



Research Article

Estimasi *Quantity Take Off* dan Simulasi Progress Pekerjaan Struktur dengan Pendekatan *Building Information Modeling*

Sapitri^{1,*}, Rusli Subagja¹, dan Bismi Annisa¹

¹ Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Indonesia

Received: 20 April 2024, Accepted: 12 November 2024, Published: 15 November 2024

Abstract

Estimating the quantity of take-off and scheduling is crucial in a project life cycle. Errors in the calculation of quantity take-off and scheduling can result in the amount of budget costs incurred and the length of time of the development process. The development of Building Information Modeling (BIM) technology has provided benefits in solving problems faced by the construction industry. This study aims to calculate the Quantity Take-Off and find out the difference from the calculation of costs on building structural components (concrete and rebar volumes), as well as to make simulation for work progress. The BIM software used is Cubicost TAS (Take-off Architecture Structure) to create 3D modeling and Cubicost TRB (Take-off Reinforcement Bar) for Bar Bending Schedule (BBS) calculations. Meanwhile, scheduling simulation is conducted using Autodesk Naviswork. The results showed that the 3D BIM approach resulted in a smaller total concrete volume with a difference of 2.38% (lower 41.11 m³) than the conventional method. Similarly, for rebar material needs, it showed that the difference in rebar volume is 10.83% (30236.42 kg) smaller than conventional methods. The simulation results in 3D form show that using BIM Naviswork can help monitor the work progress between the design and the field according to the planned time based on the 3D model so that it looks more real-time.

© 2024 published by Sriwijaya University

Keywords: *autodesk naviswork, BIM, cubicost, QTO, work progress.*

1. PENDAHULUAN

Perhitungan *quantity take off* (QTO) merupakan hal penting pada suatu pekerjaan proyek. Sebagian besar proyek konstruksi di Indonesia masih menerapkan metode konvensional (manual) dalam menentukan QTO setiap elemen pekerjaannya. Umumnya proses QTO meliputi identifikasi *item* pekerjaan yang terdapat pada gambar desain, menghitung dimensi dan luas atau volumenya. Estimasi biaya selanjutnya ditentukan dengan melihat volume pekerjaan elemen struktur yang kemudian dikalikan dengan harga satuan pokok kegiatan (HSPK). Perhitungan secara manual ini sangat rawan kesalahan, ketidakakuratan, atau terjadinya *human error* [1], [2]. Kesalahan tersebut biasanya ditimbulkan karena kesalahan membaca dimensi, penulisan [3], dan memahami gambar 2D [4]. Terjadinya kesalahan dalam perhitungan QTO dapat mengakibatkan kerugian pada proyek

Pada pelaksanaannya, proyek konstruksi sering terjadi *Contract Change Order* (CCO) dan adendum. Sumber perubahan dapat disebabkan karena

permintaan *owner*, kondisi lapangan yang tidak terduga, permintaan kontraktor, dan kesalahan konsultan dalam perancangan [5]. Adanya masalah tersebut tentu diikuti oleh perubahan dokumen proyek, seperti gambar bangunan, rencana anggaran biaya, penjadwalan, dan aspek lainnya. Perubahan-perubahan ini harus dikerjakan satu persatu yang membutuhkan waktu dan terkadang rumit dalam pengerjaannya.

Kesuksesan sebuah proyek berkaitan erat dengan perencanaan penjadwalan. Penjadwalan proyek mengatur waktu pelaksanaan, item pekerjaan, dan alokasi sumber daya yang digunakan. Kesalahan pada penjadwalan dapat berpengaruh pada pelaksanaan proyek yang berakibat pada berhasil atau tidaknya proyek. *Output* penjadwalan yang sering digunakan adalah berbasis pada data, grafik, maupun bar chart. Hal tersebut menjadi isu karena tidak semua orang dapat memahami data yang ada dan tidak semua yang bekerja di proyek berlatar belakang pendidikan teknik. Hal tersebut dapat memungkinkan terjadinya *rework* (pekerjaan ulang)

karena kurang pemahamannya pada penjadwalan proyek [6]. Pemaparan progres pada *owner* juga menyulitkan karena belum adanya gambaran secara nyata dari pekerjaan yang sudah selesai, sedang berlangsung, dan yang akan dikerjakan. Permasalahan yang timbul dalam penjadwalan adalah terjadi perubahan desain, seperti perubahan jumlah atau volume objek, hal ini akan mengakibatkan pada perubahan penjadwalan [7].

Perkembangan teknologi yang semakin pesat menghadirkan inovasi sebuah konsep sistem terintegrasi bernama *Building Information Modeling* (BIM). BIM merupakan sebuah konsep yang mengintegrasikan seluruh informasi *modeling, detailing, engineering, drawing, reporting, dan manajemen* dalam 3D guna meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan [4], [8], [9]. Manfaat penerapan BIM dapat dilakukan pada masa *pra-contract (design)* dan *pasca-contract*, dimana selama siklus proyek dapat mengurangi waktu, biaya dan meningkatkan kemudahan pelaksanaan pekerjaan di lapangan [10]. BIM mempunyai potensi untuk memungkinkan proses QTO material lebih akurat dan cepat sekaligus meminimalkan fluktuasi dalam tahapan perhitungan biaya [11], [12], [13], [13]. Keuntungan penggunaan teknologi dengan pendekatan BIM juga telah memberikan manfaat terutama pada visualisasi design, kecepatan pekerjaan dan audit model [14]. Implementasi BIM juga meningkatkan upaya kolaboratif tim *stakeholder*, efektivitas, dan efisiensi [10], [15], [16], dimana hal tersebut tentunya dapat meningkatkan produktivitas proyek. Kolaborasi dapat dilakukan pada setiap tahapan konstruksi baik tahap perancangan, pelaksanaan maupun tahap operasional dan *maintenance* (perawatan).

