

Analisis perbandingan berat volume baja menggunakan BIM dengan perhitungan manual pada jembatan kereta api *elevated* Surakarta.

Ad Zulfa Geofani Firdaus¹, Muhammad Farrel Ghiffary^{1*}, Tri Nugroho Sulistyantoro¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Building Information Modelling (BIM)

Microsoft Excel

Perbandingan

Abstract

The application of Building Information Modelling (BIM) has become an important approach in the construction industry. This research focuses on the use of BIM in road and bridge construction, especially in the railway flyover construction project in Simpang Joglo, Surakarta. Although the use of BIM facilitates planning, execution, and analysis. This study made a comparison between the calculation of the volume of steel frame components using Tekla Structure and manual calculations using Excel. The analysis shows that most component volumes have similar results between calculations using Tekla Structures and manual calculations, but there are some differences that require further review. Based on the calculation results, the largest calculation difference is 0.06 kg, this happens to the Top Bracing component. Meanwhile, the comparison of volume calculations in other components ranges from 0 kg to 0.036 kg, in detail the components can be seen in Table 2. The calculation difference is still within the safety range, especially the total difference result shows that there is no difference in the calculation. The comparison of landfill results using the manual Bar Bending Schedule method is greater than the waste content obtained with Tekla. However, based on the analysis that has been done, components that have excess values in both comparisons can be a subtraction from components that experience calculation differences. This shows that when the bridge design in Tekla Structure Software is done well and meticulously, so that there are no overlapping components.

Corresponding Author:

Muhammad Farrel Ghiffary

muhammad.farrel.ghiffary@gmail.com

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia

All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

Building Information Modelling sangat membantu dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Seiring dengan perkembangan teknologi, BIM sudah digunakan pada setiap proyek konstruksi.

Penggunaan BIM pada perencanaan konstruksi jalan dan jembatan diatur

pemerintah melalui Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam Pedoman Implementasi Building Information Modelling (BIM) Pada Lingkup Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan No. 12/P/BM/ 2023.

Adapun Jenis pekerjaan jalan dan jembatan yang wajib menerapkan BIM sesuai dengan Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 11/SE/Db/2021 tentang Penerapan

Building Information Modeling pada Perencanaan Teknis, Konstruksi dan Pemeliharaan Jalan dan Jembatan di Direktorat Jenderal Bina Marga adalah sebagai berikut.

1. Jalan;
2. Jalan Bebas Hambatan;
3. Jalan Tol;
4. Terowongan/*Underpass*; dan
5. Jembatan/*Overpass/Viaduct*.

Ketentuan tersebut di atas meliputi permodelan bangunan pelengkap nya seperti gorong-gorong, dinding penahan tanah, drainase, rambu-rambu, marka, dan lain-lain.

Proyek pembangunan jembatan kereta api yang terletak di simpang joglo kota Surakarta ini mulai dibangun pada bulan Desember 2021 hingga bulan Desember 2023, sehingga proyek ini telah menggunakan perencanaan permodelan dengan menggunakan BIM yang sesuai dengan surat edaran dari Dirjen Bina Marga tahun 2021. Proyek konstruksi yang terletak di kota Surakarta ini, menggunakan permodelan BIM salah satunya digunakan untuk memperhitungkan rencana volume berat komponen rangka baja tubular. Akan tetapi, dalam permodelan BIM menggunakan software *Tekla Structure*, komponen pada bagian sambungan sering terjadi permodelan yang tumpang tindih, sehingga menyebabkan volume bertambah, karena adanya tumpang tindih pada bagian sambungan suatu komponen, maka dari itu perlu untuk dilakukan validasi perhitungan secara manual.

Fabrikasi Rangka Baja Tubular

Rangka baja tubular adalah struktur yang digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan pekerjaan. Rangka baja tubular dapat dibuat dari kombinasi bahan pelat, termasuk baja yang dipress (lempengan) dan ditambahkan. Adi, dkk. (2023) menyatakan bahwa Rangka baja tubular dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti dalam konstruksi bangunan, pekerjaan penjarangan, dan proyek lainnya.

Rangka baja tubular memiliki kelebihan berupa, struktur yang tidak memiliki bentuk (tidak memerlukan pekerjaan *finishing*) dan memiliki kapasitas produksi yang tinggi. Rangka baja tubular merupakan solusi yang populer dalam industri konstruksi karena kemampuannya untuk menahan beban yang berat dan memiliki estetika yang bagus.

