

# Implementasi *Building Information Modelling* (BIM) Menggunakan *Tekla Structures* pada Konstruksi Gedung

Bagus Soebandono<sup>a\*</sup>, Galih Surya Hergantoro<sup>b</sup>, Mandiyo Priyo<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

<sup>b</sup>PT UMB Construction and Trading

DOI: <https://doi.org/10.18196/bce.v2i1.12492>

## Abstrak

Berkembangnya teknologi informasi mendorong perkembangan di bidang AEC (*Architecture, Engineering and Construction*). Teknologi tersebut yang banyak berkembang yaitu BIM (*Building Information Modeling*). Penelitian ini memanfaatkan BIM untuk membandingkan volume struktur antara struktur bawah beton 0% dan besi 1% atau lebih efisien menggunakan metode konvensional.

dalam pemodelan 3D pada konstruksi struktur penuh pada sebuah proyek gedung dengan menggunakan *software Tekla Structures Student License*. Penelitian dilanjutkan dengan perencanaan anggaran biaya dengan QTO (*Quantity Takeoff*) dari *Tekla Structures*. Hasil penelitian ini Untuk struktur atas selisih beton 0,28%, besi 1,1% dan bekisting 0,22% atau bisa dibilang disemua selisih tersebut lebih efisien perhitungan menggunakan metode BIM. Sedangkan, struktur atap memiliki selisih jurai 3,39%, gording 0,4%, usuk 1,23% dan reng 0,42% atau bisa dibilang selain perhitungan reng saja yang lebih efisien dihitung menggunakan metode BIM. Lalu perhitungan biaya didapat nilai selisih untuk struktur bawah sebesar 0,48% atau sebanyak Rp 1.452.861 struktur atas sebesar 0,58% atau sebanyak Rp 14.078.298 dan struktur atap sebesar 1,4% atau sebanyak Rp 6.795.712. Semua selisih tersebut dikatakan lebih efisien biaya jika digunakan metode BIM sebagai pengambilan volume pekerjaan. Namun, dibalik manfaat yang besar dari BIM perlu ketelitian yang tinggi dalam pemodelan. Karena beberapa kunci keberhasilan BIM pemodelan 3D penting untuk diperhatikan.

*Kata-kata kunci:* BIM (*Building Information Modeling*), QTO (*Quantity Takeoff*), *Tekla Structures*, manajemen proyek

## Abstract

*The development of information technology is going rapidly in various parts of the world, especially in the field of construction, where the technology is very helpful to facilitate the work. The technology is in the AEC sector (Architecture, Engineering and Construction) which is known today as BIM (Building Information Modeling). In this study will provide an overview of the use of BIM as a concept up to 3D (dimensions) modeling in the construction full of structure in an X building project using the Tekla Structures Student License software. Then proceed to compare the calculation of structure volume with Microsoft Office Excel with QTO (Quantity Takeoff) from Tekla Structures which will produce a cost budget plan from both methods. The results of this study the volume comparison produces a difference bottom structure for the 0% concrete and 1% iron or more efficiently using BIM. For the structure of 0.28% concrete difference, 1.1% iron and 0.22% formwork or arguably in all these differences more efficient calculations using the BIM method. Meanwhile, the roof structure has a difference of 3.39% jurai, 0.4% gording, 1.23% usuk and 0.42% reng or can be say that addition to the calculation of reng it is more efficiently calculated using the BIM method. Then the calculation of the cost obtained the difference value for the lower structure of 0,48% or as much as Rp. 1.452.861 for the upper structure of 0.58% or as much as Rp. 14.078.298 and the roof structure by 1.4% or as much as Rp 6.795.712. All these differences are said to be more cost efficient if the BIM method is used to extract work volume. However, behind the large benefits of BIM requires high accuracy in modeling. Because some of the keys to the success of 3D modeling BIM are important to note.*

*Keywords:* BIM (*Building Information Modeling*), QTO (*Quantity Takeoff*), RAB (*Cost Budgeting Plan*), *Tekla Structures*, Microsoft Office Excel

