Jurnal TEKNIK SIPIL

Jurnal Teknik Sipil, 19(1), Oktober 2026: 60 – 73
DOI: 10.24002/jts.v19i1.14557
Available Online at: https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jts/issue/archive

BIM-BASED QUANTITY TAKE-OFF: A CASE STUDY OF THE COORDINATING MINISTRY OFFICE COMPLEX IN IKN

Wawan Kurniawan[1*], Dedy Rutama[1], Agastyasa Ghea Amarta[1]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Jakarta Global University
[*]Corresponding authors: wawakurniawa12@gmail.com

Abstract: The use of Building Information Modelling (BIM) 5D technology in the construction industry has become a major and innovative solution for project cost planning and control. This study aims to evaluate the effectiveness and accuracy of using BIM 5D in preparing Engineering Estimates, particularly through the use of Cubicost software (TAS, TRB, and TBQ). The case study was conducted on the Construction Project of the Coordinating Ministry Office Building and Area 1 – Nusantara Capital City (IKN). This study examines how the implementation of BIM 5D can assist in detecting potential design errors through Clash Detection, support weekly and monthly project progress reporting, and improve the accuracy of work volume calculations compared with conventional calculation methods using Microsoft Excel. The results show that the implementation of BIM 5D using Glodon Cubicost is capable of producing more accurate structural and architectural work volume calculations compared with conventional methods, with differences of 4.6% for concrete work, 15.67% for formwork, 14.95% for reinforcement work, 3.95% for brick wall installation, and 47.41% for plastering and wall finishing work. In addition, the use of BIM 5D accelerates the preparation of Engineering Estimates and facilitates cost adjustments due to design changes. The integration of BIM 5D also improves cost estimation transparency and supports more effective project progress monitoring, thereby assisting decision-making during project implementation, particularly in addressing design errors or design changes that occur in the field.

Keywords: BIM 5D, Glodon Cubicost, Quantity Take-off, Estimate, IKN

Abstrak: Penggunaan teknologi *Building Information Modelling* (BIM) 5D dalam dunia konstruksi saat ini menjadi solusi paling utama dan inovatif dalam perencanaan dan pengendalian biaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dan akurasi penggunaan *BIM* 5D dalam menyusun *Engineering Estimate*, khususnya menggunakan *software Cubicost (TAS, TRB*, dan *TBQ*). Studi kasus ini dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan Kantor Kementerian Koordinator 1 IKN. Penelitian ini mengamati bagaimana penggunaan dan implementasi *BIM* 5D dapat membantu mendeteksi potensi kesalahan desain *(Clash Detection)*, membantu dalam melaksanakan pelaporan monitoring progres proyek, dan juga meningkatkan akurasi perhitungan volume pekerjaan dibandingkan menggunakan metode konvensional pada perhitungan menggunakan microsoft excel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan BIM 5D menggunakan *glodon cubicost* mampu menghasilkan perhitungan volume pekerjaan struktur dan arsitektur yang lebih akurat dibandingkan metode konvensional sebesar 4,6 % pada pekerjaan beton, 15,67 % pada pekerjaan bekisting, 14,95 % pada pekerjaan pembesian, 3,95 % pada pekerjaan pasangan dinding bata, dan 47,41 % pada perjaan plester dan aci dinging. Selain itu, penggunaan BIM 5D mempercepat proses penyusunan Engineering Estimate dan mempermudah penyesuaian biaya akibat perubahan desain. Integrasi BIM 5D juga meningkatkan transparansi estimasi biaya serta mendukung monitoring progres proyek secara lebih efektif, sehingga membantu pengambilan keputusan selama pelaksanaan proyek pada beberapa hal dilapangan, seperti saat terjadi kesalahan design atau perubahan design yang terjadi.

Kata kunci: BIM 5D, Glodon Cubicost, *Quantity Take-off*, Estimasi Biaya, IKN

1. PENDAHULUAN

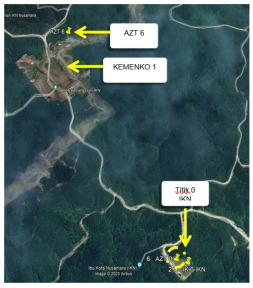
Penggunaan BIM pada bidang konstruksi saat ini menjadi salah satu terobosan yang sedang gencar dicanangkan pada ranah industri konstruksi. Konsep BIM terus berkembang penggunaanya, terlebih sudah diatur oleh pemerintah Indonesia dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 16 Tahun 2021 (Nugraha, 2020). BIM atau *Building Information Modelling* adalah suatu sistem atau teknologi yang mencakup beberapa Informasi penting dalam proses *Design, Construction, Maintenance* yang terintegrasi pada pemodelan 3D. *Building Information Modelling* (BIM) merupakan suatu inovasi dalam bidang konstruksi yang diharapkan mampu mempercepat

proses pelaksanaan proyek, meningkatkan kolaborasi antara seluruh pihak yang terlibat, mengendalikan permasalahan terkait biaya, serta meminimalkan potensi ketidakefisienan, sehingga produktivitas proyek secara keseluruhan dapat dioptimalkan.Industri konstruksi saat ini mengalami perkembangan pesat seiring meningkatnya kompleksitas pada proyek dan kebutuhan efisiensi biaya. Salah satu teknologi yang berkembang adalah Building Information Modelling (BIM), khususnya BIM 5D yang mengintegrasikan dengan model tiga dimensi dengan informasi biaya proyek. Meskipun BIM 5D telah banyak direkomendasikan untuk meningkatkan akurasi perhitungan volume dan efisiensi estimasi biaya, implementasinya di lapangan masih terbatas. Proses penyusunan Engineering Estimate pada banyak proyek masih menggunakan metode konvensional berbasis Microsoft Excel yang berpotensi menimbulkan kesalahan perhitungan dan keterlambatan revisi akibat perubahan desain. Penerapan BIM pada Proyek Kemenko 1 ini sangat diperlukan dikarenakan proyek ini adalah salah satu proyek strategis nasional yang menjadi salah satu bagian dari berbagai paket utama yang masuk tahap awal Pembangunan di IKN. Selain itu kompleksitas pekerjaan pada pekerjaan yang ada juga menjadi salah satu alsan diperlukannya penyusunan estimasi biayaa yang akurat dan effisien Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan BIM 5D menggunakan software Glodon Cubicost dalam meningkatkan akurasi perhitungan volume, efisiensi penyusunan *Engineering Estimate*, serta transparansi estimasi biaya pada proyek konstruksi.

2. METODE PENELITIAN

A. Deskripsi Pekerjaan

Penelitian menggunakan pendekatan studi kasus kuantitatif - komparatif pada Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan Kantor Kementerian Koordinator 1 yang terletak di Kawasan inti pusat pemerintahan di ikn, penajam paser utara – Kalimantan timur. Bangunan yang dikasi direncanakan terdiri atas tujuh lantai dan basement dengan unit analisis berupa item pekerjaan struktur dan arsitektur yang dimodelingkan dengan cubicost TAS dan TRB.