Building Information Modelling

Anggaraini (2022) menyatakan bahwa *Building Information Modelling* berupa suatu proses untuk membuat dan mengelola informasi tentang proyek konstruksi, sepanjang siklus proyek. Sebagai bagian dari proses ini, deskripsi digital harus terkoordinasi dari setiap aspek aset yang akan dibangun dan dikembangkan, menggunakan seperangkat teknologi yang sesuai. Kemungkinan deskripsi digital ini mencakup kombinasi model 3D yang kaya informasi dan data terstruktur terkait informasi rencana proyek konstruksi, pelaksanaan proyek konstruksi, serah terima proyek konstruksi dan pemeliharaan proyek konstruksi.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023) menyatakan bahwa tujuan dari penerapan BIM pada pembangunan jalan dan jembatan adalah sebagai acuan dalam mendorong dan memfasilitasi implementasi BIM pada pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan, selain itu juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi proyek konstruksi dengan mengatur dan membuat standar acuan penggunaan BIM di seluruh pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan di Indonesia.

Rahmiyumna, I. (2021) menyatakan bahwa BIM berupa teknologi yang digunakan untuk memvisualisasikan suatu model bangunan ke dalam bentuk digital. Model digital tersebut berisi banyak informasi-informasi penting untuk memudahkan perencanaan dan pelaksanaan proyek. BIM memiliki beberapa tingkatan, yaitu sebagai berikut.

1. BIM 3D

Menurut Apriansyah (2021) BIM 3D membantu pihak terkait proyek untuk mengelola kolaborasi multidisiplin secara lebih efektif dalam memodelkan dan menganalisis masalah spasial dan struktural yang kompleks

Model 3D bangunan yang sudah berisi parameter informasi, komponen yang lebih detail dan pastinya bisa diintegrasikan ke berbagai platform dan bisa ditingkatkan ke dimensi selanjutnya.

2. BIM 4D

Sidik, D. M. (2023) menyatakan bahwa Model 3D dikombinasikan dengan jadwal pelaksanaan pekerjaan yang akan menghasilkan animasi urutan pekerjaan sesuai jadwal pekerjaan.

3. BIM 5D

Azwar, A. A. A. (2020) Menyatakan bahwa Merepresentasikan Perhitungan volume dilakukan secara otomatis, akurat dan cepat.

4. BIM 6D

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014) menyatakan bahwa BIM 6D Terkolaborasi dengan data *Building Sustainability*.

5. BIM 7D

Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013) menyatakan bahwa BIM 7D Terkolaborasi dengan data *Facility Management Application*.

Quantity Take Off

Quantity take off digunakan untuk membuat daftar semua bahan yang dibutuhkan untuk proyek konstruksi. *Quantity take off* juga menentukan biaya setiap bahan. Bagian pertama dari perhitungan kuantitas adalah membuat daftar semua bahan yang dibutuhkan untuk proyek tersebut. *Quantity take off* mencakup semua bahan mentah seperti kayu, beton, aspal, dan baja. Selain bahan baku, penentuan kuantitas juga mencakup semua bahan pada proses fabrikasi yang diperlukan untuk proyek selama konstruksi.

Tekla Structure

Diputra, G. A., Wiranata, A. A., & Kharisma, A. (2023) menyatakan bahwa *Trimble Tekla Structures* merupakan salah satu perangkat lunak *Building Information Modeling* (BIM) yang memungkinkan pemodelan 3D serta kolaborasi antar elemen dalam konstruksi. Dengan *Tekla Structures*, dapat melakukan pemodelan 3D, mendetailkan dan menghitung volume kebutuhan material, penyusunan jadwal proyek, serta membuat perubahan metode konstruksi menggunakan permodelan yang cepat.

Damayanti, D., Vella, L., & Nazar, M. (2023) menyatakan bahwa Salah satu kelebihan utama dari perangkat lunak *Tekla Structures*, dapat terintegrasi dalam suatu pemodelan, termasuk suatu detail pekerjaan, dan kemampuan untuk terhubung dengan perangkat lunak lainnya.

Kodefikasi Rangka Baja

Proyek pembangunan jalur kereta api *elevated* yang terletak di tengah simpang joglo, kota Surakarta ini menggunakan rangka baja pada bagian struktur atas nya. Rangka baja ini digunakan pada struktur atas, karena bentang antara *pier* (kolom) memiliki bentang sepanjang 130 meter. Pemilihan menggunakan rangka baja digunakan karena bentang yang panjang dan juga dapat dibentuk sesuai dengan desain yang telah direncanakan.