© 2022 Bulletin of Civil Engineering UMY

**Riwayat Artikel**  
Diserahkan  
1 Desember 2020

Direvisi  
4 Januari 2021

Diterima  
1 Februari 2021

\*Penulis korespondensi  
muntohar@umy.ac.id

## 1 PENDAHULUAN

Meningkatnya perkembangan perekonomian di dalam suatu negara dapat dilihat dari perkembangan infrastruktur di negara tersebut. Pembangunan dalam bidang konstruksi semakin menuntut pihak pelaksana pembangunan untuk menyelesaikan proyek dengan lebih cepat dan efisien dalam segala aspek. Pada pelaksanaannya, masih banyak menghadapi permasalahan yang berkaitan dengan waktu, biaya, mutu dan keselamatan kerja. Widiyanti (2013) menyatakan bahwa *manpower* (tenaga kerja), *machiners* (alat dan peralatan), *material* (bahan), *money* (uang) dan *method* (metode yang digunakan), atau biasa disebut dengan 5 M merupakan sumber daya penting dalam konstruksi. Manajemen proyek yang mengandung kelima aspek ini kini mulai memanfaatkan perkembangan teknologi informasi demi efisiensi pelaksanaan proyek. Teknologi yang mulai banyak digunakan dalam manajemen proyek adalah *Building Information Modeling* (BIM). BIM disebut juga sebagai teknologi di bidang AEC (*Arsitecture, Engineering dan Construction*) yang mampu memberikan simulasi keseluruhan informasi di dalam proyek dalam bentuk model 3 dimensi.

Perkembangan BIM memang masih belum digunakan secara menyeluruh di Indonesia, namun dengan dukungan pemerintah demi perkembangan konstruksi dan teknologi BIM keluarlah peraturan pemerintah UU No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi, Pasal 5 Ayat (5) (Nelson dan Tamtana, 2019). Proses pelaksanaan proyek konstruksi dengan BIM dirasa lebih memberikan gambaran jelas terhadap kinerja manajemen yang terintegrasi dengan model visual bangunan secara keseluruhan.

BIM juga dapat digunakan sebagai bantuan dalam pengambilan keputusan terhadap tahapan pekerjaan proyek konstruksi (Hutama dan Sekarsari, 2018). BIM mengubah cara bekerja tim proyek konstruksi untuk memecahkan tantangan desain yang kompleks. (Seyis, 2019). BIM mampu meningkatkan kolaborasi antara owner, konsultan dan kontraktor agar tercipta kesesuaian desain dengan di lapangan (Rayendra dan Soemardi, 2014).

Seiring perkembangan teknologi informasi, tahap pemodelan tiga dimensi (3D) dapat dikerjakan menggunakan program *Tekla Structures*, sebuah teknologi *Virtual Building* yang menggunakan prinsip (Sungkono, 2018). *Software Tekla Structures* merupakan revolusi baru di bidang struktur dengan keunggulan integrasi kegiatan pemodelan, analisis, *detailed*, *bill quantity*, dan *scheduling* dan penggabungan dengan *software* lainnya dalam perencanaan produksi, sumber daya, dsb (Azhar dkk., 2012). *Tekla Structures* terbukti mampu memperbaiki pekerjaan struktur, mengoperasikan penjadwalan pekerjaan yang efisien, serta sebagai pengendalian biaya, jadwal dan perbaikan apa yang bisa dilakukan dimasa depan. (Yanuarini (2011), Umam (2018), Jiang (2011), Ku dan Taiebat, (2011)). *Tekla structures* merupakan *one stop solution* pada kebutuhan BIM struktural untuk menghasilkan gambar kerja (*shop drawing*) dan melaporkan secara otomatis dengan keakuratan yang tinggi (Firoz dan Rao (2012), Rachmawati dan Kamaludin (2019)).