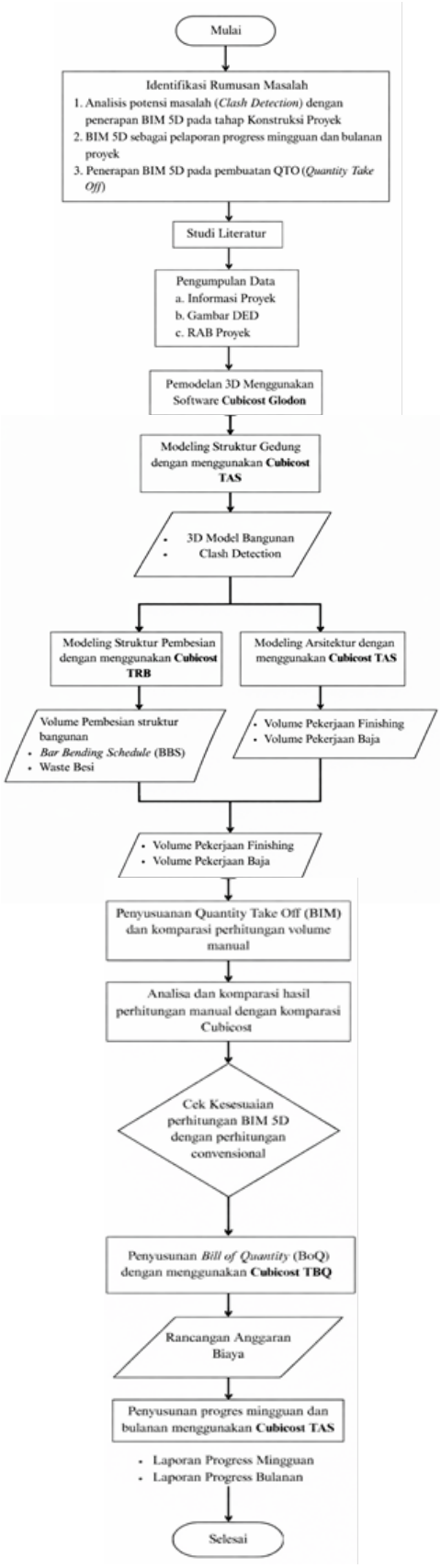
Gambar 1. Lokasi Proyek
(Sumber: *Google Maps 2023*)

B. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Kemenko 1 IKN yang direncanakan setinggi 7 lantai dengan area *basement*. Tahapan penelitian meliputi:

- Pengumpulan Data: Menggunakan dokumen gambar DED dari proyek, Analisa Harga Satuan Pekerjaan dari proyek, serta harga satuan material berdasarkan Peraturan bupati Penajam Paser Utara No. 1 Tahun 2022.
- Pemodelan 3D: Menggunakan *software* Cubicost TAS untuk elemen arsitektur dan TRB untuk elemen struktur.
- Analisis Data: Melakukan *Clash Detection*, *Quantity Take-Off* (QTO), dan membandingkan hasilnya dengan perhitungan konvensional.

Pada penelitian ini Bagan Alir Penelitian ditampilkan dalam Gambar 2. Proses dimulai dengan pengumpulan tahap pengumpulan data, sumber data didapatkan dari dokumen proyek Pembangunan Bangunan Gedung & Kawasan Kementerian Koordinator 1 yang sedang berlangsung pada lokasi tinjauan.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui tahapan: (1) identifikasi kebutuhan data dan batasan pekerjaan; (2) pengumpulan DED, BoQ, data harga satuan proyek, dan standar harga daerah; (3) pemodelan elemen struktur dan arsitektur pada Cubicost TAS serta pembesian pada TRB; (4) pemeriksaan visual dan identifikasi konflik desain; (5) ekstraksi QTO; (6) penyusunan perhitungan konvensional sebagai pembanding; (7) analisis selisih dan persentase deviasi; (8) validasi melalui penelusuran model terhadap DED dan pemeriksaan ulang aritmatik; dan (9) penyusunan EE menggunakan volume yang telah diperiksa.

Sumber data primer berasal dari dokumen proyek yang diperoleh dari kontraktor pelaksana, yaitu DED struktur dan arsitektur, BoQ, serta data harga satuan yang digunakan dalam penyusunan EE. Sumber sekunder meliputi regulasi dan literatur ilmiah terkait BIM, QTO, dan estimasi biaya. Peraturan Bupati Penajam Paser Utara No. 1 Tahun 2022 digunakan sebagai salah satu acuan harga satuan sesuai data penelitian.

Pemodelan 3D dilakukan menggunakan Cubicost TAS untuk elemen struktur beton, bekisting, dan arsitektur, sedangkan Cubicost TRB digunakan untuk pembesian. Pemilihan perangkat didasarkan pada kesesuaian fungsi dengan jenis kuantitas yang dianalisis serta ketersediaan data detail penulangan pada DED.

Analisis data mencakup QTO, perbandingan dengan metode konvensional, serta pemeriksaan konflik desain. Parameter kuantitatif utama adalah selisih volume absolut ($Sv = |Vc - Vk|$) dan persentase deviasi terhadap metode konvensional ($Psv = Sv/Vk \times 100\%$). Vc adalah volume hasil Cubicost dan Vk adalah volume hasil perhitungan konvensional.

Pemilihan sampel pekerjaan dilakukan secara purposive, yaitu memilih item yang: (a) terdapat pada DED dan BoQ; (b) memiliki informasi geometrik atau penulangan yang cukup untuk dimodelkan; (c) memiliki hasil QTO yang dapat diekspor dari Cubicost; dan (d) tersedia pembanding konvensional. Sampel mencakup pilecap, balok/tiebeam, pelat lantai, kolom, pasangan dinding bata ringan, plesteran, dan acian. Pemilihan ini dimaksudkan untuk mencakup pekerjaan dengan karakteristik kuantitas dan tingkat kompleksitas yang berbeda, bukan untuk mewakili seluruh jenis pekerjaan proyek.

3. HASIL & PEMBAHASAN

Alat dan bahan penellitian

Aplikasi yang digunakan untuk pemodelan 3D pada pembuatan jurnal ini adalah *Glodon* Cubicost *Glodon*. Metode pemodelan juga diklasifikasikan dan dimodelkan dalam bentuk sub-komponen. Ini sesuai dengan sebagian besar perangkat lunak desain BIM yang ada di pasaran. Jadi, transfer data model antara hulu dan hilir menjadi mudah karena dapat di ubah dalam bentuk file (ifc). Cubicost memungkinkan penggunanya untuk memeriksa, memodifikasi, dan mengedit model perangkat lunak desain hulu sesuai dengan persyaratan *Quantity Take-off* hilir. Perangkat lunak *Quantity Take-off* lainnya juga sangat baik dalam menelusuri model BIM hulu.

a. Permodelan Cubicost TAS

Take-Off Architecture and Structure (TAS) adalah perangkat lunak (software) Cubicost untuk menghitung volume pekerjaan Struktur beton bekisting dan juga untuk perhitungan pekerjaan arsitektur.

Perhitungan volume diawali dengan membuat permodelan struktur bangunan menggunakan *software* cubicost *TAS* untuk mendapatkan volume pekerjaan struktur beton dan bekisting, setelah itu selesai modeling struktur bisa dilanjutkan dengan export file TAS ke file *cubic* untuk di *import* ke *software* cubicost *TRB.*

b. Permodelan Cubicost TRB

Take-Off Reinforcement Bar (TRB) adalah perangkat lunak (*software*) Cubicost untuk menghitung volume pekerjaan pembesian dan untuk bisa digunakan untuk membuat rencana BBS atau Bar Bending Schedule.