Andini, D. S. P., Masiran, H. S., & Piscesa, B. (2020) menyatakan bahwa Kodifikasi rangka baja merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengetahui dan mengklasifikasikan komponen rangka baja dalam proyek konstruksi. Kodifikasi ini digunakan untuk memberi tanda dalam mengatur persiapan pekerjaan, pemasangan, dan pengawasan pemasangan komponen rangka baja. Rangka baja dapat diklasifikasikan berdasarkan:

1. Kodifikasi komponen

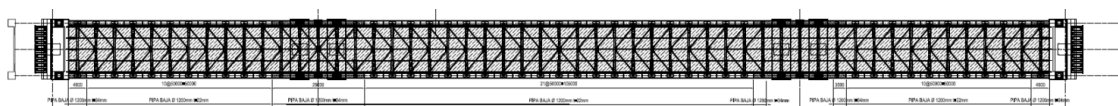
Kodifikasi ini meliputi kode untuk mengidentifikasi komponen rangka baja

- seperti batang-batang, pilar, dan lain sebagainya.
2. Kodifikasi jenis komponen
Kodifikasi ini meliputi kode untuk mengidentifikasi jenis komponen rangka baja, seperti jenis pada masing masing pilar, batang dan lain sebagainya.
 3. Kodifikasi peralatan
Kodifikasi ini meliputi kode untuk mengidentifikasi peralatan yang digunakan dalam pemasangan dan pengawasan rangka baja seperti peralatan pengelasan, peralatan lifting dan moving, serta peralatan pengikatan dan pengujian.

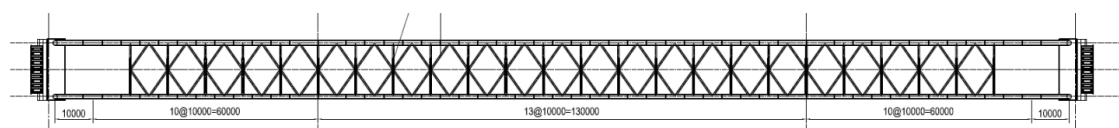
Arifi, E., Suseno, H., Hidayat, M. T., & Grahadika, H. E. (2016) menyatakan bahwa kodifikasi rangka baja sangat penting dalam proyek konstruksi untuk memastikan konsistensi dan keselarasan proyek. Kodifikasi ini memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang struktur yang sedang dikerjakan dan memudahkan komunikasi antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi.

Proyek pembangunan jalur kereta api *elevated* yang berada di simpang joglo kota Surakarta ini menggunakan kodifikasi rangka baja berdasarkan letak dan juga fungsinya. Adapun kodifikasi yang digunakan memiliki klasifikasi sebagai berikut.

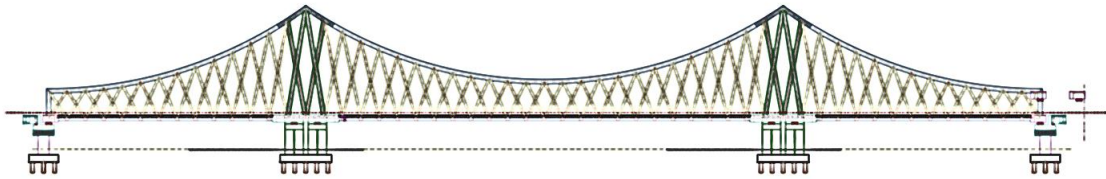
1. *Beam*
Beam yang digunakan pada proyek ini memiliki 9 jenis *beam*. Komponen ini digunakan untuk menopang beban vertikal dan horizontal pada struktur bangunan jembatan, selain itu komponen ini memiliki fungsi untuk menyalurkan beban ke komponen *truss lower* untuk diteruskan ke *pierhead*, kemudian diteruskan ke dalam *pier* (kolom) hingga menuju ke pondasi *bore pile*. Komponen *beam* pada jembatan ini juga berfungsi sebagai pengaku antara kedua rangka baja yang terpasang berseberangan.
2. *Bracing*
Bracing yang digunakan pada proyek ini memiliki 4 jenis komponen. *Bracing* digunakan sebagai pengaku atas dan bawah antar komponen *truss*.
3. *Counter Weight*
Counter Weight yang digunakan memiliki 12 jenis komponen. *Counter Weight* digunakan sebagai penopang pelat beton pracetak.
4. *Cross Girder*
Cross Girder yang digunakan memiliki 17 jenis komponen. *Cross Girder* digunakan sebagai pengaku counter weight yang digunakan sebagai penopang pelat beton pracetak.
5. *Top Bracing*
Top Bracing yang digunakan memiliki 43 jenis komponen. *Top Bracing* digunakan sebagai pengaku antara kedua struktur *Truss Upper* yang telah dipasang secara berseberangan.



Gambar 1.1 Struktur Rangka Baja Bracing Bawah Jembatan Kereta Api *Elevated* Simpang Joglo



Gambar 1.2 Struktur Rangka Baja Bracing Atas Jembatan Kereta Api *Elevated* Simpang Joglo



Gambar 1.3 Struktur Rangka Baja Truss Jembatan Kereta Api *Elevated* Simpang Joglo

6. *Truss Lower*

Truss Lower pada proyek konstruksi struktur jembatan kereta api *elevated* memiliki 36 jenis komponen *truss lower*. Komponen *truss lower* digunakan sebagai penopang dan penyalur beban yang dipikul dari *beam* untuk diteruskan ke *pierhead* menuju *pier* (kolom) hingga ke pondasi *borepile*.