Baskoro (2019) melakukan menggunakan *Tekla Structures* membandingkan metode konvensional dan pendekatan BIM dalam perhitungan kebutuhan besi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pendekatan BIM lebih disarankan karena lebih efektif dan efisien ditinjau dari segi mutu, waktu dan biaya. Dari segi waktu, metode pendekatan BIM lebih efisien 38% dari metode konvensional, sedangkan dari segi biaya pendekatan, BIM dapat menekan biaya 1- 5% dari hasil konvensional dan lebih praktis serta mutu lebih baik. Dua parameter tinjauan yang berbeda menghasilkan tingkat efisiensi yang berbeda. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis mengenai efisiensi perhitungan biaya dari implementasi BIM menggunakan *Tekla Structures* dibanding dengan metode konvensional yang berdampak pada pembiayaan. Pada penelitian ini BIM digunakan untuk perhitungan kuantitas (*quantity takeoff*) dari pemodelan struktur 3D. *Quantity takeoff* merupakan pondasi untuk tugas lain berupa elemen bangunan dengan ukuran dan jumlahnya yang akan digunakan sebagai bahan memperkirakan biaya dan beban kerja yang relevan (Monteiro dan Martins, 2013). Proyek di Indonesia sendiri masih banyak yang masih menggunakan metode konvensional, tetapi dengan adanya perkembangan teknologi informasi, perhitungan *quantity takeoff* dapat dilakukan dengan BIM.

## 2 METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan merupakan data sekunder dari proyek pembangunan sebuah Gedung. Data sekunder yang digunakan ialah data gambar kerja proyek dengan detail tulangan DED (*Detailed Engineering Design*) yang akan digunakan sebagai dasar dalam pemodelan 3D pada *software Tekla Structures* dan AHSP (Analisis Harga Satuan Pekerjaan).

Analisis dimulai dengan menghitung kebutuhan besi tulangan dan volume pekerjaan beton secara konvensional dengan dan perhitungan kebutuhan material dengan pendekatan BIM. Perhitungan dihitung berdasarkan standar detail penulangan yang terdapat pada DED. Volume pekerjaan adalah perhitungan jumlah kebutuhan dan kapasitas pekerjaan bangunan dalam satuan pekerjaan. Volume pekerjaan memiliki peranan penting bagi suatu pekerjaan pembangunan konstruksi dimana hasil tersebut menentukan rencana anggaran biaya. Untuk mengkonversi panjang tulangan satuan (m) kedalam berat satuan (kg) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi nominal tulangan ulir

Dimensi (mm)	Berat vol besi (kg/m <sup>3</sup> )	Luas penampang (mm <sup>2</sup> )	Berat (kg/m)
10	7850	78,5398	0,62
13	7850	132,7322	1,04
16	7850	201,0619	1,58
19	7850	283,5287	2,23
22	7850	380,1327	2,98
25	7850	490,7385	3,85
32	7850	804,2477	6,31

Perhitungan volume bangunan dapat dihitung menggunakan persamaan 1 untuk pondasi, persamaan 2 untuk balok dan persamaan 3 dan 4 untuk pilecap di bawah ini.

$$V = \pi \times r^2 \times t \quad (1)$$

$$V = p \times l \times t \quad (2)$$

$$L = \frac{a \times b}{2} \times t \quad (3)$$

$$V = L \times p \quad (4)$$

Dengan:

V : volume (m<sup>3</sup>)

p : panjang (m)

r : jari-jari (m)

l : lebar (m)

t : tinggi (m)

a : ambang atas (m)

b : ambang bawah (m)

Perhitungan volume tulangan didapat dari persamaan 5 di bawah ini

$$F = A + B + C + D \quad (5)$$

Dengan:

F : panjang total tulangan (m)

A : panjang total tulangan terpendek (m)

B : panjang total tulangan panjang (m)

C : panjang kaitan (m)

D : panjang kaitan tambahan (m)

E : panjang bengkokan (m)

Perhitungan konversi pembesian dapat dihitung menggunakan persamaan 6 di bawah ini.

$$V = P \times w \quad (6)$$

Dengan:

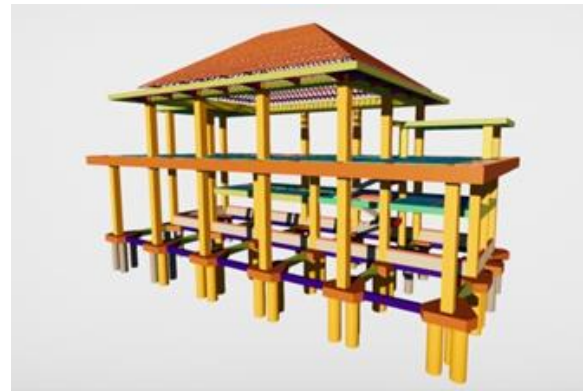
V : volume (Kg)

w : berat besi (kg/m)

