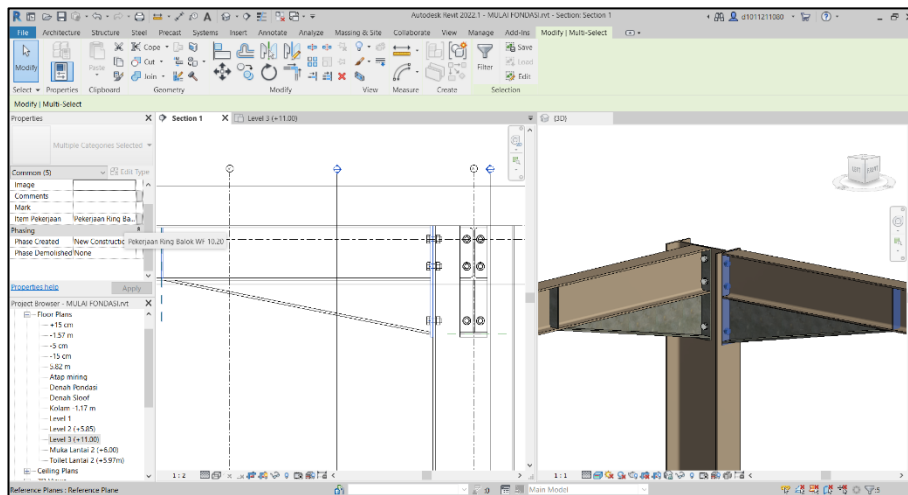
Gambar 3. Pemodelan Sloof Beton dan Balok Baja



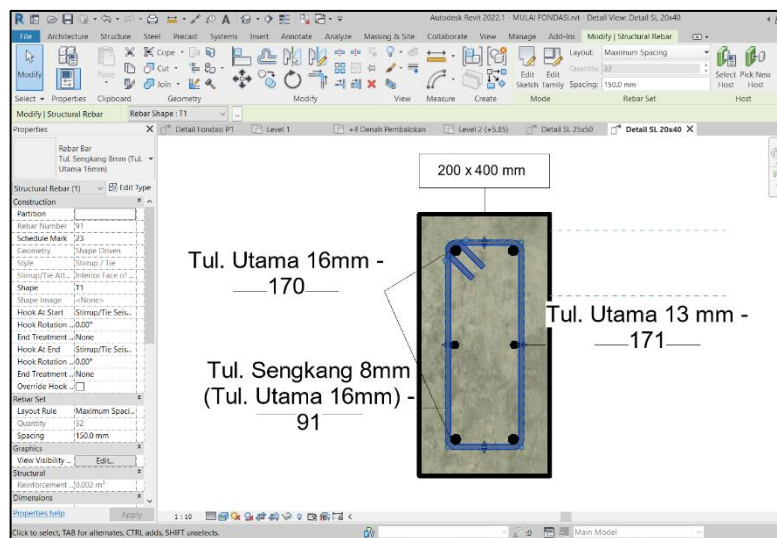
Gambar 4. Pemodelan Kolom Beton dan Kolom Baja



Gambar 5. Pemodelan Pelat Lantai



Gambar 6. Pemodelan Sambungan Baja dan Baut



Gambar 7. Pemodelan Tulangan Sloof Beton

B. Hasil Perhitungan Volume Metode BIM dengan Autodesk Revit

Model 3D yang telah dibuat dalam Autodesk Revit digunakan untuk diekspor kuantitasnya secara otomatis dan sistematis melalui fitur *schedules* pada Autodesk Revit. Pada tahap ekspor kuantitas, hasil perhitungan volume beton, luas bekisting, dan berat tulangan disajikan dalam Tabel 2. Hasil perhitungan berat profil baja, berat pelat baja (pelat sambungan dan pengaku), dan kuantitas baut disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Kuantitas Metode BIM dengan Autodesk Revit pada Elemen Beton

Hasil Kuantitas dari Autodesk Revit			
Item pekerjaan	Volume Beton (m ³)	Luas Bekisting (m ²)	Berat Tulangan (kg)
Fondasi	22,571	141,238	2763,540
Sloof/Balok	29,762	340,099	4878,504
Kolom	2,016	74,698	505,475
Pelat Lantai	121,909	659,678	5009,716

Tabel 3. Hasil Kuantitas Metode BIM dengan Autodesk Revit pada Elemen Baja

Hasil Kuantitas dari Autodesk Revit			
Item pekerjaan	Berat Profil Baja (kg)	Berat Pelat Baja (kg)	Kuantitas Baut (Buah)
Kolom	10889,311	237,384	162
Balok	20364,845	2261,377	1532