Permodelan struktur ini dimulai dengan memodelkan *axis grid,* kemudian dilanjutkan dengan elemen-elemen struktur bawaah seperti borepile dan struktur atas seperti pilecap, kolom, sloof, balok, plat lantai, dan *retaining wall*, atau bisa juga *import file* dari *modeling* Cubicost TAS untuk dilanjutkan modeling penulangan besi pada Cubicost TRB. Permodelan penulangan besi pada Cubicost TRB mengacu pada gambar standart detail dan denah penulangan besi dari gambar detail penulangan.

Pengecekan konflik desain (*clash detaction)*

Clash detaction adalah cara mendeteksi kesalahan desain pada perencanaan atau dalam proses pengecekan kembali sebelum pekerjaan dilakukan di lapangan, yang bertujuan untuk mencegah kesalahan pada saat pelaksanaan pekerjaan, serta meningkatkan koordinasi antar tim serta dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan. Fitur *clash detaction* sangat umum pada *software* BIM.

Penyusunan *quantity take-off* (qto) dan komparasi perhitungan konvensional

Perhitungan QTO yang dihasilkan dari Cubicost TAS dan Cubicost TRB selanjutnya akan disandingan dengan perhitungan konvensional yang didapatkan dari data proyek. Komparasi QTO tersebut akan dihitung selisih biaya dan persentasi selisih volume yang dihasilkan dari kedua metode tersebut untuk diketahui seberapa efektif penggunaan software Cubicost.

Analisa komparasi perhitungan konvensional dengan *software* cubicost

Analisa perhitungan ini dilakukan pada beberapa sampel disetiap pekerjaan, untuk memastikan bahwa perhitungan yang dilakukan sudah sesuai dan benar. Setelah itu dilakukan kalkulasi dan analisis perbandingan volume hasil dari export Quantity Take-Off Cubicost TAS dan TRB dengan perhitungan konvensional. Ketika hasil perhitungan Cubicost TAS dan TRB telah didapatkan, hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan perhitungan menggunakan Microsoft Excel dengan menggunakan rumus selisih volume (Sv) sebagai berikut.

$$Sv = Vc - Vk \quad (1)$$

Sv = Selisih Volume

Vc = Volume hasil *Quantity Take-Off*-menggunakan software Cubicost

Vk = Volume hasil *Quantity Take-Off* menggunakan perhitungan konvensional

Setelah didapatkan hasil selisih volume, maka digunakan rumus persentase selisih volume di bawah ini.

$$P_{sv} = \frac{Sv}{Vk} \times 100\% \quad (2)$$

Psv = Persentase Selisih Volume

Sv = Selisih Volume

Vk = Volume hasil *Quantity Take-Off*-menggunakan perhitungan konvensional

Analisa pengolahan data

Data yang diperoleh dari kontraktor diolah dan dianalisis dengan menggunakan software Cubicost TAS & TRB yang berbasis BIM 5D. Dari permodelan ini dapat dijelaskan bahwa BIM 5D dapat melakukan output perhitungan volume untuk sebagai dasar estimasi biaya.

Dengan menggunakan teknologi BIM pada penelitan ini, data yang diperoleh dari permodelan 3D bisa diolah untuk dasar perhitungan volume pekerjaan khususnya pada pekerjaan struktur dan arsitektur. Selanjutnya adalah tahapan tahapan proses memasukkan spesifikasi komponen komponen dari gambar untuk dijadikan permodelan 3D

A. Permodelan Cubicost TAS

Model 3D secara keseluruhan dapat terlihat setelah seluruh elemen struktur, seperti foot plat, kolom, balok, dan pelat di setiap lantai, selesai dimodelkan. Visualisasi akhir ini dihasilkan menggunakan Cubicost *TAS C-V*. Model 3D secara keseluruhan dapat terlihat setelah seluruh elemen arsitektur, seperti finishing lantai, finishing dinding, dan Plafon di setiap lantai, selesai dimodelkan. Visualisasi akhir ini dihasilkan menggunakan Cubicost TAS C-V

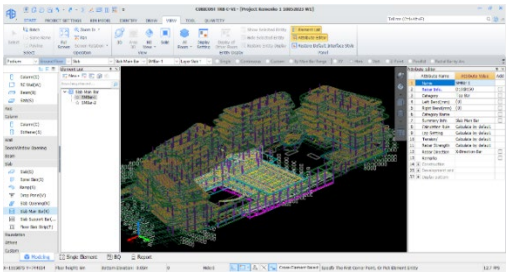


Gambar 3. Hasil Permodelan Cubicost *TAS*

B. Permodelan Cubicost TRB

Pada Cubicost TRB ada 2 tahapan permodelan. Yang pertama memulai tahapan permodelan seperti yang dilakukan permodelan pada Cubicost TAS, dan tahapan permodelan yang kedua adalah dengan import file dari Cubicost TAS ke Cubicost TRB

Hasil dari 3D keseluruhan permodelan dapat dilihat semua elemen, dari borepile, kolom, tiebeam/balok dan plat lantai pada setiap lantai yang sudah dimodelkan. Hasil permodelan dari keseluruhan Cubicost TRB dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Hasil Pemodelan Penulangan dengan TRB

Setelah semua permodelan pembesian pada Cubicost selesai dilanjutkan dengan pengecekan clash detaction pada permodelanya.

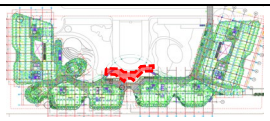
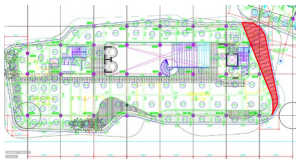
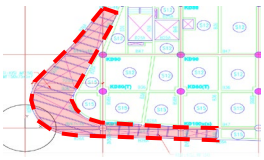
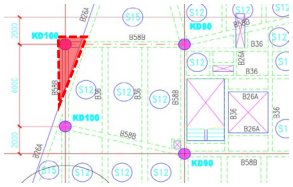
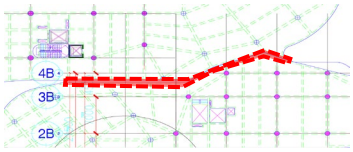
Pengecekan *clash detaction* pada modeling bim

Clash Detection pada *Software* Cubicost *TAS & TRB* memang bukan menjadi fokus utama pada fungsi *software* ini, namun pada Cubicost *TAS & TRB* tetap digunakan pengecekan untuk *clash detaction* pada permodelan yang sudah dibuat. Terutama yang bisa digunakan untuk pengecekan adalah menggunakan Cubicost TAS lebih ke visual dari permodelan tersebut.

A. Identifikasi *Clash Detaction* pada Pemodelan Cubicost

Setelah semua permodelan menggunakan software Cubicost selesai maka dilakukanlah pengecekan terhadap clash atau konflik pada ppermodelan tersebut, dan ternyata ditemukan lah beberapa *clash*/konflik pada beberapa pekerjaan struktur terhadap pekerjaan aristektur. Yang mana hal tersebut mengakibatkan untuk dilakukannya review atau perubahan terhadap design yang sudah ada.

