

Peningkatan Efisiensi Biaya Pembangunan Gedung Bertingkat Dengan Aplikasi Building Information Modeling (BIM) 5D

Faqih Nadiya Umam¹⁾, Erizal²⁾, Heriansyah Putra³⁾

^{1, 2, 3)} Program Studi Magister Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia 16680

Email: faqihnumam@apps.ipb.ac.id¹⁾, erizal@ipb.ac.id²⁾, heriansyahptr@apps.ipb.ac.id³⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v12i1.704>

(Received: January 2022 / Revised: February 2022 / Accepted: March 2022)

Abstrak

Sebagian besar perusahaan konstruksi di Indonesia saat ini masih menggunakan aplikasi konvensional yang dilakukan secara terpisah. Akibat yang sering ditemukan dari penggunaan aplikasi konvensional terfragmentasi antara lain adanya limbah konstruksi dan keterlambatan informasi yang menyebabkan inefisiensi biaya dan waktu. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem integrasi yang dapat menjawab permasalahan tersebut. Salah satu teknologi yang telah muncul untuk menjawab permasalahan adalah Building Information Modeling (BIM). Penelitian ini dilakukan dengan simulasi pemodelan dan perhitungan untuk mengevaluasi akurasi dan efisiensi biaya penggunaan aplikasi BIM 5D dibandingkan dengan metode konvensional pada pekerjaan besi dan beton. Simulasi proyek dilakukan pada apartment 16 lantai. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan aplikasi BIM 5D dapat mengurangi biaya tenaga kerja sebesar Rp171.989.939,00 atau menghemat 6,33%. Nilai efisiensi volume pekerjaan beton fc'30 MPa, beton fc'35 MPa, dan pekerjaan besi tulangan masing-masing sebesar 7,21%, 10,87%, dan 5,98%. Total efisiensi biaya yang didapatkan sebesar Rp406.697.000,00. Biaya tersebut sangat besar dibandingkan biaya investasi aplikasi BIM 5D seharga Rp127.000.000,00.

Kata kunci: *Aplikasi BIM 5D, Building Information Modeling, Efisiensi Biaya*

Abstract

Most construction companies in Indonesia currently still use conventional applications that are carried out separately. The consequences that are often found from the use of fragmented conventional applications include construction waste and delays in the information that cause cost and time inefficiencies. Therefore, an integrated system is needed to answer these problems. One technology that has emerged to answer these problems is Building Information Modeling (BIM). This research was conducted by modeling simulations and calculations to evaluate the accuracy and cost-efficiency of using the BIM 5D application compared to conventional methods in rebar and concrete work. The project simulation was carried out on a 16-floor apartment. As a result, the use of the BIM 5D application can reduce labor costs by Rp171,989,939.00 or save 6.33%. The efficiency values of fc'30 MPa concrete work, fc'35 MPa concrete, and rebar work are 7.21%, 10.87%, and 5.98%, respectively. The total cost-efficiency obtained is Rp406,697,000.00. This cost is huge compared to the investment cost of the BIM 5D application for Rp127,000,000.00.

Keywords: *BIM 5D application, Building Information Modeling, Cost Efficiency*

1. Latar Belakang

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 (Kamil and Rafli, 2019) yang dilakukan secara terpisah. Akibat yang sering ditemukan dari penggunaan aplikasi konvensional terfragmentasi tersebut antara lain adanya limbah konstruksi dan keterlambatan informasi yang menyebabkan inefisiensi biaya dan waktu.

Limbah konstruksi biasanya terjadi akibat ketidakakuratan dalam perhitungan estimasi kebutuhan material dan pekerjaan. Limbah konstruksi berupa batu, beton, atap, baja, dan lain sebagainya, akan menyebabkan inefisiensi biaya (Thoengsal *et al.*, 2019). Kerugian akibat adanya sisa material selama konstruksi bangunan gedung berkisar 3,0 – 13,5% (Devia *et al.*, 2010). Masalah keterlambatan informasi umumnya terjadi akibat proses pengiriman informasi yang mengandalkan dokumentasi dan komunikasi berbasis kertas. Dampak langsung dari hal tersebut akan memperlambat waktu pelaksanaan konstruksi, sehingga akan menambah biaya pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem integrasi yang dapat menjawab permasalahan tersebut sekaligusantisipasi pekerjaan konstruksi yang semakin kompleks, tuntutan visualisasi desain proyek, dan mendukung penerapan konstruksi ramping (*lean construction*).

