

Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam Perbandingan *Quantity Take Off Material* pada Jembatan Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur

Emil Surya Adha ¹⁾

Bayzoni ²⁾

Ashruri ²⁾

Hasti Riakara Husni ²⁾

Abstract

The influence of digitization in the industry has provided wider and greater opportunities in exploring innovative and sustainable modern construction designs. Building Information Modeling (BIM) is a significant digital advancement in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) sector. This study applies Building Information Modeling (BIM) in its implementation. The model object is based on document from the Kali Pasir Bridge Construction Project in Tanjung Tirto Village–Kalipasir Village, East Lampung. The aim of the research is to determine the discrepancy in volume quantity take-off calculations between conventional methods and the quantity take-off output of the Autodesk Revit 2024 student version software. The research method involves 3D structural modeling using Autodesk Revit software, with specific attention on the bridge's rebar section. Once the bridge section is fully modeled, the quantity take-off output based on the software will be further analyzed using Microsoft Excel. The result shows a percentage discrepancy of 4.04% for the reinforcement between the conventional method and the BIM-based method. The obtained total reinforcement volume from the BIM-based method and the conventional method are 20.592,14 kg and 19.759,5 kg, respectively, leading to a variation of 832.64 kg.

Key words : Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, Quantity Take Off Material, Bridge.

Abstrak

Pengaruh digitalisasi dalam industri memberikan kesempatan yang lebih besar dan luas dalam mencari desain konstruksi modern yang inovatif dan berkelanjutan. *Building Information Modeling* (BIM) merupakan perkembangan digital yang berdampak besar dalam sektor industri *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC). Penelitian ini mengimplementasikan *Building Information Modelling* (BIM) di dalam pengerjaannya. Objek model berdasarkan data pada Proyek Pembangunan Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto–Desa Kalipasir, Lampung Timur. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui selisih perhitungan volume *quantity take off* metode konvensional dengan volume *quantity take off output software Autodesk Revit 2024 student version*. Metode penelitian yang digunakan berupa pemodelan struktur 3D menggunakan *software Autodesk Revit* yang berfokus pada bagian *rebar* jembatan. Setelah bagian jembatan selesai dimodelkan, *output quantity take off* berdasarkan *software* akan dianalisis lebih lanjut melalui *Microsoft Excel*. Hasilnya, didapat persentase selisih perbandingan antara metode konvensional dan metode berbasis BIM sebesar 4,04 % untuk tulangan. Diperoleh total volume tulangan sebesar 20592,14 kg dari metode berbasis BIM, sebesar 19759,5 kg dengan metode konvensional yang menghasilkan selisih sebesar 832,64 kg.

Kata kunci : *Building Information Modeling* (BIM), *Autodesk Revit*, *Quantity Take Off Material*, Jembatan.

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: emil.surya@yahoo.com

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Menurut Artika (2014), proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan yang direncanakan sebelumnya yang memerlukan sumber daya, baik biaya, tenaga kerja, material, dan peralatan. Proyek memiliki batas waktu yang telah disepakati sebelumnya dengan kontrak terkait. Hal ini tentunya harus dilakukan secara detail dan teliti agar proyek dapat diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek menjadi tujuan utama bagi pemilik maupun kontraktor. Perencanaan dan desain struktur bangunan gedung oleh ahli struktur maupun arsitek dilakukan sedemikian rupa secara efisien dan ekonomis agar dapat memenuhi tuntutan fungsi bangunan, memiliki bentuk yang menarik, dan dapat beroperasi dengan baik saat bangunan tersebut digunakan (Setiawan, 2016).