C. Hasil Perhitungan Volume Metode Konvensional

Peneliti melakukan perhitungan secara konvensional menggunakan rumus geometri dasar dengan bantuan Microsoft Excel berdasarkan dokumen gambar rencana proyek. Hasil perhitungan volume beton, luas bekisting, dan berat tulangan disajikan dalam Tabel 4. Hasil perhitungan berat profil baja, berat pelat baja (pelat sambungan dan pengaku), dan kuantitas baut disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Metode Konvensional pada Elemen Beton

Hasil Perhitungan Metode Konvensional			
Item pekerjaan	Volume Beton (m ³)	Luas Bekisting (m ²)	Berat Tulangan (kg)
Fondasi	22,571	141,238	2814,144
Sloof/Balok	29,791	342,901	4935,626
Kolom	2,015	74,488	511,720
Pelat Lantai	121,170	653,495	5001,839

Tabel 5. Hasil Perhitungan Metode Konvensional pada Elemen Baja

Hasil Perhitungan Metode Konvensional			
Item pekerjaan	Berat Profil Baja (kg)	Berat Pelat Baja (kg)	Kuantitas Baut (Buah)
Kolom	10847,217	237,384	162
Balok	20472,178	2301,986	1532

D. Volume Pekerjaan Dokumen *Bill of Quantity* (BOQ)

Bill of Quantity adalah dokumen yang memuat semua jenis pekerjaan beserta volume pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek konstruksi. Peneliti merekapitulasi volume pekerjaan dari dokumen BOQ untuk dianalisis perbedaannya dengan metode BIM menggunakan Autodesk Revit. Volume pekerjaan dari dokumen BOQ disajikan dalam Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Volume Pekerjaan dari Dokumen *Bill of Quantity* (BOQ) pada Elemen Beton

Dokumen <i>Bill of Quantity</i> (BOQ)			
Item pekerjaan	Volume Beton	Luas Bekisting (m ²)	Berat Tulangan (kg)
Fondasi	22,650	56,429	3100,840
Sloof/Balok	36,963	124,275	4804,449
Kolom	1,972	14,013	378,877
Pelat Lantai	130,553	456,259	5329,051

Tabel 7. Volume Pekerjaan dari Dokumen *Bill of Quantity* (BOQ) pada Elemen Baja

Dokumen <i>Bill of Quantity</i> (BOQ)			
Item pekerjaan	Berat Profil Baja (kg)	Berat Pelat Baja (kg)	Kuantitas Baut (Buah)
Kolom	11118,590	242,151	162
Balok	25462,800	2498,222	2144

E. Analisis Perbandingan Volume Metode BIM (Autodesk Revit) Terhadap Metode Konvensional

Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi selisih dan persentase selisih metode BIM dengan Autodesk Revit terhadap metode konvensional pada masing-masing elemen struktur serta mengidentifikasi kemungkinan penyebab perbedaan volume antar kedua metode. Perbandingan kuantitatif disajikan dalam tabel yang mencakup kolom ‘Selisih’ dan ‘Persentase Selisih’.

‘Selisih’ dihitung berdasarkan Persamaan (7) dan ‘Persentase Selisih’ dihitung berdasarkan Persamaan (8). Nilai negatif pada hasil menunjukkan volume metode BIM dengan Autodesk Revit lebih rendah daripada metode konvensional dan nilai positif pada hasil menunjukkan volume BIM dengan Autodesk Revit lebih tinggi dari metode konvensional.

$$\text{Selisih} = V. \text{ Revit} - V. \text{ Konvensional} \quad (7)$$

$$\text{Persentase Selisih} = \frac{V. \text{ Revit} - V. \text{ Konvensional}}{V. \text{ Revit}} \times 100\% \quad (8)$$

Tabel 8 menyajikan hasil perbandingan volume beton perhitungan Autodesk Revit dan metode konvensional untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 8. Perbandingan Volume Beton dari Autodesk Revit dan Metode Konvensional

Perbandingan Volume Beton (m ³)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume Konvensional	Selisih	Persentase Selisih
Fondasi	22,571	22,571	0,000	0,000%
Sloof/Balok	29,762	29,791	-0,029	-0,099%
Kolom	2,016	2,015	0,001	0,040%
Pelat Lantai	121,909	121,170	0,739	0,606%

Perbandingan volume beton antara metode BIM dengan Autodesk Revit terhadap metode konvensional menunjukkan selisih yang sangat rendah, yakni persentase selisih maksimum hanya sebesar 0,606% pada item pekerjaan pelat lantai.

Tabel 9 menyajikan hasil perbandingan luas bekisting perhitungan Autodesk Revit dan metode konvensional untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 9. Perbandingan Luas Bekisting dari Autodesk Revit dan Metode Konvensional

Perbandingan Luas Bekisting (m ²)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume Konvensional	Selisih	Persentase Selisih
Fondasi	141,238	141,238	0,000	0,000%
Sloof/Balok	340,099	342,901	-2,802	-0,824%
Kolom	74,698	74,488	0,210	0,281%
Pelat Lantai	659,678	653,495	6,183	0,937%

Perbandingan luas bekisting antara metode BIM dengan Autodesk Revit terhadap metode konvensional selisih yang sangat rendah, yakni persentase selisih maksimum hanya sebesar 0,937% pada item pekerjaan pelat lantai.

