



ANALISIS EFISIENSI VOLUME MATERIAL MENGGUNAKAN BIM CUBICOST TRB DAN TAS PADA STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL DAN ILMU POLITIK KAMPUS II UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

Ahmad Yusril Ihza¹, Gede Sarya², Masca Indra Triana³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus Surabaya

*Email : ahmadyusril.ihza09@gmail.com, gedesarya@untag-sby.ac.id, mascatriana@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Sebagian besar perusahaan konstruksi di Indonesia saat ini masih menggunakan aplikasi konvensional seperti *AutoCAD* untuk mendesain bangunan, *SAP (Structure Analysis Program)* untuk perhitungan struktur, *Microsoft Project* untuk pembuatan jadwal dan *Microsoft Excel* untuk menghitung biaya dan volume. Akibat dari penggunaan metode konvensional tersebut, perusahaan mengalami adanya limbah konstruksi dan keterlambatan informasi yang menyebabkan inefisiensi biaya dan waktu. Strategi untuk mengurangi *waste* dan memaksimalkan penggunaan material serta biaya adalah dengan memanfaatkan kompetensi penggunaan BIM. Hasil penelitian ini menunjukkan efisiensi pada volume material baja tulangan, beton dan balok. Selisih volume material yang didapatkan berkisar antara 0-3% dan hanya satu elemen yang memiliki selisih cukup besar yaitu pada baja tulangan pelat lantai yaitu 8,68%. Berdasarkan hal tersebut, efisiensi penggunaan BIM Cubicost TRB dan TAS pada aspek volume material dapat dikatakan rendah karena selisih kurang dari 3%.

Kata kunci: *Building Information Modeling*, Efisiensi Volume material

PENDAHULUAN

Pengembangan aplikasi desain berbasis BIM (Building Modeling Information) mendapatkan daya tarik dalam industri konstruksi. Pengaplikasian BIM dalam sebuah proyek memiliki berbagai kelebihan, sehingga di Indonesia pun perkembangan teknologi dalam dunia AEC (Architecture, Engineering, and Construction) sangat pesat karena adanya BIM, tidak terkecuali dengan perkembangan teknologi pada proyek konstruksi yang akan berdampak pada keefektifan dan keefisienan hasil kerja.

Building Information Modeling (BIM) merupakan paradigma baru bagi para pelaku di industri konstruksi. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam penggunaan BIM, salah satunya adalah software yang digunakan harus sudah memenuhi syarat, selain itu harus ada keahlian untuk menggunakannya, dimana pengguna ini harus memiliki

kemampuan yang lebih agar tidak terjadi kesalahan dalam proses pemakaian Building Information Modeling (BIM) (Rayendra dan B. W. Soemardi, 2014).

Dalam penerapan BIM, sejauh mana aplikasi BIM pada proyek menentukan tingkat dampak BIM pada proyek (Wang & Leite, 2014). Dampak BIM pada kesuksesan proyek terdiri dari kriteria keberhasilan yang dicari oleh suatu proyek dan para pemangku kepentingan, dikombinasikan dengan kemampuan BIM untuk mempengaruhi kriteria tersebut berdasarkan sejauh mana aplikasi BIM digunakan (Rokooei, 2015). Pada saat ini sebagian besar industri konstruksi menggunakan informasi data yang dihasilkan aplikasi BIM tanpa menilai apakah kebutuhan proyek terpenuhi dengan hasil informasi dari perangkat lunak BIM (Andrew & Anondho, 2019).

STUDI KEPUSTAKAAN

BIM (*Building Information Building*)

BIM adalah proses yang melibatkan generasi dan manajemen dari sebuah representasi karakteristik fisik dan fungsional suatu fasilitas digital, Prosesnya harus diintegrasikan ke dalam sistem manajemen proyek perusahaan untuk manajer proyek agar dapat memahami implikasi BIM dan secara efektif membuat rencana proyek yang mengalokasikan sumber daya dan waktu yang tepat, dan mengkomunikasikan tugas dan tanggung jawab yang sesuai (The American Institute of Architects, 2014).

