

Implementasi BIM (*Building Information Modeling*) pada Elemen Struktur *Abutment* Jalan Layang Ruas Tol Yogyakarta-Bawen

Eko Riyanto¹, Firman Alva Fauzi^{1,*}, Larashati B'tari Setyaning¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo¹

Email: firmanfauzi1409@gmail.com

Abstrak. Perkembangan industri konstruksi di Indonesia saat ini mengalami kemajuan yang pesat terutama di sektor infrastruktur jalan tol. Perhitungan volume beton dan baja tulangan *abutment* pada proyek pembangunan jalan tol Yogyakarta-Bawen seksi 1 masih menggunakan metode konvensional dan mengakibatkan ketidakakuratan dalam perhitungan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis hasil perhitungan *quantity take off* material beton dan baja tulangan menggunakan metode BIM dan membandingkannya dengan metode konvensional. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Analisis data penelitian ini menggunakan teknik perbandingan atau komparatif, antara metode BIM menggunakan *software Autodesk Revit 2022* dengan metode konvensional. Data yang digunakan dalam penelitian yaitu dokumen RASD (*Request Approval Shop Drawing*) dengan objek penelitian elemen struktur *abutment* A3 sampai A6. Hasil penelitian didapatkan perbandingan hasil perhitungan volume beton (m³) dan baja tulangan (kg) pada elemen struktur *abutment* jalan layang proyek pembangunan jalan tol Yogyakarta Bawen seksi 1 menggunakan metode BIM relatif lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional. Persentase hasil perbandingan pada struktur *bored pile* sebesar 67,6632 m³ (2,0904%) untuk volume beton dan 10.900,1334 kg (2,0117%) untuk berat baja tulangan. Struktur *pile cap* sebesar 20,4246 m³ (1,3104%) untuk volume beton dan 661,6571 kg (0,4427%) untuk berat baja tulangan. Struktur *abutment* 74,5358 m³ (4,3053%) untuk volume beton dan 3.467,7737 kg (1,3105%) untuk berat baja tulangan. Teknologi BIM dapat mendeteksi titik *clash* lebih akurat dibandingkan dengan perhitungan metode konvensional, dengan demikian penggunaan metode BIM menggunakan *software Autodesk Revit 2022* mampu meningkatkan akurasi dan efisiensi waktu dalam perhitungan.

Kata Kunci : Jalan Tol Yogyakarta – Bawen, BIM, *abutment*.

Abstrack. The development of the construction industry in Indonesia is currently experiencing rapid progress, especially in the toll road infrastructure sector. The calculation of the volume of concrete and *abutment* reinforcement steel in the Yogyakarta-Bawen toll road construction project section 1 still uses conventional methods and results in inaccuracies in the calculations. The purpose of this study is to analyze the results of the calculation of the quantity take off of concrete and rebar materials using the BIM method and compare it with the conventional method. This study uses a quantitative method. The data analysis of this study uses a comparative technique, between the BIM method using Autodesk Revit 2022 software and the conventional method. The data used in the study is a RASD (*Request Approval Shop Drawing*) document with the object of research on *abutment* structure elements A3 to A6. The results of the study obtained a comparison of the results of the calculation of the volume of concrete (m³) and rebar steel (kg) on the *abutment* structure elements of the overpass of the Yogyakarta Bawen Toll Road construction project section 1 using the BIM method is relatively smaller than the conventional method. The percentage of comparison results in the *bored pile* structure was 67.6632 m³ (2.0904%) for the volume of

concrete and 10,900.1334 kg (2.0117%) for the weight of reinforcing steel. The pile cap structure is 20.4246 m³ (1.3104%) for the volume of concrete and 661.6571 kg (0.4427%) for the weight of the reinforcing steel. The abutment structure is 74.5358 m³ (4.3053%) for the volume of concrete and 3,467.7737 kg (1.3105%) for the weight of the reinforcing steel. BIM technology can detect clash points more accurately compared to conventional method calculations, thus the use of BIM methods using Autodesk Revit 2022 software is able to increase accuracy and time efficiency in calculations.