7. *Truss Bracing*

Truss Bracing pada proyek konstruksi struktur jembatan kereta api *elevated*, memiliki 81 jenis komponen *truss bracing*. Komponen ini digunakan sebagai komponen tengah antara komponen *truss lower* dengan komponen *truss upper*.

8. *Truss Upper*

Truss Upper pada proyek konstruksi struktur jembatan kereta api *elevated*, memiliki 43 jenis komponen *truss upper* pada bagian paling atas struktur jembatan. Komponen *Truss Upper* digunakan sebagai penopang beban bagian atas untuk disalurkan ke bagian bawahnya.

Metode Penelitian

Subjek dan Objek Penelitian

Subjek yang digunakan pada penelitian ini adalah volume berat komponen rangka baja yang berupa perbandingan antara perhitungan menggunakan BIM dengan perhitungan manual.

Objek yang digunakan pada penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalur Kereta Api *Elevated*, Simpang Joglo, kota

Surakarta yang dikerjakan oleh PT Wijaya Karya-Bhakti Karya Utama KSO.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan proses yang dilakukan dalam melakukan sebuah penelitian. Tahapan ini direncanakan sebagai acuan bahwa penelitian disusun secara sistematis dan terstruktur. Adapun susunan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi masalah
2. Studi literatur
3. Pengumpulan data primer dan data sekunder
4. Pengolahan dan analisis data
5. Pembahasan dan kesimpulan

Hasil Analisis

Perhitungan Volume secara Manual menggunakan Microsoft Excel dan Perhitungan Software Tekla Structure

Metode perhitungan volume secara manual dilakukan dengan menggunakan rumus volume yang dikalikan dengan konversi berat menjadi satuan kilogram. Sementara itu dalam metode perhitungan menggunakan *software tekla* dilakukan dengan memodelkan gambar 3D lalu dilakukan rekap volume.

Rumus perhitungan volume

$$W = V \times B_j \times n \tag{1}$$

Keterangan:

W = Berat komponen rangka baja (kg)

V = Volume komponen rangka baja (m³)

B_j = Berat jenis baja (kg/m^3) (7850 kg/m^3)

n = Jumlah komponen

Berdasarkan rumus di atas diperoleh contoh perhitungan sebagai berikut.

Volume komponen B1

V Komponen B1 = $V_{\text{ROD}} + V_{\text{H}}$

V Komponen B1 = $0,00362 + 0,0397$

V Komponen B1 = $0,0433$

$W = V \times B_j \times n$

$W = 0,0433 \times 7850 \times 205$

$W = 69.692,440 \text{ kg}$

Perhitungan volume seluruh komponen rangka baja dilakukan menggunakan persamaan 1, maka didapatkan rekapitulasi perhitungan volume sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

No.	Kode Produk	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
1	B1	69.692,440	69.692,440	0,000
2	B2	1.998,040	1.998,040	0,000
3	B3	2.027,740	2.027,740	0,000
4	B4	3.055,240	3.055,240	0,000
5	B5	1.507,630	1.507,630	0,000
6	B6	185,900	185,890	-0,010
7	B7	361,860	361,860	0,000
8	B8	185,900	185,890	-0,010
9	B9	431,560	431,560	0,000
10	BR1	13.906,470	13.906,470	0,000
11	BR2	361,690	361,700	0,010
12	BR3	270,300	270,310	0,010
13	BR4	623,190	623,190	0,000
14	CB1	998,350	998,350	0,000
15	CB2	1.201,580	1.201,580	0,000
16	CB3	292,780	292,790	0,010
17	CB4	1.191,810	1.191,810	0,000
18	CB5	401,900	401,890	-0,010
19	CB6	128,860	128,860	0,000
20	CB7	128,860	128,860	0,000
21	CB8	1.435,410	1.435,410	0,000

