

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

(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 efektifitas 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 -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 -Rp.35.145.093,36, sedangkan biaya BIM atau Revit terhadap aktual -3,15% atau -Rp43.683.037,32.

Kunci: *Building Inovation 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

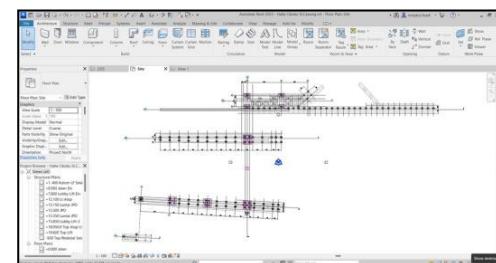
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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*

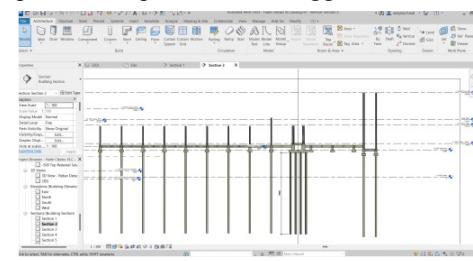
Masukkan denah bangunan dari *autocad* ke *autodesk revit* guna membuat *grid* atau batasan yang sesuai dengan gambar desain.



Gambar 3. Tampilan Grid Sesuai Denah

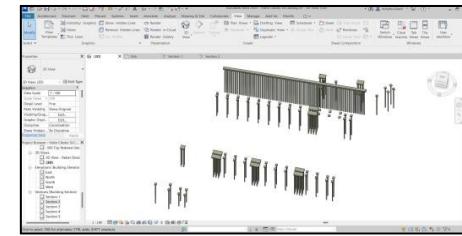
- b. Penentuan elevasi

Penentuan elevasi sebagai acuan untuk pembuatan pada level ketinggian tertentu.



Gambar 4. Tampilan Elevasi Sesuai Drawing

- c. Pemodelan Pondasi *Bored Pile* Dan *Pile Cap*
- 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*

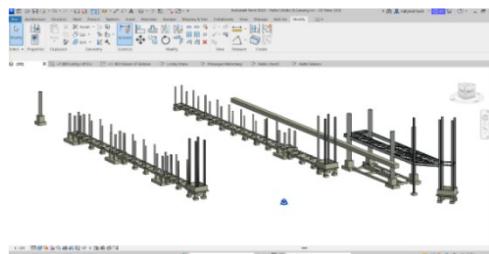
Ukuran *Pilecap* yang digunakan pada pemodelan ini berbeda-beda yang mana perbedaan tersebut berada pada dimensi dan jumlah *Bored Pile* yang terdapat pada 1 struktur *Pile Cap*. Untuk perbedaan dimensi nya terdapat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Tipe-Tipe Pile Cap

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

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

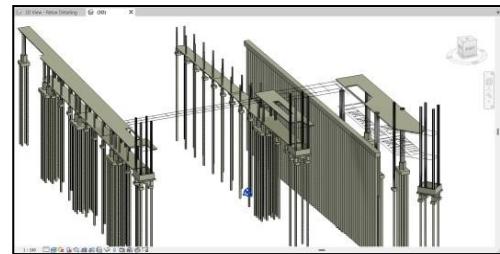
Perbedaan *pedestal, tie beam* dan *pit lift* berada pada tipe dan dimensi atau ukuran dari tiap-tiap tipe nya yang tertera pada Tabel 2 dibawah ini.