Keyword : Yogyakarta – Bawen Toll Road, abutment.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat terutama di sektor infrastruktur, hal ini terbukti dengan masifnya pembangunan dalam beberapa tahun belakangan ini, terutama proyek pembangunan jalan tol. Jalan tol adalah jalan bebas hambatan yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar (Permen PUPR No. 6, 2023). Salah satu proyek jalan tol yang sedang berjalan saat ini adalah Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Seksi 1 yang berada di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, memiliki panjang 8,25 km dan dilaksanakan sejak tahun 2022. Salah satu konstruksi yang ada di proyek pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen seksi 1 adalah pekerjaan *abutment*. Menurut PBBJ 2007, *abutment* adalah suatu bangunan yang didesain untuk meneruskan beban dari bangunan atas, baik beban mati atau beban hidup, berat sendiri dari *abutment* (beban mati) dan tekanan tanah ke tanah pondasi. Perhitungan volume beton dan baja tulangan pada proyek pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Seksi 1 masih menggunakan metode perhitungan konvensional. Hal ini dapat mengakibatkan ketidakakuratan dalam perhitungan volume, apalagi ditambah dengan kompleksitas pada konstruksi *abutment* sehingga dapat berimbas pada estimasi biaya,

Seiring perkembangan zaman dan teknologi, kebutuhan akan inovasi teknologi yang efisien dari segi waktu, biaya, dan ketepatan kerja terus menjadi prioritas utama. Hal ini juga berlaku dalam industri konstruksi dalam hal visualisasi untuk perencanaan dan perancangan proyek. Salah satu teknologi dan inovasi dalam dunia konstruksi di Indonesia saat ini adalah implementasi metode BIM (*Building Information Modeling*). BIM adalah penggunaan bersama representasi digital dari aset yang dibangun untuk memfasilitasi proses desain, konstruksi dan operasi untuk membentuk dasar yang andal untuk pengambilan keputusan (Nurdiana, 2022). Salah satu *software* pendukung BIM yaitu *Autodesk Revit*. Perhitungan volume dan pemodelan elemen struktur menggunakan *software Autodesk Revit* dapat dilakukan secara efektif, cepat, akurat, dan mampu meminimalisir adanya kesalahan akibat *human error* saat proses desain maupun hasil *quantity take off* material (Laily, 2021). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hasil perhitungan *quantity take off* material baja tulangan dan beton metode BIM menggunakan *software Autodesk Revit 2022* pada pekerjaan struktur *abutment* serta membandingkan hasilnya dengan metode konvensional.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif, di mana jenis penelitian yang digunakan adalah dengan studi kasus. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data berupa RASD (*Request Approval Shop Drawings*) yang didapatkan dari pihak kontraktor proyek jalan tol Yogyakarta-Bawen Seksi 1 yaitu PT. Adhi Karya (Persero), Tbk. Data tersebut selanjutnya akan digunakan untuk membuat 3D model BIM dengan menggunakan *software Autodesk Revit 2022*. Setelah itu dilakukan pengolahan data *quantity take off* yang dihasilkan dari *software Autodesk Revit 2022* untuk dibandingkan dengan hasil *quantity take off* manual yang didapatkan dari perhitungan manual. Lokasi penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan jalan tol Yogyakarta-Bawen Seksi 1 STA 72+522, 72+113, 71+859, dan 70+516. Objek yang diteliti pada penelitian ini adalah struktur *bored pile*, *pile cap*, dan *abutment* A3 sampai A6.

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan teknik komparatif atau perbandingan. Analisis komparatif merupakan salah satu teknik analisis data kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan atau tidak pada dua jenis data. Penelitian ini akan melakukan perbandingan data hasil perhitungan *quantity take off* volume material beton dan baja tulangan pada elemen struktur *abutment* jalan layang dengan menggunakan metode perhitungan konvensional atau manual dan perhitungan metode BIM. Hasil rekapitulasi volume selanjutnya dimasukkan kedalam *microsoft excel*, volume dari seluruh pekerjaan kemudian ditotal dan dihitung perbedaanya.