Building Information Modeling (BIM) merupakan representasi digital dari karakter fisik dan karakter fungsional dari suatu bangunan (atau obyek BIM). Karena itu, di dalamnya terkandung semua informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan mulai dari konsep hingga demoli (NIBS, 2016). BIM berperan penting dalam mengubah paradigma industri konstruksi dari sistem informasi gambar berbasis dua dimensi (2D) menjadi sistem informasi objek tiga dimensi (3D) (Mihindu and Arayici, 2008). BIM mendorong pertukaran model tiga dimensi antara disiplin ilmu yang berbeda, sehingga proses pertukaran informasi menjadi lebih cepat dan berpengaruh terhadap pelaksanaan konstruksi (Eastman *et al.*, 2008).

Hasil penelitian (Anindya and Gondokusumo, 2020) menunjukkan bahwa penggunaan BIM 5D dengan aplikasi Cubicost *Take-off for Rebar* (TRB) dapat meningkatkan efisiensi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan *quantity take-off* pekerjaan besi sebesar 58% dibandingkan dengan aplikasi konvensional. Penggunaan BIM 5D dengan aplikasi Cubicost dalam perencanaan biaya konstruksi untuk mengurangi resiko adanya limbah konstruksi perlu dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi pemodelan dan perhitungan untuk mengevaluasi akurasi dan efisiensi biaya pada pekerjaan besi dan beton menggunakan BIM 5D dengan aplikasi Cubicost dibandingkan aplikasi konvensional. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan aplikasi tambahan Cubicost *Take-off for Architecture and Structure* (TAS) dan melakukan perbandingan hasil perhitungan kontraktor dengan aplikasi BIM.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan laptop yang telah dilengkapi dengan aplikasi AutoCAD, Cubicost TRB C-III dan TAS C-III, serta Microsoft Office. Data yang dianalisis berupa *Bill of Quantity* (BQ) pekerjaan struktur, Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), dan gambar *For Construction* yang diperoleh dari pemilik proyek dan pihak kontraktor apartment 16 lantai.

2.1 Pemodelan dan Analisis

Simulasi proyek dilakukan pada apartment 16 lantai. Perhitungan pada simulasi ini berfokus pada lantai Upper Ground (UG). Lantai UG dipilih karena lantai yang tipikal mewakili lantai 1-12. Tahap awal simulasi dilakukan dengan membuat *master file* yang kemudian akan didistribusikan pada pihak yang terkait untuk mempercepat dan memudahkan dalam proses 3D *modeling*. Simulasi proyek terbagi dalam dua pembagian pekerjaan, yaitu pekerjaan struktur bawah sampai dengan lantai Ground (zona 1), dan pekerjaan struktur atas lantai UG sampai dengan atap (zona 2). Pembagian zona pekerjaan dilakukan dengan memanfaatkan fitur *construction zone* pada *segmentation*. Pemodelan 3D dilakukan dengan pembuatan elemen struktur kolom, balok, dan pelat menggunakan fitur *auto-identify*. Setelah pemodelan selesai kemudian digabungkan menggunakan fitur *merge*. Tahap selanjutnya yaitu dengan melakukan input aturan perhitungan struktur pada fitur *calculation rules*. Tahap akhir simulasi melakukan *automatic calculation* TRB dan *automatic generate* TAS. Analisis data dilakukan dengan cara membandingkan metode konvensional yang selama ini dipakai di Indonesia dengan metode BIM hasil pemodelan menggunakan aplikasi BIM 5D. Hasil perhitungan *quantity take-off* berupa volume beton dan kebutuhan besi yang dihasilkan oleh aplikasi BIM 5D dibandingkan dengan *Bill of Quantity* (BQ) perhitungan kontraktor. Sampel elemen struktur yang diambil adalah kolom, balok, dan pelat pada lantai Upper Ground (UG). Persentase dari perhitungan volume pekerjaan kemudian dianalisis. Selain itu, kebutuhan biaya berdasarkan biaya pengadaan serta operasional aplikasi BIM 5D juga dianalisis untuk pengambilan keputusan apakah dengan menggunakan aplikasi BIM 5D akan menguntungkan atau justru merugikan.

