

ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME DAN BIAYA PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG B/C VILLA PETITE SEMINYAK BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Michael Marshalleno¹⁾, I Wayan Suasira, S.T., M.T²⁾, Ir. Ida Bagus Putu Bintana,
MT³⁾

¹Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Singaraja, Buleleng

²Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Gantsu Barat, Denpasar

³Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jl. P. Roon, Denpasar

E-mail: michaelmarshalleno6@gmail.com, iwayansuasira@yahoo.com,
gusbint@yahoo.com

Abstract

The purpose of this research is to apply a BIM-based work volume calculation method using Tekla Structures software as a comparison to the conventional method calculation in terms of volume and cost in the B/C Villa Petite Seminyak building construction project. This research was carried out by modeling the building structure in Tekla Structures software according to the plan drawings and project RKS, data in the form of plan drawings, RKS and RAB obtained from the contractor. In this study, the comparison obtained in concrete work is 14.18% and in ironing work is 4.7% (kg) and 20.94% (m²), the difference in total cost in structural work is 9.16%.

Keywords: *Building Information Modeling*, Tekla Structures, Volume, Cost

Abstrak

Tujuan Penelitian ini yaitu mengaplikasikan metode perhitungan volume pekerjaan berbasis BIM menggunakan *software* Tekla Structures sebagai pembandingan terhadap perhitungan metode konvensional dari sisi volume dan biaya pada proyek pembangunan gedung B/C Villa Petite Seminyak. Penelitian ini dilakukan dengan membuat pemodelan struktur bangunan pada *software* Tekla Structures sesuai gambar rencana dan RKS proyek, data berupa gambar rencana, RKS dan RAB di peroleh dari pihak kontraktor. Pada Penelitian ini perbandingan yang diperoleh pada pekerjaan beton sebesar 14,18 % dan pada pekerjaan pembesian sebesar 4,7 % (kg) dan 20,94 % (m²), selisih biaya total pada pekerjaan struktur yaitu sebesar 9,16%.

Kata Kunci: *Building Information Modeling*, Tekla Structures, Volume, Biaya

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi dengan tingkat kompleksitas yang tinggi harus memiliki manajemen yang baik dalam mengelola sumber daya – sumber daya untuk mencapai tujuan/sasaran yang telah direncanakan secara efisien dan efektif dengan memperhatikan kesempatan yang ada serta memperhitungkan risiko/hambatan yang dihadapi. Keberhasilan proyek sangat ditentukan oleh teamwork (tim arsitek, tim sipil, tim mekanikal elektrikal, tim manajemen konstruksi, dan lain-lain). Menyiapkan rincian desain *engineering* yang meliputi susunan anggaran biaya (*BOQ*), gambar kerja, jadwal induk proyek, dan sebagainya merupakan tahapan awal dari kegiatan proyek konstruksi. Salah satu tahapan atau pekerjaan penting dalam kegiatan proyek konstruksi adalah perhitungan volume hal itu disebabkan karena berkaitan dengan jumlah material yang akan disediakan dan akan menentukan nilai biaya suatu proyek. Perhitungan volume biasanya dilakukan secara manual dengan cara mengukur pada gambar rencana dan menghitungnya menggunakan kalkulator atau perangkat lunak *Microsoft Excel*. Namun, perhitungan dengan cara ini memerlukan waktu lama dan berisiko terjadinya kesalahan akibat kurangnya ketelitian. Masih banyak kontraktor atau penyedia jasa konstruksi belum menggunakan teknologi BIM untuk menyelesaikan pekerjaannya, salah satu contoh adalah dalam proyek pembangunan kompleks villa Petite Seminyak ini belum mengaplikasikan teknologi BIM dalam perhitungan volume pekerjaannya. Sesuai dengan Permen PUPR No.22 tahun 2018 penggunaan BIM wajib diterapkan pada bangunan gedung negara tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m² dan diatas 2 lantai untuk mendukung konstruksi di Indonesia, Maka dari itu Penulis tertarik untuk menganalisis perhitungan volume dan biaya pada proyek pembangunan villa Petite Seminyak menggunakan teknologi BIM pada khususnya menggunakan *software Tekla structure*.

