

ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA *PILE CAP* STRUKTUR *LIFT* GEDUNG LABORATORIUM BTKP JAKARTA UTARA METODE KONVENSIONAL DAN *BIM*

Mikhael Stefanus Filemon Simatupang^{1*}, Jessica Siregar¹, dan Galih Rio Prayogi¹

Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Lampung Selatan, Indonesia
^{*}mikhael.120210008@student.itera.ac.id

Masuk: 22-06-2024, revisi: 31-10-2024, diterima untuk diterbitkan: 23-01-2025

ABSTRACT

This research compares the cost calculation of pile cap construction using conventional and BIM methods in the BTKP laboratory building project in North Jakarta. The selection of the study object was based on the complexity and uniqueness of the pile cap types found in the project. This comparative analysis aims to evaluate the effectiveness of both methods in construction cost estimation, considering that pile cap is a foundation element that requires accurate technical and financial planning. Although conventional methods are commonly used, the challenges in terms of time efficiency and data accuracy are often experienced. On the other hand, the BIM method offers the potential to improve the efficiency of reinforcement volume calculations through 3D models that account for length reductions in each type of reinforcement, unlike manual calculations that tend to show longer reinforcement type calculations. The results show that the cost of PC4 type pile cap construction using the BIM method is lower (IDR 70,356,230.32) compared to the conventional method (IDR 71,038,864.28), indicating the potential for time and cost efficiency with the implementation of Building Information Modeling (BIM). This study provides a strong foundation for decisions regarding the use of BIM in construction projects in Indonesia, considering efficiency and accuracy as key factors in the future development of the construction industry.

Keywords: pile cap; conventional; construction; Building Information Modeling

ABSTRAK

Penelitian ini membandingkan perhitungan biaya pekerjaan *pile cap* menggunakan metode konvensional dan *BIM* pada proyek gedung laboratorium BTKP Jakarta Utara. Pemilihan objek studi didasarkan pada kompleksitas dan keunikan tipe *pile cap* yang terdapat pada proyek tersebut. Analisis perbandingan ini bertujuan mengevaluasi efektivitas kedua metode dalam estimasi biaya konstruksi, mengingat *pile cap* merupakan elemen fondasi yang membutuhkan perencanaan teknis dan finansial yang akurat. Meskipun metode konvensional umum digunakan, tetapi sering kali menghadapi tantangan dalam hal efisiensi waktu dan akurasi data. Di sisi lain, metode *BIM* menawarkan potensi untuk meningkatkan efisiensi perhitungan volume penulangan melalui model 3D yang memperhitungkan pengurangan panjang pada tiap tipe besi, berbeda dengan perhitungan manual yang cenderung menunjukkan perhitungan tipe besi yang lebih panjang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya pekerjaan *pile cap* tipe PC4 dengan metode *BIM* lebih murah (Rp 70.356.230,32) dibandingkan dengan metode konvensional (Rp 71.038.864,28), menandakan potensi efisiensi waktu dan biaya dengan penerapan *Building Information Modeling (BIM)*. Penelitian ini memberikan dasar kuat bagi keputusan penggunaan *BIM* dalam proyek konstruksi di Indonesia, mempertimbangkan efisiensi dan akurasi sebagai faktor kunci dalam pengembangan industri konstruksi ke depan.

Kata kunci: *pile cap*; konvensional; konstruksi; *Building Information Modeling*.

1. PENDAHULUAN

Dalam industri konstruksi, efisiensi dan akurasi perhitungan biaya merupakan faktor krusial yang mempengaruhi keberhasilan proyek. *Pile cap*, sebagai elemen penting dalam struktur fondasi, memerlukan perhatian khusus dalam perencanaannya. Pada pembangunan gedung laboratorium Balai Teknologi Keselamatan Pelayaran (BTKP) di Jakarta Utara, analisis biaya *pile cap* menjadi sangat relevan untuk memastikan tidak hanya kelayakan teknis tetapi juga keberlanjutan finansial proyek tersebut. Umumnya metode konvensional kerap digunakan dalam perhitungan biaya konstruksi, termasuk untuk menghitung biaya pekerjaan *pile cap*. Meskipun sudah teruji dan umum digunakan, metode konvensional seringkali menghadapi tantangan dalam hal efisiensi waktu dan akurasi data.