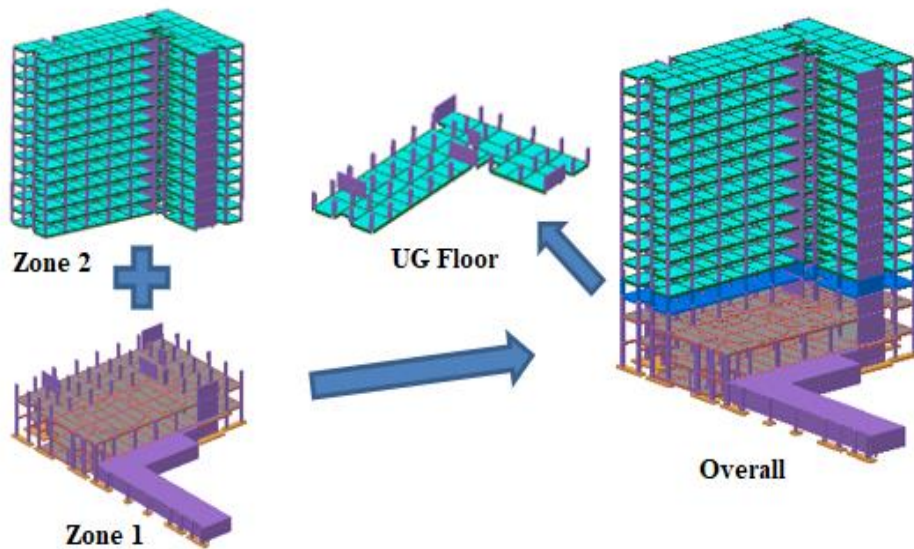
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Simulasi proyek menggunakan aplikasi BIM 5D

Hasil simulasi proyek yang dilakukan pada pekerjaan struktur bawah sampai dengan lantai Ground (zona 1), dan pekerjaan struktur atas lantai (UG) sampai dengan atap (zona 2) ditampilkan pada Gambar 1. Pembagian pekerjaan berguna untuk mempercepat proses pemodelan 3D. Pemodelan 3D dapat dikerjakan secara bersamaan dengan menggunakan satu *master file*. Pemodelan lantai (UG) dilakukan terlebih dahulu karena penelitian berfokus pada perhitungan lantai ini. Pada umumnya pemodelan pekerjaan struktur dilakukan mulai dari struktur bawah sampai dengan atap secara bertahap.

Simulasi pekerjaan struktur menggunakan aplikasi BIM 5D selain menampilkan gambar 3D juga berisi informasi mengenai volume pekerjaan dan detail penulangan (*rebar*). Menurut (Christopher *et al.*, 2021) BIM 5D atau

pemodelan berbasis estimasi adalah pemodelan 4D dengan tambahan informasi biaya. Pemodelan berbasis BIM juga menggunakan *software* yang saling berintegrasi, sehingga perencanaan proyek akan menjadi lebih efisien dan lebih mudah untuk dikontrol (Yudi, Ulum and Nugroho, 2020). Lebih lanjut menurut (Yudi, Ulum and Nugroho, 2020) perencanaan *Detail Engineering Design* (DED) berbasis BIM akan menjadi lebih efisien dikarenakan saling terintegrasi antara 2D, 3D (*isometric model*), 4D (penjadwalan) dan 5D (estimasi biaya). Visualisasi 3D juga akan meningkatkan pemahaman terhadap proyek dan memudahkan dalam membayangkan bangunan secara visual.



Gambar 1 Simulasi proyek menggunakan aplikasi BIM 5D

3.2 Perbandingan hasil perhitungan pekerjaan *quantity take-off*

Hasil perhitungan pekerjaan *quantity take-off* volume beton dan kebutuhan besi pada elemen struktur pelat, kolom, dan balok lantai Upper Ground (UG) dengan aplikasi BIM 5D ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Hasil perhitungan pekerjaan pelat

Klasifikasi				Kuantitas dari aplikasi BIM 5D				
Lantai	Tipe Elemen	Mutu Beton	Ketebalan	Nama	Volume (m ³)	Area proyek (m ²)	Berat Besi (kg)	Jumlah (pc)
UG	Pelat	30	120	SH	33,46	278,81	1.565,76	20
			140	SB	28,48	203,40	1.364,19	13
			150	SD	22,40	149,35	670,91	6
			Total		89,54	668,76	3.922,59	41

Tabel 2 Hasil perhitungan pekerjaan kolom dan balok

Lantai	Klasifikasi			Kuantitas dari aplikasi BIM 5D			
	Tipe Elemen	Mutu Beton	Jenis Besi	Nama	Volume(m ³)	Berat Besi (kg)	Jumlah (pc)
UG	Kolom	35	BJTD-40	C01	19,66	7.550,56	26
				C02	7,57	2.904,06	10
				C03	1,95	611,77	2
				C04	2,09	749,33	1
				Subtotal	31,27	11.815,72	39
	Balok	30	BJTD-40	G1A	2,49	287,45	4
				G1A'	0,82	77,15	1
				G1B	2,90	453,95	5
				G1C	5,58	1.436,79	10
				G1D	2,51	1.058,15	5
				G1E	0,40	50,75	1
				G1E'	0,56	90,65	1
				G1F	8,78	1.207,61	20
				G6	4,43	568,78	11
				S1	0,91	165,23	3
S2	0,52	67,22	1				
S3	3,00	574,62	14				
Subtotal	32,90	6.038,35	76				
Total					64,17	17.854,06	115