Penerapan BIM pada proyek konstruksi di Indonesia telah diatur oleh pemerintah, khususnya peraturan menteri No. 22 Tahun 2018 yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. Peraturan menteri ini mengatur tentang pelaksanaan BIM yang wajib diterapkan pada proyek konstruksi bangunan negara dengan luas lebih dari 2000 m² dan lebih dari 2 lantai [17]. Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 16 Tahun 2021 juga menyatakan bahwa untuk pekerjaan konstruksi padat teknologi wajib menggunakan BIM sampai dimensi kelima (5D) [18].

Terdapat banyak program berbasis BIM dengan spesialisasi dan fungsi yang berbeda-beda. *Software Building Information Modelling* (BIM) yang dapat digunakan dalam industri konstruksi, salah satunya yaitu Cubicost yang di keluarkan oleh PT.Glodon Indonesia. Alasan penggunaan program Cubicost karena program ini memberikan beberapa manfaat

antara lain; (a) mempercepat Proses BOQ, dimana *automation* secara signifikan mempercepat proses *Bill of Quantities*, (b) mempercepat pengukuran, dimana identifikasi dan pengukuran secara otomatis sehingga meningkatkan akurasi, (c) pemodelan lebih efisien, dimana *software* mampu membuat model secara mudah dan efisien [19]. Program Cubicost spesifik yang digunakan yaitu *Take-off Architecture Structure* (TAS) sebagai pemodelan 3D bangunan dan Cubicost *Take-off Reinforcement Bar* (TRB) sebagai pemodelan simulasi *Bar Bending Schedule* (BBS). Untuk pembuatan simulasi penjadwalan (4D) proyek digunakan program Autodesk Naviswork. Autodesk Navisworks merupakan *software* yang membantu dalam melakukan koordinasi, komunikasi, dan analisis yang digunakan oleh ahli konstruksi. *Autodesk naviswork* memungkinkan untuk melakukan penjadwalan berbasis 3D modeling yang diintegrasikan dengan waktu (4D). *Output* penjadwalan dengan naviswork berupa simulasi penjadwalan yang dapat di *export* kedalam file foto maupun dalam bentuk video. Autodesk naviswork juga memungkinkan pengguna untuk melakukan *clash detection* yang berfungsi untuk menghindari permasalahan bentrokan antar elemen baik MEP, struktur, maupun arsitektur. Dengan hasil simulasi penjadwalan dalam bentuk visualisasi 4D, tim proyek atau pihak berkepentingan seperti kontraktor, konsultan dan *owner* dapat melihat bagaimana struktur akan terbentuk dari waktu ke waktu, membantu pemahaman yang lebih baik tentang progress proyek dan tahapan konstruksi. Selain itu adanya simulasi penjadwalan ini, progres proyek dapat dipantau sesuai dengan rencana awal dan dengan cepat melakukan perbaikan serta evaluasi jika progres dilapangan tertinggal.

Sebelum melakukan simulasi penjadwal pekerjaan pada *Naviswork, timeline* untuk pekerjaan harus dibuat terlebih dahulu agar dapat diinput ke dalam program Naviswork. Microsoft Project digunakan untuk membuat *timeline* tersebut karena dapat terintegrasi dengan Naviswork. Output dari Microsoft Project adalah berupa timeline pekerjaan, durasi dan hubungan antar pekerjaan (*predecessor* dan *successor*). Bersama dengan model 3D yang telah dibuat sebelumnya dengan cubicost, output dari Microsoft project digunakan untuk membuat simulasi penjadwalan pekerjaan struktur.

Fokus penelitian ini adalah pada pekerjaan struktur karena elemen struktur merupakan komponen yang paling banyak membutuhkan biaya. Selain itu pekerjaan struktur bangunan juga paling banyak menggunakan sumber daya manusia, teknologi, material dan alat. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menghitung *Quantity Take-Off* dan mengetahui selisih dari perhitungan biaya

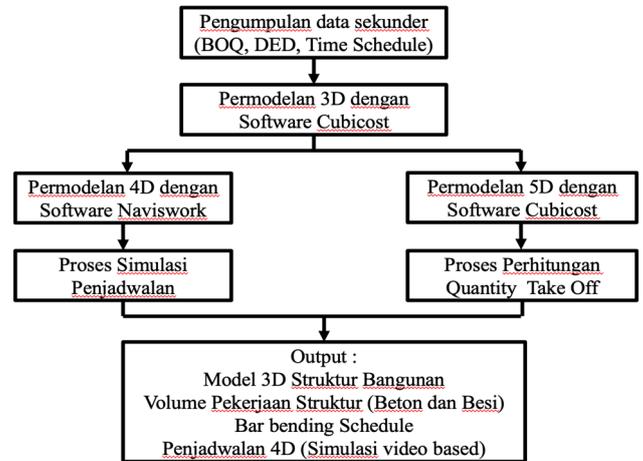
struktur (volume beton dan besi) metode konvensional dengan pendekatan *Building Information Modelling*. Adapun tujuan selanjutnya yaitu membuat simulasi progress pekerjaan proyek.