Di era perkembangan teknologi yang semakin pesat, seorang insinyur teknik sipil dituntut untuk mampu memaksimalkan *software-software* teknik sipil yang ada untuk memudahkan pekerjaan. *Building information modeling (BIM)* menjadi pembahasan yang paling sering dibicarakan di dunia teknik sipil saat ini. Metode pengerjaan

Formatted: Font: Italic, Indonesian, Do not check spelling or grammar

dengan *BIM* secara sederhana dinyatakan ketika seorang *engineer* mampu mengkombinasikan beragam luaran program untuk mendukung suatu pekerjaan proyek konstruksi. Salah satu *software* yang mengedepankan *BIM* ini adalah *Autodesk Revit* yang merupakan program lisensi berbayar yang dapat diakses mahasiswa dengan *student version* menggunakan akun belajar yang diberikan oleh masing-masing perguruan tinggi. Menurut Zhang et al. (2013), penggunaan *BIM* secara signifikan dapat meningkatkan akurasi estimasi biaya dan efisiensi waktu dalam proyek konstruksi.

Beberapa penelitian di dunia telah membahas terkait implementasi *BIM* dalam proyek konstruksi, seperti yang dilakukan oleh Son et al. (2015) bahwa adopsi *BIM* dalam perencanaan dan estimasi biaya konstruksi dapat meningkatkan kinerja proyek secara keseluruhan. Berikutnya penelitian oleh Akinade et al. (2017) juga memperkuat hasil studi sebelumnya dengan menunjukkan bahwa *BIM* dapat mengurangi kesalahan manusia dalam perhitungan dan menyediakan *platform* kolaborasi yang lebih baik bagi para pemangku kepentingan. Penelitian mengenai *BIM* lebih lanjut oleh Sacks et al. (2018) mengindikasikan bahwa *BIM* tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga kolaborasi antar tim proyek yang sangat penting dalam lingkup pekerjaan konstruksi yang kompleks. Bahkan hasil penelitian yang dilakukan Nikmehr et al. (2021) memperlihatkan bahwa *BIM* dapat menghasilkan estimasi biaya yang lebih akurat dibandingkan metode konvensional, mengurangi risiko *overbudget*, dan mempercepat proses pengambilan keputusan.

Meskipun sudah sering digunakan dalam perhitungan volume pekerjaan konstruksi, metode konvensional masih memiliki beberapa keterbatasan dibandingkan dengan pendekatan berbasis teknologi seperti *BIM*. Metode ini umumnya melibatkan penggunaan gambar teknik 2D yang dihasilkan dari perangkat lunak *CAD* (*Computer-Aided Design*) seperti *AutoCAD*. Kemudian para insinyur mengukur dan menghitung volume pekerjaan secara manual berdasarkan gambar-gambar tersebut. Langkah-langkah ini termasuk mengukur panjang, lebar, dan tinggi elemen struktur, lalu mengalikan dimensi-dimensi ini untuk mendapatkan volume. Tahap pekerjaan pengukur secara manual inilah yang tidak terdapat dalam metode *BIM*.

Building Information Modeling (*BIM*) sendiri merupakan sebuah pendekatan dalam perencanaan dan manajemen proyek konstruksi, termasuk dalam perhitungan volume pekerjaan. Metode *BIM* memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D yang terintegrasi dari berbagai komponen bangunan, mulai dari struktur, arsitektur, hingga sistem *MEP* (*Mechanical, Electrical, and Plumbing*). Dalam proses ini, setiap elemen bangunan yang dimodelkan memiliki data yang mendetail dan terhubung secara parametrik, sehingga perubahan pada satu elemen akan secara otomatis memperbarui elemen terkait lainnya.