Dalam pedoman rencana kerja BIM mendefinisikan Building Information Modeling (BIM) adalah proses yang berfokus pada pengembangan, penggunaan dan pemindahan model informasi digital dari sebuah proyek bangunan untuk meningkatkan disain, konstruksi dan operasi proyek atau fasilitas (The Pennsylvania State University, 2010). BIM merupakan representasi karakteristik fisik dan fungsional suatu fasilitas secara digital. Berdasarkan pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa BIM merupakan sebuah proses yang dapat merepresentasikan informasi fisik dan karakteristik suatu proyek bangunan (National Institute of Building Sciences, 2015).

Permodelan Struktur BIM Cubicost TRB (*Take off Rebar*)

Cubicost TRB adalah salah satu aplikasi dari Glodon. Cubicost TRB (*Take-off for Rebar*) merupakan perangkat lunak yang berfungsi dalam perhitungan *quantity* pekerjaan besi, beton bekesting. Langkah dalam permodelan sebagai berikut:

1. Pengaturan elevasi lantai Cubicost TRB.

Pengaturan elevasi lantai atau dapat disebut juga *floor setting* pada Cubicost TRB sesuai dengan data gambar yang telah didapatkan. Penyesuaian elevasi lantai sangat mempengaruhi hasil perhitungan kebutuhan volume material yang dibutuhkan

2. Pembuatan grid gambar Cubicost TRB.

Grid adalah garis bantu untuk mendimensikan suatu denah secara dua dimensi dengan yang dilihat dari atas. Pembuatan grid dilakukan dengan menyesuaikan kebutuhan denah pada gambar tiap lantainya.

3. Pemodelan elemen struktur Cubicost TRB.

Pemodelan yang dimaksud adalah penggambaran isometri struktur dengan menyesuaikan grid yang telah dibuat.

4. Pembuatan elemen penulangan struktur Cubicost TRB.

Elemen struktur yang telah dibuat pada Cubicost TRB hanya sebatas kolom, balok, dan pelat. Penulangan yang dibuat berdasarkan spesifikasi dari gambar kerja proyek konstruksi. Spesifikasi tersebut yaitu mutu, ukuran, dan penulangan dibuat dengan teliti agar sesuai dengan data asli

5. Kalkulasi Cubicost TRB.

Kalkulasi volume tulangan yang telah dimodelkan dan sesuai dengan spesifikasi gambar. Volume kebutuhan tulangan pada gedung tersebut akan didapatkan dengan melakukan kalkulasi

Permodelan Struktur BIM Cubicost TAS (*Take off Architecture*)

Cubicost TAS adalah *software* khusus untuk menghitung *quantity* pekerjaan arsitektur. Berikut merupakan langkah dalam proses perhitungan *quantity* pekerjaan arsitektur menggunakan Cubicost TAS:

1. *Export* pemodelan BIM dari Cubicost TRB.

Pemodelan pada Cubicost TRB yang telah dilakukan kalkulasi dilakukan *export* data pemodelan BIM. Data yang akan dikeluarkan dapat dipilih sesuai dengan lantai dan elemen struktur. Setelah dilakukan *export* data pemodelan BIM, maka akan keluar file hasil keluaran Cubicost TRB dengan format CUBIC

2. *Import* BIM model pada Cubicost TAS.

Keluaran pemodelan Cubicost TRB dengan format CUBIC tersebut akan diimport kedalam aplikasi Cubicost TAS. *Import* ini dilakukan agar model isometri struktur secara tiga dimensi yang telah dimodelkan pada Cubicost TRB dapat terintegrasi secara langsung dengan Cubicost TAS

3. Kalkulasi Cubicost TAS.

Pemodelan isometri struktur tersebut dilakukan pengecekan kembali dengan gambar agar tidak ada kesalahan kalkulasi kebutuhan material pada kolom, balok, dan pelat. Kalkulasi ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan beton dan bekisting pada elemen struktur yang telah dimodelkan.

METODE PENELITIAN

Identifikasi Masalah

Penggunaan aplikasi menggunakan metode konvensional pada proyek pembangunan gedung fakultas ilmu social dan ilmu politik kampus II UIN Sunan Ampel Surabaya mengakibatkan adanya limbah kontruksi dan keterlambatan informasi yang menyebabkan inefisiensi biaya dan waktu. Limbah konstruksi biasanya terjadi akibat ketidakakuratan dalam perhitungan estimasi kebutuhan material dan pekerjaan.