P : total panjang (m)

Perhitungan kebutuhan pendekatan BIM dilakukan dengan bantuan software *Tekla Structures*. Tahap awal adalah pemodelan struktur tiga dimensi (3D) seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya, dilakukan pendetailan penulangan pada setiap elemen fondasi, balok, kolom, plat lantai, tangga dan atap baja secara teliti dan detail. Setelah pemodelan selesai dibuat, dilanjutkan dengan pembuatan *organizer* untuk membuat *breakdown structure* bangunan agar mempermudah tindak lanjut lainnya. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara analisis biaya dari sistem konvensional hitungan dan pendekatan BIM. Penyusunan RAB (Rencana Anggaran Biaya) harus sesuai dengan analisis harga satuan daerah proyek agar tercipta RAB yang benar dan sesuai dengan aspek ekonomis pembangunan di daerah tersebut (Elsandy dan Kusumastuti, 2020). Proses perhitungan volume pekerjaan, harga dari berbagai macam bahan dan pekerjaan suatu proyek digunakan untuk melihat estimasi biaya yang akan dikeluarkan untuk mendekati kenyataannya. Perhitungan rencana anggaran biaya dapat dihitung menggunakan persamaan (7).

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan}) \quad (7)$$



Gambar 2. Pemodelan 3D

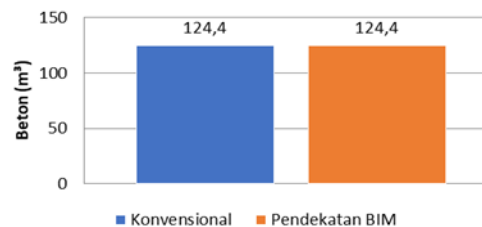
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Tinjauan Volume Pekerjaan pada Struktur Bawah

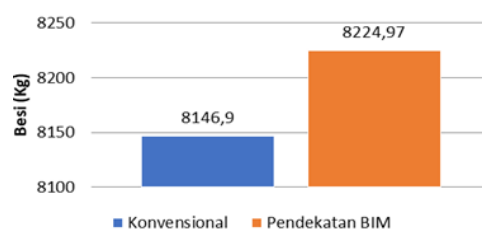
Berdasarkan dari perhitungan rekapitulasi keseluruhan struktur bawah, didapat perbandingan volume hasil perhitungan secara konvensional dan pendekatan BIM dengan selisih volume besi sebesar 1%, dan volume beton sebesar 0%. Hasil dari rekapitulasi volume tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Diagram perbandingan menunjukkan perbedaan hasil volume perhitungan yang relatif seragam untuk volume beton. Volume besi lebih efisien menggunakan metode konvensional seperti diagram yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 2. Rekapitulasi volume struktur bawah

	Konvensional		Pendekatan BIM		Selisih (%)	
Beton	124,4	m <sup>3</sup>	Beton	124,4	m <sup>3</sup>	0
Besi	8146,9	Kg	Besi	8224,97	Kg	1



Gambar 3. Diagram volume beton pada struktur bawah



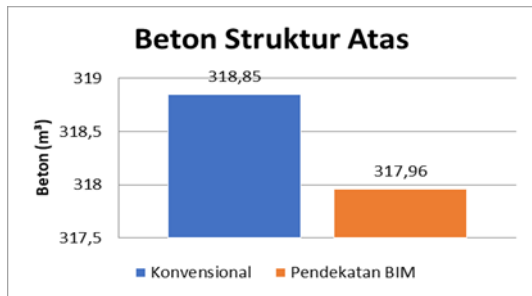
Gambar 4. Diagram volume besi pada struktur bawah

#### 3.2 Tinjauan Volume Pekerjaan pada Struktur Atas

Hasil dari perhitungan rekapitulasi keseluruhan struktur atas, didapat perbedaan volume secara konvensional dan pendekatan BIM dengan selisih volume besi sebesar 1,1%, volume beton sebesar 0,28% dan volume bekisting sebesar 0,22%. Hasil dari rekapitulasi volume tersebut dapat dilihat pada Tabel 2..