Tabel 10 menyajikan hasil perbandingan berat tulangan perhitungan Autodesk Revit dan metode konvensional untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 10. Perbandingan Berat Tulangan dari Autodesk Revit dan Metode Konvensional

Perbandingan Berat Tulangan (kg)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume Konvensional	Selisih	Persentase Selisih
Fondasi	2763,540	2814,144	-50,604	-1,831%
Sloof/Balok	4878,504	4935,626	-57,122	-1,171%
Kolom	505,475	511,720	-6,245	-1,236%
Pelat Lantai	5009,716	5001,839	7,877	0,157%

Perbandingan berat tulangan antara metode BIM dan metode konvensional menunjukkan selisih yang relatif rendah, yakni persentase selisih maksimum 1,831% pada item pekerjaan fondasi. Persentase selisih sebesar 1,831 % pada item pekerjaan fondasi dengan hasil Autodesk Revit lebih rendah dibandingkan metode konvensional. Hal ini sejalan dengan penelitian Muhamad Alimin et al., (2023), bahwa metode BIM menggunakan Autodesk Revit mampu menghitung berat tulangan secara akurat dibandingkan metode konvensional karena berat tulangan dikeluarkan dari model 3D secara otomatis, sedangkan metode konvensional menggunakan pendekatan dalam menghitung berat tulangan.

Tabel 11 sampai Tabel 13 menyajikan perbandingan serta hasil selisih dan persentase selisih berat profil baja, berat pelat baja (pelat sambungan dan pengaku), dan kuantitas baut dari perhitungan Autodesk Revit dan metode konvensional untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 11. Perbandingan Berat Profil Baja dari Autodesk Revit dan Metode Konvensional

Perbandingan Berat Profil (kg)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume Konvensional	Selisih	Persentase Selisih
Kolom	10889,311	10847,217	42,094	0,387%
Balok	20364,845	20472,178	-107,333	-0,527%

Tabel 12. Perbandingan Berat Pelat Baja dari Autodesk Revit dan Metode Konvensional

Perbandingan Berat Pelat Baja (kg)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume Konvensional	Selisih	Persentase Selisih
Kolom	237,384	237,384	0,000	0,000%
Balok	2261,377	2301,986	-40,609	-1,796%

Tabel 13. Perbandingan Kuantitas Baut dari Autodesk Revit dan Metode Konvensional

Perbandingan Kuantitas Baut (Buah)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume Konvensional	Selisih	Persentase Selisih
Kolom	162	162	0	0,000%
Balok	1532	1532	0	0,000%

Persentase selisih antara hasil kuantitas Autodesk Revit dan metode konvensional menunjukkan persentase selisih maksimum sebesar 0,537% pada perhitungan berat profil baja balok. Hasil dari Autodesk Revit menunjukkan persentase selisih maksimum sebesar 1,796% pada perhitungan berat pelat baja untuk pekerjaan balok. Hasil dari Autodesk Revit menunjukkan hasil yang sama dengan metode konvensional pada perhitungan kuantitas baut dan berat pelat baja untuk kolom. Hal ini menunjukkan bahwa metode BIM menggunakan Autodesk Revit mampu menghitung kebutuhan berat profil baja, berat pelat, dan kuantitas baut yang dibutuhkan secara akurat dan lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional.

Hal ini sejalan dengan temuan (Astuti, Kurnianto, & Puspitasari, 2023), bahwa penggunaan BIM pada perancangan struktur baja dapat selesai lebih cepat dan efisien dibandingkan metode konvensional.

Perbandingan hasil perhitungan volume metode BIM dengan Autodesk Revit terhadap metode konvensional pada seluruh item pekerjaan menunjukkan persentase selisih maksimum 1,831% yang menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi antara metode BIM dan metode konvensional. Beberapa selisih yang signifikan dapat diidentifikasi penyebabnya seperti adanya perbedaan ketelitian perhitungan. Metode BIM dengan Autodesk Revit juga memberikan perhitungan yang akurat dengan waktu yang lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional karena setelah model selesai dibuat, volume dapat dihitung dan didapatkan hasilnya secara otomatis. Hal ini sejalan dengan temuan Novita & Pangestuti, (2021) dan Laorent, Nugraha, & Budiman, (2019), bahwa Autodesk Revit dapat menghitung volume secara otomatis ketika model bangunan dibuat.

F. Analisis Perbandingan Volume Metode BIM (Autodesk Revit) Terhadap Dokumen BOQ

Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi selisih dan persentase selisih metode BIM dengan Autodesk Revit terhadap dokumen BOQ pada masing-masing elemen struktur serta mengidentifikasi kemungkinan penyebab perbedaan volume antar kedua metode. Perbandingan kuantitatif disajikan dalam tabel yang mencakup kolom ‘Selisih’ dan ‘Persentase Selisih’.