Dengan mengedepankan tujuan efisiensi dan akurasi dalam bidang konstruksi, penting untuk mengevaluasi apakah penerapan *building information modeling* dengan implementasi melalui *software* seperti *Autodesk Revit* benar-benar menawarkan keuntungan yang signifikan dibandingkan dengan metode konvensional. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana perbandingan antara metode konvensional dengan *Revit* dalam menghitung biaya pekerjaan konstruksi khusus untuk pekerjaan *pile cap* struktur *lift* pada proyek gedung laboratorium BTKP.

Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memberikan dasar yang kuat bagi pengambilan keputusan dalam penggunaan teknologi *BIM* di masa mendatang, khususnya dalam proyek-proyek konstruksi di Indonesia. Dengan memahami perbedaan biaya yang dihasilkan dari kedua metode ini, diharapkan dapat memberikan wawasan bagi para praktisi konstruksi dalam memilih metode perhitungan biaya yang paling efektif dan efisien. Dalam penelitian ini, metode konvensional digunakan untuk menghitung volume pekerjaan *pile cap* tipe PC4 pada proyek gedung laboratorium BTKP. Setelah nilai volume untuk tiap pekerjaan seperti pembetonan, penulangan, dan bekisting diperoleh maka dilanjutkan dengan perhitungan biaya pekerjaan sesuai harga satuan pekerjaan yang telah ditetapkan. Sedangkan, implementasi metode *BIM* dilakukan dengan bantuan *software Autodesk Revit* dimulai dengan pemodelan *pile cap* tipe PC4 pada struktur *lift* gedung laboratorium BTKP. Pemodelan dilakukan meliputi pekerjaan pembetonan, penulangan, dan bekisting. Hasil model 3D pada *Revit* dapat mengeluarkan masing-masing nilai volume pekerjaan, sehingga dengan memiliki volume maka dapat dihitung biaya tiap detail pekerjaan dengan mengalikannya terhadap harga satuan pekerjaan (HSP).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian pada proyek pembangunan gedung laboratorium BTKP ini dilakukan khusus untuk memberikan hasil perbandingan biaya yang dikeluarkan dari kedua metode yang digunakan. Lingkup pekerjaan khusus untuk pekerjaan *pile cap* untuk fondasi struktur *lift* yang di lapangan disebut tipe PC4. Tinjauan dilakukan untuk pekerjaan pembetonan, penulangan, dan bekisting. Hasil volume dari masing-masing metode digunakan untuk menentukan biaya pekerjaan dengan mengalikan nilainya terhadap harga satuan pekerjaan (HSP) yang diperoleh dari kontraktor. Gambar 1. menunjukkan seperti apa pekerjaan *pile cap* yang dibahas dari awal makalah pada kondisi di lapangan dilihat dari udara.



Gambar 1. Tampak pekerjaan *pile cap* struktur *lift* di lapangan

Pada metode konvensional volume pekerjaan dihitung berdasarkan gambar kerja *pile cap* tipe PC4 yang diperoleh dari konsultan. Perhitungan berdasarkan dimensi-dimensi pada gambar kerja menggunakan bantuan *software Microsoft Excel*. Hasil volume dari masing-masing pekerjaan dapat diperoleh meliputi volume beton (m^3), volume tulangan (kg), dan volume bekisting (m^2). Demikian juga dengan metode *BIM*, masing-masing volume pekerjaan perlu diketahui. Namun, metode ini memiliki keunggulan dikarenakan nilai volume masing-masing *item* pekerjaan dapat sekaligus dikeluarkan oleh *Autodesk Revit* sehingga secara alur kerja sangatlah efisien.