Tabel 3. Rekapitulasi volume struktur atas

	Konvensional	Pendekatan BIM	Selisih (%)
Beton	318,85 m <sup>3</sup>	Beton 317,96 m <sup>3</sup>	0,28
Besi	58853,9 Kg	Besi 58214,24 Kg	1,54
Bekisting	2580,33 m <sup>2</sup>	Bekisting 2574,6 m <sup>2</sup>	0,22



Gambar 9. Diagram volume beton pada struktur atas



Gambar 10. Diagram volume besi pada struktur atas

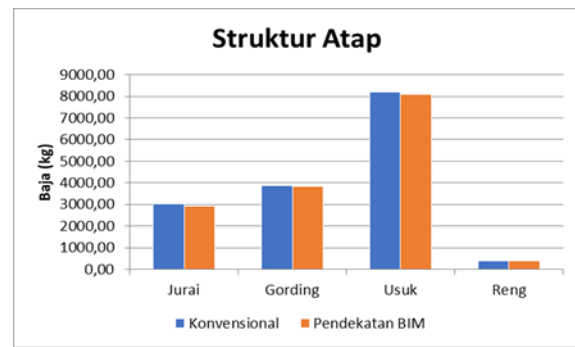
Diagram menunjukkan perbedaan hasil volume perhitungan dimana volume beton, volume besi, dan volume bekisting lebih efisien hasil *ouput* menggunakan metode pendekatan BIM, seperti pada Gambar 9, Gambar 9, dan Gambar 10.

### 3.3 Tinjauan Volume Pekerjaan pada Struktur Atas

Perhitungan rekapitulasi keseluruhan struktur atap didapat volume secara konvensional dan pendekatan BIM dengan selisih volume jurai sebesar 3,39%, volume gording sebesar 0,4%, volume usuk 1,23% dan volume reng 0,42%. Hasil dari rekapitulasi volume tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi volume struktur atas

	Konvensional	Pendekatan BIM	Selisih (%)
Jurai	3012,30 kg	Jurai 2912 kg	3,39
Gording	3855,46 kg	Gording 3840 kg	0,40
Usuk	8202,41 kg	Usuk 8102 kg	1,23
Reng	384,37 kg	Reng 386 kg	0,42



Gambar 11. Diagram volume atap

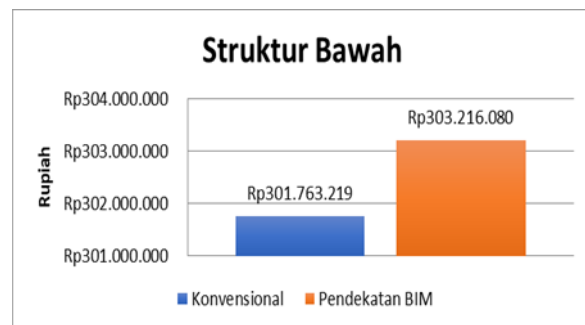
Diagram menunjukkan perbedaan volume gording lebih efisien menggunakan metode pendekatan BIM, volume usuk lebih efisien menggunakan metode pendekatan BIM, dan volume reng lebih efisien menggunakan metode konvensional seperti diagram yang ditunjukkan pada Gambar 11.

### 3.4 Rencana Anggaran Biaya pada Struktur Bawah

Hasil perhitungan biaya struktur bawah menunjukkan nilai metode konvensional dan pendekatan BIM, sehingga didapatkan selisih biaya sebesar 0,48% seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi biaya struktur bawah

Pekerjaan	Konvensional Biaya	Pendekatan BIM Biaya	Selisih (%)
Pondasi	Rp 79.370.778	Rp 79.129.406	0,3
Pilecap	Rp 222.392.441	Rp 224.086.674	0,76
Jumlah	Rp 301.763.219	Rp 303.216.080	0,48



Gambar 12. Diagram biaya struktur bawah

Diagram menunjukkan selisih biaya untuk pekerjaan struktur bawah sebesar Rp 1.452.861 dengan perhitungan biaya lebih efisien menggunakan metode konvensional seperti diagram pada Gambar 12.