‘Selisih’ dihitung berdasarkan Persamaan (9) dan ‘Persentase Selisih’ dihitung berdasarkan Persamaan (10). Nilai negatif pada hasil menunjukkan volume metode BIM dengan Autodesk Revit lebih rendah daripada dokumen BOQ dan nilai positif pada hasil menunjukkan volume BIM dengan Autodesk Revit lebih besar dari dokumen BOQ.

$$\text{Selisih} = V. \text{Revit} - V. \text{BOQ} \quad (9)$$

$$\text{Selisih Presentase} = \frac{V. \text{Revit} - V. \text{BOQ}}{V. \text{Revit}} \times 100\% \quad (10)$$

Tabel 14 menyajikan hasil perbandingan volume beton perhitungan Autodesk Revit dan dokumen BOQ untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 14. Perbandingan Volume Beton dari Autodesk Revit dan Dokumen BOQ

Perbandingan Volume Beton (m ³)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume BOQ Proyek	Selisih	Persentase Selisih
Fondasi	22,571	22,650	-0,079	-0,350%
Sloof/Balok	29,762	36,963	-7,201	-24,194%
Kolom	2,016	1,972	0,045	2,207%
Pelat Lantai	121,909	130,553	-8,644	-7,091%

Perbandingan volume beton antara hasil kuantitas Revit dan dokumen BOQ menunjukkan selisih yang bervariasi pada seluruh item pekerjaan. Persentase selisih terbesar yakni 24,194% pada item pekerjaan sloof/balok. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perubahan/revisi pada gambar rencana seperti penambahan sloof ataupun balok sehingga hasil perhitungan Autodesk Revit lebih rendah dari dokumen BOQ. Persentase selisih sebesar 7,091% pada item pekerjaan pelat lantai dengan hasil Autodesk Revit lebih rendah dari dokumen BOQ. Hal ini disebabkan karena dokumen BOQ menghitung volume beton pelat lantai secara penuh tanpa mengurangi volume beton sloof lantai, sedangkan Autodesk Revit membagi pelat lantai menjadi panel-panel kotak terpisah yang dibatasi oleh sloof lantai sehingga volume pelat lantai sudah dikurangi volume sloof.

Tabel 15 menyajikan hasil perbandingan luas bekisting perhitungan Autodesk Revit dan dokumen BOQ untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 15. Perbandingan Luas Bekisting dari Autodesk Revit dan Dokumen BOQ

Perbandingan Luas Bekisting (m ²)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume BOQ Proyek	Selisih	Persentase Selisih
Fondasi	141,238	56,429	84,809	60,047%
Sloof/Balok	340,099	124,275	215,824	63,459%
Kolom	74,698	14,013	60,685	81,240%
Pelat Lantai	659,678	456,259	203,419	30,836%

Perbandingan luas bekisting antara hasil kuantitas Autodesk Revit dan dokumen BOQ menunjukkan persentase selisih terbesar pada item pekerjaan kolom sebesar 81,240%. Hal ini disebabkan karena metode BIM dengan Autodesk Revit menghitung total kebutuhan bekisting untuk kolom lantai 1 (12 kolom) dan lantai 2 (17 kolom) sebanyak 29 kolom, sedangkan dokumen BOQ mengasumsikan bekisting lantai 1 (12 kolom) dipakai kembali untuk lantai 2 sehingga BOQ hanya menghitung kekurangan 5 kolom tambahan di lantai 2. Totalnya BOQ hanya menghitung bekisting untuk 17 kolom dan hal inilah yang menyebabkan hasil perhitungan Autodesk Revit lebih besar dari dokumen BOQ.

Dalam BOQ, perhitungan kolom masih menggunakan ketinggian kolom tanpa mengurangi tinggi balok di atasnya. Selain karena perbedaan logika pemodelan dan jumlah kolom yang dihitung, perbedaan tersebut juga muncul akibat adanya asumsi penggunaan bekisting berulang sebanyak tiga kali. Penggunaan bekisting berulang sebanyak tiga kali ini dihitung dalam BOQ dengan cara membagi total luas bekisting kolom dengan angka 3. Dalam perhitungan Autodesk Revit, volume bekisting dihitung berdasarkan total kebutuhan bekisting suatu elemen secara penuh tanpa mempertimbangkan asumsi penggunaan bekisting berulang.

Persentase selisih sebesar 60,047% pada item pekerjaan fondasi disebabkan karena asumsi penggunaan bekisting berulang sebanyak tiga kali. Selain karena penggunaan bekisting berulang, perbedaan tersebut juga muncul akibat adanya kesalahan perhitungan dalam BOQ dan dilakukan perbaikan/revisi dalam Laporan Bulanan Bulan ketiga yang didapat dari pihak proyek. Hasil kuantitas Autodesk Revit lebih rendah dari Laporan Bulanan yang menunjukkan selisih 31,188 m² atau persentase selisih sebesar 22,082%. Hal ini menunjukkan bahwa adanya kesalahan perhitungan dalam BOQ karena perhitungan metode BIM menggunakan Autodesk Revit lebih mendekati volume pada Laporan Bulanan.