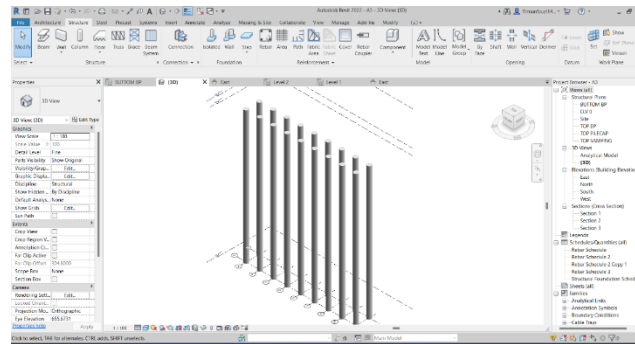
3. Hasil Penelitian

a. Pemodelan Menggunakan Software Autodesk Revit 2022

Pemodelan dilakukan sesuai dengan *shop drawing* yang diperoleh dari kontraktor proyek pembangunan jalan tol Yogyakarta – Bawen seksi 1. Adapun langkah-langkah pemodelan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1) Pemodelan Struktur Bored Pile

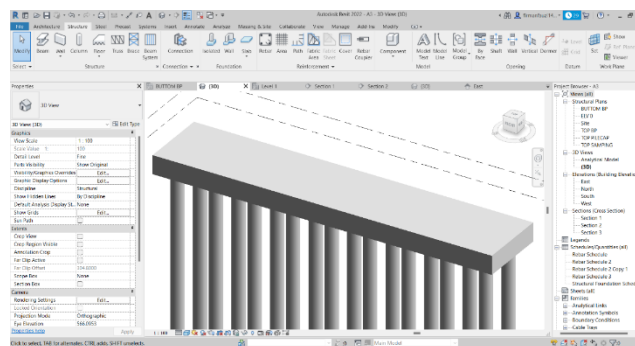
Pemodelan struktural *bored pile* dilakukan dengan menggunakan *family round column* yang ada di Autodesk Revit 2022. Hasil pemodelan struktur *bored pile* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Struktural Bored Pile

2) Pemodelan Struktur Pile Cap

Pemodelan struktural *pile cap* dilakukan dengan menggunakan *family foundation slab* yang ada di Autodesk Revit 2022. Hasil pemodelan struktur *pile cap* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

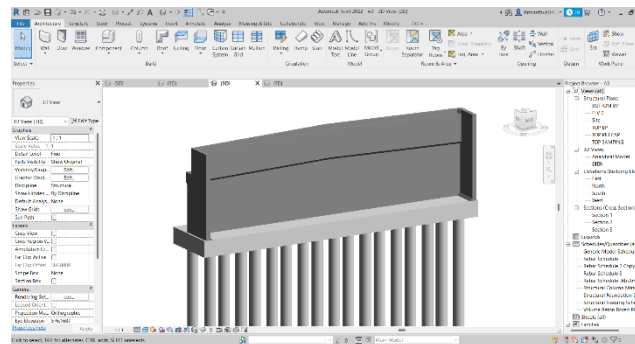


Gambar 2. Struktural Pile Cap

3) Pemodelan Struktur Abutment

Pemodelan struktural *abutment* dilakukan dengan membuat *family* baru di *new project family*, hal ini dikarenakan bentuk model *abutment* belum tersedia di Autodesk Revit 2022. Bagian abutment yang dimodelkan

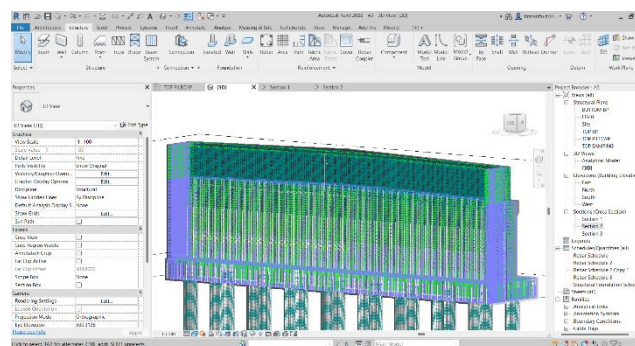
meliputi bagian dinding, *wingwall* dan *headwall abutment*. Hasil pemodelan struktur *abutment* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Struktural *Abutment*