Tabel 1. Hasil *Clash Detaction*

No.	Gambar	Item Pekerjaan	Lokasi	Keterangan	Saran
1		Pekerjaan Sruktur	Mezanin lantai 2 As IB - AC	Terdapat area mezanin yang tidak terakomodit struktur	Perlu penambahan struktur diarea mezanin lantai 2
2		Kantilever	Kanopi Tower 1 - 4	Area Balok kantilever menggunakan beton dengan bentuk geometri melengkung	Mengganti Material kantilever menggunakan baja Untuk mempermudah pelaksanaan
3		Kantilever	Kantilever Tower 1 - 4	Menambah penutup / cover acp untuk menutup kantilever baja	
4		Pekerjaan Sruktur	TOWER 1 As 1-B-C, Lantai 2	Terdapat void antara pertemuan kolom dan balok, sehingga perlu diberikan penutup (berupa vegetasi dll), atau pembatas (berupa railling)	'- Menambah Luasan plat - Meberi railling sebgai pembatas void - Menambahkan area vegetasi berupa tanaman rambat
5		Dilatasi	Semua Lantai, Pertemuan antar tower	tidak disebutkan material finisihing dilatasi antar tower	Menggunakan expansion joint

Dari tabel di atas terdapat *Clash* dari hasil permodelan *glodon* cubicost, yang mana setelah penemuan beberapa clash dari table di atas maka selanjutnya adalah dilakukannya beberapa hal diantaranya adalah:

a. Pelaporan dan dokumentasi dari permodelan tersebut
b. Dilakukannya rapat koordinasi untuk mereview dan melakukan design ulang / revisi pada area yang terdapat clash
c. Koordinasi antar disiplin untuk memastikan desain terbaru sudah sesuai dengan hasil koordinasi dan kesepkatan Bersama sesuai dengan kaidah teknis

Quantity take off menggunakan metode *building information modelling*

Output *quantity* atau mengeluarkan hasil volume hasil dari permodelan pada Cubicost TAS & Cubicost TRB. Untuk membantu hasil volume bisa di komparasi dengan hitungan manual makan output dari *Quantity take off* tersebut memerlukan bantuan dari software *Microsoft excel*. Adapun rincian dan rekapitulasi dan hasil perhitungan cubicost sebagai berikut :

Tabel hasil perhitungan volume struktur dari Cubicost *TAS & TRB* :

Tabel 2. Rekapitulasi Volume Struktur Beton, Bekisting & Besi

No	Uraian	Vol Beton (m^3)	Vol Bekisting (m^2)	Vol Besi (kg)
1.	Pilecap	3.029,41	4.238,59	531.416,25
2.	Balok & Tiebeam	9.854,01	6.561,93	1.655.758,05
3.	Plat Lantai	6.205,89	43.087,80	874.809,36
4.	Kolom	3.679,33	15.566,52	968.777,07
		22.768,635	**66.261,44**	**4.030.760,73**

Dari tabel 2 menampilkan rekapitulasi volume hasil dari modeling menggunkan cubicost. Data yang disajikan berdasarkan pekerjaan struktur meliputi, pekerjaan pilecap, balok & tiebeam, plat lantai dan kolom. Hasil rekapitulasi volume menunjukan pekerjaan beton sebesar

22.768,645 m^3, pekerjaan bekisting 66.261,44 m^2, dan pekerjaan pembesian sebesar 4.030.760,76 kg.

Untuk rincian tabel rekap volume dari setiap pekerjaan tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan Struktur Pilecap Cubicost *TAS*

Classification Condition	Quantity	
Zone	**Volume (m^3)**	**Area of formwork (m^2)**
Podium	641,21	2.683,22
Tower 1	823,01	3.456,20
Tower 2	631,47	2.718,82
Tower 3	693,45	2.937,08
Tower 4	890,19	3.771,21
Total	**3.679,33**	**15.566,52**

Tabel di atas adalah hasil hasil keluaran *Quantity take off (QTO)* atau perhitungan volume beton dan bekisting dari permodelan pilecap pada Cubicost *TAS.*

Tabel 4. Hasil perhitungan Struktur Tiebeam & Balok Cubicost TRB

Classification Condition	Rebar Weight (kg)						Summary (kg)
Zone	**Rebar Diameter (mm)**						
	10	**13**	**16**	**19**	**22**	**25**	
Podium	48.585,81	21.399,63	1.247,16	28.359,52	104.159,88	-	203.752,00
Tower 1	117.618,79	38.465,08	6.403,64	119.072,92	163.997,54	5.951,86	451.509,83
Tower 2	68.311,15	27.403,17	1.258,45	67.388,19	97.697,98	5.554,95	267.613,89
Tower 3	70.646,68	28.607,35	1.628,70	72.148,52	98.610,82	8.369,47	280.011,54
Tower 4	120.962,68	32.375,49	18.791,36	124.895,93	148.515,87	7.329,46	452.870,79
Total	426.125,11	148.250,72	29.329,32	411.865,07	612.982,09	27.205,75	1.655.758,06

Tabel di atas adalah hasil keluaran *Quantity take off (QTO)* atau perhitungan volume pembesian dari permodelan tiebeam dan balok pada Cubicost *TRB.*

Tabel 5. Hasil perhitungan Struktur Tiebeam & Balok Cubicost *TAS*

Classification Condition	Quantity		
	Volume (m^3)	**Area of formwork (m^2)**	**Area of formwork to side of beam (m^2)**
Podium	1.142,71	7.016,10	5.339,29
Tower 1	2.658,16	14.540,09	10.914,01
Tower 2	1.574,11	9.318,94	6.995,30
Tower 3	1.616,63	9.630,12	7.227,32
Tower 4	2.862,40	15.812,56	11.976,33
Total	9.854,00	56.317,82	42.452,20

Tabel di atas adalah hasil keluaran *Quantity take off (QTO)* atau perhitungan volume beton dan bekisting dari permodelan tiebeam dan balok pada Cubicost *TAS.*

Tabel 6. Hasil perhitungan Struktur Plat Lantai Cubicost TRB

Classification Condition	Rebar Weight (kg)			Summary (kg)
Zone	**Rebar Diameter (mm)**			
	10	**13**	**16**	
Podium	124.253,35	4.774,47	-	129.027,82
Tower 1	203.973,97	-	-	203.973,97
Tower 2	141.217,55	-	-	141.217,55
Tower 3	158.183,70	6.424,35	-	164.608,05
Tower 4	218.780,67	11.770,17	5.431,12	235.981,96
Total	846.409,25	22.968,99	5.431,12	874.809,36

Tabel di atas adalah hasil keluaran *Quantity take off (QTO)* atau perhitungan volume pembesian dari permodelan plat lantai pada Cubicost *TRB.*

Tabel 7. Hasil perhitungan Struktur Plat Lantai Cubicost *TAS*

Classification Condition	Quantity		
	Volume (m^3)	Area of formwork (m^2)	Area of formwork to side of beam (m^2)
Podium	996,527	7.661,369	6.398,759
Tower 1	1.554,689	14.237,699	11.086,847
Tower 2	967,931	8.766,051	6.821,470
Tower 3	1.113,177	9.845,187	7.756,627
Tower 4	1.573,563	14.343,542	11.024,104
Total	6.205,89	54.853,85	43.087,81