2. METODE

Secara garis besar, terdapat 4 (empat) tahapan yang dilakukan pada penelitian ini untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Dimulai dari pengumpulan data, dan dilanjutkan dengan pembuatan model 3D. Setelah model 3D selesai maka dilanjutkan dengan pembuatan model 4D (*schedule*) dan model 5D (*quantity take off*). Adapun tahapan detail adalah:

1. Melakukan pengumpulan data sekunder berupa *Detail Engineering Design (DED)*, *Built of Quantity (BOQ)* dan *Time Schedule*.
2. Membuat permodelan 3D struktur bangunan dan permodelan rebar (pembesian), dengan memanfaatkan data sekunder DED. *Software BIM* yang digunakan yaitu Cubicost TAS dan TRB. Gambar bangunan baik dalam bentuk CAD atau PDF, dan informasi-informasi dimensi struktur seperti dimensi *pile cap*, *sloof*, kolom, balok, dll menjadi input untuk permodelan bangunan pada Cubicost TAS. Sedangkan gambar detail pembesian dan informasi-informasinya menjadi input untuk permodelan pembesian pada Cubicost TRB. Output dari ke dua proses ini yaitu model 3D struktur bangunan dan model 3D pembesian yang detail.
3. Melakukan komparasi pemodelan 5D *quantity take off* proyek berbasis BIM dan berbasis konvensional. Pada tahap ini setelah model 3D bangunan dan model pembesian selesai, dilakukan perhitungan volume (QTO) beton dan pembesian. Perhitungan ini juga diakomodir oleh software Cubicost menggunakan *calculate program* pada menu *quantity*. Perhitungan akan secara otomatis dilakukan oleh Cubicost dan untuk menampilkan keseluruhan hasil perhitungan *quantity take-off* dapat dilakukan dengan menggunakan menu *view quantity by category*. Output yang dihasilkan yaitu volume material beton dan besi pekerjaan struktur bangunan. Selanjutnya membandingkan vol tersebut dengan volume beton dan besi dari data sekunder BOQ kontraktor/konsultan untuk melihat potensi selisih pendekatan BIM dan konvensional.
4. Membuat pemodelan 4D (penjadwalan) dengan menginput pemodelan 3D yang telah dimodelkan sebelumnya dengan Cubicost TAS kedalam software Autodesk Naviswork. Tiap elemen pekerjaan bangunan disesuaikan dengan time line pekerjaan berdasarkan data penjadwalan yang

telah diolah dengan software pendukung lain yaitu Ms. Project. Untuk pengerjaan 4D (simulasi penjadwalan) dan 5D (QTO) dilakukan terpisah dan dapat bersamaan karena untuk input proses 5D tidak membutuhkan data 4D seperti pada Gambar 1.

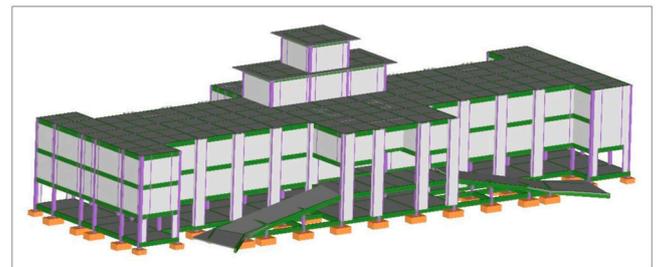


Gambar 1. Tahapan Pekerjaan (3D, 4D dan 5D)

Fokus objek penelitian adalah struktur bangunan al: pile cap, kolom pedestal, sloof, kolom, dan balok. Mutu beton yang digunakan untuk pile cap K-300, kolom pedestal K-300, sloof K-250, kolom K-250, dan balok K-250.

3. HASIL DAN DISKUSI

Pemodelan bangunan pada penelitian ini dilakukan menggunakan software Cubicost TAS. Pemodelan 3D modeling mengacu pada gambar *Detail Engineering Design (DED)* yang ada dalam format gambar autocad. Dimensi yang digunakan sebagai input pada software menggunakan informasi data eksisting proyek (desain). Pada software juga menggunakan ketentuan struktur bangunan yang berlaku di Indonesia. Pemodelan 3D terhadap pekerjaan struktur bangunan dilakukan mulai dari *pile cap*, kolom pedestal, *sloof*, kolom, balok dan pelat lantai untuk lt.1 sd lt.4. Hasil permodelan 3D keseluruhan struktur bangunan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan 3D struktur gedung dengan Cubicost TAS.

Setelah gedung dimodelkan, dilakukan perhitungan *Quantity Take Off* (QTO) menggunakan program Cubicost TAS. Spesifikasi yang digunakan pada software TAS mengacu pada data proyek yang diperoleh dari pihak konsultan. Rumus yang digunakan untuk perhitungan volume beton adalah rumus volume bangun ruang yang telah include dalam software Cubicost TAS. Tabel 1 sd 4 berikut merupakan hasil perhitungan yang dilakukan program cubicost TAS untuk struktur pondasi (*pile cap, pedestal dan sloof*), kolom, balok dan pelat lantai.

Tabel 1. Rekapitulasi total selisih hasil QTO pondasi

Tipe	Volume BIM (m ³)	Volume Konvensional (m ³)	Selisih (m ³)
Pile cap			
PC1	9,41	9,41	0
PC2	177,41	177,41	0
PC4	46,08	46,08	0
Jumlah	232,90	232,90	0,00
Kolom pedestal			
K1	3,597	3,15	-0,45
K3	0,311		-0,31
Jumlah	3,91	3,15	-0,76
Sloof			
S1	144,98	147,30	2,32