4) *Reinforcement Rebar*

Reinforcement Rebar atau pemodelan tulangan dapat dilakukan dengan memasukkan *rebar*/tulangan sesuai dengan spesifikasi yang ada pada data *shop drawing*. Hasil pemodelan tulangan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Pemodelan Tulangan

5) *Schedule Quantities*

Langkah selanjutnya setelah melakukan pemodelan adalah mengeluarkan hasil *quantity take off* material beton dan baja tulangan dengan menggunakan menu *schedule quantities* pada *software Autodesk Revit 2022*. Hasil *quantity take off* material dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.

Item	Description	Quantity
1	Concrete	10.00 m³
2	Reinforcement Steel	10.00 m³
3	Formwork	10.00 m²
4	Gravel	10.00 m³
5	Sand	10.00 m³
6	Water	10.00 m³
7	Electricity	10.00 kWh
8	Labor	10.00 man-days
9	Transportation	10.00 km
10	Other	10.00 m³
11	Concrete	10.00 m³
12	Reinforcement Steel	10.00 m³
13	Formwork	10.00 m²
14	Gravel	10.00 m³
15	Sand	10.00 m³
16	Water	10.00 m³
17	Electricity	10.00 kWh
18	Labor	10.00 man-days
19	Transportation	10.00 km
20	Other	10.00 m³
21	Concrete	10.00 m³
22	Reinforcement Steel	10.00 m³
23	Formwork	10.00 m²
24	Gravel	10.00 m³
25	Sand	10.00 m³
26	Water	10.00 m³
27	Electricity	10.00 kWh
28	Labor	10.00 man-days
29	Transportation	10.00 km
30	Other	10.00 m³
31	Concrete	10.00 m³
32	Reinforcement Steel	10.00 m³
33	Formwork	10.00 m²
34	Gravel	10.00 m³
35	Sand	10.00 m³
36	Water	10.00 m³
37	Electricity	10.00 kWh
38	Labor	10.00 man-days
39	Transportation	10.00 km
40	Other	10.00 m³
41	Concrete	10.00 m³
42	Reinforcement Steel	10.00 m³
43	Formwork	10.00 m²
44	Gravel	10.00 m³
45	Sand	10.00 m³
46	Water	10.00 m³
47	Electricity	10.00 kWh
48	Labor	10.00 man-days
49	Transportation	10.00 km
50	Other	10.00 m³
51	Concrete	10.00 m³
52	Reinforcement Steel	10.00 m³
53	Formwork	10.00 m²
54	Gravel	10.00 m³
55	Sand	10.00 m³
56	Water	10.00 m³
57	Electricity	10.00 kWh
58	Labor	10.00 man-days
59	Transportation	10.00 km
60	Other	10.00 m³
61	Concrete	10.00 m³
62	Reinforcement Steel	10.00 m³
63	Formwork	10.00 m²
64	Gravel	10.00 m³
65	Sand	10.00 m³
66	Water	10.00 m³
67	Electricity	10.00 kWh
68	Labor	10.00 man-days
69	Transportation	10.00 km
70	Other	10.00 m³
71	Concrete	10.00 m³
72	Reinforcement Steel	10.00 m³
73	Formwork	10.00 m²
74	Gravel	10.00 m³
75	Sand	10.00 m³
76	Water	10.00 m³
77	Electricity	10.00 kWh
78	Labor	10.00 man-days
79	Transportation	10.00 km
80	Other	10.00 m³
81	Concrete	10.00 m³
82	Reinforcement Steel	10.00 m³
83	Formwork	10.00 m²
84	Gravel	10.00 m³
85	Sand	10.00 m³
86	Water	10.00 m³
87	Electricity	10.00 kWh
88	Labor	10.00 man-days
89	Transportation	10.00 km
90	Other	10.00 m³
91	Concrete	10.00 m³
92	Reinforcement Steel	10.00 m³
93	Formwork	10.00 m²
94	Gravel	10.00 m³
95	Sand	10.00 m³
96	Water	10.00 m³
97	Electricity	10.00 kWh
98	Labor	10.00 man-days
99	Transportation	10.00 km
100	Other	10.00 m³