Persentase selisih sebesar 30,846% pada item pekerjaan pelat lantai dikarenakan dalam Autodesk Revit menghitung bekisting luas pelat lantai yang dianggap menggantung (*suspended slab*), sementara BOQ menghitung tepian pelat lantai yang memerlukan bekisting. Autodesk Revit tidak dapat menghitung bekisting tepian pelat karena pelat lantai dimodelkan menjadi panel-panel yang dibatasi oleh sloof. Hal ini membuat Autodesk Revit hanya mampu menghitung luas permukaan sisi atas dan bawah pelat lantai.

Tabel 16 menyajikan hasil perbandingan berat tulangan perhitungan Autodesk Revit dan dokumen BOQ untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 16. Perbandingan Berat Tulangan dari Autodesk Revit dan Dokumen BOQ

Perbandingan Berat Tulangan (kg)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume BOQ Proyek	Selisih	Persentase Selisih
Fondasi	2763,540	3100,840	-337,300	-12,205%
Sloof/Balok	4878,504	4804,449	74,055	1,518%
Kolom	505,475	378,877	126,598	25,045%
Pelat Lantai	5009,716	5329,051	-319,335	-6,374%

Perbandingan berat tulangan antara hasil metode BIM dengan Autodesk Revit dan dokumen BOQ menunjukkan persentase selisih terbesar pada item pekerjaan kolom sebesar 25,045%. Hal ini disebabkan karena adanya kesalahan dalam BOQ dan dilakukan perbaikan/revisi dalam Laporan Bulanan dengan hasil kuantitas Autodesk Revit mendekati berat tulangan pada Laporan Bulanan yang menunjukkan selisih 31,502 kg atau persentase

selisih sebesar 6,232%. Secara keseluruhan, berat tulangan yang dihasilkan metode BIM dengan Autodesk Revit lebih kecil dibandingkan dengan dokumen BOQ. Hal ini menunjukkan bahwa Autodesk Revit mampu menghitung berat tulangan (kait dan bengkokan) lebih presisi dan efisien dikarenakan berat tulangan yang dihasilkan merupakan nilai aktual dari model yang dikerjakan.

Tabel 17 menyajikan hasil perbandingan berat profil baja perhitungan Autodesk Revit dan dokumen BOQ untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 17. Perbandingan Berat Profil Baja dari Autodesk Revit dan Dokumen BOQ

Perbandingan Berat Profil (kg)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume BOQ Proyek	Selisih	Persentase Selisih
Kolom	10889,311	11118,590	-229,279	-2,106%
Balok	20364,845	25462,800	-5097,955	-25,033%

Hasil perbandingan antara metode BIM dengan Autodesk Revit dan dokumen BOQ menunjukkan selisih pada perhitungan berat profil baja kolom dan balok. Hal ini dikarenakan dalam dokumen BOQ memperhitungkan panjang pembelian standar profil 12 m, sedangkan metode BIM menggunakan Autodesk Revit hanya menghitung panjang yang tercantum pada gambar rencana (terpasang) tanpa memperhitungkan panjang pembelian standar profil. BOQ juga memperhitungkan sisa potongan balok baja yang tidak terpakai sebagai voute untuk balok itu sendiri.

Tabel 18 menyajikan hasil perbandingan berat pelat baja (pelat sambungan dan pengaku) perhitungan Autodesk Revit dan dokumen BOQ untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 18. Perbandingan Berat Pelat Baja dari Autodesk Revit dan Dokumen BOQ

Perbandingan Berat Pelat (kg)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume BOQ Proyek	Selisih	Persentase Selisih
Kolom	237,384	242,151	-4,767	-2,008%
Balok	2261,377	2498,222	-236,846	-10,474%

Perbedaan berat pelat baja (pelat sambungan dan pengaku) antara metode BIM dengan Autodesk Revit dan dokumen BOQ disebabkan karena dalam Autodesk Revit, berat pelat baja dihitung berdasarkan volume pelat baja ($\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal}$) dikali dengan massa jenis baja yakni 7850 kg/m^3 . Dalam dokumen BOQ, berat pelat baja dihitung berdasarkan luas pelat baja ($\text{panjang} \times \text{lebar}$) dikali dengan berat lembar pelat baja yang ada pada tabel berat dari produsen pelat baja. Autodesk Revit tidak menggunakan berat dari tabel berat produsen pelat baja karena massa jenis pada tabel berat berbeda untuk setiap pelat dengan tebal berbeda.