Model Pemecahan Masalah

Strategi untuk mengurangi waste dan memaksimalkan penggunaan material serta biaya adalah dengan memanfaatkan kompetensi penggunaan BIM (Ganiyu, dkk., 2020). Strategi kompetensi penggunaan BIM dapat menjadi salah satu solusi diantara strategi lain seperti strategi siklus hidup proyek, pengadaan, optimasi material, konstruksi dan desain.

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah gambar kerja dan rencana anggaran biaya (RAB). Gambar kerja yang didapatkan digunakan sebagai data pemodelan sedangkan untuk RAB digunakan sebagai pembandingan estimasi biaya yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi berbasis BIM.

Pengolahan Data dan Analisis

Data yang telah diperoleh dari proyek konstruksi akan dilakukan pengolahan dan analisis dengan menggunakan aplikasi berbasis BIM pada dimensi kelima. Pemodelan menggunakan BIM 5D dilakukan dengan aplikasi dari Glodon yaitu Cubicost TRB dan TAS. Pemodelan tersebut menjelaskan bahwa BIM Cubicost dapat melakukan perhitungan volume material pada balok, kolom dan bekisting.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uraian Umum

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini meliputi gambar kerja dan rencana anggaran biaya (RAB). Gambar kerja yang didapatkan digunakan sebagai data pemodelan sedangkan untuk RAB digunakan sebagai pembandingan estimasi biaya yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi berbasis BIM Cubicost. Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini berasal dari proyek konstruksi yang ada di Kota Surabaya. Proyek yang ditinjau yaitu Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Kampus II UIN Sunan Ampel Surabaya Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur. Proyek ini memiliki total luas bangunan 5.370 m².

Permodelan Menggunakan BIM Cubicost TRB

Berdasarkan pemodelan yang sudah dilakukan pada struktur kolom, balok dan pelat dengan menggunakan aplikasi Cubicost TRB dapat diperoleh output berupa data volume material baja tulangan. Data tersebut dapat dikeluarkan dalam format excel untuk memudahkan perhitungan selanjutnya

Hasil Perhitungan Menggunakan BIM Cubicost TRB

Hasil rekapitulasi volume material baja tulangan pada elemen kolom, balok dan pelat Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Kampus II UIN Sunan Ampel Surabaya menggunakan BIM Cubicost TRB diperlihatkan pada Tabel berikut:

Tabel 1: Rekapitulasi Volume Baja Tulangan pada Kolom Menggunakan BIM Cubicost TRB

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Volume (kg)</i>
Lantai 1	Kolom	14.487.360
Lantai 2	Kolom	12.701.772
Lantai 3	Kolom	12.701.772
Lantai 4	Kolom	12.674.092
Lantai 5	Kolom	9.159.919
Lantai 6	Kolom	3.845.649
Total		65.570.564

Tabel 2: Rekapitulasi Volume Baja Tulangan pada Balok Menggunakan BIM Cubicost TRB

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Volume (kg)</i>
Lantai 2	Balok	14.772.415
Lantai 3	Balok	14.133.824
Lantai 4	Balok	13.922.557
Lantai 5	Balok	14.011.606
Lantai 6	Balok	14.059.127
Lantai atap	Balok	1.881.162
Total		72.780.691

Tabel 3: Rekapitulasi Volume Baja Tulangan pada Pelat Menggunakan BIM Cubicost TRB

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Volume (kg)</i>
Lantai 2	Pelat	7.564.712
Lantai 3	Pelat	5.993.003
Lantai 4	Pelat	5.442.869
Lantai 5	Pelat	6.037.423

Lantai 6	Pelat	5.344.049
Lantai atap	Pelat	409.664
Total		30.791.720,00

Hasil Perhitungan Menggunakan BIM Cubicost TAS

Aplikasi buatan Glodon memiliki sistem transfer data yang memudahkan pengguna untuk mengintegrasikan pekerjaannya. Salah satunya yaitu telah dilakukan pada penelitian ini. Pemodelan yang telah dilakukan di Cubicost TRB, kemudian akan terintegrasi dengan Cubicost TAS yang memiliki fungsi untuk menghitung volume pada setiap komponen arsitektur dan struktur khusus beton.