Tabel di atas adalah hasil keluaran *Quantity take off (QTO)* atau perhitungan volume beton dan bekisting dari permodelan plat lantai pada Cubicost *TAS.*

Tabel 8. Hasil perhitungan Struktur Kolom Cubicost *TRB*

Classification Condition	Rebar Weight (kg)				Summary (kg)
Zone	Rebar Diameter (mm)				
	13	16	19	25	
Podium	57.464,67	-	199,60	124.722,44	182.386,71
Tower 1	74.508,98	912,87	-	151.064,04	226.485,88
Tower 2	55.346,23	-	610,83	102.084,82	154.041,88
Tower 3	59.511,32	852,21	-	110.018,39	170.381,93
Tower 4	77.652,22	1.859,64	-	151.968,81	231.480,67
Total	324.483,42	3.624,72	810,43	639.858,50	968.777,07

Tabel di atas adalah hasil keluaran *Quantity take off (QTO)* atau perhitungan volume pembesian dari permodelan kolom pada Cubicost *TRB*

Tabel 9. Hasil perhitungan Struktur Kolom Cubicost *TRB &* Cubicost *TAS*

Classification Condition	Quantity	
Zone	Volume (m^3)	Area of formwork (m^2)
Podium	641,21	2.683,22
Tower 1	823,01	3.456,20
Tower 2	631,47	2.718,82
Tower 3	693,45	2.937,08
Tower 4	890,19	3.771,21
Total	3.679,33	15.566,52

Tabel di atas adalah hasil keluaran *Quantity take off (QTO)* atau perhitungan volume beton dan bekisting dari permodelan kolom pada Cubicost *TAS.*

Setelah selesai permodelan dan *output* hasil *Quantity take off (QTO)* pada pekerjaan struktur, maka dilanjutkan dengan pengecekan output hasil *Quantity take off (QTO)* pada pekerjaan arsitektur pada pekerjaan dinding bata dan plester aci dengan tabel sebagai berikut

Tabel 10. Hasil perhitungan Arsitektur Pasangan dinding Cubicost *TAS*

Uraian	Sat	Vol		
		Pas Bata	Plesteran	Acian
Podium	m^2	1.993,89	2.309,25	2.280,81
Tower 1	m^2	7.712,01	9.996,38	9.935,78
Tower 2	m^2	7.349,49	9.650,85	9.597,03
Tower 3	m^2	7.303,02	6.193,43	6.154,07
Tower 4	m^2	8.385,35	7.885,11	7.847,17
Total		32.743,75	36.035,01	35.814,86

Dari tabel menampilkan hasil rekapitulasi volume arsitektur pasangan dinding hasil dari modeling menggunkan cubicost. Data yang disajikan berdasarkan pekerjaan arsitektur meliputi, pekerjaan pasangan dinding bata ringan, plesteran & acian. Hasil rekapitulasi volume menunjukan pekerjaan pasangan bata ringan sebesar 32.743,75 m^2, pekerjaan plesteran 36.035,01 $m^{2,}$, dan pekerjaan acian sebesar 35.814, 86 m^2.

Analisa perbandingan volume

Pada proses analisa ini dilakukan untuk pengecekan ulang dan serta menbandingkan data volume pekerjaan yang sudah dimodeling menggunakan cubicost terhadap perhitungan

konvensional sesuai dengan gambar kerja dan kemudian di rekap pada tabel di excel. Adapun parameter yang digunakan untuk analisis perbandingan perhitungan volume. Dari parameter tersebut, maka akan dapat disimpulkan seberapa efektifnya penggunaan cubicost dalam penerapan untuk Engineering Estimate atau perhitungann Bill of Quantity. Berikut adalah tabel pebandingan volume pekerjaan yang sudah di modeling dan di hitung secara konvensional :

A. Rekapitulasi Perhitungan Konvensional

Rekap hasil perhitungan volume struktur dengan metode Konvensional dapat dilihat pada tabel berikut. Rekapitulasi Perhitungan volume pekerjaan Struktur beton, bekisting dan besi.

Tabel 11. Rekap Volume Perhitungan Struktur Beton, Bekisting & Besi konvensional

No	Uraian	Beton (m^3)	Bekisting (m^2)	Besi (kg)
1.	Pilecap	3.368,36	4.061,13	541.511,60
2.	Balok & Tie-beam	9.945,09	5.556,13	2.614.246,13
3.	Plat Lantai	6.561,93	45.468,834	738.369,37
4.	Kolom	3.699,01	16.424,56	1.120.153,29
		23.574,39	**66.261,44**	**5.014.280,40**

Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan volume pekerjaan pasangan dinding bata, plesteran dan acian

No	Uraian	Bata (m^2)	Plester (m^2)	Acian (m^2)
1.	Podium	2.380,14	49.41,79	49.41,79
2.	Tower 1	8.043,75	17.667,38	17.667,38
3.	Tower 2	7.637,53	16.981,38	16.981,38
4.	Tower 3	7.633,60	17.036,51	17.036,51
5.	Tower 4	8.852,97	19.323,11	19.323,11
		34.548,01	**75.950,18**	**75.950,18**

Dari tabel di atas untuk perhitungan volume dijadikan analisis perbandingan volume cubicost dengan volume perhitungan metode konvensional untuk mengetahui selisih perbedaan volume serta persentase pada setiap elemen pekerjaan.

B. Analisa Perbandingan Volume BIM dengan Konvensional

Tabel 13. Perbandingan Volume Beton

Rekap Beton					
No	Uraian	Vol Cubicost	Vol Manual	Deviasi	Persentase
		a	b	c = b-a	d = b/a
1	Pekerjaan Pilecap	3.029,41	3.368,36	338,95	111,2%
2	Pekerjaan Tiebeam & Balok	9.854,01	9.945,09	91,08	100,9%
3	Pekerjaan Plat Lantai	6.205,89	6.561,93	356,04	105,7%
4	Pekerjaan Kolom	3.679,33	3.699,01	19,68	100,5%
	Total	22.768,635	23.574,399	805,764	104,60%

Berdasarkan tabel 4.14 terdapat persentase selisih volume beton sebesar 4,6 % secara komulatif dengan selisih volume sebesar 805,764 m^3. Pada metode konvensional secara perhitungan menghasilkan volume yang lebih besar dikarenakan penggunaan asumsi dimensi pada pekerjaan pilecap dan plat lantai, dengan selisih secara berurutan sebesar 11,2 % pada pilecap dan 5,7 % pada plat lantai. Perbedaan ini dapat dijadikan bahan evaluasi untuk menentukan metode perhitungan yang lebih efektif dan akurat. Pada tahap ini, penggunaan *BIM* Cubicost lebih akurat.