Total elemen struktur yang dimodelkan dengan aplikasi BIM 5D adalah 156 pc yaitu 39 pc kolom, 76 pc balok, dan 41 pc pelat. Total volume pekerjaan beton lantai UG 153,71 m³ dan kebutuhan besi 21.776,65 kg. Perbandingan hasil perhitungan *quantity take-off* berupa volume beton dan kebutuhan besi yang dihasilkan oleh aplikasi BIM 5D dibandingkan dengan *Bill of Quantity* (BQ) perhitungan kontraktor ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan perhitungan BQ dan aplikasi BIM 5D

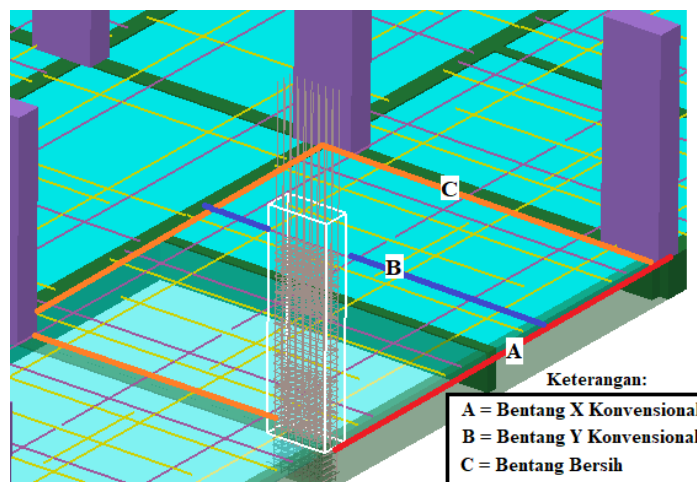
Lantai	Klasifikasi	Kuantitas dari BQ		Kuantitas dari BIM 5D		Persentase	
		Volume (m ³) (1)	Berat Besi (kg) (2)	Volume (m ³) (3)	Berat Besi (kg) (4)	Beton (a)	Besi (b)
UG	Kolom	35,08	12.135,81	31,27	11.815,72	10,87%	2,64%
	Balok	31,57	5.901,90	32,90	6.038,35	-4,23%	-2,31%
	Pelat	100,39	5.122,83	89,54	3.922,59	10,80%	23,43%

^aPerhitungan persentase beton = ((1) - (3) / (1)) x 100%

^bPerhitungan persentase besi = ((2) - (4) / (2)) x 100%

Perhitungan volume beton yang dihasilkan dari aplikasi BIM 5D untuk elemen balok lebih besar 4,23% dibandingkan hasil BQ sedangkan pada elemen kolom dan pelat, perhitungan kontraktor lebih besar 10,87% untuk elemen kolom dan 10,80% lebih besar untuk elemen pelat. Hal itu terjadi karena perbedaan metode perhitungan volume seperti kemungkinan adanya beberapa elemen yang dihitung dari as ke as sedangkan pada aplikasi BIM 5D menggunakan bentang bersih. Perhitungan kebutuhan besi yang dihasilkan dari aplikasi BIM 5D secara keseluruhan lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil perhitungan kontraktor kecuali pada elemen balok lebih besar 2,31%. Hal itu terjadi karena perbedaan metode perhitungan jumlah sengkang. Perbedaan jumlah sengkang dikarenakan perhitungan aplikasi BIM 5D menggunakan fitur *roundup*.

Perhitungan kebutuhan besi yang dihasilkan dari BQ pada elemen pelat lebih besar 23,43% dari perhitungan aplikasi BIM 5D. Perhitungan kontraktor terlihat begitu besar dimungkinkan karena adanya perbedaan metode dalam memasukkan jumlah penulangan atas dan bawah serta adanya tulangan konversi. Salah satu alasan kontraktor memberikan jumlah material yang berbeda dibandingkan dengan aplikasi BIM 5D adalah cara pengukuran yang berbeda. Estimator tetap memberikan *safety factor* untuk penulangan sekitar 3-12%, hal ini dilakukan agar dalam pelaksanaan tidak mengalami kerugian akibat kurangnya material besi. Sebagai ilustrasi perbedaan perhitungan volume beton metode konvensional dan metode BIM dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Ilustrasi perbedaan metode perhitungan volume beton

Pada perhitungan pelat metode konvensional, garis yang dijadikan acuan adalah garis dari as ke as atau dari tengah balok ke tengah balok lainnya. Bentang terbesar pada gambar dijadikan sebagai panjang X dan bentang lainnya dijadikan sebagai panjang Y. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa garis A berwarna merah merupakan bentang X dan garis B berwarna biru merupakan bentang Y. Pada perhitungan metode konvensional diperlukan *input* balok kanan dan kiri untuk mengetahui bentang bersih serta *input* data pengurang volume beton. Tentunya hal ini akan berpeluang terjadinya *human error* karena keterlibatan manusia dalam melakukan perhitungan cukup besar. Sedangkan pada metode BIM, hasil