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

Lokasi	Type Pilecap (mm)		Type Tie Beam	Type Pit I
	PC-1A	600x600x1050		
Lobby Utara	PC-1B	650x550x1050	TB-1	300x500
	PC-1E	500x500x1050		50x(1200)
	PC-6	1500x1500x1550		
	PC-1C	500x500x1050		4450
Halte Utara	PC-1D	550x550x1050	TB-2	50x(1200)
	PC-1F	500x500x1050		4300
	PC-8A	800x800x1550		00x(1200)
	PC-1C	500x500x1050		
Halte Selatan	PC-1D	550x550x1050	TB-2	4300
	PC-4B	1300x1300x1500		00x(1200)
	PC-8A	800x800x1550		
	PC-8B	800x800x1550		

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

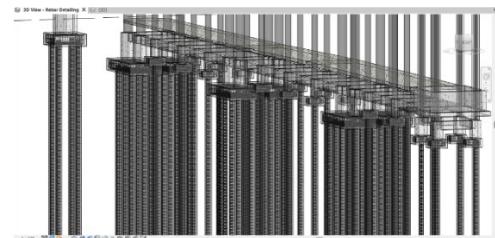
Pemodelan struktur *Ground Slab* dan *Suspended Slab* sesuai ukuran dan tempat yang telah ditetapkan pada data drawing dan koordinat. Pemodelan struktur *Ground Slab* dan *Suspended Slab* dilakukan dengan cara yang sama dengan pemodelan sebelumnya yaitu dengan membuat *family* baru terlebih dahulu lalu 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 *R_{cav}*

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

$$2. \text{ Pilecap : } m^3 = PxLxT$$

$= 0.5m^3/Pilecap$ Type 1
 (1A, 1B, 1C, 1D & 1F)

Dari data perhitungan konvensional dan pengeluaran volume dari Revit didapatkan hasil perbandingan untuk pekerjaan *Bored Pile* dan *Pilecap* pada tabel dibawah ini.

b. Volume Kuantitas Pedestal

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

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

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

$$\begin{aligned}
 & \text{perhitungan berikut:} \\
 1. \text{ Pedestal :} \quad & A = 2(\sqrt{1} + \sqrt{2})x s^2 \\
 & (A = 2\sqrt{1} + \sqrt{2})x 0.207^2 A = \\
 & 0.2069 \\
 & = 0.207 m^2 \\
 & : m^3 = 0.207 \times 1.05 \\
 & = 0.22 m^3 / \text{Pedestal PC-1C}
 \end{aligned}$$

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

Tabel 4. Perbandingan Volume dan Harga Pekerjaan *Pedestal*

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	BIM	Deviasi (BIM dan Konv.)	Deviasi (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=(6)-(5)	(8)=(6) (5)×6x100%
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. 146.884,15 2,82	-Rp. 363.288,47	-0,25%

- c. Volume Kuantitas Tie Beam Dan Pit Lift
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*.

Gambar 12. Perhitungan Volume Tie Beam dari Revit

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

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

$$m^3 = 0.25x4.90x0.5$$

$$= 0.735m^3 / \text{Tie Beam}$$

L = 4.90m Type 2

<Quantity Capping Beam, Pft Lift & Slab>						
A	B	C	D	E	F	
Family and Type		Count	Material Per Head	Cost	Volume	Janbel Cost
Capping Beam: Capping Beam						
Capping Beam: Capping Beam		1	Beton - Instl - 30 MPa	901,164.85	79,350 ltr	71,237.603
Capping Beam: Capping Beam 1						
Pft Lift Hade Slatan: Pft Lift Hade Slatan						
Pft Lift Hade Upr: Pft Lift Hade Upr		1	Beton - Instl - 30 MPa	901,164.85	8,547.86	7,127.573
Pft Lift Hade Upr: Pft Lift Hade Upr: 1						
Pft Lift Hade Slatan: 1		1	Beton - Instl - 30 MPa	901,164.85	8,796.00	7,141.544
Pft Lift Hade Upr: 1		1	Beton - Instl - 30 MPa	901,164.85	8,796.00	7,141.544
Pft Lift Hade Upr: 1		1	Beton - Instl - 30 MPa	901,164.85	8,796.00	7,141.544