Tabel 4: Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting pada Elemen Kolom

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 1	Kolom	66,28	374,565
Lantai 2	Kolom	52,76	293,579
Lantai 3	Kolom	52,76	294,497
Lantai 4	Kolom	52,7	294,997
Lantai 5	Kolom	52,543	293,748
Lantai 6	Kolom	12,474	92,209
Total		289,517	1.643,60

Tabel 5: Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting pada Elemen Balok

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Balok	84,136	676,14
Lantai 3	Balok	75,586	548,91
Lantai 4	Balok	73,56	535,59
Lantai 5	Balok	72,847	532,92
Lantai 6	Balok	71,334	524,09
Lantai atap	Balok	10,716	89,29
Total		388,179	2.906,94

Tabel 6: Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting pada Elemen Pelat

Floor	Name	Volume(m3)	Area of formwork to soffit(m2)
Floor 2	S1	99,122	637,812
	S1A	2,224	12,859
	SS1	42,530	282,294
Floor 3	S1	99,125	637,821
Floor 3	S1A	2,224	12,858
Floor 4	S1	99,125	637,791
	S1A	2,224	12,862
Floor 5	S1	73,276	461,391

	S1A	2,019	12,862
	S2	28,800	166,069
Floor 6	S2A	119,219	658,869
Top Atap	S1A	9,418	57,609
Total		579,306	3591,097

Hasil Rekapitulasi Perhitungan Volume Material Menggunakan Metode Konvensional.

Perhitungan volume material metode konvensional didapatkan dari RAB proyek dan perhitungan manual dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel. Perhitungan dilakukan berdasarkan gambar kerja yang sudah didapatkan. Volume material yang dihitung yaitu beton, bekisting dan baja tulangan pada elemen struktur kolom, balok dan pelat lantai.

Tabel 7: Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Kolom Metode Konvensional

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 1	Kolom	67,904	378,726
Lantai 2	Kolom	54,391	297,347
Lantai 3	Kolom	53,605	297,954
Lantai 4	Kolom	54,062	298,854
Lantai 5	Kolom	53,885	297,588
Lantai 6	Kolom	13,317	95,95
Total		297,164	1666,419

Tabel 8: Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Balok Metode Konvensional

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Balok	86,76	686,502
Lantai 3	Balok	78,217	559,281
Lantai 4	Balok	75,205	544,559
Lantai 5	Balok	75,209	543,278
Lantai 6	Balok	73,676	532,934
Lantai atap	Balok	11,759	100,026
Total		400,826	2.966,58

Tabel 9: Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Pelat Metode Konvensional

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Pelat	145,7	943,326
Lantai 3	Pelat	103,18	660,047
Lantai 4	Pelat	102,694	659,623
Lantai 5	Pelat	105,657	650,679
Lantai 6	Pelat	120,761	667,709
Lantai atap	Pelat	10,561	67,35
Total		588,553	3.648,73

Tabel 10: Rekapitulasi Volume Baja Tulangan Kolom Metode Konvensional

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Volume (kg)</i>
Lantai 1	Kolom	15.487.925
Lantai 2	Kolom	12.709.137
Lantai 3	Kolom	12.709.137
Lantai 4	Kolom	12.674.426
Lantai 5	Kolom	10.859.917
Lantai 6	Kolom	3.845.649
Total		68.286.191

Tabel 11: Rekapitulasi Volume Baja Tulangan Balok Metode Konvensional

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Volume (kg)</i>
Lantai 2	Balok	14.897.965
Lantai 3	Balok	14.796.975
Lantai 4	Balok	13.922.557
Lantai 5	Balok	14.876.489
Lantai 6	Balok	14.038.045
Lantai atap	Balok	1.889.786
Total		74.421.817

Tabel 12: Rekapitulasi Volume Baja Tulangan Balok Metode Konvensional

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Volume (kg)</i>
Lantai 2	Pelat	8.453.892
Lantai 3	Pelat	6.211.304
Lantai 4	Pelat	5.978.695

Lantai 5	Pelat	6.786.423
Lantai 6	Pelat	5.877.946
Lantai atap	Pelat	409.664
Total		33.717.924

Hasil Perbandingan Volume Material Metode BIM Cubicost dan Metode Konvensional.