Lanjutan Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

No.	Kode Produk	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
22	CB9	416,400	416,400	0,000
23	CB10	760,400	760,400	0,000
24	CB11	631,340	631,340	0,000
25	CB12	89,190	89,190	0,000
26	CG1	7.214,910	7.214,910	0,000
27	CG2	27.286,530	27.286,530	0,000
28	CG3	7.261,580	7.261,570	-0,010
29	CG4	7.215,110	7.215,110	0,000
30	CG5	7.221,570	7.221,560	-0,010
31	CG7	7.157,500	7.157,500	0,000
32	CG8	129.515,030	129.515,030	0,000
33	CG9	129.515,030	129.515,060	0,030
34	CG10	27.592,660	27.592,660	0,000
35	CG11	27.592,660	27.592,660	0,000
36	CG12	7.147,130	7.147,130	0,000
37	CG13	7.147,130	7.147,130	0,000
38	CG14	14.222,750	14.222,750	0,000
39	CG15	14.222,750	14.222,750	0,000
40	CG16	7.196,800	7.196,800	0,000
41	CG17	7.196,800	7.196,800	0,000
42	TB1	7.423,240	7.423,240	0,000
43	TB2	5.842,010	5.842,010	0,000
44	TB3	2.492,050	2.492,050	0,000
45	TB4	15.670,280	15.670,280	0,000
46	TB5	45.460,940	45.460,940	0,000
47	TB6	32.472,100	32.472,100	0,000
48	TB7	15.763,570	15.763,570	0,000
49	TB8	15.771,590	15.771,590	0,000
50	TB9	15.527,230	15.527,240	0,010
51	TB10	7.503,220	7.503,220	0,000
52	TB11	16.664,490	16.664,500	0,010
53	TB12	12.234,360	12.234,360	0,000
54	TB13	12.344,060	12.344,060	0,000
55	TB14	12.436,480	12.436,480	0,000
56	TB15	12.408,970	12.408,970	0,000
57	TB16	14.110,020	14.110,020	0,000
58	TB17	4.685,720	4.685,720	0,000
59	TB18	4.475,980	4.475,980	0,000

Lanjutan Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

No.	Kode Produk	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
60	TB19	13.421,870	13.421,870	0,000
61	TB20	11.735,850	11.735,840	-0,010
62	TB21	13.619,950	13.619,960	0,010
63	TB22	13.606,440	13.606,440	0,000
64	TB23	4.521,210	4.521,210	0,000
65	TB24	4.602,380	4.602,380	0,000
66	TB25	6.648,930	6.648,930	0,000
67	TB26	5.672,880	5.672,880	0,000
68	TB27	4.928,560	4.928,560	0,000
69	TB28	9.882,460	9.882,470	0,010
70	TB29	13.264,940	13.264,940	0,000
71	TB30	10.336,590	10.336,580	-0,010
72	TB31	9.617,630	9.617,630	0,000
73	TB32	13.647,240	13.647,250	0,010
74	TB33	10.993,260	10.993,270	0,010
75	TB34	4.541,760	4.541,760	0,000
76	TB35	4.625,110	4.625,110	0,000
77	TB36	5.430,420	5.430,420	0,000
78	TB37	14.415,690	14.415,700	0,010
79	TB38	4.939,010	4.939,010	0,000
80	TB39	4.604,540	4.604,540	0,000
81	TB40	4.473,070	4.473,070	0,000
82	TB41	3.176,850	3.176,850	0,000
83	TB42	1.848,740	1.848,740	0,000
84	TB43	3.868,510	3.868,510	0,000
85	TB44	2.103,110	2.103,110	0,000
86	TB45	3.071,860	3.071,860	0,000
87	TB46	3.762,430	3.762,430	0,000
88	TB47	3.857,690	3.857,690	0,000
89	TB48	2.519,840	2.519,840	0,000
90	TB49	2.635,650	2.635,650	0,000
91	TB50	29.115,320	29.115,320	0,000
92	TB51	2.056,570	2.056,570	0,000
93	TB52	1.817,820	1.817,820	0,000
94	TB53	11.729,970	11.729,970	0,000
95	TB54	3.887,990	3.887,990	0,000
96	TB55	2.196,200	2.196,200	0,000
97	TB56	6.570,600	6.570,600	0,000