Gambar 13. Perhitungan Volume Pit Lift dari Revit

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

dengan cara menghitung volume yang mana berdasarkan perhitungan berikut:

2. *Pit Lift Lobby Utara :*

$$\begin{aligned} \text{a. } m^3 &= PxLxT \\ m^3 &= 4.45x3.85x0.3 \\ &= 5.140m^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b. \quad m^3 &= PxLxT \\ m^3 &= 3.65x0.20x1.20 \\ &\equiv 1752m^3 \end{aligned}$$

$$c. \quad m^3 = PxLxT$$

$$m^3 = 3.45 \times 0.20 \times 1.20$$

$$= 1.656 m^3$$

$$Total = 1656m^3$$

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

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

No	Uraian 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)×100%
9	Pekerjaan Tie Beam	m ³	Rp. 901.164,85	Rp. 51,47	Rp. 54,63	Rp. 3,16	5,78%
10	Pekerjaan Tie Beam	Rp		Rp. 46.385.658,5	Rp. 49.230.635,78	Rp. 2.844.977,43	5,78%
11	Pekerjaan Tie Beam	kg	Rp. 16.606,00	Rp. 9.983,46	Rp. 10.199,83	Rp. 216,37	2,12%
12	Pekerjaan Tie Beam	Rp		Rp. 165.785.263,69	Rp. 169.378,26	Rp. 3.593.101,20	2,12%
13	Pekerjaan Pit Lift	m ³	Rp. 901.164,85	Rp. 24,87	Rp. 25,30	Rp. 0,43	1,70%
14	Pekerjaan Pit Lift	Rp		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	Rp. 3.428,81	Rp. 3.477,42	Rp. 48,61	1,40%
16	Pekerjaan Pit Lift	Rp		Rp. 56.938.795,07	Rp. 57.746.061,43	Rp. 807.226,36	1,40%

- d. Volume Kuantitas *Caping Beam* Dan *Slab*
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*.

Gambar 14. Perhitungan Volume *Caping Beam* & *Slab*

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

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

$$m^3 = 68.740 \times 1.15 \times 1 \\ = 79.051 m^3 / \text{Caping Beam}$$

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	Devisi (BIM dan Konv.)	Devisi (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 Casing Beam	kg	Rp. 16.606,00	8.971,04	8.873,68	-97,36	-1,10%
8	Pekerjaan Casing Beam	Rp		Rp. 148.973.152,40	147.356,34	-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 Pengcoran Beton Ready						
No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA Pengcoran						
Pekerja	0h	0,400	189.666,00		75.866,40	
Tukang Batu	0,100	199.528,00		19.952,80		
Kepala Tukang	0,010	216.838,00		2.168,38		
Mandor	0,040	229.424,00		9.176,96		
Pompa						
Pekerja	0h	0,160	189.666,00		30.346,56	
		0,016	229.424,00		3.670,76	
B PERALATAN						
Pematadatan	0h	0,080	189.666,00		15.173,28	
Pekerja	0h	0,008	229.424,00		1.835,39	
D Jumlah					158.199,56	
E Biaya Umum dan Keuntungan (Maksimum 15%)				0% x D		158.191,00
F Harga Satuan Pekerjaan (D+E)						