METODE PENELITIAN

Penentuan Sumber Data

Sumber data merupakan sesuatu yang dapat memberikan informasi mengenai data yang diperlukan. Penentuan sumber data penelitian terletak di proyek pembangunan kompleks Villa Petite PT. Bumen Propertindo Abadi dengan luas area 4.649,50 m² yang akan berfungsi untuk menyediakan akomodasi bagi para wisatawan yang berlibur ke Bali khususnya di daerah Seminyak.

Pengumpulan Data

Data penelitian yang dikumpulkan merupakan data-data yang diperoleh langsung di lapangan. Data yang akan dijadikan sebagai acuan dalam pelaksanaan meliputi :

1. Gambar Rencana Proyek
2. Rencana Anggaran Biaya Proyek (RAB)
3. RKS

Data di atas akan digunakan untuk pemodelan dan perhitungan volume pekerjaan serta acuan penentuan bahan yang digunakan sehingga akan mendapatkan jumlah harga pelaksanaan tiap pekerjaan struktur pada proyek.

Analisis Data

1. Pengolahan Data yang diperoleh.

Data yang didapat dari proyek tidak bisa langsung digunakan untuk melakukan pemodelan dan perhitungan, ada beberapa data yang harus diolah terlebih dahulu sehingga bisa digunakan untuk modeling dan perhitungan.

2. 3D *Modeling* Menggunakan Tekla Structures

Data sekunder yang berupa gambar rencana akan digunakan sebagai pendekatan pemodelan dengan melakukan pemodelan gambar 2D ke dalam model gambar 3D yang akan dianalisis untuk keperluan mendapatkan gambar detail dan volume material pekerjaan.

3. Menghitung Ukuran yang digunakan Berdasarkan RKS

Pada RKS untuk dapat mengetahui ukuran yang digunakan dalam perhitungan tulangan seperti sambungan lewatan, panjang penyaluran, detail kait yang digunakan haruslah dihitung terlebih dahulu berdasarkan rumus dan nilai yang telah ditetapkan.

4. Melakukan Perhitungan Volume dan Biaya.

Output yang telah didapatkan dari *software* Tekla Structures berupa hasil perhitungan volume (*bill of material*) kemudian dibandingkan terhadap metode konvensional yang sudah tertera pada RAB proyek. Selain itu, hasil *output* volume Tekla Structures akan dikalikan dengan analisis harga satuan pada RAB yang didapat dari kontraktor pelaksana dengan tujuan mendapatkan perbandingan biaya dari metode BIM terhadap metode konvensional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Detail Pembesian Menggunakan Spesifikasi Teknis yang ada pada RKS

1. Menentukan Panjang Penyaluran Kait Standar

Panjang penyaluran merupakan panjang yang diperlukan untuk menentukan ketahanan terhadap tergelincirnya tulangan, panjang penyaluran ini merupakan tulangan yang masuk ke area kolom. Rumus dan besaran yang digunakan untuk menentukan panjang penyaluran kait standar pada RKS proyek pembangunan Villa Petite Seminyak adalah $2/3H$.

Tabel Hasil Panjang Penyaluran

RUMUS	UKURAN BESI	PANJANG KAIT STANDAR (CM)		
		SLOOF 20X30 (TB)	BALOK 20X40 (B1)	BALOK 15X25 (B2)
2/3H	19	20	27	17
	16	20	27	17
	13	20	27	17
	10	20	27	17

Sumber : Data Olahan Penulis 2024

2. Menentukan Panjang Sambungan Lewatan

Rumus dan besaran yang digunakan untuk menentukan panjang sambungan lewatan pada RKS proyek pembangunan Villa Petite Seminyak adalah 45 db dan diberi spasi 10db untuk kolom dan $L+1/2L$ untuk balok