Tabel 2. Rekapitulasi total selisih hasil QTO kolom

Tipe	Volume BIM (m ³)	Volume Konvensional (m ³)	Selisih (m ³)
Lantai basement			
K1	33,08	32,83	-0,25
K2	5,09	4,83	-0,27
K3	1,05	1,02	-0,03
Lantai 1			
K1	36,69	42,28	5,59
K2	10,05	10,92	0,86
Lantai 2			
K1	35,91	42,05	6,14
K2	10,96	12,75	1,79
Lantai 3			
K1	3,99	3,84	-0,15
K2	0,62	0,81	0,19
Lantai 4			
K1	1,99	1,92	-0,07
K2	0,42	0,41	-0,01
Jumlah	139,85	153,64	13,79

Tabel 3. Rekapitulasi total selisih hasil QTO balok

Tipe	Volume BIM (m ³)	Volume Konvensional (m ³)	Selisih (m ³)
Lantai 1			
B1	135,41	132,51	-2,90

Tipe	Volume BIM (m ³)	Volume Konvensional (m ³)	Selisih (m ³)
B2	34,59	35,06	0,47
Lantai 2			
B1	116,42	119,30	2,88
B2	34,06	34,26	0,20
Lantai 3			
B1	118,44	119,38	0,94
B2	34,62	35,23	0,61
Lantai 4			
B1	10,80	10,80	0
B2	2,72	2,72	0
Dak atap			
B1	4,39	4,39	0
B2	0,91	0,91	0
Jumlah	492,38	494,57	2,19

Tabel 4. Rekapitulasi total selisih hasil QTO pelat lantai

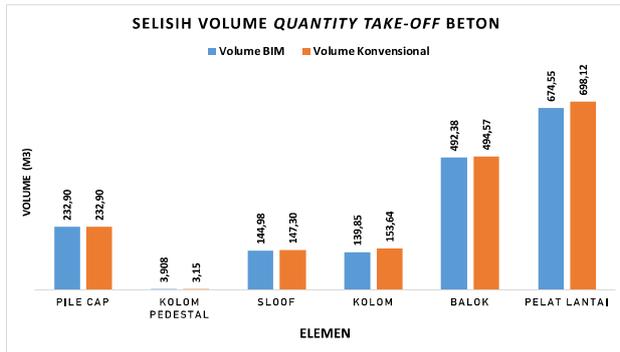
Tipe	Volume BIM (m ³)	Volume Konvensional (m ³)	Selisih (m ³)
Lantai basement			
Tbl. 15 cm	204,58	208,12	3,53
Lantai 1			
Tbl. 12 cm	148,70	159,70	11,00
Lantai 2			
Tbl. 12 cm	142,95	151,75	8,81
Lantai 3			
Tbl. 12 cm	153,65	153,87	0,23
Lantai 4			
Tbl. 12 cm	17,37	17,37	0,00
Dak atap			
Tbl. 12 cm	7,31	7,32	0,01
Jumlah	674,55	698,12	23,57

Berdasarkan Tabel 1 - 4, terlihat bahwa terdapat perbedaan *quantity take off* pada volume beton untuk masing-masing pekerjaan struktur. Selisih dari tiap-tiap item pekerjaan yaitu, pada pekerjaan *pile cap* tidak memiliki selisih *quantity take-off* yang berarti perhitungan volume dari kedua metode memiliki hasil yang sama. Pada pekerjaan kolom pedestal metode BIM memberikan volume yang lebih kecil dari pada metode konvensional sebesar 0,76 m³ (19,43%), namun sebaliknya pekerjaan *sloof* memberikan hasil dimana metode BIM lebih besar volumenya dari pada metode konvensional sebesar 2,32 m³ (1,60%). Selanjutnya pada pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai terlihat bahwa perhitungan volume dengan metode BIM lebih kecil dari pada dengan metode konvensional dengan selisih volume beton masing-masing sebesar 13,79 m³ (9,86%), 2,19 m³ (0,44%) dan 23,57 m³ (3,38%).

Berdasarkan hasil perbandingan diatas dapat dilihat bahwa penerapan metode BIM dapat meningkatkan akurasi perhitungan volume pada



masing-masing item pekerjaan berdasarkan hasil selisih voume pekerjaan yang diperoleh. Selisih volume beton masing-masing elemen struktur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik selisih volume quantity take-off beton elemen struktur

Tabel 5. Total seluruh volume QTO dan selisih

	Volume BIM	Volume konvensional	Selisih
Total (m ³)	1688,57	1729,68	41,11
Selisih (%)			2,38%

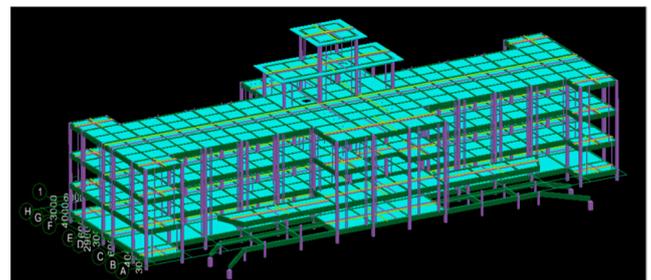
Pada Gambar 3 di atas, secara keseluruhan tidak terlihat adanya selisih volume elemen struktur yang terlalu signifikan, namun yang menjadi perhatian beberapa temuan terkait perbedaan volume beton antara metode BIM dan konvensional disebabkan oleh beberapa factor berikut:

1. Pada pekerjaan kolom basement terdapat selisih volume sebesar 1,31 m³ (basement K1, K2 dan K3) lebih besar BIM, dikarenakan perhitungan kolom dilakukan secara menerus sedangkan perhitungan konvensional dikurangi dengan tinggi dari balok.
2. Pada pekerjaan kolom lantai 1 – lantai 4 terdapat total selisih volume sebesar 14,34 m³ lebih besar konvensional, hal tersebut dikarenakan perhitungan kolom dilakukan secara menerus tanpa dikurangi dengan volume balok sedangkan perhitungan BIM dikurangi dengan volume beton dari balok.
3. Pada pekerjaan balok B1 lantai 2 terdapat selisih volume sebesar 2,88 m lebih besar konvensional, dikarenakan panjang dari balok yang dihitung oleh konvensional dilakukan pada ujung balok sedangkan BIM, panjang balok dihitung dari as balok.
4. Pada pekerjaan pelat lantai 1 terdapat selisih volume sebesar 11 m³ lebih besar konvensional, dikarenakan perhitungan pada pelat lantai tidak dideduksi dengan volume dari balok B2 sedangkan pada BIM perhitungan pelat lantai dideduksi oleh B2.