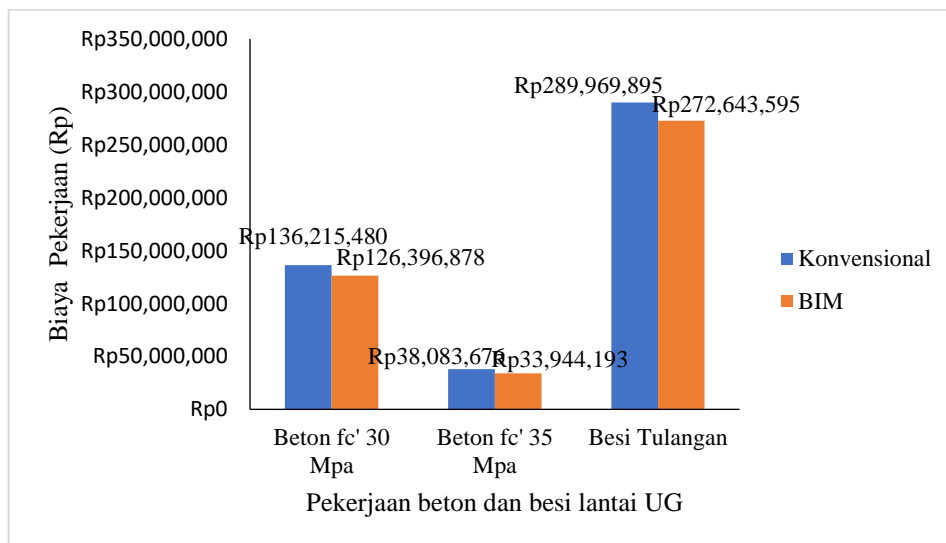
perhitungan volume beton dapat langsung diketahui ketika pemodelan selesai dibuat dan dalam perhitungannya menggunakan bentang bersih, sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat. Selain itu, terdapat fitur *clash detection*. Menurut (Nugrahini and Permana, 2020) *clash detection* akan memudahkan dalam menemukan kesalahan dan kelalaian desain. Selisih perhitungan volume beton metode konvensional dan metode BIM pada elemen pelat lantai UG 10,85 m³.

3.3 Evaluasi efisiensi penggunaan aplikasi BIM 5D

Nilai efisiensi merupakan nilai ketepatan fungsi guna dan keefektifan pada suatu pekerjaan. Nilai efisiensi yang ditinjau pada penelitian ini berdasarkan perbandingan biaya volume pekerjaan beton dan kebutuhan besi yang didapatkan dengan menggunakan metode konvensional dan metode BIM, selain itu kebutuhan biaya berdasarkan biaya pengadaan serta operasional aplikasi BIM 5D.

3.3.1 Biaya volume pekerjaan

Setelah didapatkan hasil perhitungan *quantity take-off* berupa volume beton dan kebutuhan besi, kemudian dihitung biaya yang dibutuhkan berdasarkan harga satuan pekerjaan. Hasil perbandingan biaya untuk pekerjaan beton dan kebutuhan besi dapat dilihat pada Gambar 3.

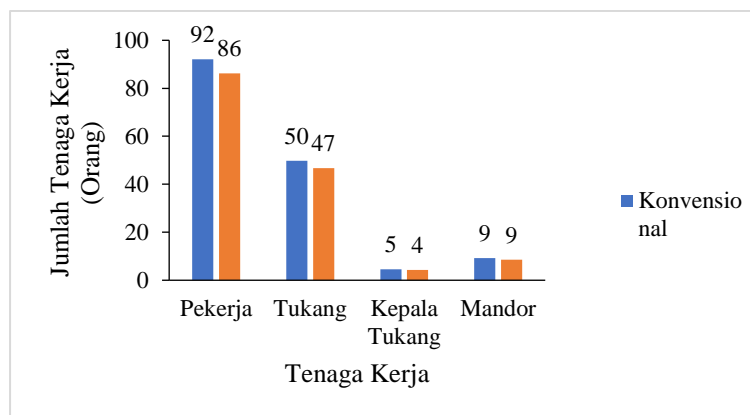


Gambar 3 Grafik perbandingan biaya pekerjaan beton dan besi lantai UG

Berdasarkan grafik diatas secara keseluruhan penggunaan BIM dapat mengurangi biaya pekerjaan beton dan besi lantai UG. Pada pekerjaan beton fc'30 MPa yang meliputi elemen balok dan pelat dengan harga satuan pekerjaan Rp1.032.271,00 per m³ penggunaan BIM dapat mengurangi biaya sebesar Rp9.818.603,00 sedangkan pada pekerjaan beton fc'35 MPa yaitu elemen kolom dengan harga satuan pekerjaan Rp1.085.624,00 per m³ dapat mengurangi biaya sebesar Rp4.139.483,00. Harga satuan pekerjaan besi pada lantai UG Rp12.520,00 per kg. Penggunaan BIM pada pekerjaan besi lantai UG dapat mengurangi biaya sebesar Rp17.326.299,00. Total biaya yang dapat dihemat dengan menggunakan

