

**STUDI EFISIENSI VOLUME MATERIAL DAN ESTIMASI BIAYA BANGUNAN
MENGUNAKAN BIM 5D DENGAN SOFTWARE TEKLA STRUCTURES**
*Study on Material Volume Efficiency and Building Cost Estimation
Using 5D BIM with Tekla Structures Software*

Jihan Farizwan* Hariyadi** Hafiz Hamdani*

*Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
Jl. KH Ahmad Dahlan No. 1 Pagesangan, Mataram, Indonesia

**Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jl. Majapahit No 62, Mataram, Indonesia

Email : jihanfarizone@gmail.com, hariyadi@unram.ac.id, hafiz.hamdani@ummat.ac.id

Manuscript received: 03 Juli 2024

Accepted: 30 September 2024

Abstrak

Akibat tingginya kebutuhan dan permintaan, penggunaan material dalam proyek konstruksi sering kali menghasilkan limbah material yang dapat menimbulkan kerugian. Building Information Modeling (BIM) 5D merupakan sistem yang dapat membantu dalam pekerjaan konstruksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efisiensi menggunakan sistem BIM 5D dalam hal volume material dan biaya pembangunan. Tahapan proses analisis perbandingan menggunakan pemodelan Software Tekla Structures dan metode konvensional. Pengumpulan data yang diperoleh adalah data DED dan RAB pada proyek pembangunan gedung 3 lantai Rumah Sakit Ibu dan Anak (RSIA) Permata Hati Mataram. Hasil penelitian dari menggunakan BIM 5D dengan Software Tekla Structures memiliki efisiensi lebih dalam menghitung elemen-elemen pekerjaan struktur seperti pondasi, kolom, balok dan plat. Menggunakan pemodelan 3D dengan sistem BIM 5D, perhitungan menghasilkan volume total material pada pekerjaan beton sebesar 688,263 m³ dengan efisiensi +9,64%, pada pekerjaan bekisting sebesar 4601,058 m² dengan efisiensi +4,57%, dan pekerjaan tulangan baja sebesar 115012,285 kg dengan efisiensi +8,53%. Efisiensi biaya material pada pekerjaan beton adalah +5,28%, pada pekerjaan bekisting adalah +9,31%, pada pekerjaan tulangan baja adalah +5,01%, dan secara keseluruhan adalah +6,95%. Faktor yang mempengaruhi efisiensi tersebut adalah detailing dan kompleksitas struktur dan human error pada metode konvensional.

Kata kunci : BIM 5D, Tekla Structures, Volume, Biaya.

PENDAHULUAN

Meningkatnya pesaing dan perkembangan di dunia konstruksi mendorong perlunya manajemen konstruksi dan biaya untuk mendapatkan konstruksi dan waktu yang efisien dan estimasi biaya yang relatif lebih murah dari pesaing. Masalah pokoknya adalah bagaimana mengendalikan sumber daya proyek (*man, money, method, material, machine, market and time/6M+T*) agar tidak terjadi permasalahan-permasalahan pada proyek. Dalam dunia konstruksi sipil, material merupakan faktor yang amat krusial dalam suatu proyek konstruksi, dikarenakan memakai material bisa berjalan secara baik untuk proyek konstruksinya. Salah satu proyek konstruksi yang sangat memerlukan manajemen yang lebih teliti adalah proyek konstruksi gedung khususnya pada pekerjaan strukturnya. Gedung yang tidak lepas dari struktur atau kerangka utama yang perlu diperhitungkan secara spesifik adalah gedung rumah sakit. Tujuan utamanya adalah untuk memberikan perawatan yang komprehensif dan spesifik sesuai dengan kebutuhan kesehatan mereka. Dalam pembangunan konstruksi gedung rumah sakit atau konstruksi yang lain, tidak lepas dari ketersediaan material yang mencukupi kebutuhan konstruksi. Akibat tingginya kebutuhan dan permintaan, penggunaan material dalam proyek konstruksi sering kali

mengakibatkan timbulnya limbah material. Timbulnya *waste* merupakan suatu kerugian terutama bagi pihak kontraktor pelaksana. Suatu terobosan teknologi yang dapat mendukung pembangunan infrastruktur dan mengatasi berbagai permasalahan dalam industri konstruksi adalah *Building Information Modeling* (BIM). BIM adalah representasi digital dari karakter fisik dan fungsional suatu bangunan, yang mampu membantu dalam perencanaan bangunan dengan tingkat, ukuran, dan kualitas tertentu sesuai dengan ketentuan dan kebutuhan. Selain itu, BIM juga mendukung penjadwalan pelaksanaan proyek dan estimasi biaya pekerjaan secara tersistem. Penerapan BIM 5D ini juga dapat memastikan setiap material yang dibutuhkan dalam pembangunan, sehingga tidak akan ada material yang terlewatkan yang nantinya akan berpengaruh terhadap kualitas bangunan kedepannya. Tujuan yang hendak dicapai yaitu Untuk mengetahui elemen pekerjaan yang dapat diperhitungkan lebih efektif dengan *Software Tekla Structures*, efisiensi dari penggunaan BIM 5D dengan *Software Tekla Structures* dari aspek volume dan biaya material, dan faktor yang mempengaruhi efisiensi perhitungan volume material dan estimasi biaya dengan *Software Tekla Structures*.

TINJAUAN PUSTAKA

Amrillah (2023) melaksanakan penelitian dengan menerapkan gagasan BIM (*Building Information Modeling*) 5D untuk mengetahui efisiensi volume material dan estimasi biaya pada pembangunan rumah sakit tipe D di Suela Lombok. Penelitian ini melakukan studi tentang pemakaian *Building Information Modeling* (BIM) dalam proyek konstruksi serta menemukan bahwa konsep BIM 5D di Cubicost TAS C-V memungkinkan penerapan pemodelan 5D dan perhitungan volume material secara detail, sehingga mengurangi pemborosan, mendukung estimasi biaya dan waktu pelaksanaan.

Dwi B (2022) melaksanakan penelitian dengan menerapkan gagasan sistem BIM (*Building Information Modeling*) 5D untuk mengetahui efisiensi pada volume material serta estimasi biaya pada suatu proyek konstruksi. Penelitian ini meneliti sistem *Building Information Modeling* (BIM) dalam proyek konstruksi dan menemukan bahwa konsep BIM 5D yang diterapkan dengan Glodon Cubicost TAS C-III, Cubicost TRB C-III, dan Cubicost TBQ C-III memungkinkan pemodelan BIM 5D dan perhitungan volume material secara rinci. Hal ini dapat mengurangi limbah serta memaksimalkan penggunaan material dan biaya.

Noviani dkk. (2021) melakukan penelitian penerapan konsep 5D *Building Information Modeling* (BIM) untuk meminimalkan klaim konstruksi yang ditimbulkan oleh penyedia jasa. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan memanfaatkan IBM SPSS untuk menganalisis data. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan signifikan antara penggunaan BIM 5D dan pengurangan klaim yang diajukan oleh penyedia jasa. Arah hubungan ditentukan oleh nilai koefisien korelasi yang dapat bernilai negatif atau positif. Berdasarkan hasil analisis, nilai koefisien korelasi adalah positif sebesar 0.594, yang mengindikasikan adanya hubungan positif antara penggunaan BIM 5D dan pengurangan klaim konstruksi dari penyedia jasa.

Reista dkk. (2022) melaksanakan penelitian penerapan *Building Information Modeling* (BIM) untuk estimasi volume pekerjaan struktural dan arsitektural pada proyek gedung utama Rumah Sehat Baznas (RSB) Berau. Penelitian ini mengkaji penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) dalam proyek konstruksi dan menemukan bahwa konsep BIM pada *software Autodesk Revit* memungkinkan

perhitungan volume dan analisis perbedaan hasil estimasi volume berbasis BIM dibandingkan dengan estimasi CAD 2D. *Software Autodesk Revit* mampu meminimalkan kesalahan perhitungan volume pekerjaan, seperti item pekerjaan yang terhitung dua kali. Kolaborasi antara bagian arsitektur dan struktur pada RSB Berau menggunakan Autodesk Revit juga dapat mengurangi terjadinya benturan, seperti sloof yang sejajar dengan lantai.

METODE PENELITIAN

Data yang diperoleh dari proyek konstruksi diolah dan dianalisis secara lima dimensi dengan mengaplikasikan sistem BIM. Pemodelan 5D sistem BIM menggunakan *software Tekla Structures*, yang menunjukkan bahwa pemodelan 5D sistem BIM dapat menghitung volume material untuk mengestimasi biaya. Perhitungan volume difokuskan pada elemen struktur bangunan, yaitu *strip foot*, kolom, balok, dan pelat. Material yang diestimasi juga dibatasi pada tulangan baja, beton, dan bekisting.

Tekla Structures dapat digunakan untuk melakukan analisis volume dari model 3D yang dibuat. Analisis volume dapat memberikan informasi penting tentang jumlah material yang diperlukan untuk proyek konstruksi, serta memfasilitasi estimasi biaya dan perencanaan logistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan mengacu pada gambar pelaksanaan yang telah dibuat. Volume material yang dihitung mencakup elemen-elemen struktur seperti fondasi, kolom, balok, plat lantai, tangga, lift, dan RAM. Berdasarkan data yang diperoleh, berikut rekapitulasi volume beton dari metode konvensional:

Tabel 1 Rekapitulasi volume beton metode konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
I	Pekerjaan Struktur Bawah Lt. 1	200.43	m ³
II	Pekerjaan Struktur Lt. 1	72.32	m ³
III	Pekerjaan Struktur Lt. 2	155.22	m ³
IV	Pekerjaan Struktur Lt. 3	149	m ³
V	Pekerjaan Struktur Plat Dak	128.26	m ³
VI	Pekerjaan Struktur Lift	25	m ³
VII	Pekerjaan Struktur Tangga	5.79	m ³
VIII	Pekerjaan Struktur RAM	94.14	m ³
Total		830.92	m ³

Sumber: PT. Zein Baheera, 2024

Berdasarkan data yang diperoleh, didapat rekapitulasi volume bekisting dari metode konvensional:

Tabel 2 Rekapitulasi volume bekisting metode konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
I	Pekerjaan Struktur Bawah Lt. 1	699.05	m ²
II	Pekerjaan Struktur Lt. 1	194.00	m ²
III	Pekerjaan Struktur Lt. 2	1,286.64	m ²
IV	Pekerjaan Struktur Lt. 3	1,260.89	m ²
V	Pekerjaan Struktur Plat Dak	1,099.81	m ²
VI	Pekerjaan Struktur Lift	229.00	m ²
VII	Pekerjaan Struktur Tangga	44.63	m ²
VIII	Pekerjaan Struktur RAM	167.31	m ²
Total		5,123.33	m ²

Sumber: PT. Zein Baheera, 2024

Rekapitulasi volume tulangan menggunakan metode konvensional adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Rekapitulasi volume tulangan metode konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
I	Pekerjaan Struktur Bawah Lt. 1	31,629.44	kg
II	Pekerjaan Struktur Lt. 1	12,354.00	kg
III	Pekerjaan Struktur Lt. 2	26,745.00	kg
IV	Pekerjaan Struktur Lt. 3	24,856.05	kg
V	Pekerjaan Struktur Plat Dak	18,664.92	kg
VI	Pekerjaan Struktur Lift	5,169.00	kg
VII	Pekerjaan Struktur Tangga	712.00	kg
VIII	Pekerjaan Struktur RAM	6,644.72	kg
	Total	126,775.13	kg

Sumber: PT. Zein Baheera, 2024

Perhitungan mengacu pada gambar pelaksanaan yang telah dibuat. Volume material yang dihitung mencakup elemen-elemen struktur seperti fondasi, kolom, balok, plat lantai, tangga, lift, dan RAM. Berdasarkan data yang diperoleh, berikut rekapitulasi volume beton dari pemodelan metode BIM 5D dengan *Tekla Structures*:

Tabel 4 Rekapitulasi volume beton metode BIM 5D dengan *Tekla Structures*

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
I	Pekerjaan Struktur Bawah Lt. 1	169.87	m ³
II	Pekerjaan Struktur Lt. 1	66.00	m ³
III	Pekerjaan Struktur Lt. 2	137.39	m ³
IV	Pekerjaan Struktur Lt. 3	118.07	m ³
V	Pekerjaan Struktur Plat Dak	128.00	m ³
VI	Pekerjaan Struktur Lift	19.00	m ³
VII	Pekerjaan Struktur Tangga	5.99	m ³
VIII	Pekerjaan Struktur RAM	23.64	m ³
	Total	667.96	m ³

Sumber: Pemodelan *Tekla Structures* to Excel, 2024

Berdasarkan data yang diperoleh, berikut rekapitulasi volume bekisting dari pemodelan metode BIM 5D dengan *Tekla Structures*:

Tabel 5 Rekapitulasi volume bekisting metode BIM 5D dengan *Tekla Structures*

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Sat.
1	2	3	4
I	Pekerjaan Struktur Bawah Lt. 1	615.80	m ²
II	Pekerjaan Struktur Lt. 1	172.86	m ²
III	Pekerjaan Struktur Lt. 2	1164.32	m ²
IV	Pekerjaan Struktur Lt. 3	1191.10	m ²
V	Pekerjaan Struktur Plat Dak	1141.93	m ²
VI	Pekerjaan Struktur Lift	170.00	m ²
VII	Pekerjaan Struktur Tangga	85.25	m ²
VIII	Pekerjaan Struktur RAM	59.86	m ²
	Total	4,601.12	m ²

Sumber: Pemodelan *Tekla Structures* to Excel, 2024

Berdasarkan data yang diperoleh, berikut rekapitulasi volume tulangan dari pemodelan metode BIM 5D dengan *Tekla Structures*:

Tabel 6 Rekapitulasi volume tulangan metode BIM 5D dengan *Tekla Structures*

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Sat.
I	Pekerjaan Struktur Bawah Lt. 1	28,460.14	kg
II	Pekerjaan Struktur Lt. 1	13,326.62	kg
III	Pekerjaan Struktur Lt. 2	24,325.99	kg
IV	Pekerjaan Struktur Lt. 3	22,927.22	kg
V	Pekerjaan Struktur Plat Dak	14435.01	kg
VI	Pekerjaan Struktur Lift	3,939.00	kg
VII	Pekerjaan Struktur Tangga	996.00	kg
VIII	Pekerjaan Struktur RAM	6,602.10	kg
Total		115,012.08	kg

Sumber: *Pemodelan Tekla Structures to Excel, 2024*

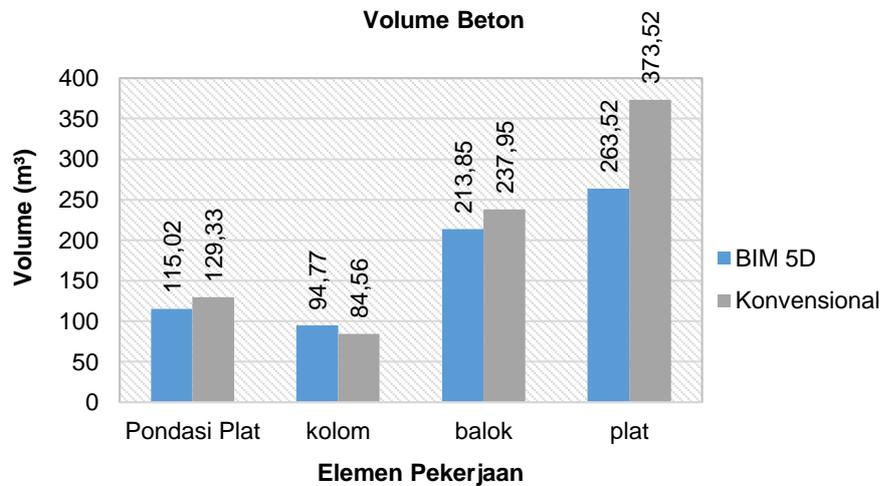
Berdasarkan data yang diperoleh, berikut rekapitulasi dan selisih volume beton metode konvensional dan BIM 5D dengan *Tekla Structures*:

Tabel 7 Rekapitulasi dan selisih volume beton

Elemen	BIM 5D (M ³)	Konvensional (M ³)	Selisih (%)
<i>Strip Foot</i>	115.02	129.33	+11.07
Kolom	94.77	84.56	-12.08
Balok	213.85	237.95	+10.13
Plat	263.515	373.52	+29.45

Sumber: *Perhitungan Excel, 2024*

Berikut adalah gambaran perbandingan dalam bentuk *bar chart*:



Gambar 1 Rekapitulasi dan selisih volume beton (Perhitungan Excel 2024)

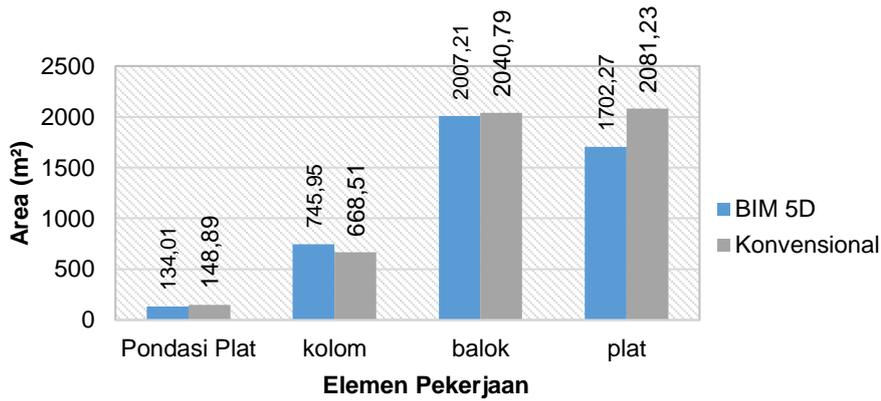
Berdasarkan data yang diperoleh, berikut rekapitulasi dan selisih volume beton metode konvensional dan BIM 5D dengan *Tekla Structures*:

Tabel 8 Rekapitulasi dan selisih volume bekisting

Elemen	BIM 5D (m ²)	Konvensional (M ²)	Selisih (%)
<i>Strip Foot</i>	134.01	148.89	+9.99
Kolom	745.95	668.51	-11.58
Balok	2007.212	2040.788	+1.65
Plat	1702.266	2081.232	+18.21

Sumber: *Perhitungan Excel, 2024*

Berikut adalah gambaran perbandingan dalam bentuk *bar chart*:



Gambar 2 Rekapitulasi dan selisih volume bekisting (Perhitungan Excel 2024)

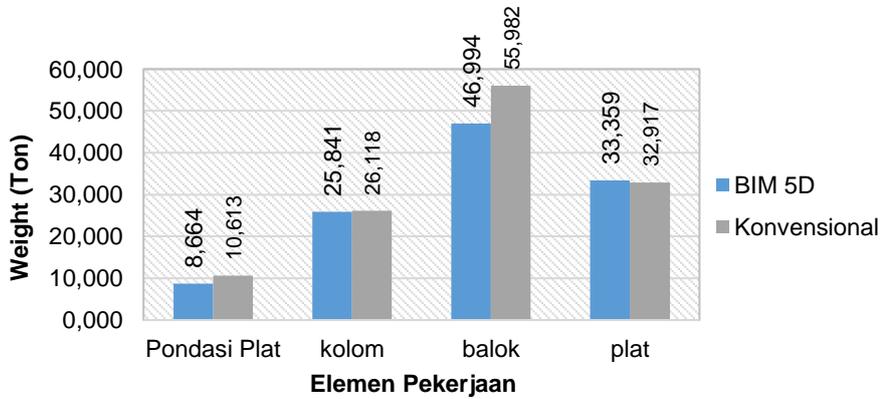
Berdasarkan data yang diperoleh, berikut rekapitulasi dan selisih volume beton metode konvensional dan BIM 5D dengan *Tekla Structures*:

Tabel 9 Rekapitulasi dan selisih volume tulangan

Elemen	BIM 5D (Ton)	Konvensional (Ton)	Selisih (%)
Strip Foot	8.663	10.612	+18.37
Kolom	25.840	26.117	+1.06
Balok	46.994	55.981	+16.05
Plat	33.359	32.917	-1.34

Sumber: Perhitungan Excel, 2024

Berikut adalah gambaran perbandingan dalam bentuk *bar chart*:



Gambar 3 Rekapitulasi dan selisih volume tulangan (Perhitungan Excel 2024)

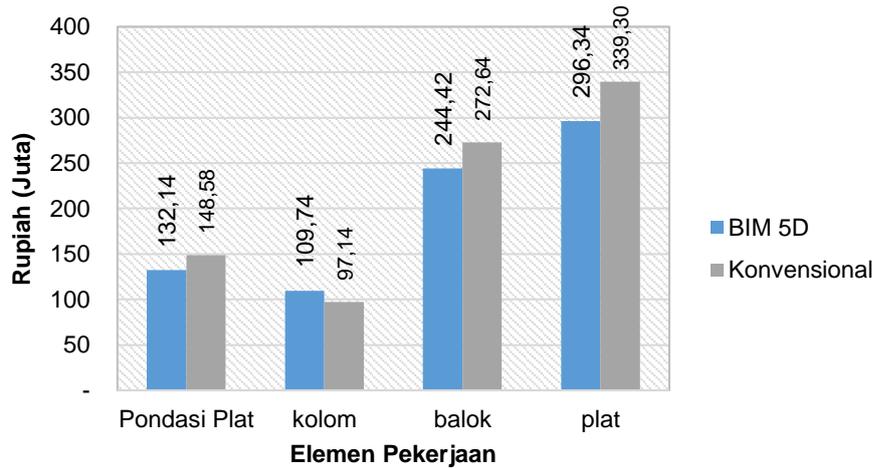
Berdasarkan rekapitulasi volume yang diperoleh dari kedua metode, berikut rekapitulasi dan selisih biaya beton, bekisting dan tulangan menggunakan metode konvensional dan BIM 5D dengan *Tekla Structures*:

Tabel 10 Rekapitulasi dan selisih biaya beton

Elemen	BIM 5D (Rp.)	Konvensional (Rp.)	Selisih (%)
Strip Foot	132.140.377,5	148.582.529,7	+11.07
Kolom	109.737.277,4	97.144.868,27	-12.96
Balok	244.423.311,8	272.643.071,7	+10.35
Plat	296.341.932,7	339.304.924,8	+12.66

Sumber: Perhitungan Excel, 2024

Berikut adalah gambaran perbandingan dalam bentuk *bar chart*:



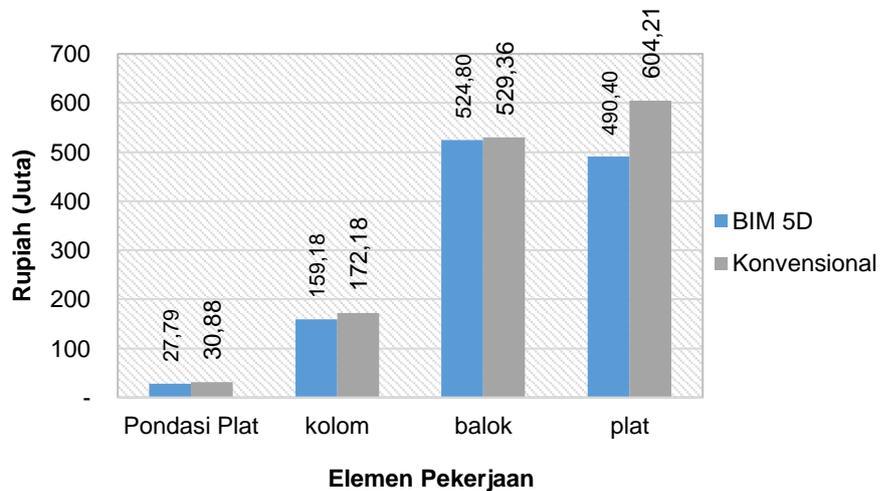
Gambar 4 Rekapitulasi dan selisih biaya beton (Perhitungan Excel 2024)

Tabel 11 Rekapitulasi dan selisih biaya bekisting

Elemen	BIM 5D (Rp.)	Konvensional (Rp.)	Selisih (%)
Strip Foot	27.791.395,83	30.877.254,87	+9.99
Kolom	159.181.249,70	172.177.424,50	+7.55
Balok	524.799.551,70	529.361.223,50	+0.86
Plat	490.403.436,50	604.212.661,10	+18.84

Sumber: Perhitungan Excel, 2024

Berikut adalah gambaran perbandingan dalam bentuk *bar chart*:



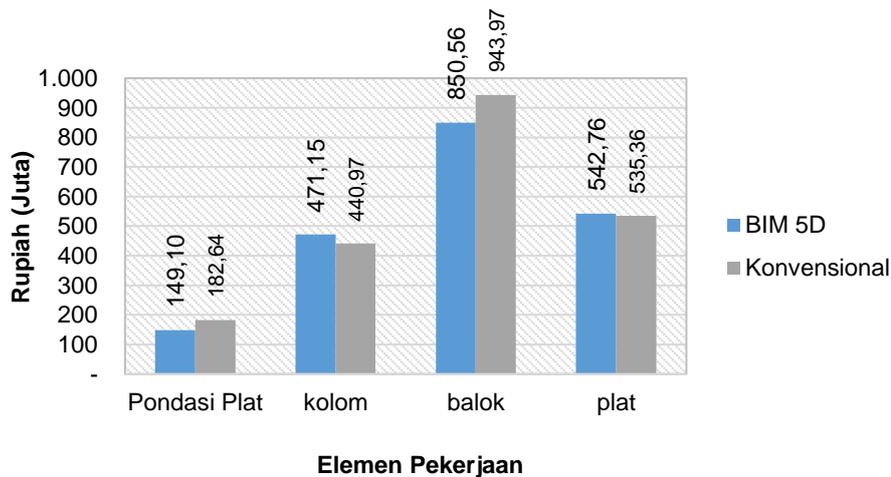
Gambar 5 Rekapitulasi dan selisih biaya bekisting (Perhitungan Excel 2024)

Tabel 12 Rekapitulasi dan selisih biaya tulangan

Elemen	BIM 5D (Rp.)	Konvensional (Rp.)	Selisih (%)
Strip Foot	149.096.937,30	182.638.977,00	+18.37
Kolom	471.154.834,20	440.970.710,20	-6.84
Balok	850.562,23	943.966.756,40	+9.89
Plat	542.756.773,70	535.361.141,80	-1.38

Sumber: Perhitungan Excel, 2024

Berikut adalah gambaran perbandingan dalam bentuk *bar chart*:



Gambar 6 Rekapitulasi dan selisih biaya tulangan (Perhitungan Excel 2024)

Ada beberapa faktor penyebab terjadinya selisih antara kedua metode antara lain:

- 1) Detailing dan Kompleksitas Struktur;
 - Metode Konvensional: Sulit untuk menangani detail yang sangat kompleks atau elemen yang tidak standar. Beberapa elemen mungkin tidak dihitung dengan benar atau bahkan terlewat,
 - *Tekla Structures*: Mampu menangani detail yang sangat kompleks dengan baik. Software ini dapat memodelkan hampir semua jenis elemen struktural dengan akurat, termasuk yang tidak standar.
- 2) Perubahan Desain;
 - Metode Konvensional: Memerlukan waktu lebih lama untuk mengupdate perhitungan jika ada perubahan desain, sehingga bisa terjadi kesalahan atau keterlambatan dalam memperbarui volume yang dihitung,
 - *Tekla Structures*: Perubahan desain dapat langsung diupdate dalam model dan perhitungan volume dapat dilakukan ulang secara otomatis dengan cepat.
- 3) Human Error;
 - Metode Konvensional: Sangat bergantung pada ketelitian dan keterampilan individu yang melakukan perhitungan. Kesalahan penulisan, kesalahan aritmetika, atau kesalahan interpretasi gambar dapat menyebabkan perbedaan,
 - *Tekla Structures*: Mengurangi human error karena perhitungan dilakukan oleh software berdasarkan model yang telah divalidasi.
- 4) Kualitas dan Kejelasan Gambar Kerja:
 - Metode Konvensional: Tergantung pada kualitas dan kejelasan gambar kerja. Gambar kerja yang tidak jelas atau tidak lengkap dapat menyebabkan kesalahan dalam perhitungan volume,
 - *Tekla Structures*: Menggunakan model digital yang jelas dan lengkap, sehingga mengurangi risiko kesalahan interpretasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

- 1) Elemen pekerjaan yang dapat dihitung lebih efisien menggunakan *software Tekla Structures* adalah elemen-elemen struktur seperti pondasi, kolom, balok dan plat yang dikarenakan banyak terjadi clash antar elemen struktur,
- 2) Menggunakan pemodelan BIM 5D dengan *software Tekla Structures*, perhitungan menghasilkan volume total material beton sebesar 688,263 m³ dengan perbedaan +9,64%, bekisting sebesar 4601,058 m² dengan perbedaan +4,57%, dan tulangan baja sebesar 115012,285 kg dengan perbedaan +8,53%. Kebutuhan material yang diperoleh dari kedua metode ini menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Tanda minus (-) pada perhitungan rekapitulasi menandakan ketidakefisienan *software Tekla Structures* pada salah satu elemen yang dihitung. Perbedaan biaya material untuk beton adalah +5,28%, untuk bekisting adalah +9,31%, untuk tulangan baja adalah +5,01%, dan secara keseluruhan adalah +6,95%.
- 3) Faktor yang mempengaruhi efisiensi volume material dan estimasi biaya dengan *Tekla Structures* adalah detailing dan kompleksitas struktur yang mampu menangani detail yang sangat kompleks dengan baik dan memodelkan hampir semua jenis elemen dengan akurat, perubahan desain yang dapat langsung diupdate dalam model dan perhitungan volume dapat dilakukan ulang secara otomatis dengan cepat, mengurangi *human error* karena perhitungan dilakukan oleh *software* berdasarkan model yang telah divalidasi dan kualitas serta kejelasan gambar yang mengurangi resiko kesalahan interpretasi.

Saran

- 1) Data proyek untuk pemodelan pada DED dan volume pada RAB yang digunakan adalah data terbaru,
- 2) Proyek yang dijadikan acuan seperti gambar DED dan volume pada RAB harus sinkron,
- 3) Kemajuan teknologi dan pembaruan terus-menerus pada *software BIM*, untuk peneliti selanjutnya diharapkan dapat memanfaatkan *software* berbasis BIM terbaru atau mencoba jenis *software* berbasis BIM lainnya.,
- 4) *Software BIM Tekla Structures* memiliki cakupan yang sangat luas, diharapkan bagi para peneliti selanjutnya untuk meneliti *Tekla Structures* dari aspek yang lain,
- 5) Untuk perkembangan *software Tekla Structures* selanjutnya, diharapkan dapat memikirkan tentang pengoptimalan dalam maksimum panjang besi baja tulangan.
- 6) Pengembangan *software Tekla Structures* sebagai *software* yang mendukung sistem BIM diharapkan dapat membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) secara otomatis dengan harga bahan dan upah pekerja yang disesuaikan,
- 7) Untuk mendukung sistem BIM 2D dan BIM 3D, *software Tekla Structures* harus lebih fleksibel dalam membuat gambar kerja 2D dan detailing arsitektur, interior serta eksterior untuk gambar kerja 3D.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarian S. (2023). *BIM (Building Information Modeling) : Definisi, Manfaat, dan Implementasinya*. Virtual Property Plus.
- Amrillah. (2023). *Studi Efisiensi Volume Material Dan Estimasi Biaya Bangunan Menggunakan BIM 5D Dengan Software Cubicost (Studi Kasus Pembangunan Rumah Sakit Tipe D Suela)*. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Astana, I., & Yudha, N. (2017). Estimasi biaya konstruksi gedung dengan cost significant model. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil, 1(1)*. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v1i1.14706>.
- Bambang, A. S., Salim, A. M., & Dkk. (2019). *Manajemen Proyek* (H. Ibda, Ed.). CV. Pilar Nusantara. <https://www.researchgate.net/publication/339787455>
- Dhou, Y. N., & Susanto, A. (2023, May). Analisis Perbandingan Perhitungan Metode Konvensional dan Building Information Modelling (BIM) terhadap Volume serta Biaya Pekerjaan Konstruksi. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* (pp. 489-496).
- Dwi B, A. C., & Wasono, D. S. (2022). *Efisiensi Penggunaan 5D-BIM Terhadap Volume Material Dan Estimasi Biaya Pada Proyek Konstruksi*. Universitas Katholik Soegijapranata Semarang.
- Hartono, W., Sugiyarto, S., & Baskoro, S. (2016). Analisis dan Identifikasi Sisa Material Kontruksi Pembangunan Gedung Kantor dan Rumah Dinas Kelurahan Gilingan (Studi Kasus Gedung Kelurahan dan Rumah Dinas Kelurahan Gilingan). *Matriks Teknik Sipil, 4(1)*. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v4i1.37138>.
- Jatmiko, A. D., Poerwanto, L. M. F., Tedja, B. G., Louis, L. E., Alexander, D., & Surya, A. (2023). Pemodelan Building Information Modeling Bangunan Rumah Sakit Untuk Pengecekan Volume dan Bentrokan. *Arsitekta: Jurnal Arsitektur Dan Kota Berkelanjutan, 5(01)*, 1-7. <https://doi.org/10.47970/arsitekta.v5i01.369>.
- Malo, S. (2015). *Pengendalian Sumber Daya Proyek Pembangunan Kantor Sekretariat Dprd Provinsi Sulawesi Utara*. Politeknik Negeri Manado.
- Noviani, S. A., Amin, M., & Hardjomuljadi, S. (2022). Metode Building Information Modeling 5d Untuk Meminimalkan Klaim Konstruksi Yang Ditimbulkan Oleh Penyedia Jasa. *Konstruksia, 13(1)*, 29-42. <https://doi.org/10.24853/jk.13.1.29-42>.
- Oli, A. (2017). Structural BIM Modelling Using Tekla Structures: Focus On A Modelling Process Of An Office Building.
- Pantiga, J., & Soekiman, A. (2021). Kajian literatur implementasi building information modeling (BIM) di Indonesia. *Rekayasa Sipil, 15(2)*, 104-110. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2021.015.02.4>.
- HS, C. G. P., Pratama, R. W., Halimah, R. S. N., Pratiwi, K. H., Rahmi, A. T., Deni, D. P., ... & Yanto, F. H. (2024). Peningkatan Kesadaran Penggunaan BIM (Building Information Modeling) 5D pada Penyedia Jasa Lokal CV. Batu Intan. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat, 9(1)*, 53-61. <https://doi.org/10.30653/jppm.v9i1.648>.
- Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat. (2018). Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM). *Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi, Bandung*.
- Putra, I. G. P. A. S., Damayanti, G. A. P. C., & Dewi, A. A. D. P. (2018). Penanganan Waste Material Pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat. *Jurnal spektran, 6(02)*. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jsn/index>.
- Reista, I. A., Annisa, A., & Ilham, I. (2022). Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural. *Journal of Sustainable Construction, 2(1)*, 13-22. <https://doi.org/10.26593/josc.v2i1.6135>.
- Rizqy, R. M., Martina, N., & Purwanto, H. (2021). Perbandingan metode konvensional dengan bim terhadap efisiensi biaya, mutu, waktu. *Construction and Material Journal, 3(1)*, 15-24. <https://doi.org/10.32722/cmj.v3i1.3506>.
- Salim, A. M. (2018). *Estimasi Biaya Konstruksi*.
- Xu, J. (2017). Research on application of BIM 5D technology in central grand project. *Procedia engineering, 174*, 600-610. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.194>.