Secara keseluruhan selisih hasil *quantity take-off* volume beton pekerjaan struktur diperlihatkan pada Tabel 5. Tabel 5 menunjukkan bahwa secara umum selisih volume beton keseluruhan elemen struktur dengan perhitungan menggunakan konsep BIM lebih rendah 41,11 m³ atau 2,38% dibandingkan dengan metode konvensional. Pada kasus proyek ini implementasi dengan pendekatan BIM cenderung lebih efisien dibandingkan dengan perhitungan metode konvensional (berbasis perhitungan excel), karena perhitungan QTO dengan BIM berpotensi menghilangkan volume waste pembetonan dengan adanya permodelan 3D yang dibuat diawal. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan hasil perhitungan volume BIM yang bervariasi, dimana hasil perhitungan BIM volume beton yang relative lebih kecil sebesar 1,3% [20] dan 9,29% [21], serta sama dengan hasil perhitungan konvensionalnya (0%) [22]. Adanya perbedaan volume beton ini dapat dipengaruhi oleh tidak diperhitungkannya luasan tulangan, baik tulangan utama maupun tulangan sengkang saat perhitungan volume beton struktural.

Hasil perhitungan *Bar Bending Schedule* (BBS)

Pemodelan 3D pembesian dibuat berdasarkan spesifikasi dan gambar Detail Engineering Design (DED) yang ada. Permodelan dilakukan menggunakan program Cubicost TRB. Dimensi pembesian yang digunakan sebagai input pada software menggunakan informasi data eksisting proyek (desain). Pada software Cubicost TRB juga menggunakan ketentuan pembesian untuk struktur bangunan yang berlaku di Indonesia. Permodelan 3D pekerjaan pembesian struktur bangunan dilakukan terhadap struktur, kolom pedestal, sloof, kolom, balok dan pelat lantai untuk lt.1 sd lt.4. Hasil permodelan 3D pembesian keseluruhan struktur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan keseluruhan pembesian gedung

Setelah pembesian gedung dimodelkan, dilakukan perhitungan pada pembesian yang masih menggunakan software Cubicost TRB. Berikut merupakan hasil perhitungan QTO yang dilakukan dengan Cubicost TRB.

Tabel 6. Rekapitulasi total selisih hasil BBS lantai pondasi

Tipe	Volume BIM (Kg)	Volume Konvensional (Kg)	Selisih (Kg)
Pile cap			
PC1	670,18	726,51	56,33
PC2	9972,03	12719,11	2747,07
PC4	2341,66	2370,71	29,06
Jumlah	12983,87	15816,33	2832,46
Kolom pedestal			
K1	3711,17	3653,79	-57,38
K3	598,14	-	-598,14
Jumlah	4309,31	3653,79	-655,52
Sloof			
S1	23207,99	23989,75	781,76

Tabel 7. Rekapitulasi total selisih hasil BBS kolom

Tipe	Volume BIM (Kg)	Volume Konvensional (Kg)	Selisih (Kg)
Lantai basement			
K1	6782,34	7418,44	636,10
K2	887,01	837,17	-49,84
K3	598,14	415,61	-182,53
Lantai 1			
K1	7305,29	8864,82	1559,53
K2	1673,64	1623,75	-49,89
Lantai 2			
K1	5747,89	9293,32	3545,43
K2	1582,20	2187,29	605,09
Lantai 3			
K1	707,34	757,45	50,10
K2	119,22	124,50	5,28
Lantai 4			
K1	309,52	378,72	69,21
K2	68,83	62,25	-6,58
Jumlah	25781,43	31963,32	6181,90

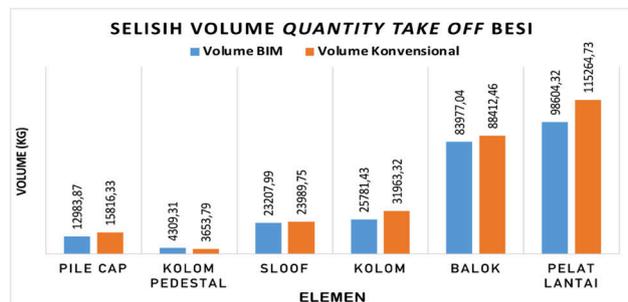
Tabel 8. Rekapitulasi total selisih hasil BBS balok

Tipe	Volume BIM (Kg)	Volume Konvensional (Kg)	Selisih (Kg)
Lantai 1			
B1	21647,18	22368,47	721,29
B2	7229,94	7737,71	507,77
Lantai 2			
B1	18619,50	19329,97	710,47
B2	7156,73	8395,41	1238,68
Lantai 3			
B1	18923,45	18970,82	47,38
B2	7225,55	8395,41	1169,86
Lantai 4			
B1	1716,75	1724,25	7,50
B2	567,62	597,16	29,55
Dak atap			
B1	698,67	693,41	-5,25
B2	191,66	199,85	8,19
Jumlah	83977,04	88412,46	4435,42