aplikasi BIM 5D pada lantai UG adalah Rp31.284.385,00. Menurut (Christopher *et al.*, 2021) penggunaan aplikasi BIM 5D dapat secara efisien mengurangi volume material dan estimasi biaya pada proyek konstruksi. Selain itu, pada perencanaan proyek penggunaan aplikasi BIM lebih efisien baik dalam segi waktu dan sumber daya manusia (Berlian *et al.*, 2016).

Pengurangan volume material pada tahap perencanaan akan berdampak pada jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam proses pelaksanaan, untuk mengetahui jumlah tenaga kerja diperlukan perhitungan lebih lanjut menggunakan AHSP. Pedoman analisis harga satuan pekerjaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Permen PUPR No.28/PRT/M/2016. Perbandingan jumlah tenaga kerja pada tahap pelaksanaan menggunakan metode konvensional dan metode BIM ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik perbandingan jumlah tenaga kerja pada tahap pelaksanaan

Perhitungan jumlah tenaga kerja pada Gambar 4 didapatkan dari perbandingan antara koefisien tenaga kerja dalam analisis harga satuan yang dikalikan volume pekerjaan dengan lama pekerjaan. Nilai koefisien tenaga kerja yang digunakan yaitu nilai koefisien pada pekerjaan beton menggunakan *ready mixed*, penambahan koefisien tenaga kerja untuk mengangkut dan menaikkan campuran beton menggunakan pompa beton, pemadatan beton menggunakan *vibrator*, pekerjaan pembesian pelat, kolom, dan balok, serta koefisien untuk mengangkut dan menaikkan tulangan secara mekanis. Lama pekerjaan 150 hari kerja dengan volume pekerjaan yang digunakan yaitu volume pekerjaan beton dan besi lantai UG sampai dengan lantai 12 (13 lantai tipikal). Total volume beton dan besi metode konvensional adalah 2.171,48 m³ dan 301.086,95 kg sedangkan total volume beton dan besi metode BIM adalah 1.998,26 m³ dan 283.096,39 kg. Penggunaan aplikasi BIM 5D dapat mengurangi jumlah tenaga kerja sebanyak 6 pekerja, 3 tukang, dan 1 kepala tukang. Berdasarkan harga standar upah pekerja jasa konstruksi pemerintah Provinsi Jawa Barat tahun 2015, untuk proyek yang berlokasi di Kabupaten Bogor upah harian pekerja sebesar Rp101.920,00, tukang sebesar Rp127.400,00, kepala tukang Rp152.881,00, dan mandor Rp178.360,00. Penggunaan aplikasi BIM 5D dapat mengurangi biaya tenaga kerja sebesar Rp171.989.939,00 atau menghemat 6.33%.

3.3.2 Biaya pengadaan aplikasi BIM 5D

Biaya pengadaan berguna untuk mengetahui total biaya yang harus dikeluarkan untuk kepentingan kebutuhan *software* yang menunjang pekerjaan *Engineers* atau *BIM modeler*, dalam penelitian ini adalah kebutuhan untuk menjalankan *software* Cubicost. Biaya pengadaan yang diperlukan untuk menjalankan Cubicost untuk *single user* dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5. Harga lisensi diperoleh dari hasil diskusi dengan pihak Glodon Indonesia tahun 2021.

Tabel 4 Biaya pengadaan *software* Cubicost alternatif 1

No	Alternatif 1	Kuantitas (<i>User</i>)	Harga (Rp)
Lisensi Perpetual			
1	TRB	1	42.000.000,00
	TAS	1	42.000.000,00
	TME	1	20.000.000,00
	TBQ	1	20.000.000,00
2	Pelatihan		
	Reguler	1	3.000.000,00
Total (Rp)			127.000.000,00

Cubicost merupakan salah satu dari beberapa jenis perangkat lunak (*software*) yang menjadi bagian dari *Building Information Modelling* (BIM). Terdapat empat jenis produk Cubicost, yaitu *Take-off for Rebar* (TRB), *Take-off for Architecture and Structure* (TAS), *Take-off for Mechanical and Electrical* (TME), dan *Take-off Bill of Quantity* (TBQ). Menurut (Anindya and Gondokusumo, 2020) Cubicost membantu estimator dan *quantity surveyors* dalam pekerjaan *quantity take-off*. Terdapat dua alternatif pilihan dalam menggunakan *software* Cubicost, yakni lisensi perpetual (*lifetime*) dan lisensi *annual subscription*. Selanjutnya, untuk pertimbangan dalam menggunakan aplikasi BIM 5D diperlukan analisis biaya operasional.