Tabel 19 menyajikan hasil perbandingan kuantitas baut perhitungan Autodesk Revit dan dokumen BOQ untuk setiap item pekerjaan.

Tabel 19. Perbandingan Jumlah Baut dari Autodesk Revit dan Dokumen BOQ

Perbandingan Kuantitas Baut (Buah)				
Item pekerjaan	Volume Revit	Volume BOQ Proyek	Selisih	Persentase Selisih
Kolom	162	162	0	0,000%
Balok	1532	2144	-612	-39,948%

Perbedaan kuantitas baut antara hasil Autodesk Revit dan dokumen BOQ mungkin disebabkan karena perhitungan Autodesk Revit menghitung jumlah baut berdasarkan detail sambungan dan susunan baut aktual yang tercantum dalam dokumen gambar rencana. BOQ kemungkinan memperhitungkan faktor cadangan untukantisipasi kehilangan atau kerusakan. Lalu adanya kemungkinan perbedaan gambar yang digunakan oleh peneliti dengan estimator yang menyusun dokumen BOQ.

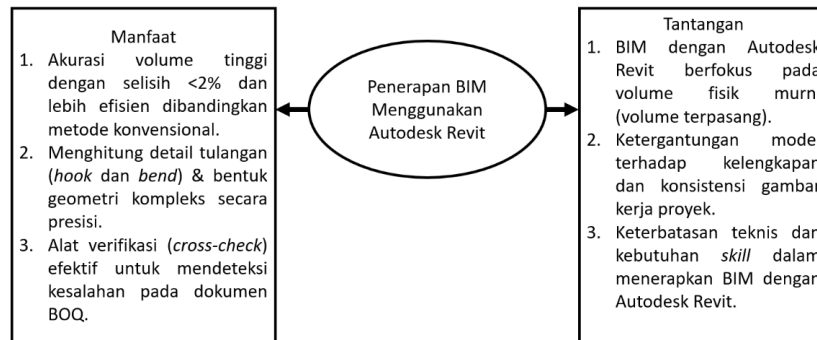
Perbandingan hasil volume metode BIM menggunakan Autodesk Revit dan dokumen BOQ pada seluruh item pekerjaan yang menunjukkan selisih dapat diidentifikasi penyebabnya. Penyebab perbedaannya, yakni adanya kesalahan perhitungan dalam dokumen BOQ, keterbatasan teknis Autodesk Revit dalam menghitung bekisting, perbedaan asumsi perhitungan (bekisting kolom dan berat pelat), dan perhitungan Autodesk Revit yang memfokuskan pada volume terpasang dan dokumen BOQ yang memperhitungkan aspek pengadaan.

BIM dengan Autodesk Revit juga memberikan perhitungan volume beton yang akurat pada item pekerjaan fondasi yang memiliki bentuk geometri yang kompleks. Hal ini sejalan dengan penelitian Zahrah, Lenggogeni, & Berliana, (2023) bahwa BIM dengan Autodesk Revit mampu melakukan perhitungan volume beton secara akurat dan lebih efisien pada elemen yang memiliki bentuk geometri yang kompleks. BIM dengan Autodesk Revit juga menghasilkan volume beton pada item pekerjaan pelat lantai secara akurat yang sejalan dengan temuan Laorent et al., (2019) bahwa Autodesk Revit langsung menghitung volume beton pelat lantai sesuai pemodelan pelat yang dimodelkan.

Perbedaan antara hasil volume metode BIM menggunakan Autodesk Revit dan dokumen BOQ yang muncul akibat adanya kesalahan dalam perhitungan BOQ juga ditemukan pada penelitian Tigauw et al., (2023), bahwa faktor penyebab perbedaan perhitungan volume pekerjaan beton dan pembesian umumnya disebabkan oleh *human error* seperti kesalahan asumsi dan perbedaan interpretasi gambar desain serta menggunakan pendekatan dalam menghitung bentuk geometri yang kompleks.

G. Manfaat dan Tantangan Penerapan BIM Dalam Perhitungan Volume Pekerjaan

Berdasarkan hasil perbandingan volume pekerjaan yang dilakukan, dapat diidentifikasi manfaat serta tantangan penerapan BIM menggunakan Autodesk Revit dalam perhitungan volume pekerjaan untuk proyek Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Manfaat dan tantangan penerapan BIM berdasarkan pengalaman pemodelan peneliti disajikan dalam **Gambar 8**.