Setelah volume masing-masing pekerjaan diketahui, maka perlu dihitung biaya pekerjaan untuk mengetahui besar efisiensi antara kedua metode yang digunakan dalam rupiah. Biaya pekerjaan dapat diperoleh sesuai dengan Persamaan 1. Hasil perhitungan volume untuk tiap *item* pekerjaan pada masing-masing metode digunakan untuk memberikan informasi seberapa harga tiap jenis pekerjaan. Analisis harga satuan menjadi penting dalam perhitungan biaya pekerjaan konstruksi. Pada penelitian ini, harga satuan pekerjaan (HSP) yang digunakan mengikuti analisis yang telah dilakukan oleh kontraktor dalam memperkirakan biaya setiap pekerjaan sesuai dengan lokasi proyek berada.

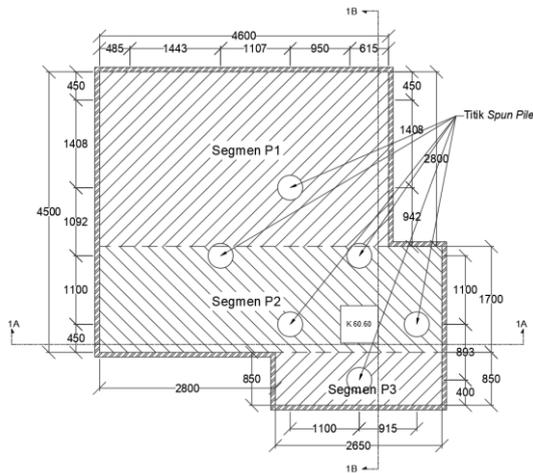
$$\text{Biaya pekerjaan} = \text{Volume pekerjaan} \times \text{Harga satuan pekerjaan} \quad (1)$$

Dengan mengetahui biaya yang diperlukan untuk masing-masing *item* pekerjaan meliputi beton, tulangan, dan bekisting, maka dapat diketahui biaya total untuk mengerjakan satu *pile cap* tipe PC4. Sebagai luaran dari penelitian ini, biaya total dari masing-masing metode dibandingkan dan dapat diketahui besaran persentasenya untuk menilai metode mana yang lebih efisien secara kalkulasi biaya dalam rupiah.

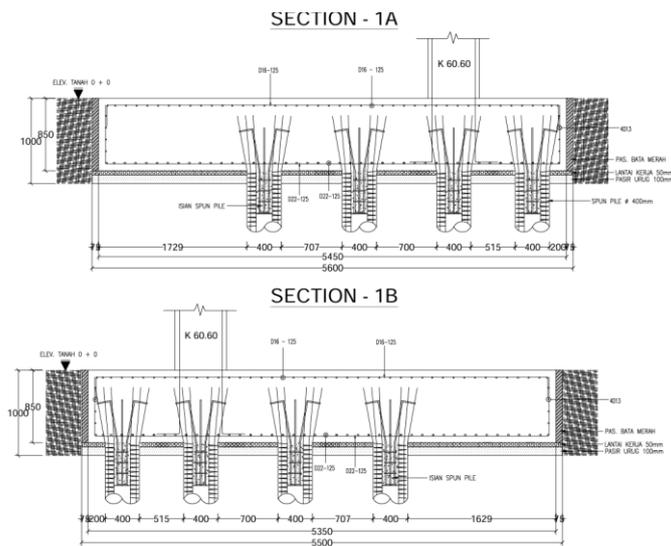
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume pekerjaan *pile cap* metode konvensional

Pada perhitungan volume pekerjaan metode ini dilakukan bertahap dan berurutan mulai dari volume pekerjaan pembetonan, penulangan, lalu dilanjutkan pekerjaan bekisting. Dikarenakan *pile cap* tidak berbentuk simetris pada dua sumbu lokal arah X dan Y, maka dalam perhitungan volume beton, *pile cap* dibagi menjadi tiga segmen dalam perhitungan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil perhitungan volume pekerjaan beton untuk metode konvensional kemudian ditampilkan dalam Tabel 1.