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

NO	URAIAN PEKERJAAN	SAT	BONTAUK		G
			VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	
56	Pekerjaan Tie Beam	m3	10,93	10,93	119.378.964,80
59	Reinforcing Steel	m3	20,93	10,93	901.164,85
60	Reinforcing Tie 12x30	m3	30,93	10,93	94.720.588,37
61	Reinforcing Tekko	m2	305,73	122,748,00	37.202.075,10
62	Reinforcing Tekko	m2	10,93	10,93	1.093,87
63	Pasang Beton Balok Coklat	m2	10,93	10,93	1.093,87
64	Pengarit Penyangga	m2	10,93	10,93	1.093,87
65	Pembuatan Kolom	m3	10,93	10,93	1.093,87
66	Pemasangan Kolom Pendek Beton	m3	10,93	10,93	1.093,87
67	Isi Isian	kg	8.867,13	10,93	94.720.588,37
68	Isi Isian Beton	kg	10.930,00	10,93	119.378.964,80
69	Bekisting Pipa	m3	210,08	10,93	2.300.812,00
70	Pekerjaan Pipa	m3	8,42	901.164,85	7.604,54
71	Reinforcing Pipe	m3	94,08	10,93	1.093,87
72	Bekisting Pipa	m3	8,42	901.164,85	7.604,54
73	Isi Isian	kg	3.412,81	10,93	36.656,07
74	Isi Isian T-5 cm	kg	20,24	10,93	220,24
75	Pasir 1 kg 10-20 mm	m3	5,49	10,93	59.730,46

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

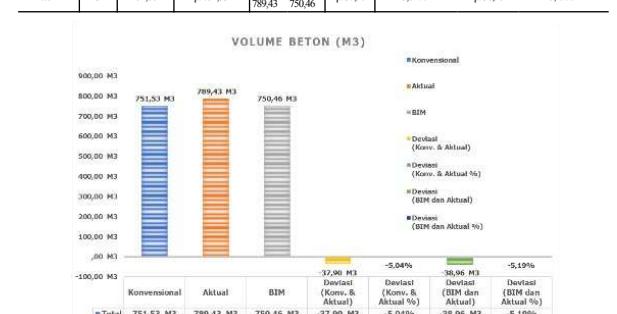
Perhitungan volume beton berdasarkan data konvensional dan BIM terhadap aktual dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut dibawah ini :

Tabel 7. Perbandingan Volume Beton Terhadap Aktual

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

Tabel 8. Perbandingan Volume Beton Total Terhadap Aktual

Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	Aktual BIM	Devisi (Konv. & Aktual%)	Devisi (BIM dan Aktual%)	Devisi (BIM dan Aktual%)
Beton	m3	1252,60	Rp. 751,53	Rp. 789,43	750,46 M3	-37,90 M3	-5,04%



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 750.46m^3 dari pada menggunakan metode konvensional yaitu 751.53m^3 yang mana dari 2 metode ini, volume keluaran konvensional lebih mendekati volume secara aktual yaitu -5.04% atau -37.90m^3 sedangkan volume BIM terhadap aktual yaitu -5.19% atau -38.96m^3 , 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

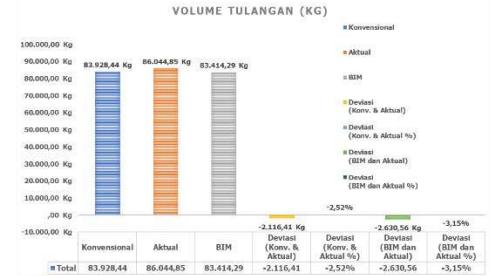
Perhitungan volume tulangan berdasarkan data konvensional dan BIM terhadap aktual dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut dibawah ini :

Tabel 9. Perbandingan Volume Tulangan Terhadap Aktual

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Konvensional	Aktual BIM	Devisi (Konv. & Aktual)	Devisi (BIM dan Aktual)	Devisi (BIM dan Aktual%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)=(7)-(6)	(9)=(6)-(7) 10 ⁴ (%)
1	Pekerjaan Bored Pile 40cm	kg	Rp. 16.606,00	44.253,- 69	45.454,- 74	43.639,- 97	-1.201,05	-2,71%
2	Pekerjaan Pier/Pilcap	kg	Rp. 16.606,00	7.612,9 9	7.781,2 4	7.576,6 8	-165,25	-2,21%
3	Pekerjaan Tie Beam	kg	Rp. 16.606,00	9.983,4 6	10.375,- 21	10.199,- 83	-391,75	-3,92%
4	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	kg	Rp. 16.606,00	8.867,1 2	8.984,5 2	8.845,2 5	-117,40	-1,32%
5	Pekerjaan Pit Lift	kg	Rp. 16.606,00	3.428,8 1	3.479,9 3	3.477,4 2	-51,12	-1,49%
6	Pekerjaan Plat Lantai	kg	Rp. 16.606,00	152,36	155,89	151,32	-3,52	-2,31%
7	Pekerjaan Casing Beam	kg	Rp. 16.606,00	8.971,0 4	8.873,6 8	8.873,6 8	-191,23	-2,13%
8	Pekerjaan Plat Lantai 2	kg	Rp. 16.606,00	658,96	650,14	650,14	7,91	1,20%