Berdasarkan pemodelan 5D-BIM menggunakan Cubicost TRB, Cubicost TAS serta perhitungan konvensional dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel didapatkan hasil berupa total volume material. Dalam menghitung efisiensi yang terjadi dapat menggunakan rumus sederhana perbandingan kedua metode tersebut. Untuk menghitung efisiensi dapat menggunakan persamaan.

$$Efisiensi = \frac{(Metode Konvensional - Metode BIM)}{Metode BIM} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana selisih material didapatkan dari perbedaan yang didapat akibat menggunakan metode konvensional dan menggunakan BIM Cubicost. Rekapitulasi dan selisih volume beton dari kedua metode pada diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 13: Selisih Volume Baja Tulangan

Elemen	BIM (kg)	Konvensional (m ³)	Selisih (%)
Kolom	65.570.564	68.286.191	3,977
Balok	72.780.691	74.421.817	2,205
Pelat	30.791.720	33.717.924	8,678

Tabel 14: Selisih Volume Beton

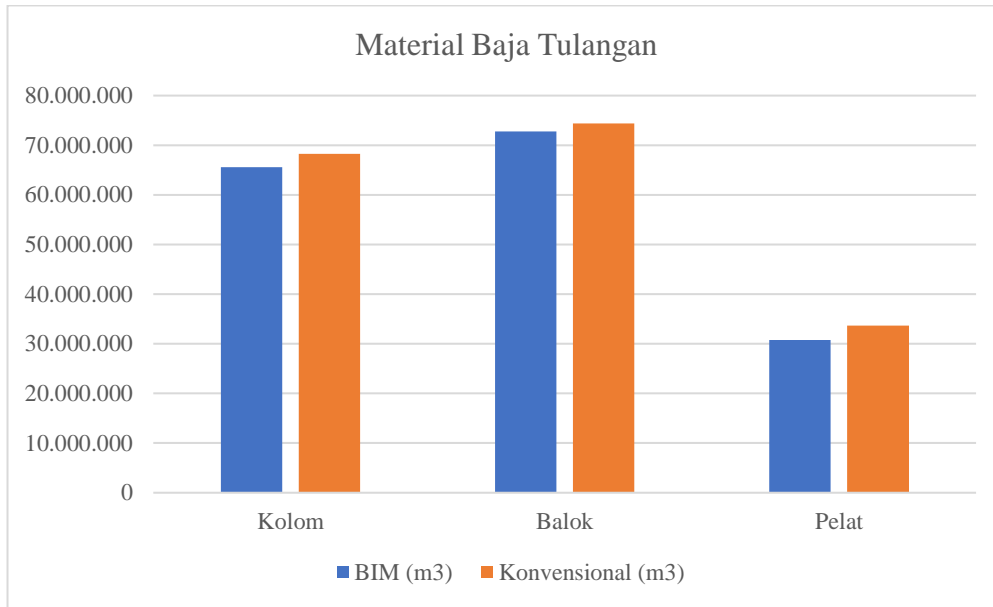
Elemen	BIM (m ³)	Konvensional (m ³)	Selisih (%)
Kolom	289,517	297,164	2,573
Balok	388,179	400,826	3,155
Pelat	579,306	588,553	1,571