Gambar 2. Pembagian segmen pada *pile cap* tipe PC4

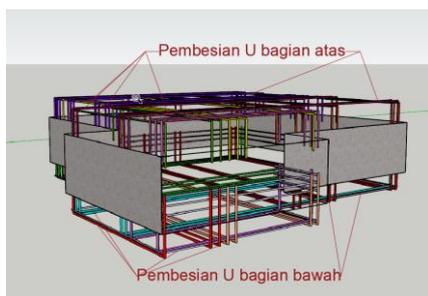


Gambar 3. Detail potongan *pile cap* tipe PC4

Tabel 1. Volume pembetonan metode konvensional

Keterangan	Volume (m ³)
Segmen P1	12,88
Segmen P2	9,27
Segmen P3	2,25
Isian <i>spun pile</i>	0,09
Total	20,83

Untuk perhitungan volume pekerjaan penulangan, berat jenis besi diambil sesuai yang tertera dalam SNI 2052:2017. Bersumber dari hasil perencanaan, pada *pile cap* PC4 terdapat 8 tipe bentuk besi yang terdiri dari 6 tipe besi utama dan 2 tipe besi sengkang. Di lapangan, untuk mempermudah pelaksanaan maka tiap besi utama *pile cap* dibuat menyerupai huruf U, sehingga akan ada besi U bagian atas dan U bagian bawah sebagai suatu rangkaian penulangan pada *pile cap* tipe PC4. Gambar 4. menampilkan posisi pemasangan besi pada *pile cap*, di mana panjang masing-masing tipe penulangan menyesuaikan gambar kerja yang diperoleh dari konsultan. Selanjutnya Tabel 2. menampilkan kebutuhan besi dalam kilogram untuk pekerjaan *pile cap* PC4.



Gambar 4. Posisi penulangan *pile cap* PC4

Tabel 2. Volume penulangan metode konvensional

Keterangan	Volume (kg)
U bagian bawah (D22)	1.456,85
U bagian atas (D16)	713,41
Sengkang (D13)	92,78
Isian <i>spun pile</i> (D13)	73,99
Total	2.337,03

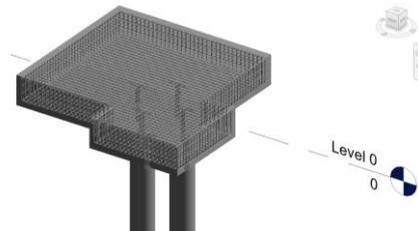
Bekisting yang digunakan pada *pile cap* tipe PC4 ini adalah pasangan bata merah (dengan perbandingan campuran 1 semen : 5 pasir). Penggunaan bekisting bata merah ini beralasan agar pada saat pengecoran air semen tidak hilang dan meresap pada tanah yang tentunya hal tersebut mengganggu proses beton mencapai mutu yang direncanakan. Selain itu, karena pengecoran *pile cap* langsung dilaksanakan pada muka tanah, maka akan sangat sulit untuk melepas bekisting konvensional apalagi ukuran *pile cap* tipe PC4 ini termasuk besar. Tabel 3. menampilkan volume pekerjaan bekisting untuk metode konvensional.

Tabel 3. Volume bekisting metode konvensional

Keterangan	Volume (m ²)
Bekisting bata merah	18,36
Total	18,36

Volume pekerjaan *pile cap* metode BIM

Dalam perhitungan metode ini, volume bersumber dari hasil yang diberikan oleh *Autodesk Revit*, sehingga tidak diperlukan perhitungan secara manual berdasarkan dimensi untuk mengetahui kebutuhan material masing-masing *item* pekerjaan (beton, besi, bekisting). Gambar 5 memperlihatkan hasil pemodelan *pile cap* tipe PC4 pada *Autodesk Revit* dengan catatan pembuatan model mengikuti dimensi pada gambar kerja yang diperoleh.