Tabel 10. Perbandingan Volume Tulangan Total Terhadap Aktual

Uraian Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual BIM	Devisi (Konv. & Aktual)	Devisi (Konv. & Aktual%)	Devisi (BIM dan Aktual)	Devisi (BIM dan Aktual%)
Tulangan	kg	83.928,44	86.044,- 85	83.414,- 29	-2.116,41	-2.52%	-1.630,56 -1.93%



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 $83.416,29\text{kg}$ dari pada menggunakan metode konvensional yaitu $83.928,44\text{kg}$, yang mana dari 2 metode ini volume keluaran konvensional lebih mendekati volume secara aktual yaitu $-2,52\%$ atau $-2.116,41\text{kg}$ sedangkan volume BIM terhadap aktual yaitu $-3,15\%$ atau $-2.630,59\text{kg}$, 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 :

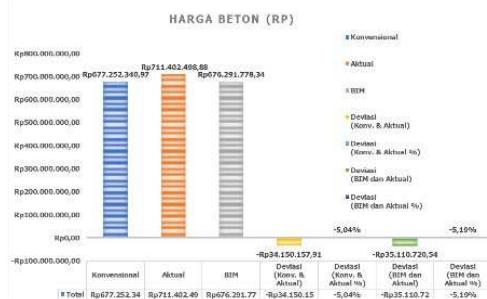
Tabel 11. Perbandingan Biaya Beton Terhadap Aktual

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Devisi (Konv. & Aktual)	Devisi (Konv. & Aktual%)	Devisi (BIM dan Aktual)	Devisi (BIM dan Aktual%)
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)=(7)-(6)	(9)=(6)-(7) 10 ⁴ (%)	(10)=(7)-(6)	(11)=(6)(7)x100%
1	Pekerjaan Bored Pile 40cm	Rp	Rp. 286.213.561,17	Rp. 305.738.198,82	Rp. 286.157,8	Rp. 19.524,65	-6,82%	Rp. 19.581.411,04	-6,84%
2	Pekerjaan Pier/Pilcap	Rp	Rp. 87.863.572,92	Rp. 91.215.906,16	Rp. 87,-	Rp. 104,7	-3,82%	Rp. 4.111.114,05	-4,72%
3	Pekerjaan Tie Beam	Rp	Rp. 46.385.658,35	Rp. 52.952.446,61	Rp. 39.06,6	Rp. 6.566,-	-14,16%	Rp. 3.721.810,83	-7,56%
4	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	Rp	Rp. 37.578.574,26	Rp. 38.978.000,37	Rp. 37,-	Rp. 1.399	-3,72%	Rp. 1.782.421,17	-4,79%
5	Pekerjaan Pit Lift	Rp	Rp. 22.411.969,83	Rp. 22.961.680,39	Rp. 22,-	Rp. 549,7	-2,45%	-Rp. 162.209,67	-0,71%
6	Pekerjaan Plat Lantai 1	Rp	Rp. 75.267.011,55	Rp. 77.201.373,74	Rp. 79,4	Rp. 1.934	-2,57%	Rp. 3.206.727,87	-4,33%
7	Pekerjaan Casing Beam	Rp	Rp. 72.274.322,17	Rp. 74.033.117,80	Rp. 71,-	Rp. 1.758	-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. Rp. 48.572,7 85,44	Rp. 935,8 95,74	1,90% Rp. 251.010,46