Gambar 5. *Schedule Quantities*

b. Perhitungan Konvensional

Perhitungan *quantity take off material* beton dan baja tulangan dengan metode konvensional dilakukan sesuai spesifikasi yang ada pada data *shop drawing*, perhitungan volume material metode konvensional dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* dan *AutoCAD* sebagai alat bantu. *Microsoft Excel* digunakan untuk keperluan estimasi volume tulangan dengan membuat beberapa tabel dan memasukkan klasifikasi serta data mengenai penulangan ke tabel yang telah dibuat. *AutoCAD* digunakan untuk keperluan klasifikasi dan input data penulangan berdasarkan gambar rencana dalam lembar kerja berformat *dwg*. Dimensi, bentuk, dan spesifikasi baja tulangan didapatkan dari dokumen *shop drawing*.

c. Hasil Perhitungan

Rekap hasil perhitungan dengan menggunakan metode BIM dan metode konvensional pada masing-masing elemen struktur dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Metode BIM

Titik	Volume Beton (m ³)			Berat Baja Tulangan (kg)		
	<i>Bored Pile</i>	<i>Pile Cap</i>	<i>Abutment</i>	<i>Bored Pile</i>	<i>Pile Cap</i>	<i>Abutment</i>
1	716,4631	384,6072	404,0365	128.750,3415	37.793,6654	63.596,1451
2	797,3643	384,6072	404,0365	132.897,2877	37.793,6654	63.596,1451
3	837,7790	384,5734	426,2813	135.244,2528	36.336,9471	66.333,5345
4	817,5761	384,4436	422,3594	134.039,7081	36.865,0650	67.622,7248
Total Volume Beton	6.364,1276 (m ³)					
Total Berat Baja Tulangan	940.869,4825 (kg)					

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 2. Hasil Perhitungan Metode Konvensional

Titik	Volume Beton (m ³)			Berat Baja Tulangan (kg)		
	<i>Bored Pile</i>	<i>Pile Cap</i>	<i>Abutment</i>	<i>Bored Pile</i>	<i>Pile Cap</i>	<i>Abutment</i>
1	732,8707	389,6640	423,9588	130.945,6096	37.887,3891	64.792,8289
2	814,3008	389,6640	423,9588	135.805,3941	37.887,3891	64.792,8289
3	855,0159	389,6640	448,9668	136.825,0952	36.557,5932	67.369,8239
4	834,6583	389,6640	434,3652	136.853,2217	37.118,6286	67.660,8415
Total Volume Beton	6.526,7512 (m ³)					
Total Berat Baja Tulangan	954.496,6438 (kg)					

Sumber : hasil perhitungan

d. Perbandingan Volume Beton Dan Baja Tulangan

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan metode BIM dan metode konvensional seperti pada Tabel 1 dan 2, selanjutnya dilakukan perhitungan selisih antara kedua metode tersebut. Persentase perbandingan dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Konvensional}-\text{BIM}}{\text{Konvensional}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

Hasil selisih perhitungan antara metode BIM dan metode konvensional dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4 berikut ini.

