

Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) Pada Struktur Bawah Jalan Tol Yogyakarta – Bawen STA. 69+624,68 – 70+189,10

Arifian Firmansyah^{1,*}, Eko Riyanto², Agung Nusantoro³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo^{1,2,3}

Email: arifianfirmansyah@gmail.com

Abstrak. Jalan Tol Yogyakarta - Bawen merupakan bagian Proyek Strategis Nasional (PSN) dengan total panjang 75,12 Km. Penggunaan tipe jalan *elevated* (melayang) pada Jalan Tol Yogyakarta – Bawen STA. 69+624,68 - 70+189,10 menyebabkan kompleksitas struktur meningkat. Pemanfaatan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) menjadi alternatif untuk perhitungan kebutuhan volume beton dan baja tulangan yang lebih optimal. BIM adalah representasi digital dari karakter fisik dan fungsional suatu bangunan (atau objek BIM). Karena itu, di dalamnya terkandung semua informasi mengenai elemen - elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan, sejak konsep hingga demolisi. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan teknologi BIM dalam perhitungan volume beton dan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier* serta membandingkan hasil perhitungan volume beton dan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier* antara metode konvensional dan metode BIM. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan komparatif. Analisis data metode konvensional dengan *software Microsoft Excel 2019* dan metode *Building Information Modeling* (BIM) dengan *software Autodesk Revit 2024* untuk pemodelan. Data yang digunakan penelitian yaitu dokumen Shop Drawing (SD) *bored pile*, *pile cap* dan *pier* P75 - P89 (STA. 69+624,68 - 70+189,10) yang diperoleh dari PT. Adhi Karya (Persero) Tbk. Hasil penelitian didapatkan perbandingan hasil perhitungan volume beton dan baja tulangan metode BIM lebih hemat daripada metode konvensional. Persentase perbandingan pada struktur *bored pile*, *pile cap* dan *pier* berturut – turut 1,79%, 2,42%, 3,43% untuk volume beton dan 2,12%, 0,95%, dan 0,43% untuk berat baja tulangan. Selisih hasil perhitungan pada struktur *bored pile*, *pile cap* dan *pier* berturut – turut 210,6239 m³, 202,4723 m³, dan 107,8021 m³ untuk volume beton dan 36.051,5905 kg, 14.944,9030 kg, dan 4.085,5332 kg untuk berat baja tulangan. Dengan demikian, kemampuan *Autodesk Revit 2024* dalam memvisualisasikan 3D model secara detail, menghasilkan menghasilkan perhitungan volume beton dan baja tulangan yang lebih optimal.

Kata Kunci : *bored pile*, *pile cap*, *pier*, *Building Information Modeling* (BIM).

Abstrack. Yogyakarta-Bawen Toll Road is part of the National Strategic Project (NSP) with a total length of 75.12 km. The use of *elevated road* types on the Yogyakarta-Bawen Toll Road, particularly at STA. 69+624.68 - 70+189.10, increases structural complexity. The utilization of *Building Information Modeling* (BIM) technology serves as an alternative for optimizing the calculation of concrete volume and reinforcement steel requirements. BIM is a digital representation of the physical and functional characteristics of a building (or BIM object). As such, it contains all the information regarding the building elements that are used as the basis for decision-making throughout the building's lifecycle, from concept to demolition. The aim of this study is to apply BIM technology in calculating the concrete volume and reinforcement steel for *bored piles*, *pile caps*, and *piers*, and to compare the results of these calculations between conventional methods and BIM-based methods. This study employs quantitative and comparative methods. Data analysis using the conventional method was conducted with *Microsoft Excel 2019* software, while the *Building Information Modeling* (BIM) method used *Autodesk Revit 2024* software for modeling. The data used in the study includes *Shop Drawing* (SD) documents for *bored piles*, *pile caps*, and *piers* P75-P89 (STA. 69+624.68 - 70+189.10) obtained from PT. Adhi Karya (Persero) Tbk. The study results

indicate that the BIM method yields more efficient calculations of concrete volume and reinforcement steel compared to the conventional method. The percentage comparison for the bored pile, pile cap, and pier structures was 1.79%, 2.42%, and 3.43% respectively for concrete volume, and 2.12%, 0.95%, and 0.43% respectively for reinforcement steel weight. The differences in calculation results for the bored pile, pile cap, and pier structures were 210.6239 m³, 202.4723 m³, and 107.8021 m³ respectively for concrete volume, and 36,051.5905 kg, 14,944.9030 kg, and 4,085.5332 kg respectively for reinforcement steel weight. Thus, the capability of Autodesk Revit 2024 in visualizing detailed 3D models results in more optimized calculations of concrete volume and reinforcement steel.

Keyword : bored pile, pile cap, pier, Building Information Modeling (BIM).