Tabel 9. Rekapitulasi total selisih hasil BBS pelat lantai

Tipe	Volume BIM (kg)	Volume Konvensional (kg)	Selisih (kg)
Lantai basement			
Tbl. 15 cm	41749,37	47776,42	6027,06
Lantai 1			
Tbl. 12 cm	18042,87	20352,52	2309,65
Lantai 2			
Tbl. 12 cm	17343,73	20873,75	3530,02
Lantai 3			
Tbl. 12 cm	18714,94	20033,15	4318,21
Lantai 4			
Tbl. 12 cm	1941,50	2341,52	400,02
Dak atap			
Tbl. 12 cm	811,92	887,37	75,45
Jumlah	98604,32	115264,73	16660,40

Sama halnya dengan *quantity take off material* beton, pada material besi juga terdapat perbedaan volume pekerjaan yang dapat dilihat pada Tabel 5 - 9 di atas. Adapun selisih dari tiap-tiap item pekerjaan yaitu, pada pekerjaan pile cap metode BIM memberikan hasil perhitungan volume yang lebih kecil yaitu sebesar 2832,46 kg (17,91%) dari pada metode konvensional. Pada pekerjaan kolom pedestal perhitungan QTO besi metode BIM menghasilkan volume yang lebih besar sebesar 655,52 kg (17,94%) dari pada metode konvensional, namun pada pekerjaan sloof hasil perhitungan Cubicost TRB memberikan angka yang lebih kecil sebesar 781,76 kg (3,37%) dari pada konvensional. Selanjutnya untuk pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai terlihat perhitungan QTO dengan pendekatan metode BIM memberikan hasil yang lebih kecil dari pada metode konvensional yaitu dengan selisih volume besi masing-masing sebesar 6181,90 kg (19,34%), 4435,42 kg (5,02%) dan 16660,40 kg (14,45%). Selisih volume besi masing-masing elemen struktur dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik selisih volume quantity take-off pembesian elemen struktur

Pada Gambar 5, adanya selisih volume besi elemen struktur antara metode BIM dan konvensional disebabkan antara lain: pada kolom pedestal terdapat perbedaan 655,52 kg lebih besar

BIM, dikarenakan tinggi dari kolom pedestal yang dihitung BIM menerus ke kolom lantai basement. Sedangkan konvensional, tinggi kolom yang dihitung tidak menerus ke kolom lantai *basement*, melainkan tinggi kolom pedestal dikurang dengan tinggi balok. Secara keseluruhan selisih hasil *quantity take-off* volume besi pekerjaan struktur diperlihatkan pada Tabel 10.

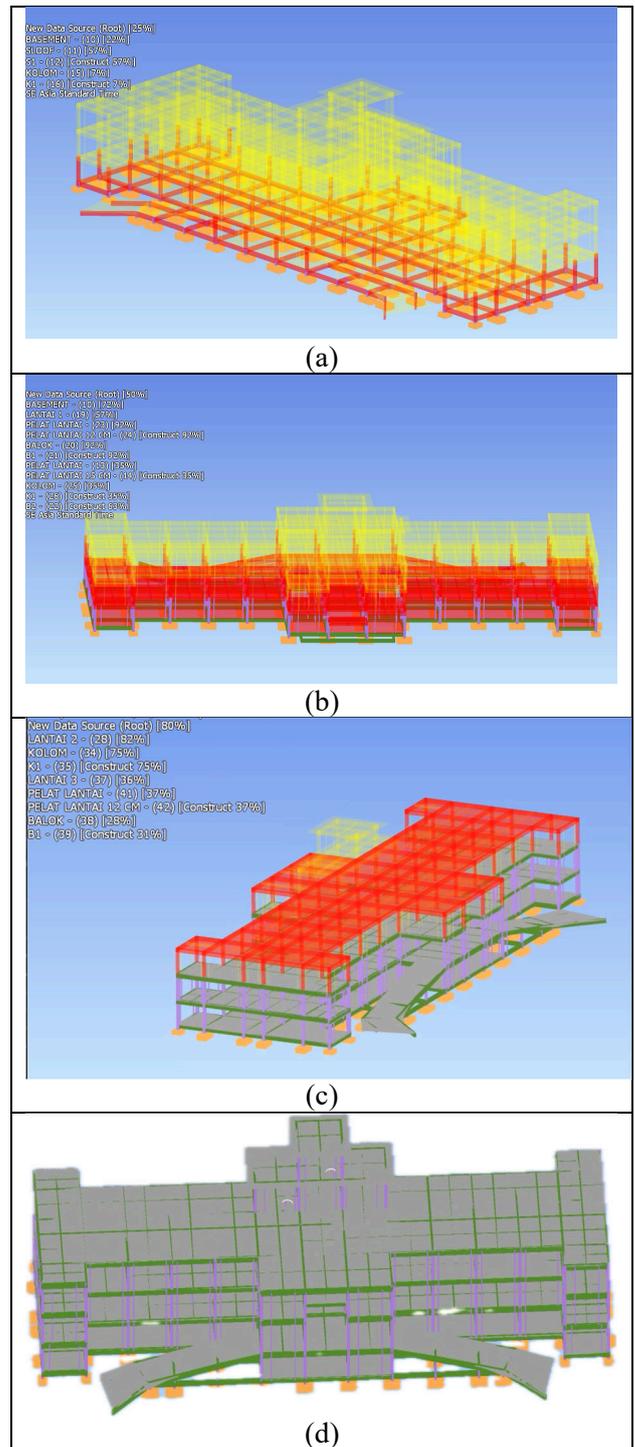
Tabel 10. Total seluruh volume BBS dan selisih