### 3.5 Rencana Anggaran Biaya pada Struktur Atas

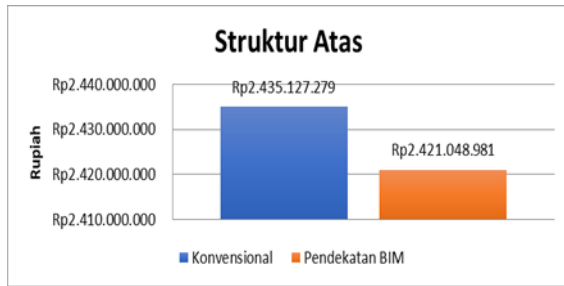
Hasil perhitungan biaya struktur atas menunjukkan nilai metode konvensional dan pendekatan BIM, sehingga didapatkan selisih biaya sebesar 0,58% seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi biaya struktur atas

Pekerjaan	Konvensional Biaya	Pendekatan BIM Biaya	Selisih (%)
Lantai Dasar	Rp 488.947.900	Rp 487.888.801	0,22
Lantai Mezzanin	Rp 343.388.025	Rp 346.700.216	0,96



Lantai 2	Rp1.602.791.354	Rp1.586.459.964	1,26
Jumlah	Rp2.435.127.279	Rp2.421.048.981	0,58



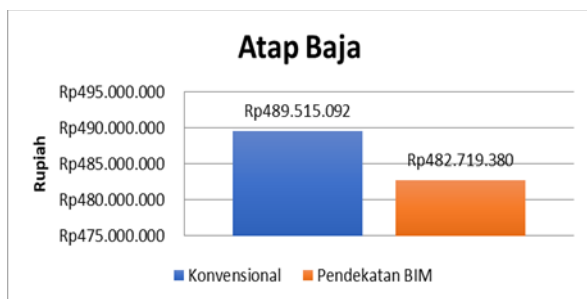
Gambar 13. Diagram biaya struktur atas

Diagram menunjukkan selisih biaya untuk pekerjaan struktur atas sebesar Rp. 14.078.298 dengan perhitungan biaya lebih efisien menggunakan metode pendekatan BIM seperti diagram pada Gambar 13.

### 3.6 Rencana Anggaran Biaya pada Struktur Atap

Hasil perhitungan biaya struktur atap menunjukkan nilai metode konvensional dan pendekatan BIM, sehingga didapatkan selisih biaya sebesar 1,4% seperti pada Tabel 7.

Pekerjaan	Konvensional Biaya	Pendekatan BIM Biaya	Selisih (%)
Jurai	Rp95.413.142	Rp92.236.144	3,39
Gording	Rp122.119.909	Rp121.630.080	0,40
Usuk	Rp259.807.187	Rp256.626.799	1,23
Reng	Rp12.174.854	Rp12.226.357	0,42
Jumlah	Rp489.515.092	Rp482.719.380	1,40



Gambar 14. Diagram biaya atap

Diagram menunjukkan selisih biaya untuk pekerjaan struktur atap sebesar Rp 6.795.712 dengan perhitungan biaya lebih efisien menggunakan metode pendekatan BIM seperti diagram pada Gambar 14 di atas.

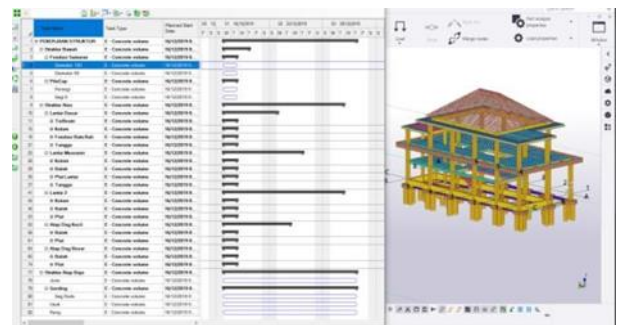
Kesimpulan perbedaan selisih biaya khususnya pada baja dan material beton mulai terletak pada hasil output dari masing-masing metode dimana, pada excel hanya mengandalkan gambar DED berbentuk 2D yang dinilai kurang maksimal untuk perhitungan volume baja dan beton. Sedangkan pada metode BIM mengandalkan model 3D secara real time atau mendekati kenyataan dilapangan sehingga, hasil output yang diberikan lebih mendekati lapangan. Biaya pada baja memiliki selisih lebih besar ketimbang material beton karena, pada baja output volume pekerjaan dinilai lebih sulit untuk menghitung menggunakan metode konvensional dan berakibat pada selisih volume baja yang cukup besar. Biaya