1. Pendahuluan

Jalan Tol Yogyakarta - Bawen merupakan bagian Proyek Strategis Nasional (PSN). Jalan tol ini akan melintasi 2 provinsi yaitu, Provinsi Jawa Tengah sepanjang 66,32 km dan Daerah Istimewa Yogyakarta sepanjang 8,80 km dengan total panjang 75,12 km. Dalam pekerjaannya jalan tol ini dibagi menjadi 6 Seksi, Seksi 1 Yogyakarta - Banyurejo sepanjang 8,8 km, Seksi 2 Banyurejo - Borobudur sepanjang 15,2 km, Seksi 3 Borobudur - Magelang sepanjang 8,1 km, Seksi 4 Magelang - Temanggung sepanjang 16,6 km, Seksi 5 Temanggung - Ambarawa sepanjang 21,2 km dan Seksi 6 Ambarawa - Bawen sepanjang 5,12 km (BPJT, 2023). Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta - Bawen seksi 1 dilakukan di atas salah satu bangunan bersejarah di Yogyakarta yaitu, Selokan Mataram, sehingga dalam perencanaannya dilakukan menggunakan tipe jalan *elevated* (jalan layang). Perencanaan kebutuhan volume beton dan tulangan baja *bored pile*, *pile cap* dan *pier* pada proyek ini masih menggunakan metode konvensional, yaitu dengan bantuan *Microsoft Excel* dan acuan dari *shop drawing*. Berdasarkan surat edaran Badan Pengatur jalan Tol (BPJT) Nomor BM.07.02-P/1271 tahun 2020 menyebutkan perlu adanya penerapan BIM dalam proses penyelenggaraan jalan tol, dimulai dari tahapan penyusunan dokumen basic design, dokumen Rencana Teknik Akhir (RTA), hingga pelaksanaan konstruksi, operasional dan pemeliharaan jalan tol.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan mengenai penerapan BIM pada aspek perancangan, perencanaan, maupun pelaksanaan konstruksi. Fitriono dkk (2023) melakukan penelitian untuk mengetahui hasil dari perbandingan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan metode konvensional dengan metode *Building Information Modelling* (BIM) menggunakan *software Tekla Structure*. Hasil yang di dapat dari perbandingan volume beton dan tulangan metode BIM lebih rendah dari metode konvensional dengan selisih volume beton dan tulangan yaitu berturut – turut 13,91 m³ dan 3.107,98 kg, dengan persentase perbandingan volume beton 4% dan volume tulangan 3%. Perbandingan biaya kebutuhan beton dan kebutuhan tulangan metode BIM lebih rendah dari metode konvensional dengan selisih biaya kebutuhan beton dan tulangan yaitu berturut – turut Rp 14.320.282,04 dan Rp 36.537.806,58, dengan persentase perbandingan biaya beton 4% dan biaya tulangan 3%. Perbandingan RAB total perhitungan menggunakan metode BIM lebih rendah dari metode konvensional dengan selisih yaitu Rp 50.858.088,63 atau selisih 3%. Soebandono dkk (2022) melakukan penelitian dengan memanfaatkan BIM menggunakan *software Tekla Structures Student License* untuk membandingkan volume struktur bawah dengan perhitungan metode konvensional. Penelitian dilanjutkan dengan perencanaan anggaran biaya dengan QTO (*Quantity Takeoff*) dari *Tekla Structures*. Hasil penelitian ini untuk struktur atas selisih beton 0,28%, besi 1,1% dan bekisting 0,22% atau bisa dibilang disemua selisih tersebut lebih efisien perhitungan menggunakan metode BIM. Sedangkan, struktur atap memiliki selisih jurai 3,39%, gording 0,4%, usuk 1,23% dan reng 0,42% atau bisa dibilang selain perhitungan reng saja yang lebih efisien dihitung menggunakan metode BIM. Lalu perhitungan biaya didapat nilai selisih untuk struktur bawah sebesar 0,48% atau sebanyak Rp 1.452.861 struktur atas sebesar 0,58% atau sebanyak Rp 14.078.298 dan struktur atap sebesar 1,4% atau sebanyak Rp 6.795.712. Semua selisih tersebut dikatakan lebih efisien biaya jika digunakan metode BIM sebagai pengambilan

volume pekerjaan. Namun, dibalik manfaat yang besar dari BIM perlu ketelitian yang tinggi dalam pemodelan. Karena beberapa kunci keberhasilan BIM pemodelan 3D penting untuk diperhatikan.

Zahro dkk (2021), melakukan penelitian untuk mengevaluasi antara penggunaan metode BIM dan metode konvensional pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Keperawatan Universitas Jember. Program bantu BIM yang dipakai adalah *Autodesk Revit* yang merupakan salah satu perangkat lunak yang membawa semua arsitektur, teknik, dan disiplin konstruksi ke dalam lingkungan pemodelan terpadu. Hasil dari Penelitian ini yaitu selisih biaya total untuk struktur dan arsitektur yaitu Rp242.638.340,10. Biaya yang berasal dari pemodelan *Autodesk Revit* lebih besar 5,33 % daripada metode konvensional proyek. Dan selisih pada penjadwalan dalam pelaksanaan pada pemodelan *Autodesk Revit* yaitu 15 hari lebih lama daripada metode konvensional. Laili dkk (2021) melakukan penelitian untuk mengeksplorasi potensi BIM dan mengetahui perbandingan perhitungan *BoQ* menggunakan *Revit 2019* dan metode konvensional pada pekerjaan struktur yang terdiri dari volume fondasi, lantai, kolom, balok, tangga, ramp, tulangan sekaligus perhitungan baja ringan untuk rangka atap. Penelitian ini menggunakan Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai studi kasus penelitian. Dari hasil pemodelan dan perhitungan yang telah dilakukan, didapat adanya ketidakselarasan jumlah baja IWF dan reng baja ringan yang dihitung dengan yang ada di gambar rencana oleh perencana. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang akurat, dilakukan perhitungan ulang terhadap hasil metode konvensional pada berat baja IWF dan reng baja ringan. Berikut merupakan rincian nilai persentase perbandingan *BoQ* menggunakan *Revit 2019* terhadap metode konvensional, yaitu untuk pekerjaan fondasi sebesar 96,5%, lantai 98,17%, kolom 89,37%, balok 88,88%, tangga 90,35%, tulangan 112,18%, baja CNP 82,04%, baja IWF 81,54% dan reng baja ringan 100,18% sehingga nilai rata-rata perbandingan sebesar 93,25%. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perhitungan *BoQ* dan pemodelan elemen struktur menggunakan *Revit 2019* dapat dilakukan dengan cepat, efektif, dan menghasilkan hasil yang akurat serta mampu meminimalisasi kemungkinan terjadinya kesalahan akibat *human error* pada saat mendesain maupun menghitung volume pekerjaan.

Berdasarkan tinjauan literatur, maka penelitian ini mencoba untuk menganalisis apakah penerapan *Building Information Modeling* (BIM) lebih optimal dibandingkan metode konvensional dalam perhitungan volume beton dan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier*. pada pembangunan jalan tol Yogyakarta – Bawen STA. 69+624,68 – 70+189,10. Diharapkan dengan perbandingan antara metode *Building Information Modeling* (BIM) dengan metode konvensional dapat diketahui selisih hasil perhitungan volume beton dan baja tulangan struktur *bored pile*, *pile cap* dan *pier*.

2. Metode Penelitian

Data sekunder yang digunakan sebagai acuan pemodelan dan perhitungan berupa dokumen *Request Approval Shop Drawing* (RASD). Perhitungan volume beton dan baja tulangan metode konvensional dilakukan dengan *software Microsoft Excel* menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$V = A \times h \quad (1)$$

Keterangan:

V : Volume beton (m³)

A : Luas alas (m²)

h : Tinggi beton (m)

$$Wb = L \times n \times \gamma \quad (2)$$

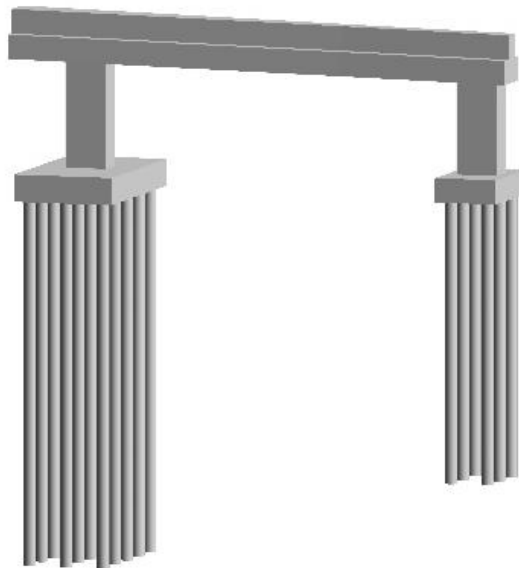
Keterangan:

Wb : Berat baja tulangan (kg)

L : Panjang baja tulangan (m)

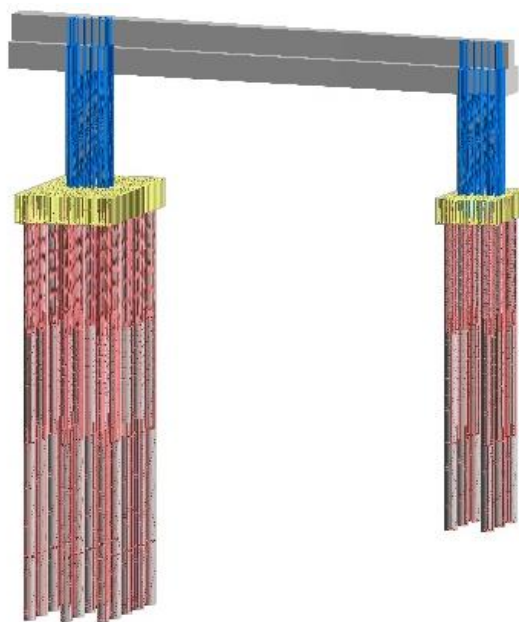
- n : Jumlah baja tulangan
- γ : Berat jeni baja tulangan (kg/m)

Penerapan metode *Building Information Modeling* (BIM) dalam perhitungan volume beton dan baja tulangan dilakukan dengan *software Autodesk Revit 2024*. Tahap awal adalah pemodelan 3D beton *bored pile*, *pile cap* dan *pier*. Pemodelan beton *bored pile*, *pile cap* dan *pier* dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Pemodelan Beton *Bored Pile*, *Pile Cap* dan *Pier*

Setelah melakukan pemodelan 3D beton selesai langkah berikutnya adalah pemodelan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier*. Pemodelan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier* dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Pemodelan Baja Tulangan *Bored Pile*, *Pile Cap* dan *Pier*

Setelah melakukan pemodelan beton dan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier*, langkah berikutnya adalah mengeluarkan hasil perhitungan pada *Schedule Autodesk Revit*. Contoh *Schedule* volume beton dan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier* dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 8 sebagai berikut.

| Volume Beton Bored Pile P75 | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Titik | V. Beton | V. Tulangan | V. Beton Kumulatif | Keterangan | |
| BP1 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75A | |
| BP2 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75A | |
| BP3 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75A | |
| BP4 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75A | |
| BP5 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75A | |
| BP6 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75A | |
| BP7 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75A | |
| | | | 277.0865 m ³ | 4.3399 m ³ | 272.7466 m ³ |
| BP1 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75B | |
| BP2 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75B | |
| BP3 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75B | |
| BP4 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75B | |
| BP5 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75B | |
| BP6 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75B | |
| BP7 | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 38.9638 m ³ | P75B | |
| | | | 277.0865 m ³ | 4.3399 m ³ | 272.7466 m ³ |
| | | | 554.1731 m ³ | 8.6799 m ³ | 545.4932 m ³ |

Gambar 3. Schedule Volume Beton Bored Pile

| Volume Beton Pile Cap P75 | | | | |
|---------------------------|----------|-----------------------|-------------------------|------------|
| Titik | V. Beton | V. Tulangan | V. Beton Kumulatif | Keterangan |
| P75A | 198.0000 | 3.6913 m ³ | 194.3087 m ³ | Segi 8 |
| P75B | 198.0000 | 3.6913 m ³ | 194.3087 m ³ | Segi 8 |
| | | | 388.6174 m ³ | |

Gambar 4. Schedule Volume Beton Pile Cap

| Volume Beton Pier P75 | | | | |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------|
| Titik | V. Beton | V. Tulangan | V. Beton Kumulatif | Keterangan |
| P75A | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 272.7466 m ³ | P75A |
| P75B | 39.5838 m ³ | 0.6200 m ³ | 272.7466 m ³ | P75B |
| | | | 545.4932 m ³ | |

Gambar 5. Schedule Volume Beton Pier

| No | Dia. | Type | Dimensi (m) | | | | | Unit | Total Panjang (m) | Jumlah Pot. | Berat (kg/m) | Berat (kg) | Jumlah B. Pile | Berat Total (kg) | Keterangan | |
|-----|------------|------|-------------|-------|-------|-------|-----------|---------|-------------------|-------------|--------------|------------|----------------|------------------|------------|--|
| | | | a (m) | b (m) | c (m) | d (m) | slice (m) | | | | | | | | | |
| 20 | D - 32 | P1a | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 12 | 1 | 6.313 | 1515.12 | 7 | 10605.84 | L-1 | |
| 16 | D - 32 | P1b | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 12 | 1 | 6.313 | 1212.096 | 7 | 8484.672 | L-2 | |
| 16 | D - 25 | P1c | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 12 | 1 | 3.853 | 739.776 | 7 | 5178.432 | L-3 | |
| 16 | D - 25 | P1c | 4.38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 4.38 | 1 | 3.853 | 271.2512 | 7 | 1898.7584 | L-4 | |
| L-1 | D 16 - 75 | P2a | 1.06 | 0.075 | 10.4 | | | 31.9883 | 1 | 506.4133 | 40 | 1.578 | 799.1202 | 7 | 5593.8413 | |
| L-2 | D 13 - 200 | P2b | 1.06 | 0.3 | 4.4 | | | 3.5913 | 1 | 64.4913 | 6 | 1.042 | 67.1999 | 7 | 470.3995 | |
| L-2 | D 13 - 200 | P2b | 1.06 | 0.2 | 6 | | | 6.2996 | 1 | 117.1996 | 10 | 1.042 | 122.122 | 7 | 854.8539 | |
| L-4 | D 13 - 200 | P2c | 1.06 | 0.3 | 3.38 | | | 2.9846 | 1 | 52.6846 | 5 | 1.042 | 54.8974 | 7 | 384.2815 | |
| L-3 | D 13 - 200 | P2c | 1.06 | 0.3 | 10.72 | | | 8.0302 | 1 | 150.8802 | 12 | 1.042 | 157.2172 | 7 | 1100.5202 | |
| | | | | | | | | 73 | | | | 4938.7998 | | 34571.5988 | | |

Gambar 6. Schedule Berat Baja Tulangan Bored Pile

| Type | Dia. (mm) | Dimensi (m) | | | | | | Panjang (m) | Unit | Total Panjang (m) | Berat (kg/m) | Berat (kg) | Keterangan | |
|------|----------------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------------|------|-------------------|--------------|------------|---------------|--|
| | | a (m) | b (m) | c (m) | d (m) | e (m) | f (m) | | | | | | | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.2839 | 24 | 79.2000 | 3.8530 | 305.1576 | Bagian Tengah | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 9.45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.7339 | 24 | 282.0000 | 3.8530 | 1086.5460 | Bagian Tengah | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.2839 | 40 | 132.0000 | 3.8530 | 508.5960 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 5.9762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 10.5440 | 2 | 21.0881 | 3.8530 | 81.2524 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.0762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 10.6440 | 2 | 21.2881 | 3.8530 | 82.0230 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.1762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 10.7440 | 2 | 21.4881 | 3.8530 | 82.7936 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.2762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 10.8440 | 2 | 21.6881 | 3.8530 | 83.5642 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.3762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 10.9440 | 2 | 21.8881 | 3.8530 | 84.3348 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.4762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.0440 | 2 | 22.0881 | 3.8530 | 85.1054 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.5762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.1440 | 2 | 22.2881 | 3.8530 | 85.8760 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.6762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.2440 | 2 | 22.4881 | 3.8530 | 86.6466 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.7762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.3440 | 2 | 22.6881 | 3.8530 | 87.4172 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.8762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.4440 | 2 | 22.8881 | 3.8530 | 88.1878 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 6.9762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.5440 | 2 | 23.0881 | 3.8530 | 88.9584 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.0762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.6440 | 2 | 23.2881 | 3.8530 | 89.7290 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.1762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.7440 | 2 | 23.4881 | 3.8530 | 90.4996 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.2762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.8440 | 2 | 23.6881 | 3.8530 | 91.2702 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.3762 | 2.325 | 0 | 0 | 0 | 11.9440 | 2 | 23.8881 | 3.8530 | 92.0408 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.4777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.7616 | 2 | 19.5232 | 3.8530 | 75.2230 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.5777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.8616 | 2 | 19.7232 | 3.8530 | 75.9936 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.6777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.9616 | 2 | 19.9232 | 3.8530 | 76.7642 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.7777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.0616 | 2 | 20.1232 | 3.8530 | 77.5348 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.8777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.1616 | 2 | 20.3232 | 3.8530 | 78.3054 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 7.9777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.2616 | 2 | 20.5232 | 3.8530 | 79.0760 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 8.0777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.3616 | 2 | 20.7232 | 3.8530 | 79.8466 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 8.1777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.4616 | 2 | 20.9232 | 3.8530 | 80.6172 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 8.2777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.5616 | 2 | 21.1232 | 3.8530 | 81.3878 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 8.3777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.6616 | 2 | 21.3232 | 3.8530 | 82.1584 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 8.4777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.7616 | 2 | 21.5232 | 3.8530 | 82.9290 | Bagian Tepi | |
| F1 | D 25 - 100 | 2.325 | 8.5777 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.8616 | 2 | 21.7232 | 3.8530 | 83.6996 | Bagian Tepi | |
| F4a | D 19 - 300 | 4.9806 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.9806 | 2 | 9.9612 | 2.2260 | 22.1736 | Bagian Tepi | |
| F4a | D 19 - 300 | 6.1806 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.1806 | 2 | 12.3612 | 2.2260 | 27.5160 | Bagian Tepi | |
| F4a | D 19 - 300 | 7.3806 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.3806 | 2 | 14.7612 | 2.2260 | 32.8584 | Bagian Tepi | |
| F4a | D 19 - 300 | 8.5806 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.5806 | 2 | 17.1612 | 2.2260 | 38.2008 | Bagian Tepi | |
| F5 | 6 D - 19 | 5.9184 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.9184 | 12 | 71.1000 | 1.5780 | 112.1958 | Bagian Tengah | |
| F5 | 6 D - 19 | 0.76 | 3.9395 | 2.353 | | | 0.76 | 11.7173 | 12 | 140.7000 | 1.5780 | 222.0246 | Bagian Tepi | |
| F6 | D 16 - 200 / 4 | 2.357 | 0 | 0 | 0.096 | 0.096 | 0 | 2.5341 | 952 | 2427.6000 | 1.5780 | 3830.7528 | | |
| | | | | | | | | | | 1552 | 7676.7555 | | 27590.9362 | |

Gambar 7. Schedule Berat Baja Tulangan Pile Cap

| Type | Dia. (mm) | Dimensi (m) | | | | | | Panjang (m) | Unit | Total Panjang (m) | Berat (kg/m) | Berat (kg) | Keterangan |
|------|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|------|-------------------|--------------|------------|--------------------------|
| | | a (m) | b (m) | c (m) | d (m) | e (m) | f (m) | | | | | | |
| C1 | 29 D - 32 | 5.6686 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 0 | 6.0000 | 44 | 264.0000 | 6.3130 | 1666.6320 | Tulangan Utama Sisi A |
| C1 | 29 D - 32 | 7.7941 | 0 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 8.1255 | 44 | 358.6000 | 6.3130 | 2263.8418 | Tulangan Utama Sisi A |
| C1 | 15 D - 32 | 5.6686 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 0 | 6.0000 | 15 | 90.0000 | 6.3130 | 568.1700 | Tulangan Utama Sisi B |
| C1 | 15 D - 32 | 7.7941 | 0 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 8.1255 | 15 | 122.2500 | 6.3130 | 771.7643 | Tulangan Utama Sisi B |
| C1 | 29 D - 32 | 1.7941 | 0 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 2.1255 | 44 | 94.6000 | 6.3130 | 597.2098 | Tulangan Utama Sisi C |
| C1 | 29 D - 32 | 11.6686 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 0 | 12.0000 | 44 | 528.0000 | 6.3130 | 3333.2640 | Tulangan Utama Sisi C |
| C1 | 15 D - 32 | 1.7941 | 0 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 2.1255 | 15 | 32.2500 | 6.3130 | 203.5943 | Tulangan Utama Sisi D |
| C1 | 15 D - 32 | 11.6686 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 0 | 12.0000 | 15 | 180.0000 | 6.3130 | 1136.3400 | Tulangan Utama Sisi D |
| C1a | 29 D - 32 | 5.45 | 0 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 5.7814 | 29 | 168.2000 | 6.3130 | 1061.8466 | Tulangan Utama Sisi A |
| C1a | 15 D - 32 | 5.45 | 0 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 5.7814 | 11 | 63.8000 | 6.3130 | 402.7694 | Tulangan Utama Sisi B |
| C1a | 29 D - 32 | 5.45 | 0 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 5.7814 | 29 | 168.2000 | 6.3130 | 1061.8466 | Tulangan Utama Sisi C |
| C1a | 15 D - 32 | 5.45 | 0 | 0 | 0 | 0.384 | 0 | 5.7814 | 11 | 63.8000 | 6.3130 | 402.7694 | Tulangan Utama Sisi D |
| C2 | D16 - 150 | 2.5 | 3.5 | 2.5 | 0.096 | 0.096 | 0 | 8.6245 | 24 | 207.0000 | 1.5780 | 326.6460 | Hoop Bagian Kolom Atas |
| C2 | D16 - 150 | 3.5 | 0 | 0 | 0.096 | 0.096 | 0 | 3.6771 | 24 | 88.8000 | 1.5780 | 140.1264 | Hoop Bagian Kolom Atas |
| C2 | D16 - 150 | 2.5 | 3.5 | 2.5 | 0.096 | 0.096 | 0 | 8.6245 | 24 | 207.0000 | 1.5780 | 326.6460 | Hoop Bagian Kolom Bawah |
| C2 | D16 - 150 | 3.5 | 0 | 0 | 0.096 | 0.096 | 0 | 3.6771 | 24 | 88.8000 | 1.5780 | 140.1264 | Hoop Bagian Kolom Bawah |
| C2 | D16 - 300 | 2.5 | 3.5 | 2.5 | 0.132 | 0.132 | 0 | 8.6965 | 8 | 69.6000 | 1.5780 | 109.8288 | Hoop Bagian Kolom Tengah |
| C2 | D16 - 300 | 3.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 3.7491 | 8 | 30.0000 | 1.5780 | 47.3400 | Hoop Bagian Kolom Tengah |
| C2 | D16 - 300 | 2.5 | 3.5 | 2.5 | 0.132 | 0.132 | 0 | 8.6965 | 7 | 60.9000 | 1.5780 | 96.1002 | Hoop Bagian Pile Cap |
| C2 | D16 - 300 | 3.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 3.7491 | 7 | 26.2500 | 1.5780 | 41.4225 | Hoop Bagian Pile Cap |
| C3 | D22 - 150 | 2.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 2.7392 | 253 | 695.7500 | 2.9840 | 2076.1180 | Ties Bagian Kolom Atas |
| C3 | D22 - 150 | 3.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 3.7392 | 184 | 690.0000 | 2.9840 | 2058.9600 | Ties Bagian Kolom Atas |
| C3 | D22 - 150 | 2.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 2.7392 | 264 | 726.0000 | 2.9840 | 2166.3840 | Ties Bagian Kolom Bawah |
| C3 | D22 - 150 | 3.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 3.7392 | 192 | 720.0000 | 2.9840 | 2148.4800 | Ties Bagian Kolom Bawah |
| C3 | D22 - 300 | 2.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 2.7392 | 88 | 242.0000 | 2.9840 | 722.1280 | Ties Bagian Kolom Tengah |
| C3 | D22 - 300 | 3.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 3.7392 | 64 | 240.0000 | 2.9840 | 716.1600 | Ties Bagian Kolom Tengah |
| C3 | D22 - 300 | 2.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 2.7392 | 77 | 211.7500 | 2.9840 | 631.8620 | Ties Bagian Pile Cap |
| C3 | D22 - 300 | 3.5 | 0 | 0 | 0.132 | 0.132 | 0 | 3.7392 | 56 | 210.0000 | 2.9840 | 626.6400 | Ties Bagian Pile Cap |
| | | | | | | | | | 1620 | 6647.5500 | | 25845.0164 | |

Gambar 8. Schedule Berat Baja Tulangan Pier

3. Hasil Penelitian

Hasil yang didapatkan setelah melakukan pengolahan data yaitu volume beton dan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier*. Hasil perhitungan metode konvensional dan metode *Building Information Modeling* (BIM) ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Konvensional

| No | Titik | Volume Beton (m ³) | | | Volume Baja Tulangan (kg) | | |
|----|-------|--------------------------------|----------|----------|---------------------------|-------------|-------------|
| | | Bored Pile | Pile Cap | Pier | Bored Pile | Pile Cap | Pier |
| 1 | P75A | 277,0950 | 198,0000 | 91,3536 | 35.194,4775 | 28.591,9729 | 26.249,2745 |
| 2 | P75B | 277,0950 | 198,0000 | 86,4864 | 35.194,4775 | 28.591,9729 | 25.167,0250 |
| 3 | P76A | 277,0950 | 198,0000 | 93,4128 | 35.194,4775 | 28.591,9729 | 26.332,0500 |
| 4 | P76B | 277,0950 | 198,0000 | 93,6187 | 35.194,4775 | 28.591,9729 | 26.335,0298 |
| 5 | P77A | 266,9160 | 230,4000 | 93,4034 | 36.278,4208 | 31.484,7363 | 26.335,6738 |
| 6 | P77B | 266,9160 | 230,4000 | 93,6000 | 36.278,4208 | 31.484,7363 | 26.351,3174 |
| 7 | P78A | 334,7760 | 230,4000 | 99,1879 | 41.405,2784 | 31.484,7363 | 27.178,5090 |
| 8 | P78B | 334,7760 | 230,4000 | 105,3281 | 41.405,2784 | 31.484,7363 | 28.067,1165 |
| 9 | P79A | 285,0120 | 198,0000 | 107,6400 | 37.928,1840 | 28.591,9729 | 28.469,3268 |
| 10 | P79B | 285,0120 | 198,0000 | 114,6600 | 35.712,0477 | 28.591,9729 | 29.428,2706 |
| 11 | P80A | 356,2650 | 230,4000 | 131,1149 | 45.372,1446 | 35.456,2597 | 31.920,8174 |
| 12 | P80B | 346,0860 | 230,4000 | 144,9583 | 44.584,5942 | 35.456,2597 | 34.023,1833 |
| 13 | P81A | 435,4350 | 284,4000 | 112,3200 | 53.122,9990 | 51.129,9212 | 29.224,2598 |
| 14 | P81B | 371,5335 | 230,4000 | 124,0200 | 46.245,1653 | 35.456,2597 | 30.955,9140 |

| No | Titik | Volume Beton (m ³) | | | Volume Baja Tulangan (kg) | | |
|--------------|-------|--------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | <i>Bored Pile</i> | <i>Pile Cap</i> | <i>Pier</i> | <i>Bored Pile</i> | <i>Pile Cap</i> | <i>Pier</i> |
| 15 | P82A | 277,0950 | 198,0000 | 93,6832 | 59.270,0255 | 28.591,9729 | 31.031,5633 |
| 16 | P82B | 593,7750 | 451,5840 | 111,4256 | 73.147,1216 | 103.872,3464 | 34.523,1440 |
| 17 | P83A | 396,9810 | 415,2960 | 80,0800 | 97.479,9969 | 98.094,7648 | 29.030,2648 |
| 18 | P83B | 381,7125 | 230,4000 | 104,0000 | 49.750,3656 | 35.456,2597 | 32.720,1659 |
| 19 | P84A | 296,8875 | 198,0000 | 93,6000 | 58.527,9408 | 28.591,9729 | 30.659,5003 |
| 20 | P84B | 585,8580 | 451,5840 | 123,7600 | 76.876,6292 | 103.872,3464 | 36.622,8835 |
| 21 | P85A | 343,8240 | 230,4000 | 104,0000 | 69.611,7312 | 31.484,7363 | 38.345,3149 |
| 22 | P85B | 696,6960 | 435,6000 | 117,5200 | 94.476,4960 | 104.285,3140 | 43.264,0836 |
| 23 | P86A | 196,7940 | 144,0000 | 98,8832 | 45.878,0316 | 20.823,7632 | 36.807,5118 |
| 24 | P86B | 636,1875 | 451,5840 | 114,9928 | 82.917,2760 | 114.389,2994 | 41.025,2432 |
| 25 | P87A | 460,3170 | 316,8000 | 93,6000 | 75.414,4457 | 62.892,6119 | 30.659,5003 |
| 26 | P87B | 585,8580 | 451,5840 | 111,2800 | 80.943,9092 | 103.872,3464 | 34.576,8298 |
| 27 | P88A | 292,9290 | 198,0000 | 93,6000 | 55.415,0989 | 28.591,9729 | 30.659,5003 |
| 28 | P88B | 653,1525 | 451,5840 | 114,4000 | 74.935,6350 | 114.389,2994 | 34.829,4850 |
| 29 | P89A | 316,6800 | 230,4000 | 93,0800 | 54.875,9472 | 31.484,7363 | 30.612,1525 |
| 30 | P89B | 678,6000 | 435,6000 | 107,3072 | 88.445,0944 | 104.285,3140 | 32.815,4001 |
| Total | | 11.784,4545 | 8.375,6160 | 3.146,3161 | 1.697.076,1880 | 1.569.968,5398 | 944.220,3112 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 2. Hasil Perhitungan BIM

| No | Titik | Volume Beton (m ³) | | | Volume Baja Tulangan (kg) | | |
|----|-------|--------------------------------|-----------------|-------------|---------------------------|-----------------|-------------|
| | | <i>Bored Pile</i> | <i>Pile Cap</i> | <i>Pier</i> | <i>Bored Pile</i> | <i>Pile Cap</i> | <i>Pier</i> |
| 1 | P75A | 272,7466 | 194,3087 | 88,8740 | 34.571,5988 | 27.568,6615 | 25.845,0164 |
| 2 | P75B | 272,7466 | 194,3087 | 84,0696 | 34.571,5988 | 27.568,6615 | 25.073,6852 |
| 3 | P76A | 272,7466 | 194,3307 | 90,6892 | 34.571,5988 | 27.568,6615 | 26.049,2007 |
| 4 | P76B | 272,7466 | 194,3087 | 90,7266 | 34.571,5988 | 27.568,6615 | 26.221,5267 |
| 5 | P77A | 262,4336 | 226,2506 | 90,3773 | 35.660,9942 | 31.174,2405 | 26.212,0572 |
| 6 | P77B | 262,4336 | 226,2506 | 90,5726 | 35.660,9942 | 31.174,2405 | 26.221,5267 |
| 7 | P78A | 329,6568 | 226,3174 | 95,8576 | 35.603,4459 | 31.174,2405 | 26.694,0617 |
| 8 | P78B | 329,6568 | 226,2506 | 101,9002 | 35.603,4459 | 31.174,2405 | 27.936,6918 |
| 9 | P79A | 280,3276 | 194,3087 | 104,1238 | 37.208,6907 | 27.568,6615 | 28.336,0881 |
| 10 | P79B | 280,5985 | 194,3307 | 111,0218 | 35.087,5227 | 27.568,6615 | 29.293,6528 |
| 11 | P80A | 350,6742 | 225,7961 | 127,1582 | 44.449,1984 | 35.148,6152 | 31.386,5639 |
| 12 | P80B | 340,5789 | 225,7742 | 140,7334 | 43.785,6210 | 35.148,6152 | 33.673,4514 |
| 13 | P81A | 428,8790 | 277,7583 | 108,7645 | 52.105,6084 | 50.710,8840 | 29.100,4751 |
| 14 | P81B | 365,8167 | 225,7662 | 120,2450 | 45.444,3179 | 35.148,6152 | 30.663,9893 |
| 15 | P82A | 269,6617 | 194,2845 | 90,3933 | 58.705,9867 | 27.568,6615 | 30.892,7709 |
| 16 | P82B | 584,7282 | 438,3838 | 107,3678 | 71.916,0054 | 103.453,3586 | 34.383,0432 |
| 17 | P83A | 384,7740 | 402,5363 | 77,1032 | 96.435,2705 | 98.322,6480 | 29.086,4080 |
| 18 | P83B | 375,5493 | 225,7200 | 100,0841 | 48.958,9338 | 35.148,6152 | 32.325,0886 |
| 19 | P84A | 289,5487 | 194,2845 | 92,6078 | 57.971,2226 | 27.568,6615 | 30.752,4645 |
| 20 | P84B | 576,3352 | 438,4051 | 119,1454 | 75.642,2242 | 103.453,3586 | 36.223,3571 |
| 21 | P85A | 335,0912 | 226,1734 | 99,5808 | 68.971,9412 | 31.364,4660 | 40.193,0176 |
| 22 | P85B | 684,9712 | 422,1698 | 112,7512 | 93.065,7415 | 103.614,5142 | 43.452,3362 |
| 23 | P86A | 191,0478 | 141,3425 | 94,7239 | 45.392,8624 | 20.712,9676 | 36.636,6167 |
| 24 | P86B | 625,9155 | 436,9985 | 109,7767 | 81.598,2229 | 114.326,8739 | 40.182,7974 |
| 25 | P87A | 450,9428 | 308,8141 | 90,2468 | 74.281,2242 | 62.682,7513 | 30.520,6196 |

| No | Titik | Volume Beton (m ³) | | | Volume Baja Tulangan (kg) | | |
|--------------|-------|--------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | <i>Bored Pile</i> | <i>Pile Cap</i> | <i>Pier</i> | <i>Bored Pile</i> | <i>Pile Cap</i> | <i>Pier</i> |
| 26 | P87B | 575,8186 | 438,3779 | 106,8927 | 79.691,5638 | 103.666,5842 | 34.438,4397 |
| 27 | P88A | 286,0060 | 194,4866 | 89,7111 | 54.790,4561 | 27.568,6615 | 30.526,4591 |
| 28 | P88B | 643,8975 | 436,7889 | 110,2120 | 73.613,0526 | 114.326,8739 | 34.687,3484 |
| 29 | P89A | 309,8576 | 226,1192 | 89,5375 | 54.055,5506 | 31.364,4660 | 30.482,8994 |
| 30 | P89B | 667,6432 | 422,1984 | 103,2659 | 87.038,1045 | 103.614,5142 | 32.643,1246 |
| Total | | 11.573,8306 | 8.173,1437 | 3.038,5140 | 1.661.024,5975 | 1.555.023,6368 | 940.134,7780 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan volume beton dan baja tulangan *bored pile*, *pile cap* dan *pier* metode konvensional dan BIM dilakukan perbandingan yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 sebagai berikut.

3.1 Perbandingan Volume Beton

Tabel 3. Perbandingan Volume Beton

| No | Jenis struktur | Volume (m ³) | | Selisih | Persentase (%) |
|----|-------------------|--------------------------|-------------|----------|----------------|
| | | Konvensional | BIM | | |
| 1 | <i>Bored Pile</i> | 11.784,4545 | 11.573,8306 | 210,6239 | 1,79 |
| 2 | <i>Pile Cap</i> | 8.375,6160 | 8.173,1437 | 202,4723 | 2,42 |
| 3 | <i>Pier</i> | 3.146,3161 | 3.038,5140 | 107,8021 | 3,43 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 3 hasil perhitungan volume beton metode BIM lebih hemat 1,79% dengan selisih 210,6239 m³, 2,42% dengan selisih 202,4723 m³ pada *pile cap* dan 3,43% dengan selisih 107,8021 m³ pada *pier*.

3.2 Perbandingan Berat Baja Tulangan

Tabel 4. Perbandingan Berat Baja Tulangan

| No | Jenis struktur | Berat (kg) | | Selisih | Persentase (%) |
|----|-------------------|----------------|----------------|-------------|----------------|
| | | Konvensional | BIM | | |
| 1 | <i>Bored Pile</i> | 1.697.076,1880 | 1.661.024,5975 | 36.051,5905 | 2,12 |
| 2 | <i>Pile Cap</i> | 1.569.968,5398 | 1.555.023,6368 | 14.944,9030 | 0,95 |
| 3 | <i>Pier</i> | 944.220,3112 | 940.134,7780 | 4.085,5332 | 0,43 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4 hasil perhitungan berat baja tulangan metode BIM lebih hemat 2,12% dengan selisih 36.051,5905 kg, 0,95% dengan selisih 14.944,9030 kg pada *pile cap* dan 0,43% dengan selisih 4.085,5332 kg pada *pier*.

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian didapat kesimpulan bahwa dari penelitian perbandingan volume beton dan baja tulangan metode konvensional dengan metode *Building Information Modelling* (BIM) yaitu, volume beton *bored pile* 1,79% lebih hemat metode BIM daripada metode konvensional dengan selisih 210,6239 m³. Volume beton *pile cap* 2,42% lebih hemat metode BIM daripada metode konvensional dengan selisih 202,4723 m³. Volume beton *pier* 3,43% lebih hemat metode BIM daripada metode konvensional dengan selisih 107,8021 m³. Berat baja tulangan *bored pile* 2,12% lebih hemat metode BIM daripada metode konvensional dengan selisih 36.051,5905 kg. Berat baja tulangan *pile cap* 0,95% lebih hemat metode BIM daripada metode konvensional dengan selisih 14.944,9030 kg. Berat baja tulangan *pier* 0,43% lebih hemat metode BIM daripada metode konvensional dengan selisih 4.085,5332 kg.

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan, adapun saran yang diambil untuk penelitian selanjutnya yaitu, menerapkan *Building Information Modeling* (BIM) untuk perhitungan volume beton dan baja tulangan pada struktur atas (*pier head*, *girder* dan pelat) dan membandingkan perhitungan volume beton dan baja tulangan metode konvensional, BIM serta realita di lapangan.

Daftar Pustaka

- Fitriono, F., Haza, Z.F., Shulhan, M.A., 2023. Analisis Perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Metode Konvensional Dengan Metode Building Information Modeling (BIM) (Studi Kasus Gedung 3 Lantai Di Yogyakarta) 7, *Jurnal Surya Beton*, 2(1), pp. 0216-938.
- Laily, F.N., Husni, H.R., Bayzoni, 2021. Perbandingan Perhitungan BoQ Antara Revit 2019 dan Metode Konvensional Pada Pekerjaan Struktur. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*. 25(2).
- Nugraha, A. (2018). *Menghitung Kebutuhan Besi pada Pekerjaan Bore Pile dan Strauss Pile*. Teknik Sipil dan Lingkungan IPB. Bogor
- Soebandono, B., Hergantoro, G.S., Priyo, M., 2022. Implementasi Building Information Modelling (BIM) Menggunakan Tekla Structures Pada Konstruksi Gedung. *Bulletin of Civil Engineering*, 2(1), pp. 2775-1104
- Zahro, P.K., Ratnaningsih, A., Hasanuddin, A., 2021. Evaluasi Perancangan Anggaran Biaya dan Waktu Menggunakan Metode BIM. *Teras Jurnal*, 11(2), pp. 2088-0561.