C. Analisa Perbandingan Perhitungan Pekerjaan Bekisting

Tabel 14. Perbandingan PerhitunganVolum Bekisting

Rekap Bekisting					
No	Uraian	Vol Cubicost	Vol Manual	Deviasi	Persentase
		a	b	c = b-a	d = b/a
1	Pekerjaan Pilecap	3.368,52	4.061,13	692,62	120,6%
2	Pekerjaan Tiebeam & Balok	4.238,60	5.556,13	1.317,54	131,1%
3	Pekerjaan Plat Lantai	43.087,81	45.468,83	2.381,03	105,5%
4	Pekerjaan Kolom	15.566,52	16.424,56	858,04	105,5%
	Total	66.261,439	71.510,664	5.249,225	115,67%

Berdasarkan tabel di atas terdapat persentase selisih volume bekisting sebesar 15,67 % secara komulatif dengan selisih volume sebesar 5.249,225 m^2. Pada metode konvensional secara perhitungan menghasilkan volume yang lebih besar dikarenakan penggunaan asumsi dimensi pada pekerjaan pilecap, tiebeam dan balok, dengan selisih secara berurutan sebesar 20,6 % pada pilecap dan 31,1 % pada tiebeam dan balok. Perbedaan pada volume tersebut disebabkan oleh belum dikuranginya beberapa pertemuan beberapa elemen, seperti pengurang luas ukuran tiebeam pada pilecap, dan pengurang kolom dan plat lantai pada tiebeam dan balok. Pada tahap ini,

penggunaan *BIM* Cubicost masih lebih akurat dalam perhitungan volume konstruksi.

D. Analisa Perbandingan Perhitungan Pekerjaan Besi

Tabel 15. Perbandingan Volume Besi

Rekap Besi					
No	Uraian	Vol Cubicost	Vol Manual	Deviasi	Persen-tase
		a	b	c = b-a	d = b/a
1	Pekerjaan Pilecap	531.416,25	541.511,60	10.095,35	101,9%
2	Pekerjaan Tiebeam & Balok	1.655.758,06	2.614.246,13	958.488,07	157,9%
3	Pekerjaan Plat Lantai	874.809,36	738.369,37	136.439,99	84,4%
4	Pekerjaan Kolom	968.777,07	1.120.153,30	151.376,23	115,6%
Total		4.030.760,729	5.014.280,402	983.519,673	114,95%

Berdasarkan tabel di atas terdapat persentase selisih volume pembesian sebesar 14,95 % secara komulatif dengan selisih volume sebesar 983.519,673 kg. Pada perhitungan metode konvensional menghasilkan volume yang lebih besar dan lebih kecil, hal ini dikarenakan penggunaan perhitungan secara rasio pembesian pada setiap elemen pekerjaan, yang membuat nilai perhitungan menjadi inkonsisten. Perbedaan selisih volume pembesian meliputi pada pekerjaan plat lantai, kolom, tiebeam dan balok, dengan selisih secara berurutan sebesar -16,6 % pada plat lantai, 15,6 % pada kolom, dan 57,9 pada tiebeam dan balok.. Pada tahap ini, penggunaan *BIM* Cubicost masih lebih akurat dalam perhitungan volume konstruksi.

E. Analisa Perbandingan Pehitungan Arsitektur Pasangan Dinding Bata, Plester & Acian

Tabel 16. Perbandingan Volume Pas Dinding Bata

Perbandingan Volume Pas Dinding Bata					
No	Uraian	Vol Cubicost	Vol Manual	Deviasi	Persentase
		a	b	c = b-a	d = b/a
1	Podium	1.993,89	2.022,32	28,43	101,4%
2	Tower 1	7.712,01	8.043,76	331,75	104,3%
3	Tower 2	7.349,49	7.637,53	288,04	103,9%
4	Tower 3	7.303,02	7.633,61	330,59	104,5%
5	Tower 4	8.385,35	8.852,97	467,63	105,6%
Total		32.743,754	34.190,186	1.446,432	103,95%

Berdasarkan tabel terdapat persentase selisih volume pasangan bata sebesar 3,95 % secara komulatif dengan selisih volume sebesar 1.446,432 m^2. Pada perhitungan metode konvensional menghasilkan volume yang lebih besar. Pada tahap ini, penggunaan *BIM* Cubicost masih lebih akurat dalam perhitungan volume konstruksi.

Tabel 17. Perbandingan Volume Plesteran

Perbandingan Volume Plesteran					
No	Uraian	Vol Cubicost	Vol Manual	Deviasi	Persentase
		a	b	c = b-a	d = b/a
1	Podium	2.309,25	2.966,24	657,00	128,5%
2	Tower 1	9.996,38	12.069,88	2.073,50	120,7%
3	Tower 2	9.650,85	12.245,10	2.594,25	126,9%
4	Tower 3	6.193,43	11.102,23	4.908,80	179,3%
5	Tower 4	7.885,11	14.330,37	6.445,26	181,7%
Total		36.035,010	52.713,825	16.678,815	147,41%

Berdasarkan tabel tersebut tedapat persentase selisih volume plesteran sebesar 47,41 % secara komulatif dengan selisih volume sebesar 16.678,815 m^2. Pada perhitungan metode konvensional menghasilkan volume yang lebih besar yang disebabkan secara perhitungan konvensional, perhitungan tinggi plesteran semua disama ratakan tingginya, sementara pada modeling cubicost sudah bisa di buat ketinggian sesuai dengan ruang yang ada. Pada tahap ini, penggunaan *BIM* Cubicost masih lebih akurat dalam perhitungan volume konstruksi.

Tabel 18. Perbandingan Volume Acian

Perbandingan Volume Acian					
No	Uraian	Vol Cubicost	Vol Manual	Deviasi	Persen-tase
		a	b	c = b-a	d = b/a
1	Podium	2.280,81	2.922,48	641,67	128,1%
2	Tower 1	9.935,78	11.644,07	1.708,29	117,2%
3	Tower 2	9.597,03	11.937,38	2.340,35	124,4%
4	Tower 3	6.154,07	11.484,58	5.330,51	186,6%
5	Tower 4	7.847,17	13.985,25	6.138,08	178,2%
Total		35.814,860	51.973,761	16.158,901	146,91%

Berdasarkan tabel tersebut tedapat persentase selisih volume acian sebesar 46,91 % secara komulatif dengan selisih volume sebesar 16.158,901 m^2. Sama seperti pada perhitungan plesteran, untuk perhitungan acian dinding ini, secara area disamakan dengan area yang diplester, yang mana seharusnya dirincikan setiap ruang untuk mendapatkan volume yang lebih effisien. Pada tahap ini, penggunaan *BIM* Cubicost masih lebih akurat dalam perhitungan volume konstruksi.