Gambar 5. Hasil pemodelan *pile cap* tipe PC4 dengan Revit

Dengan menggunakan *software Autodesk Revit*, volume masing-masing pekerjaan dapat langsung diketahui secara detail. Tabel 4 menampilkan luaran volume untuk pekerjaan beton. Tabel 5 menampilkan luaran volume untuk pekerjaan bekisting. Tabel 6 menampilkan luaran volume untuk pekerjaan tulangan. Hasil rekapitulasi volume pekerjaan *pile cap* tipe PC4 dengan metode *BIM* akan ditampilkan dalam Tabel 7.

Tabel 4. Luaran *Autodesk Revit* untuk volume pekerjaan beton

Beton <i>pile cap</i> - tipe PC4			
Uraian	Tebal	Luas area	Volume beton
<i>Pile cap</i>	0,85 m	24,40 m ²	20,74 m ³
Isian <i>spun pile</i> – 1	0,50 m	0,03 m ²	0,015 m ³
Isian <i>spun pile</i> – 2	0,50 m	0,03 m ²	0,015 m ³
Isian <i>spun pile</i> – 3	0,50 m	0,03 m ²	0,015 m ³
Isian <i>spun pile</i> – 4	0,50 m	0,03 m ²	0,015 m ³
Isian <i>spun pile</i> – 5	0,50 m	0,03 m ²	0,015 m ³
Isian <i>spun pile</i> – 6	0,50 m	0,03 m ²	0,015 m ³

Tabel 5. Luaran *Autodesk Revit* untuk volume pekerjaan bekisting

Bekisting <i>pile cap</i> - tipe PC4			
Uraian	Tebal	Keliling	Luas bekisting
<i>Pile cap</i>	0,85 m	24,40 m ²	20,74 m ³

Tabel 6. Luaran *Autodesk Revit* untuk volume pekerjaan tulangan

Tulangan <i>pile cap</i> - tipe PC4			
Uraian	Diameter	Panjang tipe	Panjang total tipe
Tipe 1	22	3,76 m	26,31 m
Tipe 2		6,56 m	78,70 m
Tipe 3		5,71 m	137,00 m
Tipe 4		5,61 m	123,38 m
Tipe 5		6,46 m	83,96 m
Tipe 6		3,66 m	29,27 m
Tipe 1a	16	3,37 m	23,58 m
Tipe 2a		6,17 m	74,05 m
Tipe 3a		5,32 m	127,69 m
Tipe 4a		5,22 m	114,85 m
Tipe 5a		6,07 m	78,92 m
Tipe 6a		3,27 m	26,16 m
Tipe 7	13	10,38 m	41,52 m
Tipe 8		11,60 m	46,40 m
Isian SP – 1		1,22 m	9,74 m
Isian SP – 2		1,22 m	9,74 m
Isian SP – 3		1,22 m	9,74 m
Isian SP – 4		1,22 m	9,74 m

Tabel 6 (Lanjutan). Luaran Autodesk Revit untuk volume pekerjaan tulangan

Uraian	Diameter	Panjang tipe	Panjang total tipe
Isian SP – 5	13	1,22 m	9,74 m
Isian SP – 6		1,22 m	9,74 m
Sengkang SP – 1	10	0,68 m	3,40 m
Sengkang SP – 2		0,68 m	3,40 m
Sengkang SP – 3		0,68 m	3,40 m
Sengkang SP – 4		0,68 m	3,40 m
Sengkang SP – 5		0,68 m	3,40 m
Sengkang SP – 6		0,68 m	3,40 m

Tabel 7. Rekapitulasi volume pekerjaan *pile cap metode BIM*

Uraian pekerjaan	Volume
Pembetonan (m ³)	20,83
Penulangan (kg)	2.295,89
Bekisting (m ²)	18,36

Harga satuan pekerjaan (HSP)

Dalam penelitian ini tidak dilakukan analisis terkait harga satuan pekerjaan (HSP) masing-masing *item* pekerjaan. Harga yang diperoleh merupakan analisis yang dilakukan oleh kontraktor menyesuaikan lokasi proyek. Untuk harga satuan menyesuaikan Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 278 Tahun 2022 dan Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan Pengadaan Pembangunan Fisik Gedung Pemagangan Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia Tahun Anggaran 2022. Tabel 8. menampilkan rekapitulasi harga satuan pekerjaan yang digunakan dalam pekerjaan *pile cap* tipe PC 4.