Pekerjaan konstruksi ini dapat dianalisis dengan menggunakan konsep *Building Information Modelling* (BIM) menggunakan *Software Autodesk Revit* dengan dibantu *software* pendukung lainnya, seperti *Microsoft Excel* pada analisis estimasi *quantity take off material* yang dibandingkan dengan perhitungan secara konvensional. Pada akhirnya, dapat dibandingkan efisiensi dan efektivitas hasil penggunaan *software* agar dapat mengurangi *waste* sehingga terjadi peningkatan nilai *value* pada suatu proyek konstruksi. Penelitian tugas akhir ini akan membahas implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan pemodelan 3D menggunakan *software Autodesk Revit* pada pekerjaan mekanikal dan elektrik untuk mendapatkan hasil *quantity take off* pada Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto–Desa Kalipasir Kabupaten Lampung Timur.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Building Information Modeling* (BIM)

Building Information Modelling (BIM) merupakan proses pengelolaan informasi dan data pada suatu bangunan dalam kurun waktu pembangunan. Proses pengelolaan ini menggunakan *software* 3D dalam pemodelan bangunan yang dinamis dan sebenarnya untuk menambah nilai efisiensi sehingga menjadi nilai tambah dalam meningkatkan produktivitas desain dan konstruksi bangunan. Proses produksi BIM yang meliputi geometri bangunan, hubungan ruang, informasi geografis, serta kuantitas dan kualitas komponen bangunan. BIM atau *Building Information Modelling* adalah suatu sistem atau teknologi yang mencakup beberapa Informasi penting dalam proses *Design, Construction, Maintenance* yang terintegrasi pada pemodelan 3D (Dinas PUPR, 2020). Dalam beberapa dekade terakhir, terdapat minat yang semakin besar pada sektor konstruksi untuk menggunakan BIM dalam desain gedungnya karena banyaknya manfaat seperti penghematan sumber daya selama proses desain, perencanaan, dan konstruksi bangunan baru (Volk et al., 2014)

2.2. *Autodesk Revit*

Autodesk Revit merupakan *software Building Information Modeling* yang dikembangkan oleh *Autodesk* untuk untuk desain arsitektur, struktur serta Mekanikal, Elektrikal dan *Plumbing* (MEP) sebagai penyokong dalam pembangunan infrastruktur berkualitas tinggi. *Revit* adalah sebuah perangkat lunak *Building Information Modeling* (BIM) yang memfasilitasi pengguna dalam perancangan, pemodelan, dan simulasi infrastruktur bangunan yang memiliki akurasi tinggi. BIM memiliki konsep untuk membentuk suatu konstruksi secara visual sebelum konstruksi tersebut dibangun dalam bentuk fisik yang

sebenarnya, untuk mengatasi dan mengurangi ketidakpastian dan masalah, meningkatkan keselamatan, serta menganalisis dampak potensial yang ada (Smith, 2007).

2.3. *Bill of Quantity (BoQ)*

Quantity take off menjadi tugas penting dalam proses konstruksi yang sangat berkesinambungan dengan tugas konstruksi lainnya. Bagian penting yang menjadi komponen utama sebuah bangunan konstruksi diukur dan dinilai sebagai perkiraan pembiayaan serta beban kerja yang relevan. Informasi ini dikumpulkan dalam apa yang secara tradisional disebut *Bill of Quantity (BoQ)* (Monteiro and Poças Martins, 2013). Pada tahap awal, *bill of quantity* memberikan dasar-dasar dalam perkiraan biaya awal proyek. Di tahap tender, *bill of quantity* digunakan dalam perkiraan biaya proyek dan durasi pengerjaan konstruksi. Sebelum memulai tahap konstruksi, *bill of quantity* dapat digunakan untuk merencanakan kegiatan konstruksi ke depannya. Selama masa konstruksi, *bill of quantity* dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk mempertahankan keseimbangan ekonomi keuangan proyek. *Bill of quantity* menjadi hal yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi analisis produktivitas dalam suatu proyek. Model BIM mampu memuat banyak informasi terkait geometri, sifat material, biaya, dan karakteristik lainnya. Nilai-nilai ini dapat diambil dari model dan diperbarui bersama perubahan yang ada pada *project* (Sampaio, 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto–Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur. Denah lokasi objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Objek Penelitian

3.2. Data Penelitian

Data penelitian kuantitatif yang digunakan adalah data proyek pembangunan Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto–Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur. Data ini diperoleh dari kontraktor pelaksana. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data *as built drawing* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

3.3. *Software* Pendukung Penelitian

Software pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autodesk Revit* dengan lisensi pelajar. *Autodesk Revit* mampu mengeluarkan *output quantity take off* yang

menjadi satu tahap penting dalam proyek. Pengerjaan untuk mendapatkan nilai *quantity take off* akan jauh lebih sederhana dan mudah dengan menggunakan *Revit* dibandingkan dengan cara konvensional. Saat ini, penggunaan *Revit* di dalam konteks analisis *quantity take off* masih belum diterapkan secara luas dan merata.