Dari hasil perbandingan volume pekerjaan di atas maka bisa dijelaskan menggunakan parameter tabel berikut :

Tabel 19. Tabel Parameter perbandingan hasil analisis evaluasi metode BIM dengan Metode Konvensional

No	Parameter	BIM Cubicost	Konvensional	Evaluasi Perbandingan
1	Cara Perhitungan	Perhitungan berbasih pada permodelan 3D, volume dihitung otomatis dari elemen 3D	Perhitungan Manual berdasarkan gambar 2D dan asumsi perhitungan	Bim Cubicost Lebih sistematis dan praktis dalam perhitungan
2	Tingkat Ketelitian	Tingkat ketelitian yang tinggi sampai pada arah pertemuan elemen diperhitungkan	Relatif rendah karena banyak penyederhanaan dalam asumsi perhitungan	Bim Cubicost Lebih Akurat
3	Waktu Pengerjaan dan kemudahan revisi	Pengerjaan cepat dan revisi otomatis sesuai dengan model yang diubah	Perlu pengecekan ulang terhadap gambar 2D, dan riskan kesalahan aritmatik	Bim Cubicost Lebih effisen waktu pengerjaan
4	Konsistensi data	Konsisten dikarenakan bersumber dari 1 model 3D	Berpotensi salah dalam aritmatik antar tabel	BIM lebih konsisten
5	Visualisasi	Terdapat Visualisasi 3D untuk diverivikasi	Belum terdapat visualisasi	BIM Lebih unggul
6	Potensi Miss Item	Potensi miss akan muncul di modeling untuk terdeteksi	Potensi miss yang besar tergantung ketelitian dari estimator	BIM Lebih aman
7	Tracking perubahan	Tracking perubahan tercatat dan terupdate sesuai dengan gambar lampiran	Sulit dilacak perubahan pada perhitungan manual	BIM Lebih unggul
8	Integrasi pengerjaan	Terintegrasi antar permodelan Cubicost TRB dan TAS	Terpisah antar pengerjaan	BIM sudah terintegrasi
9	Standarisasi perhitungan dan format	Standar perhitungan seragam sesuai dari program Cubicost	Tidak seragam, tergantung dari penyusun perhitungan	BIM lebih ada standart
10	Kemampuan *Clash detaction*	Tersedia untuk pengecekan *Clash detaction*	Tidak tersedia	Hanya ada paada program BIM

Dari tabel parameter tersebut bisa disimpulkan bahwa penggunaan metode BIM Cubicost sebagai program pembantu untuk penyusunan *Engineering Estimate* lebih baik pada semua aspek parameter. Keunggulan yang signifikan terdapat pada hasil akurasi perhitungan, effisiensi pengolahan data, integrasi antar software dan pengecekan atau clash detection pada setiap lini pekerjaan. Yang mana semua hal tersebut akan sangan berdampak pada pembuatan Bil off quantity dan monitoring kebutuhan material dilapangan.

Penyusunan *bill of quantity / engineer estimate*

Pada penyusunan *bill of quantity* (Boq) / EE menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Sesuai dengan Permen PUPR No :28/PRT/M/2016 tentang analisis Harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum, serta menggunakan Peraturan bupati Penajam Paser Utara (Peraturan Bupati Penajam Paser Utara No 1 Tahun 2022 dan Peraturan Bupati Penajam Paser Utara No 1 Tahun 2022). Untuk penyusunan harga dasar tenaga kerja dan harga material, serta Junal HSBBKI Edisi tahun XXVIII – 2022 yang didapatkan dari data kontraktor pelaksana. Secara umum penyusunan BoQ didapatkan dengan rumus berikut:

$$RAB = \sum (volume)\ x\ Harga\ Satuan \qquad (3)$$

Rumus di atas dimasukkan kedalam format Microsoft excel sesuai dengan format standar dari Kementerian PUPR.

Berikut adalah penyusunan dalam pembuatan BoQ pada penelitian ini.
Hal pertama yang dilakukan dalam penyusunan Bill of Quantity adalah terdapatnya volume volume pada pekerjaan sesuai dengan gambar kerja atau gambar DED, yang mana pada penelitian ini dilakukan dengan methode permodelan BIM 5D dengan menggunakan software cubicost. Untuk volume/quantity pada cubicost sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

a. Setelah didapatkannya volume pekerjaan maka dilakukanlah penyusunan Analisa Harga Satuan Pekerjaa (AHSP).
b. Setelah selesai memasukan daftar harga dan volume pekerjaan, maka dilanjutkan dengan pengecekan *aritmatik* pada file excel *BoQ* tersebut, yang mana fungsinya adalah untuk pengecekan kembali terhadap penjumlahan atau perkalian dalam rumus excelnya tersebut.

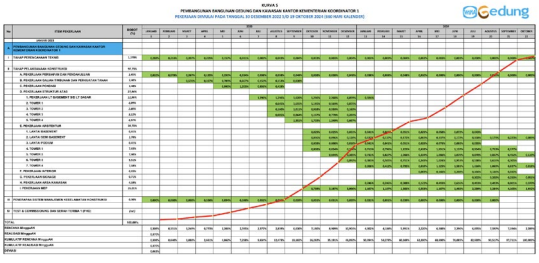
Penyusunan *time schedule* / kurva s

Penyusunan ini pembuatan *time schedule* ini menggunakan barchat yang dikombinasi dengan Kurva S. Penyusunan dan pembuatan ini menggunakan bantuan software Microsoft Excel. Dengan catatan item pekerjaan sesuai dengan nilai Bo Qatau EE yang ada.

Sebelum mulai membuat kurva S, langkah awal adalah penghitungan bobot persentase pekerjaan berdasarkan nilai BoQ. Bobot pekerjaan dihitung dengan cara nilai jumlah pekerjaan dibagi dengan nilai total keseluruhan pekerjaan dikalikan 100%. Rumus perhitungan bobot pekerjaan adalah sebagai berikut.

$$Bobot\ Pekerjaan\ (\%) = \frac{Jumlah\ Nilai\ Pekerjaan}{Totoal\ Nilai\ Pekerjaan}\ x\ 100\% \quad (4)$$

Perhitungan bobot pada setiap pekerjaan ini digunakan untuk mempermudah penyusunan terhadap durasi pekerjaan. Berikut adalah hasil kurva S rencana pada proyek ini.



Gambar 5. Barchat dan Kurva S Mingguan

Dari data kurva S tersebut maka dijadikan acuan untuk pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan item pekerjaan yang sudah direncanakan dan dijadwalkan, dan juga, dari data itu dijadikan lampiran untuk laporan progress mingguan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan *Building Information Modelling* (BIM) 5D menggunakan perangkat lunak Glodon Cubicost (TAS, TRB, dan TBQ) menunjukkan potensi sebagai program bantu dalam penyusunan *Engineering Estimate*, khususnya pada proses *Quantity Take-Off* (QTO) pekerjaan struktur dan arsitektur. Hasil perbandingan dengan metode konvensional menunjukkan adanya perbedaan volume pada beberapa jenis pekerjaan, yaitu pekerjaan beton sebesar 4,6%, bekisting sebesar 15,67%, pembesian sebesar 14,95%, pasangan dinding bata sebesar 3,95%, serta plesteran dan acian sebesar 47,41% dan 46,91%. Perbedaan tersebut terutama dipengaruhi oleh metode pengukuran, asumsi dimensi, serta kemampuan model BIM dalam merepresentasikan geometri dan pertemuan antar elemen secara lebih terperinci.

Berdasarkan mekanisme validasi yang dilakukan melalui pemeriksaan kesesuaian model terhadap gambar *Detail Engineering Design* (DED), pemeriksaan keluaran *Quantity Take-Off*, serta perbandingan hasil volume dengan metode konvensional, BIM 5D dapat digunakan sebagai metode pendukung untuk meningkatkan konsistensi dan keterlacakan proses perhitungan volume. Namun demikian, hasil penelitian ini belum dapat digunakan untuk menyatakan bahwa BIM 5D memiliki akurasi absolut yang lebih tinggi, karena penelitian belum menggunakan data *as-built* atau hasil pengukuran lapangan sebagai *independent reference* untuk menentukan nilai volume yang sebenarnya. Oleh karena itu, klaim efektivitas dalam penelitian ini dibatasi pada kemampuan BIM 5D sebagai alat bantu dalam proses QTO dan penyusunan *Engineering Estimate* berdasarkan data proyek yang tersedia.