Tabel 3. Selisih Perhitungan Volume Beton

Jenis Struktur	Total BIM (m ³)	Total Konvensional (m ³)	Selisih (m ³)	Persentase (%)
<i>Bored Pile</i>	3.169,1825	3.236,8457	67,6632	2,0904
<i>Pile Cap</i>	1.538,2314	1.558,6560	20,4246	1,3104
<i>Abutment</i>	1.656,7137	1.731,2495	74,5358	4,3053

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 4. Selisih Perhitungan Berat Baja Tulangan

Jenis Struktur	Total BIM (kg)	Total Konvensional (kg)	Selisih (kg)	Persentase (%)
<i>Bored Pile</i>	530.931,5901	540.429,3206	9.497,7305	1,7574
<i>Pile Cap</i>	148.789,3429	149.451,0000	661,6571	0,4427
<i>Abutment</i>	261.148,5495	264.616,3232	3.467,7737	1,3105

Sumber : hasil perhitungan

e. Penyebab Terjadinya Selisih Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam Tabel 3 dan 4, terlihat bahwa hasil perhitungan volume beton dan baja tulangan menggunakan metode konvensional cenderung lebih besar dibandingkan dengan metode BIM, adapun faktor penyebab terjadinya perbedaan adalah sebagai berikut.

1) Kualitas dan Ketersediaan Data *Shop Drawing*

Kualitas dan kelengkapan data dalam membuat pemodelan BIM akan sangat berpengaruh pada hasil perhitungan, jika data *shop drawing* yang digunakan tidak lengkap atau tidak tepat, maka hasil perhitungan menggunakan *software Autodesk Revit* menjadi kurang akurat.

2) Kemampuan Dalam Mengoperasikan *Software Autodesk Revit*

Keterampilan dalam mengoperasikan *software Autodesk Revit* dapat mempengaruhi hasil perhitungan, dikarenakan objek penelitian memiliki kompleksitas yang rumit seperti pada pemodelan baja tulangan memiliki bentuk yang bervariasi dan tidak tersedia di *software Autodesk Revit*, sehingga perlu membuat secara *custom* agar model dapat sesuai dengan *shop drawing*. Teknologi BIM juga dapat digunakan untuk mendeteksi titik *clash* atau tumpang tindih antar elemen struktur, sehingga hasil perhitungan dengan metode BIM bisa lebih akurat dibandingkan dengan metode konvensional

3) Penggunaan Fitur *Estimated Reinforcement Rebar*

Salah satu kelebihan dari *software Autodesk Revit* adalah terdapat fitur *estimated reinforcement rebar* pada *schedule* beton. *Estimated reinforcement rebar* adalah perhitungan estimasi volume baja tulangan pada beton. Hal ini mengakibatkan perhitungan volume beton yang dihasilkan dari *software Autodesk Revit* tidak termasuk volume baja tulangan yang tertanam didalamnya.

4) Pembulatan Angka

Penggunaan format atau pembulatan angka dalam proses perhitungan dapat menyebabkan perbedaan hasil akhir. Oleh karena itu perlu memperhatikan konsistensi dan ketelitian dalam pembulatan angka yang digunakan

4. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian mengenai Implementasi BIM pada elemen struktur *abutment* jalan layang, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Volume beton *bored pile* menggunakan metode BIM sebesar 67,6632 m³ (2,0904%) lebih sedikit dibandingkan menggunakan metode konvensional.
- 2) Volume beton *pile cap* menggunakan metode BIM sebesar 20,4246 m³ (1,3104%) lebih sedikit dibandingkan menggunakan metode konvensional.

- 3) Volume beton *abutment* menggunakan metode BIM sebesar 74,5358 m³ (4,3053%) lebih sedikit dibandingkan menggunakan metode konvensional.
- 4) Volume baja tulangan *bored pile* menggunakan metode BIM sebesar 9.497,7305 kg (1,7574%) lebih sedikit dibandingkan menggunakan metode konvensional.
- 5) Volume baja tulangan *pile cap* menggunakan metode BIM sebesar 661,6571 kg (0,4427%) lebih sedikit dibandingkan menggunakan metode konvensional.
- 6) Volume baja tulangan *abutment* menggunakan metode BIM sebesar 3.467,7737 kg (1,3105%) lebih sedikit dibandingkan menggunakan metode konvensional.