Lanjutan Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

No.	Kode Produk	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
98	TB57	4.498,320	4.498,320	0,000
99	TB58	3.708,310	3.708,310	0,000
100	TB59	2.351,450	2.351,450	0,000
101	TB60	3.654,190	3.654,190	0,000
102	TB61	2.839,140	2.839,140	0,000
103	TB62	2.941,970	2.941,970	0,000
104	TB63	10.889,210	10.889,210	0,000
105	TB64	10.777,180	10.777,180	0,000
106	TB65	12.515,860	12.515,860	0,000
107	TB66	12.166,010	12.166,010	0,000
108	TB67	10.347,320	10.347,320	0,000
109	TB68	2.345,000	2.345,000	0,000
110	TB69	24.544,330	24.544,330	0,000
111	TB70	5.327,870	5.327,870	0,000
112	TB71	11.747,080	11.747,080	0,000
113	TB72	61.262,842	61.262,840	-0,002
114	TB73	61.273,703	61.273,700	-0,003
115	TB74	5.138,460	5.138,460	0,000
116	TB75	10.635,490	10.635,490	0,000
117	TB76	26.622,220	26.622,210	-0,010
118	TB77	5.653,470	5.653,470	0,000
119	TB78	5.651,540	5.651,540	0,000
120	TB79	5.842,010	5.842,010	0,000
121	TB80	1.643,810	1.643,810	0,000
122	TB81	1.643,810	1.643,810	0,000
123	TBR1	1.813,700	1.813,700	0,000
124	TBR2	1.769,180	1.769,180	0,000
125	TBR3	1.795,400	1.795,390	-0,010
126	TBR4	1.599,320	1.599,320	0,000
127	TBR5	1.795,400	1.795,390	-0,010
128	TBR6	1.813,930	1.813,930	0,000
129	TBR7	1.782,270	1.782,280	0,010
130	TBR8	1.782,240	1.782,250	0,010
131	TBR9	1.808,860	1.808,860	0,000
132	TBR10	1.816,120	1.816,130	0,010
133	TBR11	1.827,130	1.827,140	0,010
134	TBR12	1.827,050	1.827,050	0,000
135	TBR13	1.805,700	1.805,710	0,010

Lanjutan Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

No.	Kode Produk	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
136	TBR14	1.599,320	1.599,320	0,000
137	TBR15	1.798,980	1.798,980	0,000
138	TBR16	1.808,860	1.808,860	0,000
139	TBR17	1.816,120	1.816,120	0,000
140	TBR18	1.820,960	1.820,960	0,000
141	TBR19	1.820,890	1.820,890	0,000
142	TBR20	1.798,980	1.798,980	0,000
143	TBR21	1.805,700	1.805,720	0,020
144	TBR22	1.769,230	1.769,230	0,000
145	TBR23	2.864,450	2.864,450	0,000
146	TBR24	2.902,620	2.902,620	0,000
147	TBR25	2.927,480	2.927,480	0,000
148	TBR26	2.956,820	2.956,820	0,000
149	TBR27	2.881,540	2.881,540	0,000
150	TBR28	2.850,420	2.850,420	0,000
151	TBR29	1.786,220	1.786,230	0,010
152	TBR30	2.991,440	2.991,440	0,000
153	TBR31	3.033,410	3.033,410	0,000
154	TBR32	3.079,720	3.079,720	0,000
155	TBR33	3.137,770	3.137,770	0,000
156	TBR34	2.823,750	2.823,750	0,000
157	TBR35	3.107,160	3.107,160	0,000
158	TBR36	3.053,070	3.053,070	0,000
159	TBR37	3.007,560	3.007,560	0,000
160	TBR38	2.969,080	2.969,080	0,000
161	TBR39	2.936,570	2.936,570	0,000
162	TBR40	2.909,410	2.909,410	0,000
163	TBR41	2.886,680	2.886,680	0,000
164	TBR42	2.867,920	2.867,920	0,000
165	TBR43	2.852,780	2.852,780	0,000
166	TBR44	2.840,960	2.840,960	0,000
167	TBR45	2.832,280	2.832,280	0,000
168	TBR46	2.826,580	2.826,580	0,000
169	TBR47	1.786,220	1.786,220	0,000
170	TL1	19.472,340	19.472,340	0,000
171	TL2	19.472,340	19.472,340	0,000
172	TL3	17.252,300	17.252,300	0,000
173	TL3A1	11.423,920	11.423,920	0,000

Lanjutan Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

No.	Kode Produk	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
174	TL4	17.252,300	17.252,300	0,000
175	TL4A1	11.423,920	11.423,920	0,000
176	TL5	19.564,119	19.564,120	0,001
177	TL6	19.564,119	19.564,120	0,001
178	TL7	10.093,100	10.093,100	0,000
179	TL8	10.093,100	10.093,100	0,000
180	TL9	19.267,189	19.267,190	0,001
181	TL10	19.267,189	19.267,190	0,001
182	TL11	18.667,759	18.667,760	0,001
183	TL12	18.667,759	18.667,760	0,001
184	TL13	11.611,690	11.611,690	0,000
185	TL14	18.364,859	18.364,860	0,001
186	TL15	18.364,859	18.364,860	0,001
187	TL16	18.346,439	18.346,440	0,001
188	TL17	18.346,439	18.346,440	0,001
189	TL18	19.150,819	19.150,820	0,001
190	TL19	19.150,819	19.150,820	0,001
191	TL20	22.492,809	22.492,810	0,001
192	TL21	22.171,989	22.171,990	0,001
193	TL21A1	22.448,449	22.448,450	0,001
194	TL22	20.444,939	20.444,940	0,001
195	TL23	20.444,939	20.444,940	0,001
196	TL24	33.714,979	33.714,980	0,001
197	TL25	33.714,979	33.714,980	0,001
198	TL26	23.780,370	23.780,370	0,000
199	TL26A1	23.780,370	23.780,370	0,000
200	TL27	23.780,370	23.780,370	0,000
201	TL27A1	23.780,370	23.780,370	0,000
202	TL28	34.996,893	34.996,890	-0,003
203	TL28A1	34.674,933	34.674,930	-0,003
204	TL29	34.305,407	34.305,410	0,003
205	TL29A1	33.939,878	33.939,880	0,002
206	TL30	24.648,349	24.648,350	0,001
207	TL31	24.648,349	24.648,350	0,001
208	TL32	24.648,349	24.648,350	0,001
209	TL33	24.648,349	24.648,350	0,001
210	TL34	33.717,124	33.717,120	-0,004
211	TL34A1	33.557,224	33.557,220	-0,004