Tabel Panjang Sambungan Lewatan

RUMUS	UKURAN BESI (db)	PANJANG SAMBUNGAN LEWATAN (MM)	
		KOLOM	BALOK
45db	19	855	855
	16	720	720
	13	585	585
	10	450	450

Sumber : Data Olahan Penulis 2024

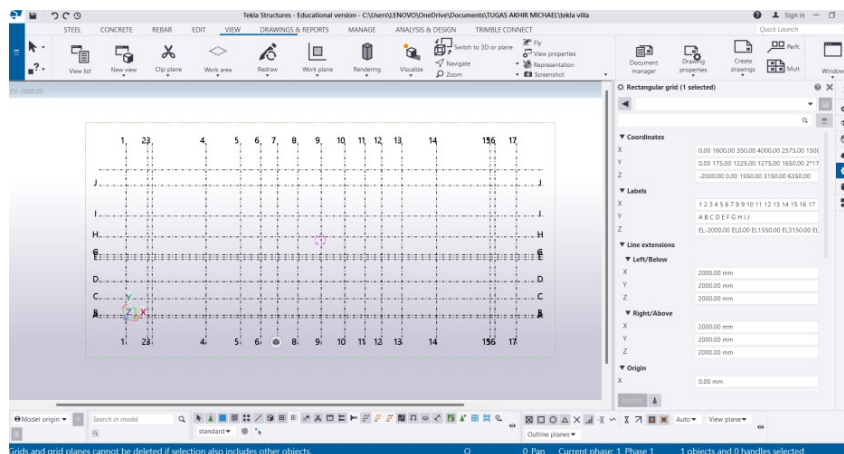
3. Menentukan Panjang Kait

Besaran panjang kait yang digunakan untuk batang ulir beserta dengan ketentuan *bar bending* dan tipe kaitnya adalah sebesar 75 mm.

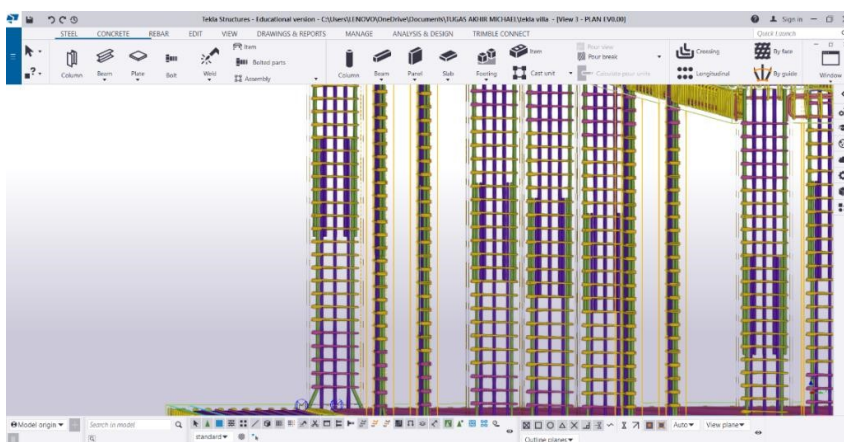
Pemodelan 3D Pada Tekla Structures

Tahapan proses memasukkan ukuran dan dimensi struktural yang ada pada *modelling 3D* menggunakan *software* Tekla Structures yaitu sebagai berikut :

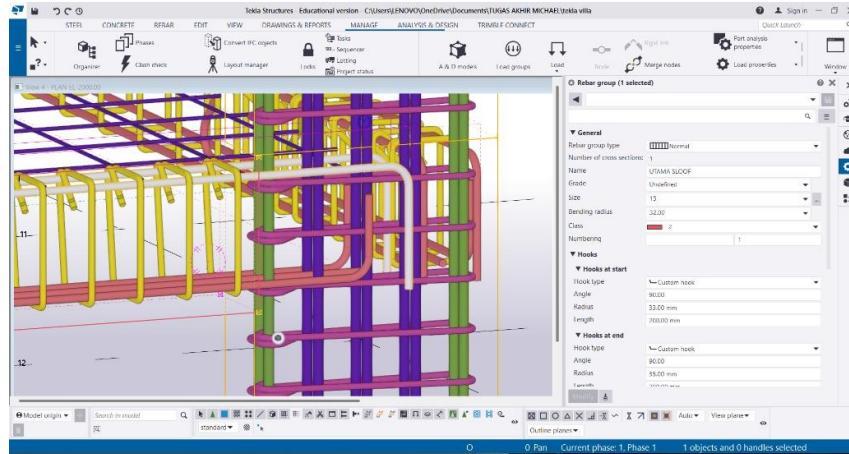
1. Memasukkan dimensi ukuran tiap komponen struktur dan spesifikasi teknis dalam studi kasus pada *modeling 3D* dengan menggunakan *software* Tekla Structures sesuai dengan karakteristik masing-masing.
2. Melakukan *modeling* dengan acuan grid sesuai dengan gambar rencana yang digunakan ke dalam *modeling 3D* dengan menggunakan *software* Tekla Structures sesuai dengan karakteristik masing-masing.



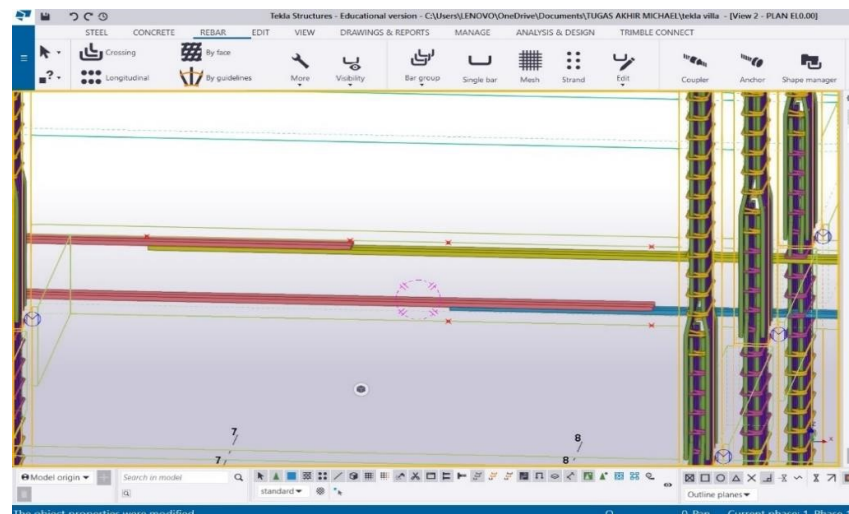
Gambar Grid Horizontal



Gambar Detail Sambungan Lewatan Sesuai RKS Pada Kolom K2

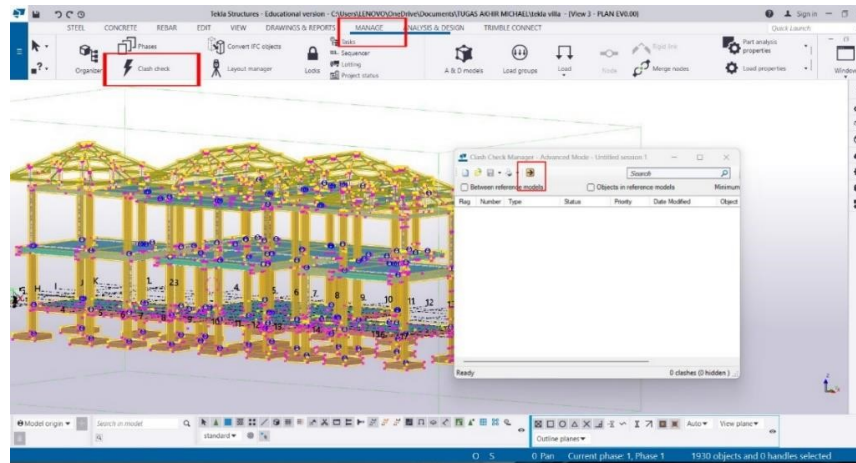


Gambar Panjang Penyaluran Sesuai RKS Sebesar $2/3 h$ Pada Sloof



Gambar Detail Sambungan Lewatan Sesuai RKS Pada Balok B1

Setelah seluruh penulangan dan elemen dibuat, selanjutnya akan dilakukan clash check dengan tujuan agar tidak ada komponen baik berupa *concrete element* maupun rebar yang saling bertabrakan maupun tumpang tindih melalui menu *Manage* → *Clash Check* → *block* seluruh elemen → *running*



Gambar Clash Check Pada Tekla

Perbandingan Volume Menggunakan Aplikasi Tekla Structures dengan Volume Perhitungan Konvensional.

Untuk mendapatkan output pada Tekla Struktur, block seluruh elemen → *Manage* → *Organizer*, kemudian pilih menu default pada pojok kiri menu toolbar, lalu ekspor data yang tersebut ke Microsoft Excel untuk mempermudah dalam pengolahan data.

Name	Content by Material	Material	Position in Profile	Top level	Height / m	Length / m	Width / m	Volume / m ³	Height / m	Phase	Section	Floor
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	4.36	0.2	0.348	835.2	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	3.1	0.2	0.248	595.2	1			
BALOK B2 15x25	PART	CONCRETE Concrete_250*150	3.15	0.25	3.05	0.15	0.114	274.5	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	1	0.2	0.08	191.4	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	2.679	0.2	0.182	436.6	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	4.95	0.2	0.348	835.2	1			
BALOK B2 15x25	PART	CONCRETE Concrete_250*150	3.15	0.25	3.05	0.15	0.114	274.5	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	1	0.2	0.08	190.8	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	1	0.2	0.08	191.4	1			
BALOK B2 15x25	PART	CONCRETE Concrete_250*150	3.15	0.25	4.3	0.15	0.161	387	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	1	0.2	0.08	192	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	1	0.2	0.08	191.4	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	1	0.2	0.08	192	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	1	0.2	0.08	191.4	1			
BALOK B2 15x25	PART	CONCRETE Concrete_250*150	3.15	0.25	3.8	0.15	0.143	342	1			
BALOK B2 15x25	PART	CONCRETE Concrete_250*150	3.15	0.25	2.025	0.15	0.098	236.25	1			
BALOK B2 15x25	PART	CONCRETE Concrete_250*150	3.15	0.25	3.8	0.15	0.143	342	1			
BALOK B1 20x40	PART	CONCRETE Concrete_400*200	3.15	0.4	2.25	0.2	0.18	432	1			
BALOK R7 15x15	PART	CONCRETE Concrete_250*150	3.15	0.25	0.076	0.15	0.031	74.76	1			

Gambar output perhitungan volume pada Tekla Structures

Berikut ini hasil perbandingan yang diperoleh antara penggunaan Tekla Struktur dengan metode konvensional, yaitu :

1. Perbandingan Volume Pada Pekerjaan Beton

Hasil perbandingan volume pada pekerjaan beton struktur dari lantai dasar hingga lantai atap dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel Perbandingan Volume Pekerjaan Beton

No	Uraian Pekerjaan	BOQ KONVENSIONAL (A)	BOQ TEKLA (B)	SATUAN	SELISIH VOLUME (C) (A-B)	PRESENTASE (C/A)
I	Pekerjaan Struktur LT Dasar					
A	Pekerjaan Beton					
1	Pekerjaan Beton Footplate	16,20	16,20	m ³	0,00	0,00%
2	Pekerjaan Beton Kolom Pedestal	2,34	2,79	m ³	-0,45	-19,15%
3	Pekerjaan Beton Kolom LT Dasar	5,76	5,66	m ³	0,10	1,67%
4	Pekerjaan Beton Sloof 20x30 cm	8,66	6,88	m ³	1,78	20,52%
5	Pekerjaan Beton Pelat Lantai Dasar	18,34	14,50	m ³	3,84	20,93%
II	Pekerjaan Struktur LT I					
A	Pekerjaan Beton					
1	Pekerjaan Beton Kolom LT 1	4,22	4,22	m ³	0,00	0,00%
2	Pekerjaan Beton Balok B1 20x40 cm	11,05	10,36	m ³	0,69	6,25%
3	Pekerjaan Beton Balok B2 15x25 cm	4,13	2,32	m ³	1,81	43,87%
4	Pekerjaan Beton Pelat Lantai 1	26,30	21,11	m ³	5,19	19,74%
5	Pekerjaan Beton RB 1 15x25 cm	7,32	6,31	m ³	1,01	13,78%
7	Pekerjaan Beton Pelat Atap	14,46	11,58	m ³	2,88	19,90%
	TOTAL SUMMARY	118,79	101,94		16,84	14,18%

Sumber : Data Olahan Penulis 2024

Berdasarkan Tabel di atas, perbandingan total volume yang diperoleh untuk pekerjaan beton mencapai 14,18%.

2. Perbandingan Volume Pada Pekerjaan Pembesian

Hasil perbandingan volume pada pekerjaan pembesian struktur dari lantai dasar hingga lantai atap dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel Perbandingan Volume Pekerjaan Pembesian

No	Uraian Pekerjaan	BOQ KONVENSIONAL (A)	BOQ TEKLA (B)	SATUAN	SELISIH VOLUME (C) (A-B)	PRESENTASE (C/A)
I	Pekerjaan Struktur LT Dasar					
B	Pekerjaan Pembesian					
1	Pekerjaan Pembesian Footplate	3157,87	2530,85	kg	627,02	19,86%
2	Pekerjaan Pembesian Kolom Pedestal	1742,00	1790,78	kg	-48,78	-2,80%
3	Pekerjaan Pembesian Kolom LT Dasar	2088,32	2023,25	kg	65,07	3,12%
4	Pekerjaan Pembesian Sloof 20x30 cm	1552,43	1217,03	kg	335,40	21,60%
5	Pekerjaan Pembesian Wiremesh M5 Lantai Dasar	183,44	145,02	m ²	38,42	20,94%
II	Pekerjaan Struktur LT I					
B	Pekerjaan Pembesian					
1	Pekerjaan Pembesian Kolom LT 1	1273,60	1269,24	kg	4,36	0,34%
2	Pekerjaan Pembesian Balok B1 20x40 cm	2189,06	2684,69	kg	-495,63	-22,64%
3	Pekerjaan Pembesian Balok B2 15x25 cm	901,05	826,90	kg	74,15	8,23%
4	Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai 1 Ø10-100 2 Layer	4383,76	4216,02	kg	167,74	3,83%
5	Pekerjaan Pembesian RB 1 15x25 cm	1452,88	1470,69	kg	-17,81	-1,23%
7	Pekerjaan Pembesian Pelat Atap Ø10-100 2 Layer	1830,11	1551,93	kg	278,18	15,20%
8	Pekerjaan Atap Baja	4667,23	4470,201	kg	197,03	4,22%
	TOTAL SUMMARY	25238,31	24051,59	Kg	1186,73	4,70%
		183,44	145,02	m²	38,42	20,94%

Sumber : Data Olahan Penulis 2024

Berdasarkan Tabel di atas, perbandingan total volume yang diperoleh untuk pekerjaan pembesian dengan satuan kg mencapai 4,7%, dan dengan satuan m² mencapai 20,94%.

Rekapitulasi Hasil Selisih Biaya Struktur Antara Tekla Structures Terhadap Metode Konvensional

Tabel Selisih Harga Pada RAB

No	Uraian Pekerjaan	TOTAL HARGA RAB KONVENSIONAL (RP)	TOTAL HARGA RAB TEKLA (RP)	SELISIH HARGA
I	Pekerjaan Struktur LT Dasar			
A	Pekerjaan Beton			
1	Pekerjaan Beton Footplate	Rp 18.284.097,60	Rp 18.284.097,60	Rp -
2	Pekerjaan Beton Kolom Pedestal	Rp 2.641.036,32	Rp 3.146.670,62	-Rp 505.634,30
3	Pekerjaan Beton Kolom LT Dasar	Rp 6.501.012,48	Rp 6.392.662,27	Rp 108.350,21
4	Pekerjaan Beton Sloof 20x30 cm	Rp 9.774.091,68	Rp 7.768.484,18	Rp 2.005.607,50
5	Pekerjaan Beton Pelat Lantai Dasar	Rp 20.699.404,32	Rp 16.367.653,30	Rp 4.331.751,02
B	Pekerjaan Pembesian			
1	Pekerjaan Pembesian Footplate	Rp 19.836.923,40	Rp 15.898.133,21	Rp 3.938.790,19
2	Pekerjaan Pembesian Kolom Pedestal	Rp 10.491.463,68	Rp 10.785.272,84	-Rp 293.809,16
3	Pekerjaan Pembesian Kolom LT Dasar	Rp 27.740.668,02	Rp 26.876.269,48	Rp 864.398,54
4	Pekerjaan Pembesian Sloof 20x30 cm	Rp 37.502.908,32	Rp 29.400.537,88	Rp 8.102.370,44
5	Pekerjaan Pembesian Wiremesh M5 Lantai Dasar	Rp 10.818.595,68	Rp 8.552.729,75	Rp 2.265.865,93
II	Pekerjaan Struktur LT I			
A	Pekerjaan Beton			
1	Pekerjaan Beton Kolom LT 1	Rp 4.767.409,15	Rp 4.767.409,15	Rp -
2	Pekerjaan Beton Balok B1 20x40 cm	Rp 12.472.011,86	Rp 11.692.793,28	Rp 779.218,58
3	Pekerjaan Beton Balok B2 15x25 cm	Rp 4.661.316,24	Rp 2.616.206,06	Rp 2.045.110,18
4	Pekerjaan Beton Pelat Lantai 1	Rp 29.687.956,99	Rp 23.828.016,58	Rp 5.859.940,42
5	Pekerjaan Beton RB 1 15x25 cm	Rp 8.261.703,36	Rp 7.122.897,53	Rp 1.138.805,83
7	Pekerjaan Beton Pelat Atap	Rp 16.320.250,08	Rp 13.072.001,14	Rp 3.248.248,94
B	Pekerjaan Pembesian			
1	Pekerjaan Pembesian Kolom LT 1	Rp 60.979.138,85	Rp 60.770.384,89	Rp 208.753,96
2	Pekerjaan Pembesian Balok B1 20x40 cm	Rp 9.946.216,24	Rp 12.198.156,90	-Rp 2.251.940,65
3	Pekerjaan Pembesian Balok B2 15x25 cm	Rp 21.603.683,76	Rp 19.825.950,30	Rp 1.777.733,46
4	Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai 1 Ø10-100 2 Layer	Rp 41.322.921,01	Rp 39.741.700,34	Rp 1.581.220,67
5	Pekerjaan Pembesian RB 1 15x25 cm	Rp 4.923.326,64	Rp 4.983.672,02	-Rp 60.345,38
7	Pekerjaan Pembesian Pelat Atap Ø10-100 2 Layer	Rp 31.692.169,92	Rp 26.874.972,56	Rp 4.817.197,36
8	Pekerjaan Baja Atap	Rp 46.930.302,00	Rp 44.949.120,34	Rp 1.981.181,66
	TOTAL SUMMARY	Rp 457.858.607,60	Rp 415.915.792,22	Rp 41.942.815,38

Sumber : Data Olahan Penulis 2024

Berdasarkan Tabel 4.7 di atas, selisih total biaya yang diperoleh untuk pekerjaan beton dan pembesian yaitu Rp 41.942.815,38 (Empat Puluh Satu Juta Sembilan Ratus Empat Puluh Dua Ribu Delapan Ratus Lima Belas Tiga Puluh Delapan Rupiah), atau dengan presentase selisih biaya sebesar 9,16 %.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis data, dapat disimpulkan bahwa perbandingan volume pada pekerjaan struktur yang diperoleh menggunakan software Tekla Structures ini yaitu :

1. Perbandingan Volume
 - a. Pekerjaan Beton

Volume Konvensional	= 118,79 m ³
Volume Tekla Structure	= 101,94 m ³

- Presentase Perbandingan = 14,18 % lebih kecil menggunakan *software* Tekla Structures.
- b. Pekerjaan Pembesian dan Struktur Rangka Atap Baja
- Volume Konvensional = 25238,31 kg dan 183,44 m²
Volume Tekla Structure = 24051,59 kg dan 145,02 m²
Presentase Perbandingan = 4,7 % dan 20,94 % lebih kecil menggunakan *software* Tekla Structures.
2. Selisih Biaya
- Volume Konvensional = Rp 457.858.607,60
Volume Tekla Structure = Rp 415.915.792,22
Selisih Biaya = Rp 41.942.815,38
Presentase Selisih Biaya = 9,16 % lebih kecil menggunakan *software* Tekla Structures.