Tabel 8. Harga satuan pekerjaan yang digunakan

Uraian pekerjaan	Harga satuan pekerjaan
Pekerjaan beton per m ³	1.384.449,00
Pekerjaan penulangan per kg	16.592,95
Pekerjaan pemasangan bekisting per m ²	186.414,47

Analisis perbandingan metode konvensional dan BIM

Dengan menggunakan Persamaan 1 maka dapat diperoleh biaya pekerjaan *pile cap* tipe PC4 untuk masing-masing metode yang digunakan. Rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 9. untuk biaya pekerjaan *pile cap* antara metode konvensional dengan *metode BIM*.

Tabel 9. Rekapitulasi dan perbandingan biaya pekerjaan *pile cap* metode konvensional dan Revit

Uraian pekerjaan	Konvensional			BIM		
	Volume	HSP (Rp)	Biaya (Rp)	Volume	HSP (Rp)	Biaya (Rp)
Pembetonan (m ³)	20,83	1.384.449,00	28.838.072,67	20,83	1.384.449,00	28.838.072,67
Penulangan (kg)	2.337,03	16.592,95	38.778.221,94	2.295,89	16.592,95	38.095.587,98
Bekisting (m ²)	18,36	186.414,47	3.422.569,67	18,36	186.414,47	3.422.569,67
	Total		71.038.864,28	Total		70.356.230,32

Dari tabel di atas terlihat bahwa pada pekerjaan yang melibatkan bangun ruang yaitu pekerjaan beton dan bekisting hasil perhitungan yang diperoleh dari kedua metode adalah sama, sedangkan untuk pekerjaan yang lebih kompleks yakni penulangan terdapat selisih dimana hasil perhitungan *Autodesk Revit* lebih kecil 1,76% dibandingkan perhitungan manual. Hal ini selaras dengan penelitian oleh Akbar et al.. (2021) yang menyatakan bahwa hasil perhitungan metode *BIM* untuk *pile cap* selisih 5% dan nilainya lebih kecil dibandingkan metode konvensional. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Suhianto dan Prasetyono (2023) juga menunjukkan hasil luaran *Autodesk Revit* untuk penulangan fondasi lebih kecil dari metode konvensional dengan selisih sebesar 17,6%.

Namun demikian, hasil analisis yang disajikan dalam penelitian ini adalah benar-benar berdasarkan kondisi pemodelan yang ada sehingga belum termasuk pertimbangan melebihi kebutuhan material sebagai *safety factor*. Seperti diketahui, bahwa pada pelaksanaan proyek yang menggunakan *ready mix* biasanya diangkut dengan *truck*