pada material beton memiliki selisih lebih kecil karena, pengambilan parameter angka dan DED jelas lebih mudah daripada baja yang lebih rumit dalam proyeksi DED untuk diterjemahkan kedalam angka dan model 3D. Intinya adalah bagaimana modeler memodelkan 3D dari gambar 2D secara teliti, akurat dan paham dengan gambar, karena selisih yang diakibatkan berupa volume pekerjaan sangat berpengaruh pada rencana anggaran biaya khususnya struktur beton.

### 3.7 Integrasi BIM Model 3D dengan Jadwal dan Biaya

Melalui pemodelan 3D BIM yang akan diintegrasikan jadwal pekerjaan disebut sebagai 4D BIM. Pada 4D BIM akan menghasilkan simulasi visual dari pengurutan untuk proyek. Sebagaimana fungsinya membantu dalam penyampaian jadwal proyek secara jelas dan mempermudah koordinasi antar disiplin kerja. Pengguna tekla structures sebagai pemodelan 4D BIM bisa dilakukan secara bersamaan dengan model 3D dan integrasi jadwal dari *microsoft project*. Untuk penelitian ini pada tahap 4D BIM digunakan *tekla structures* secara langsung dalam pembuatan jadwal sekaligus menggunakan fitur *Model Organizer*, *Task Manager* dan Visualisasi status proyek.

*Tekla model organizer tool* paling efektif dalam membantu dalam perencanaan dan mengorganisir model agar sesuai dengan urutan pekerjaan. Selanjutnya digunakan *tool task manager* untuk membuat rencana proyek dan menghubungkan antara jadwal rencana dan model. Pemanfaat tool 4D BIM *tekla structures* seperti pada Gambar 15 di bawah ini.



Gambar 15. Task manager tekla structures untuk penjadwalan

Pada 5D BIM bisa menggunakan integrasi *tekla structures* dengan *vico office*, karena tekla sendiri tidak bisa melakukan pemodelan 5D BIM. Prinsip 5D BIM adalah merencanakan estimasi biaya yang diintegrasikan dengan model 3D, namun penelitian ini menggunakan metode konvensional dimana *takeoff* dari *model organizer tekla structure* dijadikan output volume pekerjaan dan dihitng biaya secara manual menggunakan *microsoft excel*.

## 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan perhitungan di struktur bawah menghasilkan volume beton selisih 0% dikeduaanya dan volume besi selisih sebesar 1% atau 78,07 kg

lebih banyak dari perhitungan metode pendekatan BIM.

2. Untuk perhitungan di struktur atas menghasilkan selisih volume beton sebesar 0,28% atau 0,89 m<sup>3</sup> lebih banyak dari metode BIM, volume besi selisih sebesar 1,1% atau 639,74 kg lebih banyak dari metode BIM, dan volume bekisting selisih sebesar 0,22% atau 5,73 m<sup>2</sup> lebih banyak dari metode BIM.
3. Untuk perhitungan bagian struktur atap menghasilkan volume jurai sebesar selisih 3,39% atau sebanyak 100,3 kg lebih banyak dari metode BIM. Volume gording sebesar selisih 0,4% atau sebanyak 15,46 kg lebih banyak dari metode BIM. Volume usuk sebesar n selisih 1,23% atau sebanyak 100,4 kg lebih banyak dari metode BIM. Volume reng sebesar selisih 0,42% atau sebanyak 1,6 kg lebih banyak dari metode konvensional.
4. Berdasarkan perhitungan biaya yang dihasilkan setelah menghitung volume pekerjaan didapat untuk struktur bawah nilai selisih 0,48% atau sebanyak Rp 1.452.861 lebih banyak dari metode konvensional.
5. Untuk biaya struktur atas yang dihitung memberikan nilai selisih sebesar 0,58% atau sebanyak Rp 14.078.298 lebih banyak dari metode BIM.
6. Untuk biaya struktur atap yang dihitung memberikan nilai selisih sebesar 1,4% atau sebanyak Rp 6.795.712 lebih banyak dari metode BIM.
7. Dari perhitungan yang telah dilakukan antara metode konvensional dan BIM mulai dari volume besi, beton, bekisting dan biaya didapatkan kesimpulan ternyata lebih efisien dalam output BIM untuk volumenya yang berakibat pada penurunan biaya yang dikeluarkan.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan penelitian melalui Riset Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi (IPTEK) tahun 2016.