DAFTAR PUSTAKA

H. Rizky Hutama and J. Sekarsari,

“Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling dalam Proyek Konstruksi (The Obstacle Factors in The Implementation of BIM in Construction Projects),” 2015.

Shalsabila Maulani and S. T. , M. Sc. E. Toriq Arif Ghuzdewan,

“Analisis Perhitungan Volume Pekerjaan Menggunakan Pemodelan 3D SketchUp (Studi Kasus : Proyek Relokasi Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi),” 2020.

Wibowo, Edy Purwanto, and Ahmad Yusuf Winarno,

“Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) dalam Rancangan Pembangunan Gedung Induk Universitas Aisyiyah Kartasura,” vol. 8, no. 4, 2020, doi: 10.20961/mateksi.v8i3.

Retno Minawati, Herry P. Chandra, and Paulus Nugraha,

“Manfaat Penggunaan Software Tekla Structures Building Information Modeling (BIM)”.

“Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomoer 22/PRT/M/2018 Tentang Pembangunan Gedung Negara,” 2018.

Julieta Salsabila and Vendie Abma,

“Perbandingan Realisasi Biaya Pelaksanaan terhadap RAB Berbasis BIM 5D Pada Pekerjaan Struktural Bangunan,” vol. 3, 2023.

Reza Pahlevi,

“Jenis Proyek Konstruksi.” Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://nibiobank.org/jenis-proyek-konstruksi/>

Yosua Eric,

“Jenis-Jenis Proyek Konstruksi, Pengertian dan Contohnya.” Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://stellamariscollege.org/jenis-proyek-konstruksi/>

- S. Sangadji, S. Kristiawan, and dan Inton Kurniawan Saputra,**
“Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) Dalam Desain Bangunan Gedung.”
- M. broquetas, J. M. V. David Bryde,**
“The Project Benefits of Building Information Modeling (BIM),” vol. 31, no. 7, pp. 971–980, Oct. 2013, Accessed: Dec. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786312001779?via%3Dihub>
- F. C. Nugrahini and T. A. Permana,**
“Building Information Modeling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi Di Indonesia, Peluang dan Tantangan: Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya,” 2020.
- Imam Agung Baskoro,**
“Penerapan Building Information Modeling Menggunakan Tekla Structures dalam Perhitungan Volume Besi Tulangan dan Bar bending Schedule,” 2019. [Online]. Available: <http://www.wikagedung.com>
- I. A. Baskoro,**
“Penerapan Building Information Modeling (BIM) menggunakan Tekla Structures,” *Student Res. Binus Univ*, 2019.
- Ni Luh Ayu Sri Martini,**
“Analisis Perbandingan Volume dan Biaya antara Software Tekla Structures dengan Menerapkan Metode Konvensional pada Proyek Pembangunan Kantor Baru PT. Tunas Jaya Sanur,” 2023.
- Muchlisin Riadi,**
“Pondasi (Pengertian, Aspek, Jenis-jenis, dan Pembebanan).” Accessed: Dec. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.kajianpustaka.com/2020/11/pondasi.html>
- .Muara Sains, dan Ilmu Kesehatan, D. Kevin Renaldy, and S. W. Alisjahbana,**
“Analisis Kenyamanan Pelat Lantai Terhadap Beban Mesin Bergetar,” vol. 2, no. 1, pp. 87–95, 2018.
- S. A. Rahayu and D. F. Manalu,**
“Analisis Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan dengan Rangka Atap Kayu Terhadap Mutu, Biaya dan waktu.”
- Dian Ariestadi,**
“Teknik Struktur Bangunan,” 2008.
- Mas Civeng,**
“Kelebihan dan Kekurangan Beton Bertulang.” Accessed: Dec. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.ilmutekniksipilindonesia.com/2015/05/kelebihan-dan-kekurangan-beton-bertulang.html>