Lanjutan Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

No.	Kode Produk	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
212	TL35	34.426,986	34.426,990	0,004
213	TL35A1	34.267,086	34.267,090	0,004
214	TL36	22.054,779	22.054,780	0,001
215	TU1	18.102,260	18.102,250	-0,010
216	TU2	18.102,260	18.102,250	-0,010
217	TU3	15.662,010	15.662,020	0,010
218	TU4	16.160,789	16.160,790	0,001
219	TU5	18.780,820	18.780,820	0,000
220	TU6	10.807,630	10.807,630	0,000
221	TU7	15.662,010	15.662,020	0,010
222	TU8	16.160,789	16.160,790	0,001
223	TU9	18.780,820	18.780,820	0,000
224	TU10	10.807,640	10.807,640	0,000
225	TU11	14.575,870	14.575,870	0,000
226	TU12	16.961,630	16.961,630	0,000
227	TU13	14.575,870	14.575,870	0,000
228	TU14	16.961,630	16.961,630	0,000
229	TU15	14.696,930	14.696,920	-0,010
230	TU16	14.696,930	14.696,920	-0,010
231	TU17	7.484,290	7.484,280	-0,010
232	TU18	24.493,113	24.493,110	-0,003
233	TU19	7.484,290	7.484,280	-0,010
234	TU20	4.610,680	4.610,680	0,000
235	TU21	4.610,680	4.610,680	0,000
236	TU22	7.483,230	7.483,220	-0,010
237	TU23	16.548,990	16.548,990	0,000
238	TU24	16.548,990	16.548,990	0,000
239	TU25	7.483,230	7.483,220	-0,010
240	TU26	9.429,020	9.429,020	0,000
241	TU27	15.941,670	15.941,660	-0,010
242	TU28	10.763,790	10.763,780	-0,010
243	TU29	9.429,020	9.429,020	0,000
244	TU30	15.941,670	15.941,660	-0,010
245	TU31	10.763,790	10.763,780	-0,010
246	TU32	24.493,113	24.493,110	-0,003
247	TU33	10.355,140	10.355,140	0,000
248	TU34	10.355,140	10.355,140	0,000
249	TU35	10.257,580	10.257,580	0,000

Lanjutan Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

No.	Kode Produk	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
250	TU36	10.257,580	10.257,580	0,000
251	TU37	7.467,650	7.467,640	-0,010
252	TU38	7.467,650	7.467,640	-0,010
253	TU39	14.999,610	14.999,610	0,000
254	TU40	10.098,600	10.098,600	0,000
255	TU41	10.098,600	10.098,600	0,000
256	TU42	10.260,342	10.260,340	-0,002
257	TU43	10.260,342	10.260,340	-0,002
Total		3.057.223,21	3.057.223,21	0,000

Tabel 2. Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis Perhitungan Berat Rangka Baja

Komponen	Berat Hitungan Tekla	Berat Hitungan Manual	Selisih Berat
Beam	79.446,310	79.446,290	-0,020
Bracing	15.161,650	15.161,670	0,020
Counter weight	7.676,880	7.676,880	0,000
Cross girder	434.705,940	434.705,950	0,010
Truss Bracing	833.055,844	833.055,880	0,036
Top Bracing	110.387,250	110.387,310	0,060
Truss lower	1.019.905,646	1.019.905,670	0,024
Truss upper	556.883,690	556.883,560	-0,130
Total	3.057.223,210	3.057.223,210	0,000

Selisih Perhitungan Berat Volume secara Manual dan Output Berat Volume menggunakan Software Tekla Structure.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan oleh penulis didapatkan selisih perhitungan terbesar yaitu sebesar 0,06 kg, itu terjadi pada komponen Top Bracing. Sementara itu perbandingan perhitungan volume pada komponen yang lainnya berkisar antara 0 kg sampai dengan 0,036 kg, secara detail per komponennya dapat dilihat pada Tabel 2. Selisih perhitungan tersebut masih dalam jangkauan keamanan, apalagi pada hasil selisih total nya menunjukkan tidak ada selisih perhitungan.