Tabel 15: Selisih Volume Bekisting

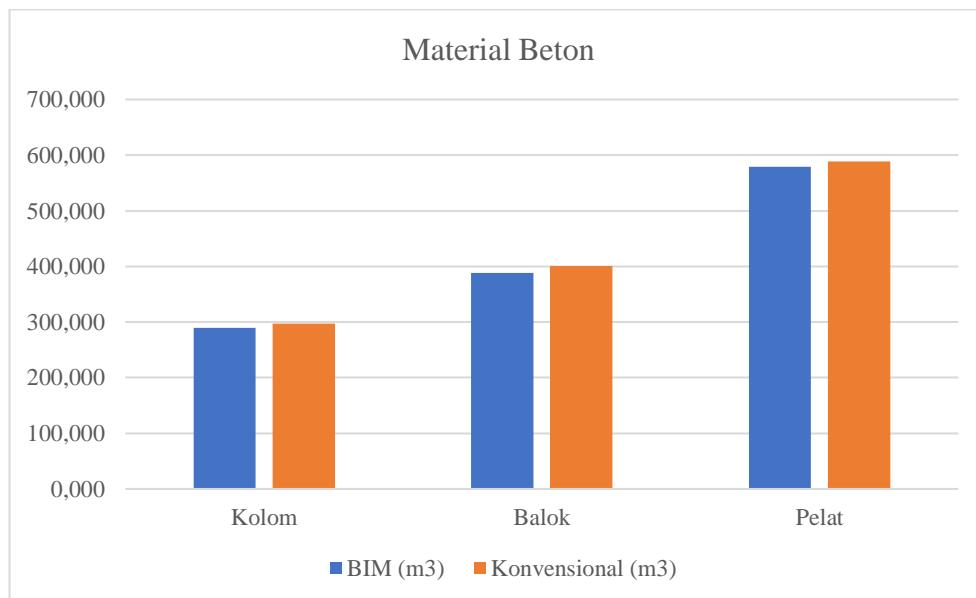
Elemen	BIM (m ³)	Konvensional (m ³)	Selisih (%)
Kolom	1643,595	1666,419	1,370
Balok	2906,943	2966,580	2,010
Pelat	3591,097	3648,734	1,580

Jumlah kebutuhan material beton, bekisting dan baja tulangan didapatkan hasil yang bervariasi. Pada proyek pembangunan gedung fakultas ilmu sosial dan ilmu

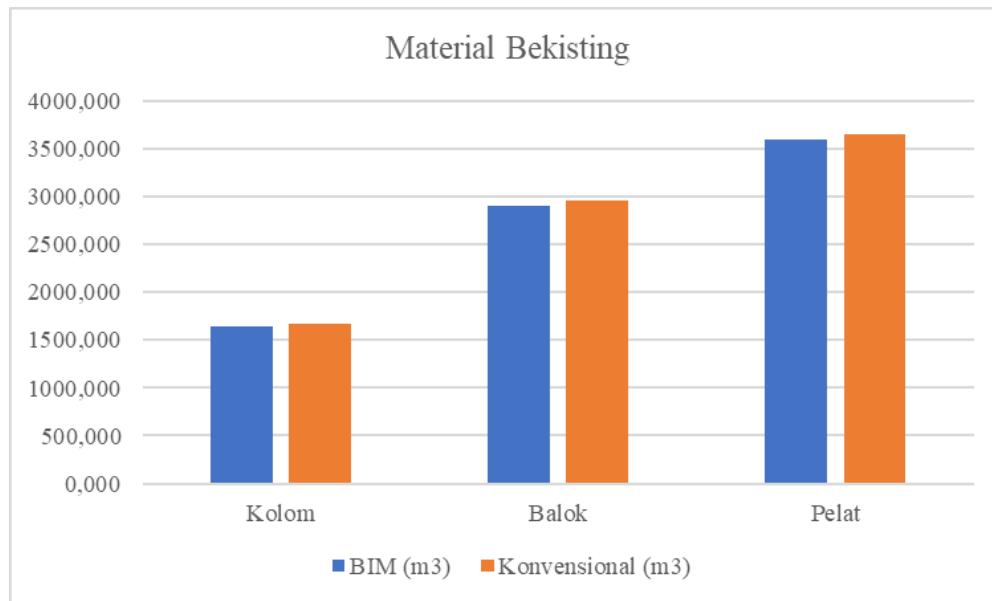
politik ampus II UIN sunan ampel surabaya , selisih volume beton rata-rata sebesar 2,43%. Selisih volume bekisting rata-rata sebesar 1,65%. Selisih volume baja tulangan rata-rata sebesar 4,95%. Selisih akan di perlihatkan dalam bentuk grafik pada gambar dibawah:



Gambar 1: Grafik Perbandingan Volume Material Baja Tulangan



Gambar 2: Grafik Perbandingan Volume Material Beton



Gambar 3: Grafik Perbandingan Volume Material Bekisting

Selisih volume material beton, bekisting dan baja tulangan antara metode BIM Cubicost dengan metode konvensional tidak signifikan. Selisih yang didapatkan berkisar antara 0-3% dan hanya 2 elemen yaitu pada bekisting pelat lantai dan baja tulangan pelat lantai yang memiliki selisih sangat besar. Berdasarkan hal tersebut, efisiensi penggunaan 5D-BIM pada aspek volume dan biaya material dapat dikatakan rendah karena selisih kurang dari 3%.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil permodelan dan perhitungan menggunakan software BIM Cubicos TRB dan TAS pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Kampus II UIN Sunan Ampel Surabaya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perhitungan dan permodelan menggunakan BIM Cubicost TRB menghasilkan volume material baja tulangan pada elemen kolom sebesar 65.570.564 kg, balok 72.780.691 kg dan pelat 30.791.720 kg
2. Perhitungan dan permodelan menggunakan BIM Cubicost TAS menghasilkan volume material beton pada elemen kolom sebesar 289,517 m³, balok 388,179 m³ dan pelat 579,306 m³
3. Perhitungan dan permodelan menggunakan BIM Cubicost TAS menghasilkan volume material bekisting pada elemen kolom sebesar 1.643,59 m³, balok 2.906,94 m³ dan pelat 3591,09 m³
4. Selisih perhitungan volume material baja tulangan menggunakan BIM Cubicost TRB dengan metode konvensional pada elemen kolom sebesar 3,98%, balok 2,21% dan pelat 8,68%.

5. Selisih perhitungan volume material beton menggunakan BIM Cubicost TAS dengan metode konvensional pada elemen kolom sebesar 2,57%, balok 3,15% dan pelat 1,57%.
6. Selisih perhitungan volume material bekisting menggunakan BIM Cubicost TRB dengan metode konvensional pada elemen kolom sebesar 1,37%, balok 2,01% dan pelat 1,580%.
7. Selisih volume dan biaya material yang didapatkan berkisar antara 0-3% dan hanya satu elemen yang memiliki selisih cukup besar yaitu pada baja tulangan pelat lantai. Berdasarkan hal tersebut, efisiensi penggunaan BIM Cubicost TRB dan TAS pada aspek volume material dapat dikatakan rendah karena selisih kurang dari 3%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, R. P., Hidayat, A., & Nugroho, H. (2016). Perbandingan efisiensi waktu, biaya, dan sumber daya manusia antara metode Building Information Modelling (BIM) dan konvensional (studi kasus: perencanaan gedung 20 lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220-229
- Anindya, A. A., & Gondokusumo, O. (2020). Kajian penggunaan cubicost untuk pekerjaan quantity take off pada proses tender. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 4(1), 83-96.
- Irawan, D. O. P., Trisiana, A., & Sukmawati, S. (2021). Penerapan Building Information Modeling (BIM) Dalam Analisis Waktu Dan Anggaran Biaya Struktur Dan Arsitektur (Studi Kasus: Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Jember). *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 2(1), 35-39.
- Kamil, A. A. (2019, April). Perbandingan pengendalian biaya mutu dan waktu menggunakan metode konvensional dan metode bim. In *Prosiding Seminar Intelektual Muda* (Vol. 1, No. 1).
- Nelson, N., & Tamtana, J. S. (2019). Faktor yang memengaruhi penerapan building information modeling (BIM) dalam tahapan pra konstruksi gedung bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 241-248.
- Suwarni, A., & Anondho, B. (2021). Perbandingan Perhitungan Volume Kolom Beton Antara Building Information Modeling (Bim) Dengan Metode Konvensional. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 75-83.
- Simanjuntak, M. R. A., & Baskoro, A. T. (2020). Kajian faktor–faktor manajemen pembiayaan proyek dalam implementasi BIM pada proyek bangunan gedung. *PROSIDING SNITT POLTEKBA*, 4, 411-416.