Gambar 8. Manfaat dan Tantangan Penerapan BIM Menggunakan Autodesk Revit

Manfaat penerapan BIM menggunakan Autodesk Revit, yakni dapat menghasilkan volume yang konsisten dengan perhitungan metode konvensional oleh peneliti dengan persentase selisih maksimum 1,831%. Metode BIM menggunakan Autodesk Revit juga mampu menghitung detail seperti *hook* (kait) dan *bend* (bengkokan) tulangan serta bentuk geometri yang kompleks secara otomatis yang sulit dihitung secara manual. Hasil kuantitas Autodesk Revit didapatkan secara otomatis dari model sehingga tidak memerlukan perhitungan yang berulang-ulang. Hal ini membuat BIM dengan Autodesk Revit lebih efisien dalam waktu dan mengurangi risiko *human error*. Jika ada perbaikan desain, Autodesk Revit secara otomatis memperbarui elemen bersangkutan yang terpengaruh. BIM dengan Autodesk Revit dapat dimanfaatkan sebagai alat *cross-check* untuk mendeteksi ketidaksesuaian dan kesalahan dalam dokumen BOQ seperti pada perhitungan bekisting dan berat tulangan yang teridentifikasi melalui pemodelan Autodesk Revit. Hasil metode BIM menggunakan Autodesk Revit terbukti lebih mendekati nilai pada Laporan Bulanan proyek yang menunjukkan terdapat kesalahan perhitungan dalam dokumen BOQ yang kemudian dilakukan perbaikan pada saat pelaksanaan di lapangan (Laporan Bulanan Proyek).

Meskipun penerapan BIM memberikan sejumlah manfaat dalam melakukan perhitungan volume pekerjaan, penerapan BIM menggunakan Autodesk Revit juga menghadapi sejumlah tantangan dan keterbatasan. Metode BIM dengan Autodesk Revit berfokus pada volume fisik murni sesuai gambar kerja (volume terpasang) sehingga Autodesk Revit tidak secara otomatis mempertimbangkan aspek pengadaan di lapangan seperti panjang pembelian standar material yang ada dalam dokumen BOQ (Contoh: perhitungan berat profil baja). Kualitas model 3D

memengaruhi hasil kuantitas karena model ini sangat bergantung pada kelengkapan dan konsistensi gambar kerja. Adanya perbedaan dalam penerapan BIM dengan BOQ, yakni perbedaan logika pemodelan antara model 3D BIM dan BOQ yang harus diseleraskan (Contoh: perpotongan kolom dan balok). Perbedaan metode perhitungan antara BIM menggunakan Autodesk Revit dengan BOQ (Contoh: perhitungan berat pelat). Keterbatasan teknis *software* dalam menghitung elemen tertentu seperti bekisting pada tepian pelat lantai (Contoh: bekisting pelat lantai 1). Perlunya pemahaman yang mendalam terkait prinsip pemodelan karena kesalahan dalam pemodelan mengakibatkan hasil kuantitas yang tidak akurat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis, penerapan sistem *Building Information Modeling* (BIM) dengan Autodesk Revit 2022 terbukti mampu menghasilkan kuantitas yang sangat presisi jika dibandingkan dengan perhitungan metode konvensional. Hasil analisis perbandingan antara metode BIM dengan Autodesk Revit terhadap perhitungan metode konvensional menunjukkan selisih kurang dari 2% pada seluruh item pekerjaan dengan hasil kuantitas Autodesk Revit lebih rendah dibandingkan perhitungan metode konvensional. Berdasarkan analisis perbandingan volume metode BIM menggunakan Autodesk Revit dengan dokumen BOQ, hasil analisis menunjukkan perbedaan yang signifikan pada perhitungan volume beton, luas bekisting, berat tulangan, berat profil baja, berat pelat baja, dan kuantitas baut. Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: perbedaan metode perhitungan, perbedaan asumsi pemodelan, kesalahan dalam dokumen gambar rencana, serta kemungkinan terjadinya *human error* dalam penyusunan dokumen BOQ. Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan, untuk penerapan BIM disarankan agar dapat diterapkan pada berbagai jenis proyek lainnya, seperti jembatan maupun bendungan. BIM disarankan dapat diterapkan pada pekerjaan selain struktural, yakni pekerjaan arsitektural maupun pekerjaan MEP dan dapat menggunakan *software* selain Autodesk Revit dalam melakukan perhitungan volume pekerjaan.

DAFTAR REFERENSI

Alimin, M., Imron, & Taulani, M. (2023). Penerapan Building Information Modelling (BIM) Autodesk Revit dalam Pembuatan Bar Bending Schedule (BBS) Pondasi Pile Cap Proyek Apartemen Jkt Living Star - Jakarta Timur. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 21-32. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v2i2.1599>