Wiguna, I. P. A. (2023), Perbandingan hasil waste level penggunaan metode manual *Bar Bending Schedule* lebih besar dibanding waste level yang didapat dengan Tekla. Namun, berdasarkan analisis yang telah dilakukan, komponen yang memiliki kelebihan nilai pada kedua perbandingan tersebut dapat menjadi pengurang pada komponen yang mengalami perbedaan hitungan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada saat desain jembatan pada *Software Tekla Structure* dilakukan dengan baik dan teliti, sehingga tidak ada komponen yang saling bertumpukan.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis menunjukkan bahwa tidak ada selisih perhitungan. Hal tersebut menunjukkan bahwa:

1. Desain jembatan pada *Software Tekla Structure* dilakukan dengan baik dan teliti, sehingga tidak ada komponen yang saling bertumpukan.
2. Perhitungan volume yang dilakukan menggunakan aplikasi excel dilakukan dengan teliti dan detail.
3. Hasil akhir menunjukkan kesesuaian antara perhitungan volume menggunakan *Tekla Structure* dengan perhitungan volume menggunakan Excel, hal itu ditunjukkan dengan nilai selisih total nya bernilai 0 kg.
- 4.3. _____

Daftar Pustaka

Andini, D. S. P., Masiran, H. S., & Piscesa, B. (2020). Modifikasi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Suramadu Menggunakan Konstruksi Jembatan Gantung dengan Side Span Suspended. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), D136-D142.

Adi, W. T., Kurniawan, M. A., & Basuki, R. (2023, March). Modeling and Detailing Railway Bridge Structure Using Allplan Engineering. In *International Conference on Railway and Transportation (ICORT 2022)* (pp. 48-57). Atlantis Press.

Damayanti, D., Vella, L., & Nazar, M. (2023). Evaluation Of Building Information Modeling (BIM) Implementation As A Strategy To

Accelerate Planning In Toll Road Construction Projects. *Prosiding KRTJ HPJI*, 16(1), 1-22.

Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023. Pedoman Implementasi Building Information Modelling (BIM) Pada Lingkup Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Penerbit Bina Marga. Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021. Penerapan Building Information Modeling pada Perencanaan Teknis, Konstruksi dan Pemeliharaan Jalan dan Jembatan. Penerbit Bina Marga. Jakarta.

Sidik, D. M., Handayani, N. K., & Noer, F. (2023, May). Analisis Perbandingan Volume Beton dan Besi Tulangan pada Struktur Gedung 10 Lantai di Kota Bandar Lampung antara Metode Konvensional dan Building Information Modeling (BIM) Autodesk Revit. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* (pp. 591-597).

Rahmiyumna, I. (2021). Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Beton dan Baja Tulangan Metode Konvensional dan Building Information Modelling (BIM) dengan Menggunakan Software Tekla Structure 2021 (Studi Kasus Pekerjaan Pembangunan Lanjutan Gedung Perkuliahan S1 FMIPA UGM) (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).

Diputra, G. A., Wiranata, A. A., & Kharisma, A. (2023). Perbandingan Bill Of Quantity (BOQ) Antara Dokumen Kontrak Dengan Hasil Perhitungan *Tekla Structures* (Studi Kasus: Proyek Gedung Mall Di Pulau Jawa). *Jurnal Spektran*, 11(1).

Anggaraini, N. L., Yuwana, D. S. A., & Darajat, A. R. U. (2022). Perbandingan Volume pada Pekerjaan Struktural dengan Building Information Modeling. *Reviews in Civil Engineering*, 6(2), 78-84.

Azwar, A. A. A. (2020). Aplikasi BIM (Building Information Modeling) Menggunakan Tekla Structures Pada Proyek Konstruksi Substructure Gedung X (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta).

Apriansyah, R. (2021). Implementasi Konsep Building Information Modelling (BIM) Dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural.

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, 109-127.

Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation. *Procedia engineering*, 57, 767-774.

Wiguna, I. P. A. (2023). Perbandingan Kombinasi Pemotongan Pembesian dengan Metode Manual Bar Bending Schedule dan Tekla Structures. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2), D90-D95.

- Arifi, E., Suseno, H., Hidayat, M. T., & Grahadika, H. E. (2016). Pengaruh Konfigurasi Rangka Dan Optimasi Profil Terhadap Kinerja Pada Struktur Jembatan Rangka Baja. *Rekayasa Sipil*, 10(3), 187-193.
- Apriansyah, R. (2021). Implementasi Konsep Building Information Modelling (BIM) Dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural.