

EVALUASI PERHITUNGAN VOLUME PEKERJAAN, ANGGARAN BIAYA DAN WAKTU PEMBANGUNAN STRUKTUR DENGAN METODE BIM DAN KONVENSIIONAL

(STUDI KASUS: PROYEK REVITALISASI HALTE XXX TRANSJAKARTA HALTE XXX JAKARTA TIMUR DKI JAKARTA)

Mohammad Asri Friantori¹, Firdaus², Ely Mulyati³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bina Darma
Jl. Jendral A. Yani No. 03, Kota Palembang, Sumatera Selatan

Email: mfriantori@gmail.com, firdaus.dr@binadarma.ac.id, ely.mulyati@binadarma.ac.id

ABSTRAK

Analisis perbandingan biaya menggunakan konsep BIM merupakan hal yang penting untuk diimplementasikan, agar dapat mengetahui seberapa besar pengaruh BIM terhadap biaya proyek dan seberapa efektif penggunaan BIM dalam mengurangi biaya proyek secara maksimal. Penggunaan BIM pada suatu proyek konstruksi dapat menghemat waktu 50% lebih cepat dari pada menggunakan metode konvensional. Ini dikarenakan metode konvensional tidak dapat merencanakan sebuah desain bangunan secara bersamaan, berbeda dengan BIM, metode yang diberikan untuk pengguna/perencana bisa berkolaborasi antar desain yang dibuat secara bersamaan, sehingga pada proses perencanaan tidak ada lagi pekerjaan yang tertunda. Salah satu sarana yang harus ditingkatkan adalah halte bus rapid transit, yang mana transportasi umum yang semakin meningkat terutama di daerah ibukota DKI Jakarta jumlah populasi manusia yang semakin meningkat maka kebutuhan dasar manusia untuk bergerak juga harus ditingkatkan. Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan berfokus pada Revitalisasi Halte XXX Transjakarta Halte XXX yang mana akan melakukan penelitian terkait biaya dan waktu menggunakan metode Building Information Modelling (BIM) dengan program Autodesk Revit. Berdasarkan hal tersebut maka, penulis yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan efektivitas penggunaan metode BIM dan konvensional untuk menghitung volume pekerjaan, anggaran biaya dan waktu. Metode penelitian yaitu dengan melakukan studi literatur untuk mendapatkan data-data yang akan dimodelkan menggunakan perangkat lunak Autodesk. Berdasarkan hasil penelitian volume beton total menunjukkan volume konvensional lebih mendekati aktual yaitu -5,04% atau -37.90m³ sedangkan volume BIM terhadap aktual yaitu -5,04% atau -37.90m³ dan pada volume tulangan total menunjukkan volume konvensional lebih mendekati aktual yaitu 2,52% atau -2.116,41kg sedangkan volume BIM terhadap Aktual yaitu -3,15% atau -2.630,59kg. Selanjutnya perhitungan biaya beton total dengan aktual menunjukkan biaya konvensional lebih mendekati aktual yaitu yaitu -5,04% atau -Rp34.150.157,91, sedangkan biaya BIM terhadap aktual yaitu -5,19% atau -Rp35.110.720,54, sedangkan selisih estimasi harga atau biaya tulangan total dengan aktual menunjukkan biaya konvensional lebih mendekati aktual yaitu -2,52% atau -Rp35.145.093,36, sedangkan biaya BIM atau Revit terhadap aktual -3,15% atau -Rp43.683.037,32.

Kunci: *Building Innovation Modelling (BIM), Autodesk Revit, Volume, Biaya*

ABSTRACT

Cost comparison analysis using BIM concept is important to be implemented in order to find out how much influence BIM has on project costs and how effective the use of BIM is in project cost reduction to the maximum. Using BIM in a construction project can save 50% more time than using conventional methods. This is because conventional methods cannot design a building simultaneously, whereas BIM allows the users/designers to collaborate between designs that are made simultaneously, thus eliminating delayed work in the design process. One of the facilities that need to be improved is the Bus Rapid Transit shelter, where public transportation is increasing, especially in the capital city of DKI Jakarta, the number of human population is increasing, so the basic human needs for moving must also be improved. Therefore, this final project will focus on the revitalization of Transjakarta XXX Shelter XXX, which will conduct research related to cost and time using the Building Information Modeling (BIM) method with the Autodesk Revit program. Based on this, the author aims to determine the comparison of the effectiveness of using BIM and conventional methods to calculate the volume of work, cost and time budget. The research method is to conduct a literature study to obtain data that will be modeled using Autodesk software. Based on the research results, the total concrete volume shows

that the conventional volume is closer to the actual, which is -5.04% or -37.90m³, while the BIM volume to the actual is -5.04% or -37.90m³ and the total reinforcement volume shows that the conventional volume is closer to the actual, which is 2.52% or -2,116.41kg, while the BIM volume to the actual is -3.15% or -2,630.59kg. Furthermore, the calculation of the total concrete cost with the actual shows that the conventional cost is closer to the actual, which is -5.04% or -Rp34,150,157.91, while the BIM cost to the actual is -5.19% or -Rp35,110,720.54, while the difference in the estimated price or total reinforcement cost with the actual shows that the conventional cost is closer to the actual, which is -2.52% or -Rp35,145,093.36, while the BIM or Revit cost to the actual is -3.15% or -Rp43,683,037.32.

Keywords: *Building Innovation Modeling (BIM), Autodesk Revit, Volume, Cost.*

1. PENDAHULUAN

Analisis perbandingan biaya menggunakan konsep BIM merupakan hal yang penting untuk diimplementasikan, agar dapat mengetahui seberapa besar pengaruh BIM terhadap biaya proyek dan seberapa efektif penggunaan BIM dalam mengurangi biaya proyek secara maksimal [1]. Penggunaan BIM pada suatu proyek konstruksi dapat menghemat waktu 50% lebih cepat dari pada menggunakan metode konvensional [2]. Ini dikarenakan metode konvensional tidak dapat merencanakan sebuah desain bangunan secara bersamaan, berbeda dengan BIM, metode yang diberikan untuk pengguna/perencana bisa berkolaborasi antar desain yang dibuat secara bersamaan, sehingga pada proses perencanaan tidak ada lagi pekerjaan yang tertunda [3].

Manajemen proyek adalah proses perencanaan, pengorganisasian, dan pengelolaan sumber daya untuk mencapai tujuan proyek dalam batasan waktu, anggaran, dan ruang lingkup yang ditetapkan [4]. Perhitungan volume pekerjaan, anggaran biaya, dan waktu pembangunan struktur merupakan elemen-elemen kunci yang mempengaruhi kesuksesan proyek. Metode yang digunakan untuk perhitungan ini—baik metode *Building Information Modeling* (BIM) maupun metode konvensional—memiliki dampak signifikan terhadap bagaimana manajemen proyek dijalankan [5].

Dalam dunia konstruksi, perhitungan volume pekerjaan, anggaran biaya, dan waktu pembangunan adalah komponen krusial dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek [6][7]. Kedua metode yang sering digunakan dalam perhitungan ini adalah metode *Building Information Modeling* (BIM) dan metode konvensional. Salah satu sarana yang harus ditingkatkan adalah halte bus rapid transit, yang mana transportasi umum yang semakin meningkat terutama di daerah ibukota DKI Jakarta jumlah populasi manusia yang semakin meningkat maka kebutuhan dasar manusia untuk bergerak juga harus ditingkatkan.

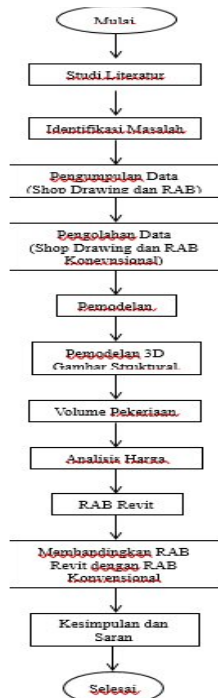
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan daftar kuantitas dan hasil perhitungan RAB dari *modelling* yang dihasilkan dari *software Autodesk Revit*. Selain itu, untuk mengetahui selisih dari volume dan RAB dari perhitungan *software Autodesk Revit* dengan konvensional dari pihak kontraktor [8].

2. METODE PENELITIAN

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur dengan mencari referensi dari

jurnal, skripsi atau penelitian terdahulu, buku dan artikel yang berkaitan dengan *Building Information Modelling* (BIM). Kemudian melakukan identifikasi masalah dan analisa proyek Revitalisasi Halte XXX Transjakarta (Tahap struktur bawah Pondasi & Pilecap) untuk dimodelkan dalam permodelan BIM dengan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Revit* [9]. Selanjutnya, melakukan pengumpulan data- diantaranya *shop drawing* dan BOQ gedung dari pelaksana proyek *Revitalisasi Halte XXX Transjakarta* (Tahap struktur bawah Pondasi & Pilecap) untuk dilakukan pemodelan menggunakan program bantu perangkat lunak *Autodesk Revit* [10]. Hasil pemodelan dapat digunakan untuk analisis volume pekerjaan dan analisis harga satuan serta membandingkan Rencana Anggaran Biaya Konvensional dengan Rencana Anggaran Biaya menggunakan perangkat lunak *Autodesk Revit* [11][12][13].

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat laptop yang dilengkapi program Autodesk Revit sebagai alat bantu untuk permodelan *Revitalisasi Halte XXX Transjakarta XXX* (Tahap struktur bawah Pondasi & Pilecap) dan *Microsoft Excel* sebagai alat bantu analisis perbandingan RAB Konvensional dan RAB pada *software Autodesk Revit*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data *shop drawing* dan BOQ *Revitalisasi Halte XXX Transjakarta* (Tahap struktur bawah Pondasi & Pilecap). Data tersebut diperoleh dari pelaksana proyek PT. XYZ (Persero) Tbk.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Pengerjaan Autodesk Revit

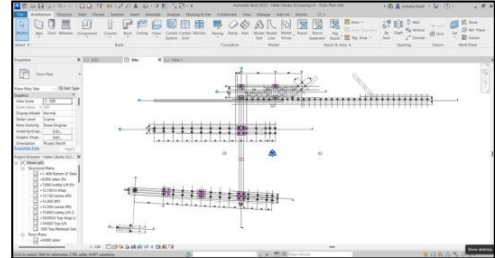
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemodelan Menggunakan Software Autodesk Revit

Setiap tahapan pemodelan telah dilakukan dengan tahapan yang ada, oleh karena itu penelitian dapat disampaikan dan dijelaskan dengan detail mengenai tahapan atau langkah-langkah yang didapatkan.

a. Denah Bangunan dari autocad ke autodesk revit

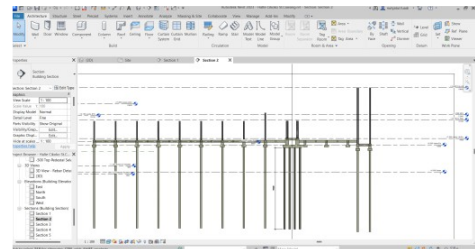
Masukkan denah bangunan dari autocad ke autodesk revit guna membuat grid atau batasan yang sesuai dengan gambar desain.



Gambar 3. Tampilan Grid Sesuai Denah

b. Penentuan elevasi

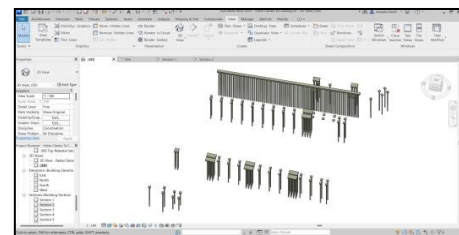
Penentuan elevasi sebagai acuan untuk pembuatan pada level ketinggian tertentu.



Gambar 4. Tampilan Elevasi Sesuai Drawing

c. Pemodelan Pondasi Bored Pile Dan Pile Cap

Pemodelan pondasi Bored Pile dan Pile Cap sesuai ukuran dan tempat yang telah ditetapkan pada data drawing dan koordinat. Pemodelan Bored Pile dan Pile Cap dilakukan dengan cara terpisah yaitu dengan membuat family baru terlebih dahulu lalu diimport ke dalam file project pada Autodesk Revit.



Gambar 5. Pemodelan 3D Bored Pile Dan Pile Cap

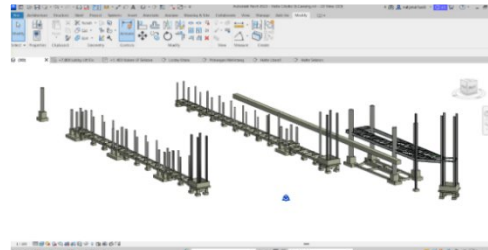
Ukuran Pilecap yang digunakan pada pemodelan ini berbeda-beda yang mana perbedaan tersebut berada pada dimensi dan jumlah Bored Pile yang terdapat pada 1 struktur Pile Cap. Untuk perbedaan dimensinya terdapat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Tipe-Tipe Pile Cap

Lokasi	Tipe Pilecap (mm)		Jumlah
Lobby Utara	Pilecap PC-1A	1000x1000x500	2
	Pilecap PC-1B	1000x1000x500	5
	Pilecap PC-6	3200x2000x700	4
Halte Utara	Pilecap PC-1C	1000x1000x500	18
	Pilecap PC-1D	1000x1000x500	4
	Pilecap PC-1F	1000x1000x500	6
	Pilecap PC-8A	4400x2000x700	2
Halte Selatan	Pilecap PC-1C	1000x1000x500	16
	Pilecap PC-1D	1000x1000x500	4
	Pilecap PC-4B	2000x2000x700	1
	Pilecap PC-8A	4400x2000x700	4
	Pilecap PC-8B	4400x2000x700	2

d. Pemodelan Struktur *Pedestal, Tie Beam* Dan *Pit Lift*

Pemodelan struktur *pedestal, tie beam* dan *pit lift* sesuai ukuran dan tempat yang telah ditetapkan pada data *drawing* dan koordinat. Pemodelan struktur *pedestal, tie beam* dan *pit lift* dilakukan dengan cara yang sama dengan pemodelan *boredpile* dan *pilecap* yaitu dengan membuat *family* baru terlebih dahulu lalu di-import ke dalam file *project* pada *Autodesk Revit*.

**Gambar 6.** Pemodelan 3D *Pedestal, Tie Beam* Dan *Pit Lift*

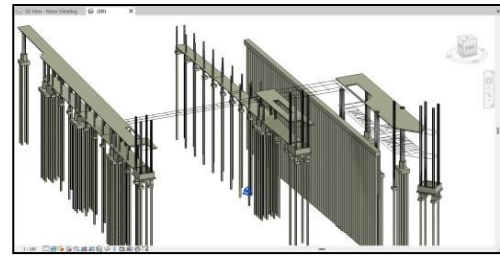
Perbedaan *pedestal, tie beam* dan *pit lift* berada pada tipe dan dimensi atau ukuran dari tiap-tiap tipe nya yang tertera pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Tipe-Tipe *Pedestal, Tie Beam* Dan *Pit Lift*

Lokasi	Tipe Pilecap (mm)		Tipe Tie Beam		Tipe Pit I	
Lobby Utara	PC-1A	600x600x1050	TB-1	300x500	1	4450
	PC-1B	650x550x1050				500x1200
	PC-1E	500x500x1050				
	PC-6	1500x1500x1550				
Halte Utara	PC-1C	500x500x1050	TB-2	250x500	2	4300
	PC-1D	550x550x1050				000x1200
	PC-1F	500x500x1050				
	PC-8A	800x800x1550				
Halte Selatan	PC-1C	500x500x1050	TB-2	250x500	3	4300
	PC-1D	550x550x1050				000x1200
	PC-4B	1300x1300x1500				
	PC-8A	800x800x1550				
	PC-8B	800x800x1550				

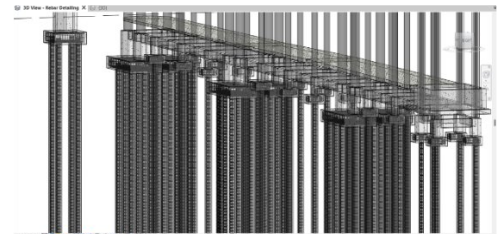
e. Pemodelan Struktur *Ground Slab* Dan *Suspended Slab*

Pemodelan struktur *Ground Slab* dan *Suspended Slab* sesuai ukuran dan tempat yang telah ditetapkan pada data *drawing* dan koordinat. Pemodelan struktur *Ground Slab* dan *Suspended Slab* dilakukan dengan cara yang sama dengan pemodelan sebelumnya yaitu dengan membuat *family* baru terlebih dahulu lalu di-import ke dalam file *project* pada *Autodesk Revit*.

**Gambar 7.** Pemodelan *Ground Slab* Dan *Plat* Lantai

f. Pemodelan Penulangan

Pemodelan 3D *Revit* yang sudah selesai sesuai *drawing* setelahnya dilanjut pemodelan penulangan rebar pada tiap masing-masing struktur. Pada pemodelan penulangan rebar pada *Revit* dibuat dengan berdasarkan gambar *drawing*.

**Gambar 8.** Pemodelan Penulangan Rebar

2. Volume Kuantitas Dari *Software Revit* dan Konvensional *Ms. Excel*

Volume kuantitas pada *Software Revit* dapat dikeluarkan secara otomatis dengan fitur yang terdapat pada *Software Revit*. Pada perhitungan ini hal yang harus dilakukan pertama kali ialah memasukkan data-data yang diperlukan pada tiap-tiap model struktur yang sudah dibuat. Adapun data-data yang dimasukkan ialah seperti keterangan nama struktur sampai jumlah harga per-masing-masing item.

a. Volume Kuantitas *Bored Pile* Dan *Pilecap*

Pada perhitungan volume kuantitas *Bored Pile* & *Pilecap* dimasukkan beberapa item untuk menunjang data-data yang diperlukan seperti *family, count, cost, volume* dan jumlah *cost*.

Gambar 9. Perhitungan Volume *Bored Pile* dari *Revit*

Pada perhitungan volume kuantitas *Bored Pile* dari konvensional atau excel dihitung dengan cara menghitung volume yang mana berdasarkan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Bored Pile : } m^2 &= \pi r^2 \\
 m^2 &= 3.14.D/2^2 \\
 m^2 &= 3.14.0.4/2^2 \\
 &= 0.1257m^2 \\
 : m^3 &= 0.1257 \times 19 \\
 &= 2.3876m^3 / \text{Bored Pile (Dia.0.4m, L19m)}
 \end{aligned}$$

Gambar 10. Perhitungan Volume *Pilecap* dari *Revit*

Pada perhitungan volume kuantitas *Pilecap* dari konvensional atau *excel* dihitung dengan cara menghitung volume yang mana berdasarkan perhitungan berikut:

2. *Pilecap*: $m^3 = P \times L \times T$
 $m^3 = 1.0 \times 1.0 \times 0.5$

...n untuk pekerjaan Bor...
pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Perbandingan Volume dan Harga Pekerjaan *Bored Pile* dan *Pilecap*

b. Volume Kuantitas Pedestal

Quantity Concrete Bored Pile & Pil...							Quantity Pedestal X
<Quantity Pedestal>							
A	B	C	D	E	F	G	
Mark	Pier	Count	Structural Material	Cost	Volume	jumlah Co	
Halka Utara	Pedestal PC-10	1	Beton - Instu - 30 MPa	801.184.86	8.375 m ³	339.20	

Gambar 11. Perhitungan Volume *Pedestal* dari *Revit*

Pada perhitungan volume kuantitas Pedestrian dari konvensional atau excel dihitung dengan cara menghitung luasan terlebih dahulu baru dikali tinggi untuk mencari volume yang mana berdasarkan perhitungan berikut:

1. Pedestal : $A(= 2(\sqrt{1} + \sqrt{2})x s^2$
 $(A = 2(\sqrt{1} + \sqrt{2})x 0.2069$
 $= 0.207m^2$
 $: m^3 = 0.207x1.05$
 $= 0.22m^3/\text{Pedestal PC-1C}$

Tabel 4. Perbandingan Volume dan Harga Pekerjaan *Pedestal*

No	Urutan Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	BIM	Deviasi (BIM dan Konv. %)	Deviasi (BIM dan Konv. %)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(6)/(5)	(8)=(6)/(5)x100%
1	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	m3	Rp. 901.164,85	41,70	41,28	-0,43	-1,03%
2	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	Rp	Rp. 37.578.574,26	Rp. 37.195.579,20	-Rp. 382.995,06		-1,03%
3	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	Kg	Rp. 16.606,00	8.867,12	8.845,25	-21,88	-0,25%
4	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	Rp	Rp. 147.247.441,29	Rp. 146.884.152,82	-Rp. 363.288,47		-0,25%

dengan cara menghitung volume yang mana berdasarkan perhitungan berikut:

a. $m^3 = PxLxT$
 $m^3 = 4.45x3.85x0.3$
 $= 5.140m^3$

b. $m^3 = PxLxT$
 $m^3 = 3.65 \times 0.20 \times 1.20$
 $= 1.752 m^3$

c. $m^3 = PxLxT$
 $m^3 = 3.45x0.20x1.20$
 $= 1.656m^3$
Total = 1.656m³

Tabel 5. Perbandingan Volume dan Harga Pekerjaan *Tie Beam & Pit Lift*

No	Urutan Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	BIM	Deviasi (BIM dan Konv.)	Deviasi (BIM dan Konv. %)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(6)-(5)	(8)=(6)-(5)/6x100%
9	Pekerjaan Tie Beam	m3	Rp. 901.164,85	51,47	54,63	3,16	5,78%
10	Pekerjaan Tie Beam	Rp	46.385.658,35	Rp. 49.230.635,78	Rp. 2.844.977,43		5,78%
11	Pekerjaan Tie Beam	kg	Rp. 16.606,00	9.983,46	10.199,83	216,37	2,12%
12	Pekerjaan Tie Beam	Rp	165.785.263,69	Rp. 169.378.364,90	Rp. 3.593.101,20		2,12%
13	Pekerjaan Pit Lift	m3	Rp. 901.164,85	24,87	25,30	0,43	1,70%
14	Pekerjaan Pit Lift	Rp	22.411.969,83	Rp. 22.799.470,72	Rp. 387.500,89		1,70%
15	Pekerjaan Pit Lift	kg	Rp. 16.606,00	3.428,81	3.477,42	48,61	1,40%
16	Pekerjaan Pit Lift	Rp	56.938.795,07	Rp. 57.746.061,43	Rp. 807.266,36		1,40%

Pada perhitungan volume kuantitas Pedestal dimasukkan beberapa item untuk menunjang data-data yang diperlukan seperti *family*, *structural material*, *length*, *count*, *cost*, *volume* dan jumlah *cost*.

Pada perhitungan volume kuantitas *Tie Beam* dari konvensional atau *excel* dihitung dengan cara menghitung volume yang berdasarkan perhitungan berikut:

1. *Tie Beam*: $m^3 = P \times L \times T$
 $m^3 = 0.25 \times 4.90 \times 0.5$
 $= 0.735 m^3 / \text{Tie Beam}$
 $L = 4.90 \text{m Type 2}$

[illegible][illegible]

Gambar 14. Perhitungan Volume *Caping Beam & Slab*

Pada perhitungan volume kuantitas *Pit Lift* dari konvensional atau *excel* dihitung

Pada perhitungan volume kuantitas *Caping Beam* dari konvensional atau *excel* dihitung dengan cara menghitung volume yang berdasarkan perhitungan berikut:

$$1. \text{ Caping Beam : } m^3 = PxLxT$$

$$m^3 = 68.740x1.15x1$$

$$= 79.051m^3 / \text{Caping Beam}$$

Dari data perhitungan konvensional dan pengeluaran volume dari *Revit* didapatkan hasil perbandingan untuk pekerjaan *Caping Beam* dan *Slab* pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Perbandingan Volume dan Harga Pekerjaan *Caping Beam & Slab*

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	BIM	Deviasi (BIM dan Konv.)	Deviasi (BIM Konv. %)
1	Pekerjaan Plat Lantai 1	m3	Rp. 901.164,85	83,52	82,11	-1,41	-1,72%
2	Pekerjaan Plat Lantai 1	Rp		Rp. 75.267.011,55	73.994.645,87	-Rp. 1.272.365,67	-1,72%
3	Pekerjaan Plat Lantai 1	kg	Rp. 16.606,00	152,36	151,32	-1,04	-0,69%
4	Pekerjaan Plat Lantai 1	Rp		Rp. 2.530.151,07	2.512.854,62	-Rp. 17.296,45	-0,69%
5	Pekerjaan Caping Beam	m3	Rp. 901.164,85	80,20	79,05	-1,15	-1,46%
6	Pekerjaan Caping Beam	Rp		Rp. 72.274.322,17	71.237.081,43	-Rp. 1.037.240,74	-1,46%
7	Pekerjaan Caping Beam	kg	Rp. 16.606,00	8.971,04	8.873,68	-97,36	-1,10%
8	Pekerjaan Caping Beam	Rp		Rp. 148.973.152,40	147.356.343,05	-Rp. 1.616.809,35	-1,10%
9	Pekerjaan Plat Lantai 2	m3	Rp. 901.164,85	54,66	53,90	-0,76	-1,41%
10	Pekerjaan Plat Lantai 2	Rp		Rp. 49.257.670,73	48.572.785,44	-Rp. 684.885,29	-1,41%
11	Pekerjaan Plat Lantai 2	kg	Rp. 16.606,00	658,96	650,14	-8,82	-1,36%
12	Pekerjaan Plat Lantai 2	Rp		Rp. 10.942.656,55	10.796.233,56	-Rp. 146.422,99	-1,36%

a) Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan yang dibuat dalam pembangunan proyek Revitalisasi Halte XXX XXX menggunakan Referensi Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022, Bagian IV AHSP Bidang Cipta Karya dan Pemukiman. Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk tenaga kerja dan peralatan, volume dan/atau ukuran berat untuk bahan-bahan, adapun kuantitas satuan ialah kuantitas setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari mata pembayaran.

ANALISA HARGA SATUAN						
UPAH PEKERJAAN						
Item : Pekerjaan 1 m3 Pengecoran Beton Ready						
No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA						
Pengecoran						
	Pekerja	Oh	0,400		189.666,00	75.866,40
	Tukang Batu	Oh	0,100		199.528,00	19.952,80
	Kapala Tukang	Oh	0,010		216.838,00	2.168,38
	Handor	Oh	0,040		229.424,00	9.176,96
Pompa						
	Pekerja	Oh	0,160		189.666,00	30.346,56
	Handor	Oh	0,016		229.424,00	3.670,78
Pemadatan						
	Pekerja	Oh	0,080		189.666,00	15.173,28
	Handor	Oh	0,008		229.424,00	1.835,39
D	Jumlah					158.190,56
E	Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)			0% x D		-
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					158.191,00

Gambar 15. Analisis Harga Satuan Pekerjaan Lm3 Pengecoran Beton Ready Mix

		URAIAN PEKERJAAN		SAT	VOLUME	KONTROL HARGA SATUAN (Rp)		KUMULAH (Rp)
58	Pekerjaan Tie Beam							
59	Besi Beton	kg	10.395,81		16.800,00		174.318.364,16	
60	Beton Ready Mix K30	m3	88,52		901.164,85		79.452.388,43	
61	Sealing Plastik	m2	380,71		121.744,00		46.261.078,13	
62	Pengantar Baru Jarak Lantai	m2						
63	Pengantar Beton	m2						
64	Pengantar Beton	m2						
65	POKOKAN LAMPIU 1							
66	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton							
67	Besi Beton	kg	8.807,12		16.800,00		147.207.441,28	
68	Beton Ready Mix K30	m3	83,52		901.164,85		75.267.011,55	
69	Sealing Plastik	m2	202,08		228.728,99		46.261.078,13	
70	Pengantar Pile Lift							
71	Beton Ready Mix K30	m3	8,41		901.164,85		8.478.158,16	
72	Sealing Plastik	m2	84,08		121.744,00		10.135.718,40	
73	Besi Beton	kg	3.428,61		16.800,00		57.608.795,07	
74	Lantai Beton T 25 cm	m3	1,74		166.783,71		1.359.203,21	
75	Pengantar T 15 cm	m3	3,48		206.383,21		713.131,68	

Gambar 16. Harga Satuan Pekerjaan Struktur

1) Perbandingan Rencana Anggaran Biaya Konvensional dan BIM Terhadap Aktual

Rencana anggaran biaya akan menjadi acuan pelaksanaan aktivitas mulai dari pemilihan berbagai komponen pendukung seperti material, pihak penyedia, alat berat dan lain sebagainya hingga pengawasan pelaksanaan pekerjaan. Maka dari itu penelitian ini melakukan perbandingan antara Rencana Anggaran Biaya Konvensional dengan Rencana Anggaran Biaya menggunakan *Software Revit* dengan metode *Building Information Modelling* (BIM) terhadap Anggaran Biaya Aktual.

a. Perbandingan Volume Beton

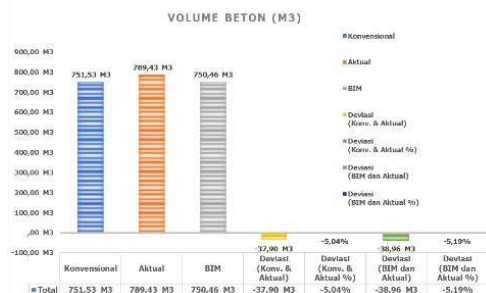
Perhitungan volume beton berdasarkan data konvensional dan BIM terhadap aktual dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut dibawah ini :

Tabel 7. Perbandingan Volume Beton Terhadap Aktual

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Deviasi (Konv. & Aktual)	Deviasi (Konv. & Aktual) %	Deviasi (BIM dan Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual) %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)=(7)-(6)	(9)=(8)-(5)x100%	9=6-5	10=(7)-(6)x100 %
1	Pekerjaan Bored Pile 40cm	m3	Rp. 901.164,85	317,60	339,27	317,54	-21,67	-6,82%	-21,73	-6,84%
2	Pekerjaan Pile Pilecap	m3	Rp. 901.164,85	97,50	101,22	96,66	-3,72	-3,82%	-4,56	-4,72%
3	Pekerjaan Tie Beam	m3	Rp. 901.164,85	51,47	58,76	54,63	-7,29	-14,16%	-4,13	-7,56%
4	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	m3	Rp. 901.164,85	41,70	43,25	41,28	-1,55	-3,72%	-1,98	-4,79%
5	Pekerjaan Pile Lift	m3	Rp. 901.164,85	24,87	25,48	25,30	-0,61	-2,45%	-0,18	-0,71%
6	Pekerjaan Plat Lantai 1	m3	Rp. 901.164,85	83,52	85,67	82,11	-2,15	-2,57%	-3,56	-4,33%
7	Pekerjaan Caping Beam	m3	Rp. 901.164,85	80,20	82,15	79,05	-1,95	-2,43%	-3,10	-3,92%
8	Pekerjaan Plat Lantai 2	m3	Rp. 901.164,85	54,66	53,62	53,90	1,04	1,90%	0,28	0,52%

Tabel 8. Perbandingan Volume Beton Total Terhadap Aktual

Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Deviasi (Konv. & Aktual)	Deviasi (Konv. & Aktual) %	Deviasi (BIM dan Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual) %
Beton	m3	1252,60	Rp. 751,53	Rp. 789,43	Rp. 750,46	Rp. 37,90	-5,04%	-Rp. 38,96	-5,19%



Gambar 17. Perbandingan Volume Beton Metode Konvensional dan BIM

Dari Table 7, 8 dan Gambar 18, menunjukkan bahwa perhitungan volume beton total dengan menggunakan metode BIM lebih kecil yaitu 750.46m³ dari pada menggunakan metode konvensional yaitu 751.53m³ yang mana dari 2 metode ini, volume keluaran konvensional lebih mendekati volume secara aktual yaitu -5.04% atau -37.90m³ sedangkan volume BIM terhadap aktual yaitu -5.19% atau -38.96m³, yang jika dilihat dari data tabel serta grafik diatas minus (-) menunjukan volume BIM dan konvensional lebih kecil dari pada volume aktual.

Adapun dari hasil perbandingan BIM dan konvensional diatas yang menunjukkan volume konvensional lebih mendekati aktual, dikarenakan pada perhitungan Revit sudah otomatis menghitung dengan sistem aplikasi yang masih perlu ditinjau kembali dengan perhitungan konvensional, dan juga karena BIM atau Revit bisa langsung mengurangi volume beton terhadap pembesian didalam nya, sehingga menyebabkan volume keluaran dari BIM bisa lebih rendah dari perhitungan konvensional.

b. Perbandingan Volume Tulangan

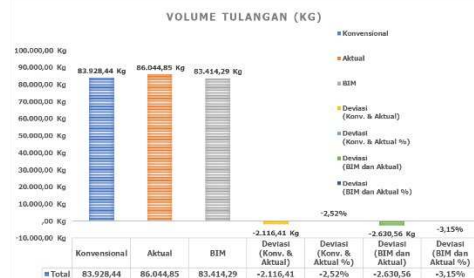
Perhitungan volume tulangan berdasarkan data konvensional dan BIM terhadap aktual dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut dibawah ini :

Tabel 9. Perbandingan Volume Tulangan Terhadap Aktual

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Deviasi (Konv. & Aktual)	Deviasi (Konv. & Aktual%)	Deviasi (BIM dan Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)=(7)-(6)	(9)=(8)-(5)x100%	9-6-5	(10)=(7)-(6)/(7)x100%
1	Pekerjaan Bored Pile 40cm	kg	Rp 16.606,00	44.253,69	45.454,74	43.639,97	-1.201,05	-2,71%	-814,77	-1,83%
2	Pekerjaan Pier-Pilecap	kg	Rp 16.606,00	7.612,9	7.781,2	7.576,6	-165,25	-2,21%	-204,56	-2,70%
3	Pekerjaan Tie Beam	kg	Rp 16.606,00	9.983,4	10.375,21	10.199,83	-391,75	-3,92%	-175,38	-1,72%
4	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	kg	Rp 16.606,00	8.867,1	8.984,5	8.845,2	-117,40	-1,32%	-139,28	-1,57%
5	Pekerjaan Pit Lift	kg	Rp 16.606,00	3.428,1	3.479,3	3.477,4	-51,12	-1,49%	-2,51	-0,07%
6	Pekerjaan Plat Lantai	kg	Rp 16.606,00	152,36	155,89	151,32	-3,52	-2,31%	-2,56	-1,66%
7	Pekerjaan Capping Beam	kg	Rp 16.606,00	8.971,0	8.873,6	8.873,6	-97,4	-1,08%	-288,59	-3,22%
8	Pekerjaan Plat Lantai 2	kg	Rp 16.606,00	658,96	650,14	650,14	-8,82	-1,34%	-0,91	-0,14%

Tabel 10. Perbandingan Volume Tulangan Total Terhadap Aktual

Uraian Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Deviasi (Konv. & Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual%)
Tulangan	kg	83.928,44	86.044,85	83.414,29	-2.116,41	-2.630,56	-3,15%



Gambar 18. Perbandingan Berat Total Tulangan Metode Konvensional dan BIM

Dari Table 9, 10 dan Gambar 25, menunjukkan bahwa perhitungan volume tulangan total dengan menggunakan metode BIM lebih kecil yaitu sebesar 83.416,29kg dari pada menggunakan metode konvensional yaitu 83.928,44kg, yang mana dari 2 metode ini volume keluaran konvensional lebih mendekati volume secara aktual yaitu -2,52% atau -2.116,41kg sedangkan volume BIM terhadap aktual yaitu -3,15% atau -2.630,59kg, yang jika dilihat dari data tabel serta grafik diatas, minus (-) menunjukan volume BIM dan konvensional lebih kecil dari pada volume aktual.

Adapun dari hasil perbandingan BIM dan konvensional diatas yang menunjukkan volume konvensional lebih mendekati aktual, dikarenakan pada perhitungan pembesian pada BIM data yang dimasukkan walaupun sudah sesuai panjang berdasarkan *drawing*, Revit sering otomatis mengurangi panjang nya sendiri walau hanya hitungan *centimeter/cm* yang mana ini akan menyebabkan berat dari tulangan atau pembesian yang dimodelkan lebih kecil.

c. Perbandingan Biaya Beton

Perhitungan biaya beton berdasarkan data konvensional dan BIM terhadap aktual dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut dibawah ini :

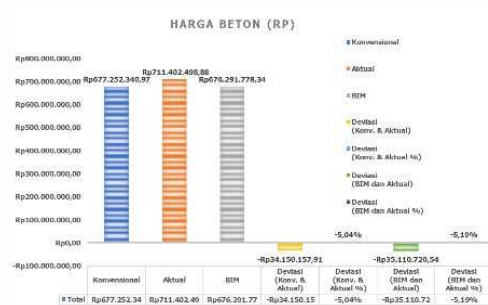
Tabel 11. Perbandingan Biaya Beton Terhadap Aktual

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Deviasi (Konv. & Aktual)	Deviasi (Konv. & Aktual%)	Deviasi (BIM dan Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)=(7)-(6)	9-6-5	(10)=(7)-(6)/(7)x100%
1	Pekerjaan Bored Pile 40cm	Rp	286.213.561,17	305.738.196,82	286.151.787,7	Rp. 19.52	-6,82%	Rp. 19.581.411,04	-6,84%
2	Pekerjaan Pier-Pilecap	Rp	87.863.572,92	91.215.906,16	87.877.104,7	Rp. 3.332	-3,82%	Rp. 4.111.114,05	-4,72%
3	Pekerjaan Tie Beam	Rp	46.385.658,35	52.952.446,61	46.385.658,35	Rp. 49.230,6	-14,16%	Rp. 3.721.810,83	-7,56%
4	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	Rp	37.578.574,26	38.978.000,37	37.578.574,26	Rp. 37.195,5	-3,72%	Rp. 1.782.421,17	-4,79%
5	Pekerjaan Pit Lift	Rp	22.411.969,83	22.961.680,39	22.411.969,83	Rp. 22.799,4	-2,45%	Rp. 162.209,67	-0,71%
6	Pekerjaan Plat Lantai 1	Rp	75.267.011,55	77.201.373,74	75.267.011,55	Rp. 73.99	-2,57%	Rp. 320.727,87	-4,33%
7	Pekerjaan Capping Beam	Rp	72.274.322,17	74.033.117,80	72.274.322,17	Rp. 71.237,0	-2,43%	Rp. 2.796.036,3	-3,92%

					81,43	-795,63		7
8	Pekerjaan Plat Lantai 2	Rp	Rp 49.257.670,73	Rp 48.321.774,98	Rp 48.572,7	Rp 935,8	1,90%	Rp 251.010,46
					85,44	95,74		

Tabel 12. Perbandingan Biaya Beton Total Terhadap Aktual

Urutan Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Deviasi (Konv. & Aktual)	Deviasi (Konv. & Aktual %)	Deviasi (BIM dan Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual %)
Beton	Rp	Rp 677.252.340,97	Rp 711.402.498,88	Rp 676.291.778,34	-Rp 34.150.157,91	-5,04%	-Rp 35.110.720,54	-5,19%



Gambar 19. Perbandingan Harga Total Beton Metode Konvensional dan BIM

Dari Table 11, 12 dan Gambar 20, menunjukkan bahwa perhitungan biaya beton total dengan menggunakan metode konvensional lebih besar yaitu sebesar Rp677.252.340,97 dari pada menggunakan metode BIM yaitu Rp676.291.778,34, yang mana dari 2 metode ini volume keluaran konvensional lebih mendekati biaya secara aktual yaitu -5,04% atau -Rp34.150.157,91, sedangkan biaya BIM terhadap aktual yaitu -5,19% atau -Rp35.110.720,54, yang jika dilihat dari data tabel serta grafik diatas, minus (-) menunjukan volume BIM dan konvensional lebih kecil dari pada volume aktual.

Adapun dari hasil perbandingan BIM dan konvensional diatas yang menunjukkan biaya konvensional lebih mendekati aktual, dikarenakan pada perhitungan volume beton sebelumnya volume pada konvensional sudah lebih besar dari BIM jadi secara biaya atau harga akan mengikuti volume yang tersebut.

d. Perbandingan Biaya Tulangan

Perhitungan biaya tulangan berdasarkan data konvensional dan BIM terhadap aktual dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut dibawah ini :

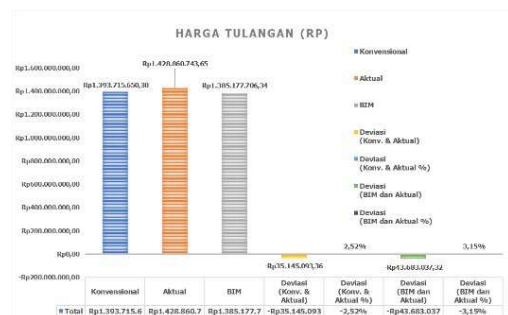
Tabel 13. Perbandingan Biaya Tulangan Terhadap Aktual

No	Urutan Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Deviasi (Konv. & Aktual)	Deviasi (Konv. & Aktual %)	Deviasi (BIM dan Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual %)
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)=(7)-(5)	(8)/(5)x100%	(9)=(6)-(7)	(9)/(7)x100%
1	Pekerjaan Bored Pile 40cm	Rp	Rp 734.876.809,31	Rp 754.821.365,92	Rp 723.770,13	Rp 4.685	-2,71%	Rp30.135.995,78	4,16%
2	Pekerjaan PlierPilecap	Rp	Rp 126.421.380,91	Rp 129.215.293,43	Rp 5.818.325,8	Rp 2.793	-2,21%	Rp 3.396,9	2,70%

					3				
3	Pekerjaan Tie Beam	Rp	Rp.165.785.263,6 9	Rp.172.290.677,44	Rp.16 9.378 364,0	-	-3,92%	Rp 2.912,3 12,54	-1,72%
4	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	Rp	Rp.147.247.441,29	Rp.149.196,9 97,41	Rp.14 6.884 152,8	Rp.1.949 556,12	-1,32%	Rp 2.312,8 44,60	1,57%
5	Pekerjaan Pit Lift	Rp	Rp.56.938.795,07	Rp.57.787,75 2,50	Rp.57 746,0 61,43	Rp.848,9 57,43	-1,49%	Rp.41.691,07	0,07%
6	Pekerjaan Plat Lantai 1	Rp	Rp.2.530.151,07	Rp.2.588.648 16	Rp.2,5 12,8 4,62	Rp.58.49 7,09	-2,31%	Rp.75.793,54	3,02%
7	Pekerjaan Capping Beam	Rp	Rp.148.973.152,40	Rp.152.148,6 64,12	Rp.14 7.356 343,0 5	Rp.3.175 511,72	-2,13%	Rp.4.792,3 21,07	3,25%
8	Pekerjaan Plat Lantai 2	Rp	Rp.10.942.656,55	Rp.10.811,34 4,67	Rp.10 796,2 33,56	Rp.131,3 11,88	1,20%	Rp.15.111,11	0,14%

Tabel 14. Perbandingan Biaya Tulangan Total Terhadap Aktual

Urutan Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Deviasi (Konv. & Aktual)	Deviasi (Konv. & Aktual %)	Deviasi (BIM dan Aktual)	Deviasi (BIM dan Aktual %)
Tulangan	Rp	Rp 1.393.715.650,30	Rp 1.428.860.743,6	Rp 1.385.177,706,34	-Rp 35.145,09	-2,52%	-Rp 43.683.037,32	-3,15%



Gambar 20. Perbandingan Harga Total Penulangan Metode Konvensional dan BIM

Dari Table 13, 14 dan Gambar 28, menunjukkan bahwa perhitungan biaya tulangan total dengan menggunakan metode konvensional lebih besar yaitu sebesar Rp1.393.715.650,30 dari pada menggunakan metode BIM yaitu Rp1.385.177.706,34, yang mana dari 2 metode ini volume keluaran konvensional lebih mendekati biaya secara aktual yaitu -2,52% atau -Rp.35.145.093,36, sedangkan biaya BIM/Revit terhadap aktual yaitu -3,15% atau -Rp43.683.037,32, yang jika dilihat dari data tabel serta grafik diatas, minus (-) menunjukan volume BIM dan konvensional lebih kecil dari pada volume aAktual.

Adapun dari hasil perbandingan BIM dan konvensional diatas yang menunjukkan biaya konvensional lebih mendekati aktual, dikarenakan pada perhitungan volume tulangan sebelumnya volume pada konvensional sudah lebih besar dari BIM atau Revit, jadi secara biaya atau harga akan mengikuti volume yang tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai Evaluasi Perhitungan Volume Pekerjaan, Anggaran Biaya dan Waktu Pembangunan Struktur Pada Proyek Revitalisasi Halte XXX Transjakarta Halte XXX Jakarta Timur DKI Jakarta dengan Metode BIM dan Konvensional, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan daftar kuantitas yang dapat dihasilkan dengan menggunakan *software Autodesk Revit* pada pekerjaan struktur beton Revitalisasi Halte XXX Transjakarta Halte XXX, Jakarta Timur, DKI Jakarta yaitu volume kuantitas *bored pile* dan *pilecap*, volume kuantitas *pedestal*, volume kuantitas *tie beam* dan *pit lift*, volume kuantitas *capping beam* dan *slab*.
2. Evaluasi perhitungan volume beton total menunjukkan volume konvensional lebih mendekati aktual yaitu -5.04% atau -37.90m³ sedangkan volume BIM terhadap aktual yaitu -5.19% atau -38.96m³, hal ini dikarenakan pada perhitungan revit sudah sudah otomatis menghitung dengan sistem aplikasi yang masih perlu ditinjau kembali dengan perhitungan konvensional dan juga karena BIM atau Revit bisa langsung mengurangi volume beton terhadap pembesian didalam nya, sehingga menyebabkan volume keluaran dari BIM bisa lebih rendah dari perhitungan konvensional.
3. Evaluasi perhitungan volume tulangan total menunjukkan volume konvensional lebih mendekati aktual yaitu -2,52% atau -2.116,41kg sedangkan volume BIM terhadap aktual yaitu -3,15% atau -2.630,59kg, hal ini dikarenakan pada perhitungan pembesian pada BIM data yang dimasukkan walaupun sudah sesuai berdasarkan drawing Revit sering otomatis mengurangi panjang nya sendiri, walau hanya hitungan centimeter/cm yang mana ini akan menyebabkan berat dari tulangan atau pembesian yang dimodelkan lebih kecil.
4. Evaluasi perhitungan harga atau biaya beton total dengan aktual menunjukkan biaya konvensional lebih mendekati aktual yaitu yaitu -5,04% atau -Rp34.150.157,91, sedangkan biaya BIM terhadap aktual yaitu -5,19% atau -Rp35.110.720,54, hal ini dikarenakan pada perhitungan volume beton sebelumnya pada konvensional sudah lebih besar dari BIM jadi secara biaya atau harga akan mengikuti volume yang tersebut.
5. Evaluasi perhitungan harga atau biaya tulangan total dengan aktual menunjukkan biaya konvensional lebih mendekati aktual yaitu -2,52% atau -Rp35.145.093,36, sedangkan biaya BIM atau Revit terhadap aktual -3,15% atau -Rp43.683.037,32, hal ini dikarenakan pada perhitungan volume tulangan sebelumnya pada konvensional sudah lebih besar dari BIM jadi secara biaya atau harga akan mengikuti volume yang tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian, perhitungan metode konvensional lebih mendekati aktual dibandingkan

metode BIM, namun secara waktu penggunaan BIM lebih unggul karena bisa membuat gambar, 3D model dan perhitungan dalam 1 kali waktu pengerjaan sehingga lebih efektif dan efisien dalam pengerjaan dan dapat menghemat waktu serta biaya operasional.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Deepa, B. Suryarajan, V. Nagaraj, K. Srinath, and K. Vasanth, "Energy analysis of buildings," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 01, pp. 56–2395, 2019.
- [2] R. M. Rizqy, N. Martina, and H. Purwanto, "Perbandingan metode konvensional dengan bim terhadap efisiensi biaya, mutu, waktu," *Constr. Mater. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–24, 2021.
- [3] A. R. Amalia, "Studi Literatur tentang Program Bantu Autodesk Revit Structure," *Surabaya Inst. Teknol. Sepuluh Nopember (Indonesian)*, 2011.
- [4] A. I. Yunus *et al.*, *Manajemen Proyek*. CV. Gita Lentera, 2024.
- [5] J. MURTONO, "EVALUASI ANGGARAN BIAYA DAN PELAKSANAAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KANTOR KECAMATAN DI SRAGEN".
- [6] E. Mulyati and A. Ramadan, "PERENCANAAN JALAN DESA L SIDOHARJO," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 01, pp. 28–33, 2022.
- [7] E. Mulyati and A. Emiliawati, "Penerapan Limbah Plastik Dan Limbah Kertas Pada Bata Segitiga," *Tek. J. Tek.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2021.
- [8] F. Fitriono, Z. F. Haza, and M. A. Shulhan, "Analisis Perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Metode Konvensional Dengan Metode Building Information Modeling (BIM)(Studi Kasus Gedung 3 Lantai Di Yogyakarta)," *Surya Bet. J. Ilmu Tek. Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 13–24, 2023.
- [9] S. P. Zotkin, E. V. Ignatova, and I. A. Zotkina, "The organization of autodesk revit software interaction with applications for structural analysis," *Procedia Eng.*, vol. 153, pp. 915–919, 2016.
- [10] Y. Marizan, "Studi Literatur Tentang Penggunaan Software Autodesk Revit Studi Kasus Perencanaan Puskesmas Sukajadi Kota Prabumulih," *J. Ilm. Bering's*, vol. 6, no. 01, pp. 15–26, 2019.
- [11] R. Jonathan and B. Anondho, "Perbandingan Perhitungan Volume Pekerjaan dak beton bertulang antara metode BIM dengan Konvensional," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, pp. 271–280, 2021.
- [12] S. E. M. P. Umum, "Kementerian Pekerjaan

Umum,” *Direktorat Jenderal Bina Marga*, “*Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal Revisi*, vol. 3, 2010.

- [13] S. N. Indonesia, “Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan tanah untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan,” 2007, *SNI dt-91-0006-2007*, Bandung: *Badan Standarisasi Nasional*.