

Perbandingan realisasi biaya pelaksanaan terhadap rab berbasis bim 5d pada pekerjaan struktural bangunan

Julieta Salsabila¹, Vendie Abma^{2,*}

¹Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

BIM

BIM 5D

Construction

Estimate cost

Actual Cost.

Abstract

Planning estimate cost for a project in these days is dominated by conventional methods. This results in numerous mistakes, inaccuracies, and waste material in project planning. Whereas, if the project's funding have troublesome or missing, it will inflict obstacles while running the project. Utilizing the BIM method can make it simpler to eliminate errors in project planning since flaws in planning can be detected at the beginning, it can help the planners and also to avoid mistakes during implementation. BIM 5D is capable for making fast estimate on a variety of complex issues can be done effectively and efficiently. This study aims to obtain a cost estimate of structural work (rebar and concrete) using 5D BIM concept used by Revit software, then compare with actual construction cost and the estimated cost construction from project data used by Excel software. This will produce volume and cost margins to find out the difference in total costs between BIM 5D, data estimated project and actual implementaion. This research produces a cost estimate based on BIM 5D showing the price of materials needed for rebar and concrete structures is Rp 82.377.824, construction cost estimated from project data shows the price is Rp 117.847.403 and the actual cost shows the price is Rp 90.346.000. Using BIM 5D method can efficiently reduce material volume and estimated costs in construction projects, so the fact that BIM 5D concept can minimize overlap for construction planning can be more precise, able to optimize the estimated costs obtained.

Corresponding Author:

Vendie Abma

vendie.abma@uii.ac.id

Pendahuluan

Proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang saling berkaitan keseluruhannya untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Proyek konstruksi selalu memerlukan *resources* atau sumber daya yaitu *man* (manusia), *material* (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *method* (metode pelaksanaan), *money* (uang), *information* (informasi), dan *time* (waktu).

Proyek konstruksi memiliki karakteristik yang unik dan tidak berulang, hal ini disebabkan oleh kondisi seperti perbedaan letak geografis, hujan dan keadaan tanah mempengaruhi keunikan proyek konstruksi (Ervianto dan Wulfram, 2004). Metode konstruksi merupakan kunci untuk dapat mewujudkan seluruh perencanaan menjadi bentuk bangunan fisik (Dipohusodo, 1996). Perkembangan saat ini dalam dunia konstruksi adalah penerapan metode BIM yang salah satunya terkait untuk membantu proses estimasi biaya. Pada umumnya permasalahan dalam estimasi biaya terletak pada kesalahan dalam perhitungan volume

(Farhana, 2022). Permasalahan tersebut dapat terminimalisir dengan penerapan metode konsep BIM yang mana hasil perhitungan volume dapat lebih akurat karena terintegrasi dengan model 3D (Setiawan, 2021). Penggunaan metode BI juga dapat meminimalisir pemborosan terkait material (Yulyardi, 2018). Permasalahan-permasalahan berkaitan dengan estimasi biaya tersebut dapat berpengaruh terhadap realisasi biaya pelaksanaan dan berdampak pada target keuntungan bagi kontraktor. Pada studi ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar perbedaan atau perbandingan dari estimasi biaya dengan konsep BIM terhadap realisasi biaya pelaksanaan.

Manajemen Proyek

Setiap pekerjaan, usaha dalam memajemen pekerjaan tersebut sangat diperlukan, sama halnya di dalam manajemen proyek dari proses perencanaan (*planning*), pengaturan (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*) proyek konstruksi, lebih jauh lagi manajemen proyek menggunakan pendekatan hirarki vertikal dan horizontal. Proses – proses tersebut dikenal dengan proses manajemen.

Lean Construction

Lean Construction (LC) adalah pendekatan lain untuk peningkatan kinerja yang bertujuan untuk meningkatkan seluruh proses konstruksi agar dapat memenuhi kebutuhan *customer* secara efektif (Bhatla dan Leite, 2012). Konsep *Lean Construction* tidak hanya sebuah konsep, namun *Lean Construction* adalah filosofi yang bertujuan untuk memaksimalkan nilai yang diberikan kepada klien dengan meminimalkan pemborosan waktu, biaya, peralatan, dan upaya yang terkait. Ini dapat dicapai dengan menggunakan dan menggabungkan pendekatan yang ada seperti *Just in Time* (JIT), *Total Quality Management* (TQM), kompetisi berbasis waktu dan rekayasa dan lain sebagainya.

Untuk menerapkan BIM dan LC beberapa faktor harus dipertimbangkan, yaitu terkait konstruksi BIM maupun Lean membutuhkan kepemimpinan yang baik di setiap fase. Serta proses inti harus mempertimbangkan persyaratan Lean thinking dan BIM. (Zigurat Global Institute of Technology, 2018).