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada penerapan dan evaluasi BIM 5D berbasis Glodon Cubicost pada proyek gedung berskala besar di IKN dengan membandingkan hasil QTO berbasis model terhadap metode perhitungan konvensional. Penelitian ini memberikan gambaran empiris mengenai sumber perbedaan volume pada pekerjaan struktur dan arsitektur serta menunjukkan bahwa penggunaan model terintegrasi dapat

membantu meningkatkan konsistensi data, mempermudah proses verifikasi, dan mendukung penyesuaian perhitungan ketika terjadi perubahan desain. Temuan tersebut dapat menjadi referensi bagi penelitian maupun penerapan BIM 5D pada proses estimasi biaya proyek gedung dengan karakteristik yang serupa.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, lingkup analisis masih terbatas pada pekerjaan struktur dan arsitektur, sehingga belum mencakup pekerjaan *Mechanical, Electrical, and Plumbing* (MEP), lanskap, dan interior. Kedua, validasi hasil QTO masih menggunakan metode perbandingan terhadap perhitungan konvensional dan belum menggunakan data *as-built* sebagai pembanding independen. Ketiga, penelitian dilakukan pada satu studi kasus sehingga generalisasi hasil terhadap proyek dengan karakteristik berbeda masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Keempat, penelitian belum melakukan analisis kuantitatif terhadap penghematan waktu dan biaya penyusunan *Engineering Estimate* secara langsung.

Dengan demikian, BIM 5D dalam penelitian ini dapat diposisikan sebagai program bantu yang mendukung proses QTO dan penyusunan *Engineering Estimate*, dengan keunggulan pada integrasi model, visualisasi, konsistensi data, dan kemudahan penelusuran perubahan desain. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan validasi menggunakan data *as-built*, memperluas objek pekerjaan, serta mengukur secara kuantitatif penghematan waktu, biaya, dan tingkat kesalahan untuk memperoleh bukti yang lebih kuat mengenai efektivitas dan akurasi BIM 5D.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan penerapan Building Information Modelling (BIM) 5D agar tidak terbatas pada pekerjaan struktur dan arsitektur saja, tetapi juga mencakup aspek *Mechanical, Electrical, and Plumbing* (MEP), pekerjaan lansekap (*hardscape* dan *softscape*), serta interior. Dengan perluasan ini, hasil Engineering Estimate yang diperoleh akan menjadi lebih komprehensif dan representatif terhadap keseluruhan proyek konstruksi. Selain itu, penelitian lanjutan perlu melakukan validasi yang lebih mendalam terhadap Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), termasuk membandingkan berbagai standar atau regulasi yang berlaku, guna meningkatkan akurasi dan reliabilitas estimasi biaya.

Di sisi lain, implementasi BIM 5D di masa mendatang juga disarankan untuk mengintegrasikan aspek penjadwalan proyek secara lebih optimal melalui fitur time scheduling. Integrasi antara dimensi waktu dan biaya akan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh terhadap perencanaan dan pengendalian proyek. Dengan demikian, BIM 5D tidak hanya berfungsi sebagai alat estimasi biaya, tetapi juga sebagai sistem manajemen proyek yang terintegrasi untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dan efisien.

5. DAFTAR PUSTAKA

Adjie, M. W., & Susanto, S. (2026). Integrasi BIM untuk optimasi Quantity Take-Off dan kontrol biaya pada proyek konstruksi Masjid Al-Manshurin Banyakan. *Jurnal Civil Engineering Study, 6*(1). https://doi.org/10.34001/ces.v6i01.1657

Alathamneh, S., Collins, W., & Azhar, S. (2024). BIM-based quantity takeoff: Current state and future opportunities. *Automation in Construction, 165*, 105549. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105549

Asih, W. R., Bayzoni, B., Husni, H. R., & Niken, C. (2022). Perbandingan Quantity Take Off (QTO) material berbasis Building Information Modeling (BIM) terhadap metode konvensional pada struktur pelat. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain, 10*(4), 563–574. https://doi.org/10.23960/jrsdd.v10i4.2845

Dewi, F. S., Latief, Y., & Kussumardianadewi, B. D. (2024). The most influential factors on the risk cost estimation process of implementing BIM 5D in Quantity Take-Off for green retrofitting of high-rise buildings. *CSID Journal of Infrastructure Development, 7*(2), 262–277. https://doi.org/10.7454/jid.v7.i2.1141

Farhana, A., & Abma, V. (2022). Implementasi konsep BIM 5D pada pekerjaan struktur proyek gedung. *Racic: Rab Construction Research, 7*(2). https://doi.org/10.36341/racic.v7i2.3004

Fauzi, R. N., Hendriyani, I., & Pratiwi, R. (2024). Implementasi Building Information Modeling (BIM) 5D dalam estimasi Quantity Take Off pekerjaan struktur: Studi kasus pembangunan Kantor BPD Babulu Darat, Kabupaten Penajam Paser Utara. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil, 8*(2), 245–258. https://doi.org/10.31961/gradasi.v8i2.2500

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28/PRT/M/2016*

tent0ang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Liu, H., Cheng, J. C. P., Gan, V. J. L., & Zhou, S. (2022). A knowledge model-based BIM framework for automatic code-compliant quantity takeoff. *Automation in Construction, 133*, 104024. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104024

Liu, H., Cheng, J. C. P., Gan, V. J. L., & Zhou, S. (2022). A novel data-driven framework based on BIM and knowledge graph for automatic model auditing and Quantity Take-Off. *Advanced Engineering Informatics, 54*, 101757. https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101757

Pemerintah Kabupaten Penajam Paser Utara. (2022). *Peraturan Bupati Penajam Paser Utara Nomor 1 Tahun 2022 tentang Standar Harga*.

Pishdad, P., & Onungwa, I. O. (2024). Analysis of 5D BIM for cost estimation, cost control and payments. *Journal of Information Technology in Construction, 29*, 525–548. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2024.024

Prastya, C. A., Hendriyani, I., & Pratiwi, R. (2025). Implementasi Building Information Modelling (BIM) 5D pada estimasi volume dan biaya pekerjaan struktur. *BANDAR: Journal of Civil Engineering, 7*(1). https://doi.org/10.31605/bjce.v7i1.4301

Tang, S., Liu, H., Almatared, M., Abudayyeh, O., Lei, Z., & Fong, A. (2022). Towards automated construction Quantity Take-Off: An integrated approach to information extraction from work descriptions. *Buildings, 12*(3), 354. https://doi.org/10.3390/buildings12030354

Valinejadshoubi, M., Moselhi, O., Iordanova, I., Valdivieso, F., & Bagchi, A. (2024). Automated system for high-accuracy quantity takeoff using BIM. *Automation in Construction, 157*, 105155. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105155

Zam, Z., Putra, D., Danuarta, F., Pratiwi, R., & Hendriyani, I. (2024). Analisis pekerjaan beton bertulang dengan Building Information Modelling (BIM) 5D pada proyek pembangunan kantor dan pos jaga Depot Supply Point Pertamina Lubricants Tarakan. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil, 8*(2), 271–278. https://doi.org/10.32832/komposit.v8i2.15893