3.4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil *quantity take off* material pekerjaan struktur pada Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto–Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur dengan mengimplementasikan konsep *Building Information Modeling* (BIM) dengan *software Autodesk Revit* versi 2024. *Software* pendukung yakni *Microsoft Excel* juga digunakan untuk tahapan analisis perbandingan hasil *quantity take off* material. Tahapan penelitian dilakukan dengan empat metode yaitu:

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan Data
3. Pemodelan 3D dengan *software Autodesk Revit*
4. Analisis *quantity take off*
5. *Shop drawing*

3.4.1. Tahap Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dapat berupa data *as built drawing* (2D) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan struktural dengan menggunakan metode konvensional yang akan menjadi acuan dalam proses pemodelan struktur. Data ini dapat menjadi sumber informasi yang akan dimasukkan ke dalam model *Revit*. Dengan memadukan data *as built* dan RAB ke dalam model *Revit*, profesional konstruksi dapat memanfaatkan keunggulan pemodelan BIM (*Building Information Modeling*) untuk mengoptimalkan proses perancangan, konstruksi, dan pengelolaan bangunan.

3.4.2. Pemodelan 3D dengan *Software Autodesk Revit*

1. Pembuatan *Family* Komponen Struktur

Elemen-elemen yang ditambahkan ke dalam model *Revit* dapat dimasukkan ke dalam beberapa kelompok. Kelompok-kelompok ini juga disebut *Family*. *Family* mencakup anggota-anggota struktur dengan penggunaan, bentuk, dan ukuran yang relatif sama. Pada *project browser*, pengguna dapat melihat cabang-cabang yang disebut *family*.

2. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan pada bagian struktur bawah dan struktur atas. Proses ini dimulai dari struktur abutmen yang disesuaikan dengan denah perencanaan pondasi dan jenisnya yang sebelumnya telah dibuat pada *family* struktur. Setelah tahap pemodelan telah diselesaikan, dilanjutkan dengan pemodelan struktur selanjutnya sesuai dengan data yang telah diperoleh sebelumnya.

3. Pemodelan tulangan

Pemodelan tulangan akan dilakukan pada semua elemen struktur beton yang sebelumnya sudah melalui proses pemodelan. Pemodelan tulangan harus sesuai dengan data yang ada pada *as built drawing*. Pemodelan ini dilakukan dengan *tools* yang tersedia pada *tools rebar* pada *software Autodesk Revit* setelah memilih elemen struktur.

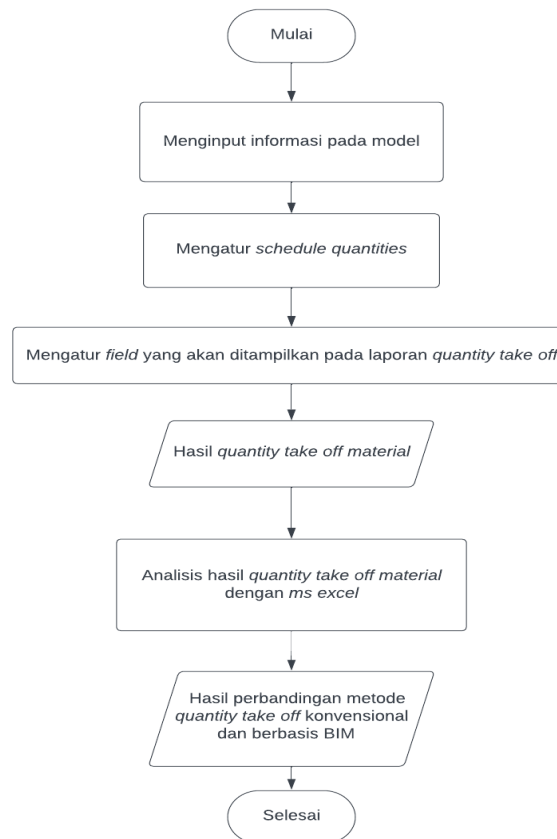
3.4.3. *Shop Drawing*

Selain proses *quantity take off*, *shop drawing* juga sudah dapat dilakukan dengan *software Autodesk Revit*. Kita dapat membuat gambar *shop drawing* secara otomatis pada *tool shop drawing* bagian *fabrication* lalu *Shop drawings*. Selanjutnya, pilih *assembly*