Building Information Modelling (BIM)

BIM atau *Building Information Modelling* diartikan sebagai seperangkat teknologi, proses, kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara kolaborasi dan integrasi dalam sebuah model digital. Penggunaan *Building Information Modelling* dalam pekerjaan konstruksi, proses desain, pengadaan, dan pelaksanaan konstruksi dapat dengan mudah terhubung dan memungkinkan pelaku yang terlibat dalam suatu proyek bekerja secara kolaborasi (Eastman et al., 2011), sehingga dapat mendukung integrasi data dan desain dengan mudah.

Manfaat BIM antara lain yakni merupakan sebuah dukungan terhadap proses pengambilan keputusan proyek. Pemahaman antar stakeholder dapat lebih jelas. Visualisasi solusi desain, bantuan terhadap proses dan koordinasi desain. Peningkatan keselamatan selama konstruksi dan selama siklus hidup bangunan. Dukungan analisis biaya dan siklus hidup proyek. Dukungan transfer data proyek ke perangkat lunak pengelolaan data. Penekanan biaya dengan meminimalisir jumlah anggota tim. Minimalisir penggunaan kertas karena interaksi secara digital (BP SDM, 2019).

Standar BIM ini biasanya bersumber pada BIM National Standard. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam buku Panduan Adopsi BIM dalam Organisasi (2018).

BIM 5D

Model BIM 5D atau *Building Information Modelling 5D* dengan rangkaian integrasi berbagai perangkat lunak seperti Revit,

Tekla, MagiCAD untuk pemodelan kemudian diintegrasikan dengan perangkat lunak perkantoran Microsoft project, excel, word yang biasanya menginput data penjadwalan. Setelah model BIM 5D mengintegrasikan model proyek dan informasi atribut terkait, BIM 5D dapat melakukan kueri kemajuan konstruksi proyek, gambar desain konstruksi, daftar harga, ketentuan kontrak dan informasi konstruksi lainnya melalui model (Jiang, 2017).

BIM 5D bertugas untuk memperkirakan aliran keuangan suatu proyek yang divisualisasikan dengan model 3D. Visualisasi menghasilkan kelayakan dan akurasi yang tepat dalam setiap proyek. Perbedaan utama dengan pemodelan secara manual adalah pada BIM 5D tingkatan dimana biaya proyek dapat diperbarui dan dimodifikasi.

Quantity Take-Off

Quantity Take-Off merupakan salah satu upaya dengan melakukan perhitungan volume, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan untuk menyusun BOQ dalam tender dan nantinya juga dijadikan bahan untuk melakukan procurement, dan untuk mendapatkan beberapa keuntungan seperti pengefisienan material yang datang karena sesuai dengan aktual. QTO diaplikasikan hampir di semua fase proyek konstruksi, oleh karena itu pekerjaan QTO harus dilakukan secara akurat dan konsisten (Alshabab et al, 2017). Autodesk Revit merupakan aplikasi Building Information Modeling (BIM). Karena kita membuat model bangunan sesungguhnya, kita dapat mengambil data apapun yang kita butuhkan dari model tersebut. Denah, tampak, potongan, schedule (bill of quantity) adalah sebagian dari data yang dapat kita gunakan.

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek merupakan estimasi biaya proyek berdasarkan estimasi harga satuan dan kebutuhan akan sumberdaya (koefisien)

pada tiap-tiap item pekerjaan yang menjadikan proyek secara keseluruhan dengan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut, serta biaya-biaya tidak langsung yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek tersebut. Secara umum, RAB dipengaruhi oleh kuantitas (volume) pekerjaan dan harga satuan pekerjaan (HSP). Dengan adanya efisiensi waktu dan sumber daya manusia maka biaya yang dibutuhkan dalam suatu perencanaan proyek menggunakan Revit dapat berkurang. (Yosi Marizan, 2019)

Realisasi Biaya Proyek

Realisasi Biaya proyek merupakan biaya yang telah dikeluarkan atau direalisasikan untuk terlaksananya suatu proyek. Umumnya dalam realisasi proyek, biaya adalah suatu hal yang sering terjadi penyimpangan (variance) dan variance yang terjadi dapat menguntungkan ataupun merugikan perusahaan. Penyimpangan didapat dari selisih antara realisasi biaya yang sebenarnya RAP dengan biaya yang tercantum dalam RAB.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data sekunder seperti Detailed Engineering Design atau DED yang berisi perencanaan lengkap mengenai bangunan rumah 2 lantai yang telah dimodelkan kedalam software Revit yang selanjutnya dihitung estimasi biaya menggunakan BIM 5D. Setelah mendapat hasil awal, dilanjutkan dengan membandingkan realisasi biaya proyek dengan RAB proyek yang telah didapat dari data sekunder. Penelitian ini dilakukan untuk menggambarkan fenomena yang sering terjadi di dunia konstruksi, dengan memperlihatkan perbandingan RAB dengan realisasi biaya proyek.