Tabel 5 Biaya pengadaan *software* Cubicost alternatif 2

No	Alternatif 2	Kuantitas (<i>User</i>)	Harga (Rp)
Lisensi Subscription (1 Tahun)			
1	TRB	1	14.000.000,00
	TAS	1	14.000.000,00
	TME	1	12.000.000,00
	TBQ	1	12.000.000,00
2	Pelatihan		
	Reguler	1	3.000.000,00
Total (Rp)			55.000.000,00

3.3.3 Biaya Operasional aplikasi BIM 5D

Biaya operasional yang ditinjau berdasarkan perbandingan biaya pada pekerjaan estimasi dan *modeling*. Pada pekerjaan estimasi konvensional umumnya kontraktor sering menggunakan jasa subkontraktor untuk melakukan perhitungan *quantity take-off* dan pembuatan BBS, hal ini terjadi karena kurangnya tenaga ahli dalam perencanaan BBS. Pembuatan BBS (*Bar Bending Schedule*) biasanya dilakukan pada tahap pelaksanaan pekerjaan yaitu pada tiap lantai pekerjaan. *Bar bending schedule* ini memuat informasi berupa pola bentuk potongan, panjang potongan, jumlah potongan, kebutuhan tulangan dan sebagainya. *Output* BBS ini biasanya hanya berupa hasil gambar kerja tangan, tetapi ada pula berupa gambar kerja CAD yang lebih detail dan rapi. Oleh karena itu, kontraktor harus menambah *budget* untuk membiayai jasa perhitungan BBS. Berbeda dengan metode konvensional, pada metode BIM BBS dapat langsung diketahui ketika pemodelan selesai dibuat.

Pada simulasi proyek ini, untuk memudahkan dalam perbandingan biaya operasional, sampel lantai yang digunakan adalah lantai UG sampai dengan lantai 12 (13 lantai tipikal) dengan luas area 8.693,88 m². Apabila kontraktor tidak menggunakan jasa subkontraktor melainkan pekerjaan BBS diserahkan kepada tenaga kerja di lapangan seperti mandor atau tenaga ahli di lapangan, untuk memastikan apakah dengan membeli aplikasi BIM 5D dan menerapkan BIM pada proyek akan memberikan keuntungan atau kerugian, dapat ditinjau dari nilai efisiensi yang didapatkan dari dua metode perhitungan. Nilai efisiensi volume beton dan besi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Nilai efisiensi volume beton dan besi pada 13 lantai tipikal

Pekerjaan struktur lantai tipikal	Metode Konvensional	Metode BIM	Efisiensi (%)
Beton fc'30 MPa (m ³)	1.715,44	1.591,79	7,21
Beton fc'35 MPa (m ³)	456,04	406,47	10,87
Besi Tulangan (Kg)	301.086,95	283.096,39	5,98

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6, didapatkan nilai efisiensi volume pekerjaan beton fc'30 MPa sebesar 7,21%, pekerjaan beton fc'35 MPa sebesar 10,87%, dan pekerjaan besi tulangan sebesar 5,98%. Angka ini didapat dari perbandingan antara selisih jumlah biaya metode konvensional dan metode BIM dengan jumlah biaya apabila menggunakan metode konvensional.

Tabel 7 Efisiensi biaya volume beton dan besi pada 13 lantai tipikal

Pekerjaan struktur lantai tipikal	Jumlah Biaya Pekerjaan (Rp)	Efisiensi Biaya (Rp)
Beton fc'30 MPa	1.770.801.242,00	127.641.834,00
Beton fc'35 MPa	495.087.789,00	53.813.276,00
Besi Tulangan	3.769.608.630,00	225.241.890,00
Total Biaya (Rp)	6.035.497.662,00	406.697.000,00

Harga satuan pekerjaan beton $fc'30$ MPa adalah Rp1.032.271,00 per m^3 sedangkan pada pekerjaan beton $fc'35$ MPa harga satuan pekerjaan Rp1.085.624,00 per m^3 . Harga satuan pekerjaan besi tulangan Rp12.520,00 per kg. Efisiensi biaya yang didapatkan proyek ditunjukkan pada Tabel 7.