yang akan dibuat *shop drawing* lalu *finish*. *Revit* akan membuat semua *view* sesuai dengan parameter dan data yang telah dimodelkan sebelumnya. *Shop drawing* dalam pekerjaan konstruksi berperan sebagai media komunikasi antara perencana dan pelaksana (Sari, 2022).

3.5. Analisis *Quantity Take Off*

Setelah pemrosesan pemodelan 3D jembatan telah selesai dimodelkan, maka proses *output quantity take off material* sudah dapat dilakukan dengan menggunakan *software Autodesk Revit*. Langkah awal yang dapat dilakukan adalah memasukkan data dan informasi dalam model 3D untuk *quantity take off*. Selanjutnya, atur *setting pada schedule quantities* dan *fields* untuk mengatur penampilan pada laporan *quantity take off*. *Output quantity take off* akan diperoleh sebagai hasil akhir dari pemodelan 3D. Setelah semua data diperoleh, analisis perbandingan antara hasil *quantity take off* berbasis *software Autodesk Revit* dan data secara konvensional dapat diperoleh (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis *Quantity Take Off Material*

Analisis *quantity take off material* pada Pembangunan Tahap II Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto–Desa Kali Pasir Kecamatan Way Bungur dilakukan dengan mengimpor *schedule quantity/volume material* yang telah disusun dalam *software*

Autodesk Revit 2024. Selanjutnya, hasil tersebut akan dibandingkan dengan volume yang diperoleh dari perhitungan metode konvensional berdasarkan data *as built drawing*.

4.1.1. Hasil *Quantity Take Off Material* dengan *Software Autodesk Revit 2024*

Berikut ditampilkan Tabel 1-5 hasil QTO berbasis BIM pada struktur Pembangunan Tahap II Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirta–Desa Kali Pasir Kecamatan Way Bungur dengan *software Autodesk Revit* meliputi material tulangan.

Tabel 1. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kaki *Abutment* dan *Pier*

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length</i>	<i>Weight (kg)</i>
<i>Rebar Bar: B1 D25-150</i>	1593.00	6138.40
<i>Rebar Bar: B2 D19-150</i>	1192.50	2654.15
<i>Rebar Bar: B3 D19-150</i>	1617.60	3600.29
<i>Rebar Bar: B4 D16-150</i>	872.10	1376.47
<i>Rebar Bar: B5 D19-300</i>	1117.80	2487.89
<i>Rebar Bar: B6 D16-300</i>	1999.19	3155.39
<i>Rebar Bar: B7 D16-300</i>	1224.50	1932.67
Total		21345.26

Tabel 2. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Badan *Abutment* dan *Pier*

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length</i>	<i>Weight (kg)</i>
<i>Rebar Bar: A15 D25-150</i>	4039.80	15566.80
<i>Rebar Bar: A16 D25-150</i>	3923.40	15118.27
<i>Rebar Bar: A17 D25-150</i>	32.28	124.39
<i>Rebar Bar: A18 D16-150</i>	4795.13	7568.33
<i>Rebar Bar: A19 D13-300/300</i>	2085.95	2173.45
Total		40551.24

Tabel 3. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kepala *Abutment* dan *Pier*