	Volume BIM	Volume konvensional	Selisih
Total (Kg)	248863,96	279100,38	30236,42
Selisih (%)			10,83

Tabel 10 menunjukkan bahwa secara umum selisih perhitungan volume pembesian dengan menggunakan pendekatan BIM lebih kecil 30236,42 kg atau 10,83% dibandingkan dengan metode konvensional untuk seluruh elemen struktur yang menjadi objek penelitian ini. Perhitungan QTO pembesian kasus proyek ini juga menunjukkan bahwa implementasi dengan pendekatan BIM cenderung lebih efisien dibandingkan dengan perhitungan metode konvensional (berbasis perhitungan excel). Pada penelitian sebelumnya menunjukkan hasil perhitungan BIM volume pembesian yang bervariasi, lebih kecil 0,59% [22], 8,51% [20] dari metode konvensional. Namun juga berpotensi lebih tinggi sebesar 1,42% [21]. Potensi perbedaan ini dapat terjadi karena pengaruh data sekunder dan keakuratan perhitungannya, gambar yang tidak lengkap atau belum di *update*, dan miss interpersepsi penulisan yang digunakan dalam perhitungan ataupun dalam software.

Hasil simulasi penjadwalan

Pemodelan simulasi penjadwalan dibuat dengan program Autodesk Naviswork, berdasarkan data *time schedule* (durasi) rencana proyek dan model 3D struktur bangunan yang telah dibuat dengan Cubicost TAS. Penjadwalan yang ditinjau hanya penjadwalan pada pekerjaan beton struktur tidak keseluruhan dari penjadwalan pekerjaan proyek. Sebelum dilakukan simulasi dengan Naviswork terlebih dahulu data diolah dengan Microsoft Project. Hal tersebut dilakukan untuk melihat durasi, hubungan antar pekerjaan (*predecessor – successor*) untuk masing-masing item pekerjaan struktur. Hasil dari pengolahan data dengan Microsoft Project yaitu berupa dokumen tahapan rencana jadwal (dalam bentuk *ganttt chart*) pekerjaan struktur, yang selanjutnya diintegrasikan terhadap Model 3D struktur bangunan di dalam software naviswork. Hasil dari simulasi penjadwalan dengan naviswork dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil simulasi penjadwalan dengan progress (a) 25%, (b) 50%, (c) 80% dan (d) 100%

Pada gambar 6 (a, b, c dan d) terlihat progress pekerjaan proyek bangunan kantor untuk kemajuan masing-masing pada 25%, 50%, 80% dan 100%. Pada gambar simulasi progress pekerjaan tersebut, elemen yang berwarna kuning dan merah menunjukkan bahwa pekerjaan sedang dalam proses pengerjaan. Proses pengerjaan bangunan dilakukan secara bertahap, mulai dari pondasi pada bagian bawah berlanjut ke lantai atas sampai dengan keseluruhan lantai selesai disimulasikan

penjadwalannya. Bagian bangunan dikatakan selesai dikerjakan 100% jika pada bagian tersebut telah sesuai warnanya dengan warna model 3D design.

Pada gambar 6 (a) terlihat bahwa pekerjaan pile cap telah selesai dilakukan 100%. Hal tersebut dapat dilihat dari warna *pile cap* yang telah menyerupai model 3D 100% (warna kuning). Pekerjaan basement secara general baru selesai 22% (kolom sloof 57% dan kolom pedestal 7%). Warna merah pada sloof dan kolom pedestal menunjukkan pekerjaan tersebut sedang dalam masa pengerjaan (bekisting dan perakitan besi). Gambar 5 (b) menunjukkan bahwa pekerjaan secara umum berada pada progress 50%, dimana pekerjaan sebagian besar berada pada lantai 1 (kolom dan pelat lantai). Gambar 6 (c) menunjukkan bahwa pekerjaan berada pada progress 80%, dimana pekerjaan secara umum berfokus pada lantai 2 dan menuju lantai 3 (perakitan besi pada plat lantai dan balok pada lantai 3). Gambar 5 (d) menunjukkan bahwa progress pekerjaan telah mencapai 100%, dimana warna pada simulasi naviswork telah sesuai dengan model 3D design dan tercapai pada hari ke 139 durasi proyek. Karena output penjadwalan pekerjaan dengan Naviswork ini dalam bentuk simulasi model 3D, maka dapat memberikan gambaran penjadwalan pekerjaan secara visual yang lebih baik sehingga akan membantu dalam proses pemantauan progress pekerjaan yang lebih komunikatif dari pada penjadwalan yang berbasis *paper based*. Pada penjadwalan dalam bentuk visual 3D ini, struktur yang terbentuk dari waktu ke waktu juga dapat dilihat dengan detail dan membantu pemahaman yang lebih baik tentang progress proyek dan tahapan konstruksi.