### Daftar Pustaka

- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction Economics and Building*, 12(4), 15-28.
- Baskoro, I. (2019). *Penerapan Building Information Modeling Menggunakan Tekla Structures Dalam Perhitungan Volume Besi Tulangan dan Bar Bending Schedule*. Yogyakarta.
- Elsandy, C., & Kusumastuti, A. (2020). Analisis Perencanaan Struktur Gedung LAB FPIK Universitas Diponegoro Menggunakan Struktur Beton 2013. *Jurnal Konstruksi*, 7(2).
- Firoz, S., & Rao, S. (2012). Modelling concept of sustainable steel building by Tekla Software. *International Journal of Engineering Research and Development*, 1(5), 18-24.
- Hutama, H., & Sekarsari, J. (2018). Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling Dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 25-31.
- Jiang, x. (2011). *Developments in cost estimating and scheduling in BIM technology*.
- Ku, K., & Taiebat, M. (2011). BIM experiences and expectations: the constructors' perspective. *International Journal of Construction Education and Research*, 7(3), 175-197.
- Mohandes, S., Hamid, A., & Sadeghi, H. (2014). Exploiting building information modeling throughout the whole lifecycle of construction projects. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 4(9), 16-27.
- Monteiro, A., & Martins, J. (2013). A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. *Automation in construction*, 35, 238-253.
- Nelson, N., & Tamtana, J. (2019). Faktor Yang Memengaruhi Penerapan Building Information Modelling (BIM) Dalam Tahapan Pra Konstruksi Gedung Bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 241-248.
- Nugroho, A., Beeh, Y., & Astuningdyas, H. (2010). Perancangan Aplikasi Rencana Anggaran Biaya (RAB)(Studi Kasus Pada Dinas Pekerjaan Umum Kota Salatiga). *Jurnal Informatika*, 10(1), 10-18.
- Rachmawati, D., & Kamaludin, K. (2019). Desain Rangka Atap Baja Bentang Panjang dengan Memanfaatkan Konsep BIM. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), 52-63.
- Rayendra, & Soemardi, B. (2014). Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling untuk Pra Konstruksi. *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*.
- Rizaldi, R., Farni, I., & Mulyani, R. (2016). Kajian Potensi Bangunan Building Information Modeling (BIM) Dalam Merencanakan Gedung di Indonesia. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University*, 2(2).
- Seyis, S. (2019). Pros and cons of using building information modeling in the aec industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(8).
- Soeharto, I. (1999). *Proyek, Manajemen Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Sungkono, K. (2018). Aplikasi Building Informasi Modeling (BIM) Tekla Structure Pada Konstruksi Atap Dome Gedung Olahraga UTP Surakarta. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 273-281.
- Umam, F. (2018). *Analisis Kinerja Waktu dan Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Pembangunan Transmart Bogor*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Vitásek, S., & Matějka, P. (2017). Utilization of BIM for automation of quantity takeoffs and cost estimation in transport infrastructure construction projects in the Czech Republic. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (pp. 1-8). IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1757-899x/236/1/012110
- Widiasanti, I. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT.Remaja Rosdakarya.
- Yanuarini, E. (2011). *Aplikasi program bantu Tekla Structures 15 untuk perancangan gedung Graha Nusantara menggunakan sistem pracetak*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.