Berdasarkan hasil di atas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan *quantity take off* material volume beton (m³) dan baja tulangan (kg) pada elemen struktur *abutment* jalan layang menggunakan metode BIM *Autodesk Revit 2022* dapat meningkatkan keakuratan dalam perhitungan, serta waktu yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional.

b. Saran-saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan, maka saran yang dapat diambil untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

- 1) Menerapkan BIM untuk perhitungan volume beton dan baja tulangan pada struktur atas (*Girder* dan *decks*slab).
- 2) Membandingkan perencanaan metode konvensional sampai dengan perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) dan penjadwalan sehingga dapat digunakan pada proyek yang sesungguhnya.
- 3) Melakukan *clash analysis* pada baja tulangan dengan menggunakan *software Autodesk Naviswork* untuk mengetahui potensi *clash* yang lebih detail.
- 4) Menggunakan *software* dengan lisensi original serta menggunakan perangkat komputer dengan spesifikasi yang direkomendasikan oleh *Autodesk*.

Daftar Pustaka

- Fauzan Ibrahim, M., & Kholiq, A. (2022). Metode Pelaksanaan Abutment Jembatan Cipelang A Pada Pekerjaan Jalan Tol Cileunyi-Sumedan-Dawulan(Cisumdawa) STA 55+200. *Seminar Teknologi Majalengka (STIMA)*, 6, 278–284.
- Kementrian PUPR. (2021). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 9 Tahun 2021 Tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan. https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2882/1#div_cari_detail
- Kementrian PUPR. (2023). Peraturan Mentri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2023 Tentang Badan pengatur Jalan Tol. https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2997/1#div_cari_detail
- Kementrian PUPR (2019). Panduan Teknis Pelaksanaan Jembatan. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/peraturan/dokumen/panduan-teknik-pelaksanaan-jembatan>
- Laily, F. N., Husni, H. R., & Bayzoni, B. (2021). Perbandingan Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Revit 2019 Terhadap Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Metode Konvensional pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung). *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 25(2), 27–31.
- Marizan, Y., Purwanto, S., & Yunanda, M. (2019). Studi Literatur Tentang Penggunaan Software Autodesk Revit Studi Kasus Perencanaan Puskesmas Sukajadi Kota Prabumulih. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL*, 9(1), 61–75.
- Nugraha, A. (2018). Menghitung Kebutuhan Besi pada Pekerjaan Bored Pile dan Strauss Pile. *Teknik Sipil dan Lingkungan IPB*.
- Nurdiana, A., & Pramesti, P.U. (2022). Revit Untuk BIM (Pemodelan Struktural dan Arsitektural). *Undip Press. Universitas Diponegoro*,(5)

- Pratama, A. F., & Witjaksana, B. (2022). Implementasi Autodesk Revit Untuk Quantiy Take Off Pada Pekerjaan Struktur Jembatan. *Jurnal Kacapuri Jurnal Keilmuan Teknik Sipil Uiversitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin*, 5(1), 408–416. Pinarusa. (2022). Dimensi BIM 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D. <https://www.piranusa.com/dimensi-bim/>
- Rayendra, & Soemardi, B. W. (2014). Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling Untuk Pra-Konstruksi. *Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Sadad, I., Hendi Jaya, F., & Januar, I. W. (2022). Implementasi BIM Take Off Quantity Material Struktur Abutment Jembatan Terhadap Volume Rencana. *Jurnal Teknik Sains Universitas Sang Bumi Ruwa Juwai Lampung*, 07(2), 91–97.
- SNI 2052-2002-2017. (2017). *Baja tulangan beton* (Jakarta). Badan Standardisasi Nasional. https://www.haniljayasteel.com/img/SNI_2052-2002-2017.pdf
- SNI 03-2847-2002.(2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version). Badan Standarisasi Nasional. <https://tekniksipil.usu.ac.id/images/PDF/2002-12-SNI-03-2847-2002-Beton.pdf>
- Wiranti, F., Nisumanti, S., & Al Qubro, K. (2022). Analisis Perhitungan Quantity Take-Off Menggunakan Building Information Modeling (Bim) Pada Proyek Jalan Tol Indralaya-Prabumulih. *Jurnal Rekayasa Universitas Bung-Hatta*, 12(02), 192–202.