4. KESIMPULAN

Pemodelan 3D menggunakan Cubicost TAS dapat membantu dalam meminimalisir kesalahan dilapangan karena ketidaksesuaian antara gambar 2D dan penerapan dilapangan yang sering terjadi. Visualisasi dalam bentuk 3D juga membantu para pihak terkait untuk dapat segera memeriksa dan merevisi apabila terdapat perubahan volume pada elemen bangunan. Pada penelitian ini, penggunaan pendekatan BIM 3D menghasilkan total volume beton yang lebih kecil dengan selisih sebesar 2,38% dibanding metode konvensional. Begitu pula untuk kebutuhan material besi, dimana selisih volume besi 10,83% lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional. Hal tersebut karena pemodelan 3D mampu memberikan output material take off yang terperinci sehingga dapat menekan waste material. Untuk simulasi progress pengerjaan dengan pendekatan BIM menggunakan Software Autodesk Naviswork, memberikan manfaat pengendalian waktu pada tahapan konstruksi. Simulasi dalam

bentuk 3D dapat membantu memantau progress pekerjaan antara rancangan dan lapangan sesuai dengan waktu yang direncanakan berbasis model 3D sehingga tampak lebih *real-time*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian (DPPM) Universitas Islam Riau serta pihak yang telah berkontribusi dalam memberikan data pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Monteiro and J. Poças Martins, "A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design," *Autom Constr*, vol. 35, pp. 238–253, 2013, doi: 10.1016/j.autcon.2013.05.005.
- [2] R. Dwi Novita and E. K. Pangestuti, "Analisa Quantity Take Off dan Rencana Anggaran Biaya Ddenagn Metode Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk Revit 2019 (Studi Kasus: Gedung LP3 Universitas Negeri Semarang)," *Dinamika Teknik Sipil*, vol. 14, no. 1, pp. 27–31, Jun. 2021.
- [3] H. Liu, M. Lu, and M. Al-Hussein, "BIM-based integrated framework for detailed cost estimation and schedule planning of construction projects," in *31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining, ISARC 2014 - Proceedings*, University of Technology Sydney, 2014, pp. 286–294. doi: 10.22260/isarc2014/0038.
- [4] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, Second Edition. Canada: John Wiley & Sons, Inc., 2011. [Online]. Available: www.EngineeringBooksPdf.com
- [5] P. A. Setyawan, M. C. Wardani, and C. Putra, "Evaluasi Faktor Penyebab Terjadinya Contract Change Order (CCO) Pada Proyek The Hava Villa," *Widya Teknik*, vol. 013, no. 01, pp. 10–18, 2020, doi: <https://doi.org/10.32795/widyateknik.v13i01.2051>.
- [6] A. Herdianto, A. D. R. Tanjungsari, A. Hidayat, and J. U. Dwi, "Evaluasi Pengerjaan Ulang (Rework) Pada Proyek Konstruksi Gedung di Semarang," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 3, no. 4, pp. 93–106, 2014, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- [7] G. Henry, Supani, and T. J. W. Adi, "Perencanaan Penjadwalan dengan Aplikasi BIM Menggunakan Analisa Probabilistik (Studi Kasus Proyek Jembatan Bedadung)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, no. 1, pp. 85–89, 2020.
- [8] Pusat Pendidikan dan Pelatihan SDA dan Konstruksi, *Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia*, vol. 3. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.
- [9] Ingibjörg Birna Kjartansdóttir, Stefan. Mordue, Paweł. Nowak, David. Philp, and Jónas Thór Snæbjörnsson., *Building information modelling - BIM*. Civil Engineering Faculty of Warsaw University of Technology, 2017.
- [10] G. Kulasekara, H. Suranga Jayasena, and M. Fernando Ariyachandra, "Comparative Effectiveness of Quantity Surveying in BIM Implementation," in *Building the Future - Sustainable and Resilient Environments*, Sri Lanka: University of Moratuwa, 2016, pp. 317–328. [Online].

Available: <https://www.researchgate.net/publication/326804288>

- [11] L. Sabol, "Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling," 2008.
- [12] A. Nadeem, A. K. D. Wong, and F. K. W. Wong, "Bill of Quantities with 3D Views Using Building Information Modeling," *Arab J Sci Eng*, vol. 40, no. 9, pp. 2465–2477, Sep. 2015, doi: 10.1007/s13369-015-1657-2.
- [13] D. D. Afandi, "Penerapan Building Information Modelling (BIM) Untuk Estimasi Biaya Pekerjaan Rangka Atap Baja Ringan," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2022.
- [14] D. Olsen and J. M. Taylor, "Quantity Take-Off Using Building Information Modeling (BIM), and Its Limiting Factors," in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2017, pp. 1098–1105. doi: 10.1016/j.proeng.2017.08.067.
- [15] S. Kia, "Review of Building Information Modeling (BIM) Software Packages Based on Assets Management," Tehran, 2013.
- [16] A. Vysotskiy, S. Makarov, J. Zolotova, and E. Tuchkevich, "Features of BIM Implementation Using Autodesk Software," in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2015, pp. 1143–1152. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.248.
- [17] Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, "Peraturan Menteri PUPR Nomor 22/PRT/M/2018 Tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara," 2018.
- [18] Pemerintah Republik Indonesia, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 16 Tahun 2021 Peraturan Pelaksanaan Tentang Bangunan Gedung," Jakarta, 2021.
- [19] E. Ong, "Unveiling Excellence: Vizione Builder's Cubicost 5D BIM Success Story," Glodon.
- [20] N. Z. Ulinuha, F. S. Handayani, and M. Rifai, "Comparative Analysis of Conventional Methods with BIM Methods on Construction Cost Estimate at Structure Project Design Calculations (Case Study of Construction of A Satpol PP Building)," *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, vol. 1, no. 4, p. 12, Jun. 2024, doi: 10.47134/scbmej.v1i4.2698.
- [21] A. Suwarni and B. Anondho, "Perbandingan Perhitungan Volume Kolom Beton Antara Building Information Modeling Dengan Metode Konvensional," *JUTEKS - JURNAL TEKNIK SIPIL*, vol. VI, no. II, pp. 75–83, Oct. 2021.
- [22] R. Jonathan and D. B. Anondho, "Perbandingan Perhitungan Volume Pekerjaan Dak Beton Bertulang Antara Metode BIM Dengan Konvensional," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 271–280, Jan. 2021.