Tabel 12. Perbandingan Biaya Beton Total Terhadap Aktual

Uraian Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Devisi (Konv. & Aktual)	Devisi (Konv. & Aktual %)	Devisi (BIM dan Aktual)	Devisi (BIM dan Aktual %)
Beton	Rp	Rp. 677.252.340,97	Rp. 711.402.498,88	Rp. 676,29 4	Rp. 34.150,15	-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 :

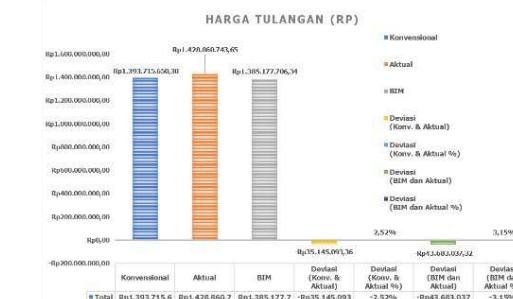
Tabel 13. Perbandingan Biaya Tulangan Terhadap Aktual

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Devisi (Konv. & Aktual)	Devisi (Konv. & Aktual %)	Devisi (BIM dan Aktual)	Devisi (BIM dan Aktual %)
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)=(7)-(6)	(9)=(6)-(5)x100%	(10)=(7)-(6)	(11)=(10)x100%
1	Pekerjaan Bored Pile 40cm	Rp	Rp. 734.876.809,31	Rp. 754.821.365,92	Rp. 4.685,72	Rp. 19.94	-2,71%	Rp. 30.135,995,78	-4,16%
2	Pekerjaan Pier/Pilecap	Rp	Rp. 126.421.380,91	Rp. 129.215.293,43	Rp. 12,512	Rp. 2.792	-2,21%	Rp. 3.396,9	-2,70%

					3		
3	Pekerjaan Tie Beam	Rp	Rp. 165.785.263,69	Rp. 172.290.677,44	Rp. 16,9378,364,90	Rp. 6.505,-413,75	-3,92% Rp. 2.912,3,-12,54 1,72%
4	Pekerjaan Kolom Pedestal Beton	Rp	147.247.441,29	97,41	Rp. 14,6884,152,8	Rp. 1,949,-556,12	-1,32% Rp. 2.312,8,-44,60 1,57%
5	Pekerjaan Pit Lift	Rp	56.938.795,07		Rp. 57,787,75,2,50	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,-12,85	Rp. 58,49,-7,09	-2,31% Rp. 75.793,-54 3,02%
7	Pekerjaan Casing Beam	Rp	148.973.152,40	Rp. 152.148,6	Rp. 14,152,6,-64,12	Rp. 3.175,-343,0	-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	Rp. 10,-4,67	Rp. 131,3,-33,56	1,20% Rp. 15.111,-11 0,14%

Tabel 14. Perbandingan Biaya Tulangan Total Terhadap Aktual

Uraian Pekerjaan	Satuan	Konvensional	Aktual	BIM	Devisi (Konv. & Aktual)	Devisi (Konv. & Aktual %)	Devisi (BIM dan Aktual)	Devisi (BIM dan Aktual %)
Tulangan	Rp	Rp. 1.393.715.650,30	Rp. 1.428.860.743,65	Rp. 1.383,177,06	Rp. 35.145,093,36	-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 Rp. 1.393.715.650,30 dari pada menggunakan metode BIM yaitu Rp. 1.383.177,06, sedangkan biaya BIM/Revit terhadap aktual yaitu -3,15% atau -Rp. 35.145.093,36, 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 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. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 01, pp. 28–33, 2022.
- [7] E. Mulyati and A. Emiliaawati, "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.