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi biaya pada Tabel 7, didapatkan total efisiensi biaya yang didapatkan sebesar Rp406.697.000,00. Biaya tersebut sangat besar dibandingkan biaya investasi aplikasi BIM 5D seharga Rp127.000.000,00. Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada pekerjaan *quantity take-off* dapat mengurangi sumber daya manusia, namun masih ditemukan kendala pada penggunaannya yang dapat menghambat pekerjaan. Kendala penggunaan aplikasi BIM 5D pada pekerjaan *quantity take-off* yang paling utama adalah tidak adanya *Standard Method of Measurement* untuk pekerjaan BIM sehingga tidak semua standar detail konsultan perencana yang ada di Indonesia dapat diserap oleh aplikasi BIM 5D. Kemampuan atau *skill* pengguna aplikasi BIM 5D juga berpengaruh terhadap hasil perhitungan, jika data yang diinput tidak sesuai dengan standar detail maka hasil tidak akan akurat.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Perbedaan hasil perhitungan *quantity take-off* secara keseluruhan terjadi dikarenakan perbedaan metode dan ketelitian perhitungan volume pekerjaan. Penggunaan aplikasi BIM 5D dapat mengurangi biaya tenaga kerja sebesar Rp171.989.939,00 atau menghemat 6,33%. Nilai efisiensi volume pekerjaan beton $fc'30$ MPa sebesar 7,21%, pekerjaan beton $fc'35$ MPa sebesar 10,87%, dan pekerjaan besi tulangan sebesar 5,98%. Total efisiensi biaya yang didapatkan sebesar Rp406.697.000,00. Biaya tersebut sangat besar dibandingkan biaya investasi aplikasi BIM 5D seharga Rp127.000.000,00. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk menentukan penggunaan aplikasi BIM 5D pada pekerjaan *quantity take-off* di proyek konstruksi gedung bertingkat.

4.2 Saran

Penelitian ini terbatas pada pekerjaan struktur, untuk mengetahui manfaat dari BIM 5D lebih luas perlu dilakukan evaluasi pada pekerjaan arsitektur serta Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (MEP).

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Glodon Indonesia, Greenwoods, dan IQSI. Para penulis dengan tulus menghargai dukungan mereka.

Daftar Kepustakaan

- Anindya, A. A. and Gondokusumo, O. (2020) 'Kajian Penggunaan Cubicost Untuk Pekerjaan Quantity Take Off Pada Proses Tender', *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 4(1), p. 83. doi: 10.24912/jmstkik.v4i1.6718.

- Berlian, C. A. *et al.* (2016) ‘Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya dan Sumber Daya Manusia Antara Metode BIM dan Konvensional (Studi kasus :Perencanaan Gedung 20 Lantai)’, *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), pp. 220–229.
- Christopher, A. D. *et al.* (2021) ‘Studi Awal Efisiensi Penggunaan 5D BIM terhadap Volume Material dan Estimasi Biaya pada Proyek Konstruksi Studi Kasus Rumah Tinggal 2 Lantai’.
- Devia, Y. P. *et al.* (2010) ‘Identifikasi Sisa Material Konstruksi dalam Upaya Memenuhi Bangunan Berkelanjutan’, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 4(3), pp. 195–203.
- Eastman, C. *et al.* (2008) *BIM Handbook*, *BIM Handbook*. doi: 10.1002/9780470261309.
- Kamil, A. A. and Rafli (2019) ‘Perbandingan Pengendalian Biaya Mutu Dan Waktu Menggunakan Metode Konvensional Dan Metode BIM’, *Prosiding Seminar Intelektual Muda #1, Inovasi Ilmu Pengetahuan, Teknologi Dan Seni Dalam Perencanaan dan Perancangan Lingkungan Terbangun*, (April), pp. 27–33.
- Mihindu, S. and Arayici, Y. (2008) ‘Digital construction through BIM systems will drive the Re-engineering of construction business practices’, *Proceedings - International Conference Visualisation, VIS 2008, Visualisation in Built and Rural Environments*, pp. 29–34. doi: 10.1109/VIS.2008.22.
- NIBS (2016) ‘Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States™ | National BIM Standard - United States’, *National Institute of Building Sciences*.
- Nugrahini, F. C. and Permana, T. A. (2020) ‘Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang Dan Tantangan (Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya)’, *Agregat*, 5(2), pp. 459–467.
- Thoengsal, J. *et al.* (2019) ‘Identifikasi Konsep Model Manajemen Pengendalian Inefisiensi Biaya Akibat Sisa Material Konstruksi BUMN’, *Prosiding Konferensi nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KNTPTS)x2019*, (November), pp. 25–34.
- Yudi, A., Ulum, M. S. and Nugroho, M. T. (2020) ‘Perancangan Detail Engineering Desain Gedung Bertingkat Berbasis Building Information Modeling (Studi Kasus : Asrama Institut Teknologi Sumatera)’, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 00(00).