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length</i>	<i>Weight (kg)</i>
<i>Rebar Bar: A1 D16-150</i>	1249.80	1972.60
<i>Rebar Bar: A2 D13-150</i>	237.60	247.57
<i>Rebar Bar: A3 D13-300</i>	37.20	38.76
<i>Rebar Bar: A4 D16-150</i>	261.00	411.95
<i>Rebar Bar: A5 D13-150</i>	96.80	100.86
<i>Rebar Bar: A6 D13-300/300</i>	49.60	51.68
<i>Rebar Bar: A7 D16-150</i>	1558.80	2460.31
<i>Rebar Bar: A8 D13-100</i>	264.00	275.07
<i>Rebar Bar: A9 1D13-300</i>	111.60	116.28
<i>Rebar Bar: A10 2D13/300</i>	171.12	178.30
<i>Rebar Bar: A11 D16-150</i>	1809.38	2855.81

Tabel 3. (lanjutan)

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length</i>	<i>Weight (kg)</i>
<i>Rebar Bar: A12 D13-150</i>	299.20	311.75
<i>Rebar Bar: A13 2D13/300</i>	1467.54	1529.10
<i>Rebar Bar: A14 5D13-300</i>	2953.68	3077.58
Total		13627.62

Tabel 4. *Output Software Revit terhadap Tulangan Bagian Wingwall*

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length</i>	<i>Weight (kg)</i>
<i>Rebar Bar: V1 D25-100</i>	630.01	2427.66
<i>Rebar Bar: V2 D19-150</i>	409.20	910.76
<i>Rebar Bar: H1 D16-150</i>	789.15	778.15
<i>Rebar Bar: H2 D13-150</i>	493.02	513.70
<i>Rebar Bar: H3 D13-300/300</i>	418.14	435.68
Total		5065.95

Tabel 5. *Output Software Revit terhadap Tulangan Bagian Pelat*

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length (m)</i>	<i>Weight (kg)</i>
<i>Rebar Bar: P1 D16-150</i>	219.76	346.86
<i>Rebar Bar: P2 D13-150</i>	402.56	419.45
<i>Rebar Bar: P3 D16-150</i>	77.90	122.95
Total		889.26

4.1.2. Laporan Laporan Data Proyek Total *Quantity Take Off Material*

Tabel 6-10 menampilkan data terkait proyek Pembangunan Tahap II Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirta–Desa Kali Pasir di Kecamatan Way Bungur. Data-data yang terdapat dalam tabel ini merupakan informasi mengenai informasi mengenai material tulangan yang dibutuhkan. Tujuan dari penyajian data ini adalah untuk memberikan landasan perbandingan yang cermat dengan informasi yang dihasilkan oleh perangkat lunak *Autodesk Revit* terutama dalam hal estimasi material tulangan. Proses perbandingan ini menjadi krusial guna memastikan akurasi dan konsistensi dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi jembatan yang sedang dilakukan.

Tabel 6. Tabel Penulangan Kaki *Abutment* dan *Pier*

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length (m)</i>	<i>Weight (kg)</i>
B1 D25	321.94	1240.54
B2 D19	237.74	529.15
B3 D19	319.78	711.73
B4 D16	255.95	403.97
B5 D19	135.30	301.13
B6 D16	135.30	301.13
B7 D16	245.40	387.32
Total		4005.69

Tabel 7. Tabel Penulangan Kepala *Abutment* dan *Pier*.

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length (m)</i>	<i>Weight (kg)</i>
A1 D16	247.49	390.62
A2 D13	71.15	74.14
A3 D13	8.90	9.72
A4 D16	123.11	194.31
A5 D13	97.83	101.94
A6 D13	15.10	15.73
A7 D16	251.48	396.93
A8 D13	82.24	85.69
A9 D13	55.33	57.65
A10 D13	80.60	83.98
A11 D16	198.89	313.91
A12 D13	201.04	209.47
A13 D13	50.90	53.03
A14 D13	230.66	240.34
Total		2227.46

Tabel 8. Tabel Penulangan Badan *Abutment* dan *Pier*

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length (m)</i>	<i>Weight (kg)</i>
A15 D25	1038.24	4000.71
A16 D25	1014.24	3908.23
A17 D25	17.30	27.31
A18 D16	731.28	1154.21
A19 D13	540.70	563.38
Total		9653.84

Tabel 9. Tabel Penulangan *Wingwall*

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length (m)</i>	<i>Weight (kg)</i>
V1 D25	425.38	1639.14
V2 D19	291.68	649.20
H1 D16	287.24	453.36
H2 D13	286.93	298.96
H3 D13	173.40	180.67
Total		9653.84