mixer dengan kapasitas $6 - 7 \text{ m}^3$. Pada proyek ini, *truck mixer* yang digunakan memiliki kapasitas angkut 7 m^3 . Ketika di lapangan, dilakukan juga uji *slump* untuk mengetahui *workability* beton, sehingga tentu jumlah material beton akan berkurang. Tidak hanya uji *slump*, material beton juga diambil untuk membuat beberapa benda uji silinder yang akan digunakan sebagai benda uji kuat tekan beton di laboratorium. Begitu juga untuk kebutuhan material besi, berdasarkan hasil pemodelan *pile cap* dengan *Autodesk Revit* pada penelitian ini belum sepenuhnya mempertimbangkan tekukan dari masing-masing model penulangan. Dikatakan belum sepenuhnya karena pada metode *BIM* penelitian ini hanya memodelkan tekukan tulangan sesuai *default Autodesk Revit*, yang mana hal tersebut belum disesuaikan dengan pelaksanaan di lapangan. Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut maka sebaiknya untuk penelitian selanjutnya harus mempertimbangkan *safety factor* penggunaan material di lapangan, sehingga hasil perhitungan lebih konservatif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa hasil perhitungan volume metode *BIM* lebih kecil untuk pekerjaan penulangan dikarenakan pada program ini terdapat pengurangan panjang pada tiap tipe besi yang mana diambil dari tekukan yang ada pada setiap bentuk tipe. Hal tersebut tidak terjadi tentunya pada perhitungan manual yang mengandalkan panjang bentang dikurangi dengan tebal selimut beton, baik salah satu atau kedua sisi sehingga hasil perhitungan menampilkan tipe besi yang lebih panjang. Perbedaan hasil perhitungan volume untuk pekerjaan penulangan menyebabkan biaya pekerjaan *pile cap* tipe PC4 untuk kedua metode berbeda. Pada metode konvensional biaya pekerjaan diperoleh sebesar Rp 71.038.864,28, sedangkan untuk metode *BIM* diperoleh biaya pekerjaan sebesar Rp 70.356.230,32. Perlu menjadi catatan bahwa dalam penelitian ini tidak memperhitungkan sisa material yang umumnya menjadi tinjauan dalam suatu proyek konstruksi terutama dalam pekerjaan penulangan. Hal ini dikarenakan fokus utama penelitian terhadap *pile cap* fondasi struktur *lift*, sedangkan untuk mengetahui sisa material penulangan dalam suatu proyek, maka harus dilakukan tinjauan terhadap pekerjaan struktur lainnya.

Autodesk Revit sebagai *software BIM* hadir dengan kompleksibilitas program yang memudahkan pekerjaan *engineer* dari 2D bisa menghasilkan 3D secara bersamaan dan tentunya secara waktu ini lebih efisien. Di lain sisi, perhitungan manual yang terkadang mengandalkan *sense of engineer* dari individu yang mengerjakannya justru mampu menyediakan kebutuhan yang dapat menjadi antisipasi di lapangan ketika terjadi ketidaksesuaian antara gambar dan pekerjaan dengan lebih banyaknya volume pada hasil perhitungan. Sebagai konklusi dari penelitian ini, *software* hadir untuk mengefisienkan pekerjaan guna memangkas waktu, namun peran wawasan seorang *engineer* juga berpengaruh dan tidak bisa dilepaskan untuk menciptakan pekerjaan yang tepat waktu dan tepat guna dengan salah satu cara yaitu mengkomparasikan perhitungan *software* dengan perhitungan manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. H. U., Sucita, I. K., & Yanuarini, E. (2021). Comparison Between the BOQ of Conventional and *BIM* Method on BPJS Building in Central Jakarta. *Logic : Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi*, 21(1), 31–30. <https://doi.org/10.31940/logic.v21i1.2260>
- Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Omotoso, K., Ajayi, S. O., Bilal, M., Owolabi, H. A., Alaka, H. A., Ayris, L., & Henry Looney, J. (2017). *BIM*-based deconstruction tool: Towards essential functionalities. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), 260–271. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.01.002>
- Nikmehr, B., Hosseini, M. R., Wang, J., Chileshe, N., & Rameezdeen, R. (2021). *BIM*-Based Tools for Managing Construction and Demolition Waste (CDW): A Scoping Review. *Sustainability*, 13(15), 8427. <https://doi.org/10.3390/su13158427>
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119287568>
- Son, H., Lee, S., & Kim, C. (2015). What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions. *Automation in Construction*, 49, 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.012>
- Suharianto, D. A., & Prasetyono, P. N. (2023). Perhitungan Volume Pekerjaan Struktur Proyek Rumah Cluster Bukit Golf Menggunakan Autodesk Revit. *Jurnal Vokasi Teknik Sipil*, 1(2), 130–139.
- Zhang, S., Teizer, J., Lee, J.-K., Eastman, C. M., & Venugopal, M. (2013). Building Information Modeling (*BIM*) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction*, 29, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.006>