- Amri, S. I., Hardyanti, N., & Sumiyati, S. (2023). Analisis Perbandingan Quantity Take Off (QTO) Beton Menggunakan Metode Building Information Modelling (BIM) dan Metode Konvensional (Studi Kasus: Proyek Kantor PNM Cabang Jember). *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 1(6), 225-233. <https://doi.org/10.14710/jpii.2023.19025>
- Anwar, M. R., & Nurchasanah, Y. (2023). Perbandingan Quantity Take-Off Beton Antara Metode Konvensional Dengan Metode BIM Pada Gedung 13 Lantai. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 680-684. Retrieved from <https://proceedings.ums.ac.id/sipil/article/download/2780/2743/2823>
- Astuti, P., Kurnianto, R., & Puspitasari, S. D. (2023). Pemanfaatan Building Information Modelling (BIM) Pada Perancangan Struktur Baja. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(April), 84-94. <https://doi.org/10.24002/jts.v17i2.6371>
- Ferial, R., Hidayat, B., Pesela, R. C., & Daoed, D. (2021). Quantity Take-Off Berbasis Building Information Modeling (BIM) Studi Kasus: Gedung Bappeda Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 17(3), 228-238. <https://doi.org/10.25077/jrs.17.3.228-238.2021>
- Gunawan, M., & Kartika, N. (2021). Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pendahuluan. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 3(2), 407-420. <https://doi.org/10.37150/jsts.v3i2.1655>
- Ihsan, S. A., & Wacano, S. (2024). Analisis Perbandingan Perhitungan Quantity Take Off Menggunakan BIM Revit Dengan Metode Pembangunan Gedung RSPON. *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 336-343. Retrieved from <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/snts/article/download/2727/1906>
- Jonathan, R., & Anondho, B. (2021). Perbandingan Perhitungan Volume Pekerjaan Dak Beton Bertulang Antara Metode BIM Dengan Konvensional. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 4(1), 271-280. <https://doi.org/10.24912/jmts.v0i0.10473>
- Juliani, M. P., & Renaningsih, R. (2023). Analisa Perbandingan Volume Beton Metode Konvensional pada Hasil Bill of Quantity (BQ) dan BIM Autodesk Revit 2020 terhadap Efektifitas Biaya. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, 631-637. Retrieved from <https://proceedings.ums.ac.id/sipil/article/view/2773>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) (2018). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 22/PRT/M/2018 Tahun 2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara.
- Laorent, D., Nugraha, P., & Budiman, J. (2019). Analisa Quantity Take-Off Dengan Menggunakan Autodesk Revit. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 6(1), 1-8. <https://doi.org/10.9744/duts.6.1.1-8>
- Novita, R. D., & Pangestuti, E. K. (2021). Analisa Quantity Take Off dan Rencana Anggaran Biaya dengan Metode Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk Revit 2019 (Studi Kasus: Gedung LP3 Universitas Negeri Semarang). *Dinamika Teknik Sipil*, 14(1), 27-31. <https://doi.org/10.23917/dts.v14i1.15276>

- Pratama, A., & Marzuki, P. F. (2024). Kajian Implementasi BIM (Building Information Modeling) di Indonesia Berdasarkan Perspektif Pelaksana Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Kontraktor BUMN). *Jurnal Teknik Sipil*, 30(2), 277-296. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.2.15>
- PT. Garuda Yamato Steel. (2024). Garuda Yamato Steel Product Catalogue. Retrieved from <https://www.garudayamatosteel.com/wp-content/uploads/2024/07/GYS-Product-Catalogue-v11small.pdf>
- PT. Lintech Indo Pratama. (2019). Weight Table (Vol. 7666891). Retrieved from [https://www.lintech.co.id/files/Lintech](https://www.lintech.co.id/files/Lintech%20Standard.pdf) Standard.pdf
- 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), 13-22. <https://doi.org/10.26593/josc.v2i1.6135>
- Sholeh, G. I. (2025). Efektivitas dan Akurasi Metode Manual dan BIM dalam Perhitungan Volume Pile Cap dan Pembesian Bangunan Gedung. *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang Dan Teknik Sipil*, 3(2), 89-101. <https://doi.org/10.61132/konstruksi.v3i2.786>
- Soetjipto, J. W., Zarkasi, I. K., & Trisiana, A. (2023). Model Perancangan Pemeliharaan Bangunan Gedung Menggunakan Building Information Modeling (BIM). *Jurnal Teknik Sipil*, 18(1), 1-15. <https://doi.org/10.31815/jp.2023.18.1-15>
- Tigauw, F. M., Aprilianto, F., & Santoso, H. T. (2023). Analisa Perhitungan Quantity Material Take-Off (QMT0) Struktur Bawah Jembatan Tipe Skew dengan Menggunakan BIM Autodesk Revit. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 2(2), 58-65. <https://doi.org/10.56911/jik.v2i2.44>
- Zahrah, K., Lenggogeni, & Berliana, R. (2023). Implementasi BIM dalam Perhitungan Quantity Take-Off Pekerjaan Struktur dan Arsitektur Proyek RTCT Pertamina. *Jurnal Deformasi*, 8(2), 178-191. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v8i2.13407>
- Zakaria Rugas, Waluyo, R., & Almuntofa Purwantoro. (2024). Analisis Quantity Take Off Dengan Metode Building Information Modeling Pada Pekerjaan Struktur Gedung Poltekkes Palangka Raya. *Jurnal Saintis*, 24(01), 29-38. [https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24\(01\).16561](https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24(01).16561)