Tabel 10. Tabel Penulangan Pelat

<i>Bar Diameter</i>	<i>Total Bar Length (m)</i>	<i>Weight (kg)</i>
P1 D16	221.40	349.44
P2 D13	220.97	230.24
P3 D16	45.59	71.96
Total		651.64

4.1.2. Perbandingan Volume Material antara Data Proyek dengan *BIM-based Quantity Take Off*

Pada tahap sebelumnya telah diperoleh data volume material dari *Software Autodesk Revit*, selanjutnya akan dibandingkan dengan volume material yang diperoleh dari data proyek. Tabel 11 menampilkan perbandingan volume berdasarkan BIM dan data proyek.

Tabel 11. Perbandingan Volume

No	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume		Selisih (%)
			Data Proyek	Metode Berbasis BIM	
1	2	3	4	5	6
PEKERJAAN STRUKTUR					
I	PEKERJAAN <i>ABUTMENT</i>				
	<i>Kaki Abutment</i>	kg	1602.276	2134.526	
	<i>Badan Abutment</i>	kg	4344.228	4562.014	
	<i>Kepala Abutment</i>	kg	1002.150	1533.107	
	<i>Wingwall</i>	kg	3221.330	1266.487	
	Total I	kg	10169.984	9496.135	7.09
II	PEKERJAAN <i>PIER</i>				
	<i>Kaki Pier</i>	kg	2403.414	3201.789	
	<i>Badan Pier</i>	kg	5309.612	5575.795	
	<i>Kepala Pier</i>	kg	1224.850	1873.797	
	Total II	kg	8937.876	10651.382	16.08
III	PEKERJAAN PELAT				
	Pelat Injak	kg	651.640	444.630	31.76
	Total I+II +III	kg	19759.500	20592.140	4.04

V. KESIMPULAN

Building Information Modeling (BIM) merupakan suatu metode desain perancangan terbaru yang dapat mempermudah dalam proses pembangunan mulai dari perencanaan sampai dengan perawatan karena dapat mempercepat proses perencanaan dan mempermudah koordinasi antar tim yang terlibat.

Telah didapatkan hasil *output* berupa volume dan juga berat tulangan dari hasil pemodelan pada aplikasi *Autodesk Revit 2024* yang dapat dijadikan dasar pertimbangan pada pengambilan keputusan pada tahap *Operational and Maintenance (OM)* Pembangunan Tahap II Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirta–Desa Kali Pasir Kecamatan Way Bungur.

Persentase selisih perbandingan antara metode konvensional dan metode berbasis BIM sebesar 4,04 % untuk tulangan. Diperoleh total volume tulangan sebesar 20592,14 kg dari metode berbasis BIM, sebesar 19759,5 kg dengan metode konvensional yang menghasilkan selisih sebesar 832,64 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Artika, D.2014. *Penerapan Metode Lean Project Management dalam Proyek Konstruksi pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Ogan Ilir* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University). .
- Dinas PUPR. Pengertian BIM (Building Information Modelling). 2020.
<https://dinaspupr.bandaacehkota.go.id/2020/07/29/pengertian-bim-buildinginformationmodelling/#:~:text=Manfaat%20dan%20Tujuan%20BIM&text=Penggunaan%20BIM%20akan%20mempermudah%20menghitung,biaya%20pada%20satu%20komponen%20pekerjaan>. Diakses pada 17 April 2023.
- Monteiro, A., & Poças Martins, J. 2013. *A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. Automation in Construction*, 238- 253.
- Sampaio, A.Z. 2017. BIM as a Computer-Aided Design Methodology in Civil Engineering. *Journal of Software Engineering and Applications*, 10(02), pp. 194–210. doi:10.4236/jsea.2017.102012.
- Setiawan, A. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847: 2013*. Erlangga, Jakarta.
- Smith, D. 2007. *An introduction to building information modeling (BIM)*. *Journal of Building Information Modeling*, 2007, 12-14.
- Volk, R., Stengel, J. dan Schultmann, F. 2014. *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Automation in construction*, 38, pp.109-127