Lokasi Penelitian

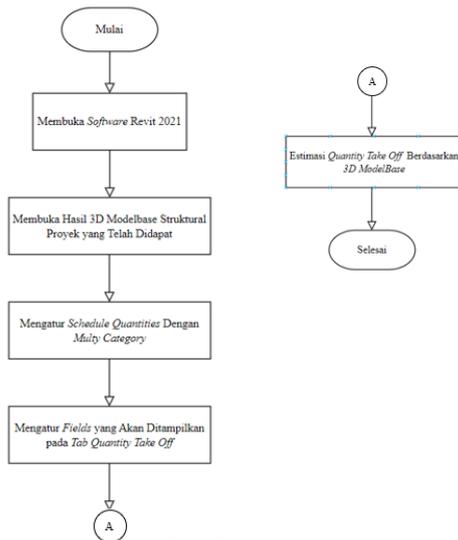
Penelitian ini berlokasi pada proyek pembangunan rumah dua lantai di Griya Nir Corona, Kudus. Denah lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar (1).



Gambar 1. Lokasi Proyek Pembangunan Rumah Dua Lantai Koordinat 6°48'30.1"S 110°49'26.3"E

Quantity Take Off Pekerjaan Struktur

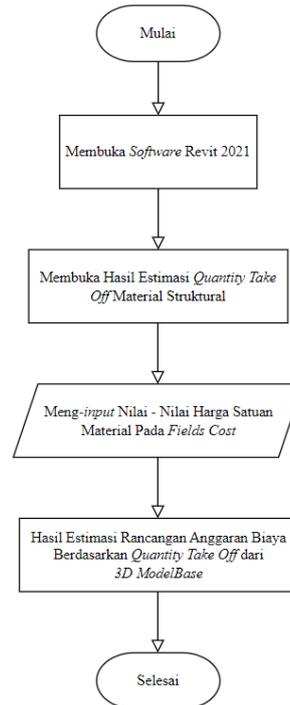
Setelah mendapatkan 3D Modelbase dari perencana proyek maka langkah - langkah selanjutnya yaitu menampilkan *quantity take off* dari 3D Modelbase yang telah didapat sebagai estimasi *quantity take off material* pekerjaan structural pada Gambar (2).



Gambar 2. Bagan Alir (Flowchart) Quantity Take Off Material Struktural

Input Nilai Harga Satuan Pekerjaan Rencana Anggaran Biaya Pada Software Revit 2021

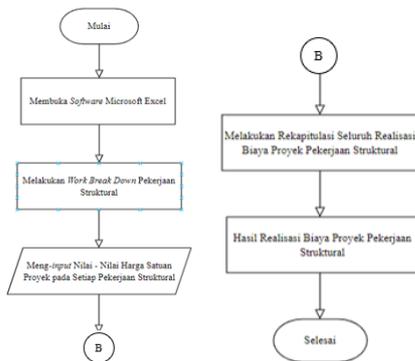
Pada tahap ini dilakukan dengan menginput nilai-nilai harga satuan pekerjaan pada RAB ke dalam software Revit. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan hasil estimasi biaya berdasarkan 3D Modelbase yang telah didapat seperti pada Gambar (3).



Gambar 3. Bagan Alir (Flowchart) Input Nilai Harga Satuan Pekerjaan Rencana Anggaran Biaya pada Software Revit

Realisasi Biaya Proyek pada Software Excel

Pada tahapan ini dilakukan dengan menginput nilai-nilai harga satuan yang diperoleh dari realisasi biaya proyek ke dalam software Microsoft Excel. Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan rekapitulasi berupa realisasi biaya proyek pada pekerjaan structural. Bagan alir atau flowchart untuk menginput realisasi biaya proyek pada Microsoft Excel seperti Gambar (4).



Gambar 4. Bagan Alir (Flowchart) Input Realisasi Biaya Proyek pada Software Excel

Analisis Dan Pembahasan

Data penelitian ini merupakan data-data yang akan digunakan sebagai penunjang dalam penelitian perbandingan rancangan anggaran biaya dan realisasi biaya pelaksanaan dengan BIM 5D pada pekerjaan struktural bangunan. Keberadaan software-software penunjang telah menunjukkan manfaat yang sangat nyata dalam dunia pembangunan. Dengan berbagai jenis dan kegunaan, software-software penunjang telah menjadi kebutuhan dalam percepatan pembangunan. Sehingga pada era ini, menguasai suatu software merupakan nilai tambah sebagai seorang engineer. Data-data tersebut adalah sebagai berikut.

Informasi Data Proyek

Nama Proyek : Pembangunan Proyek Rumah 2 Lantai
 Lokasi Proyek : Griya Nir Corona, Kudus.
 Pemilik Proyek : Henry Syahrial
 Pelaksana Proyek : CV. Bangun Omah
 Nilai Proyek : Rp. 963.348.000

Rencana Anggaran Biaya Proyek Existing

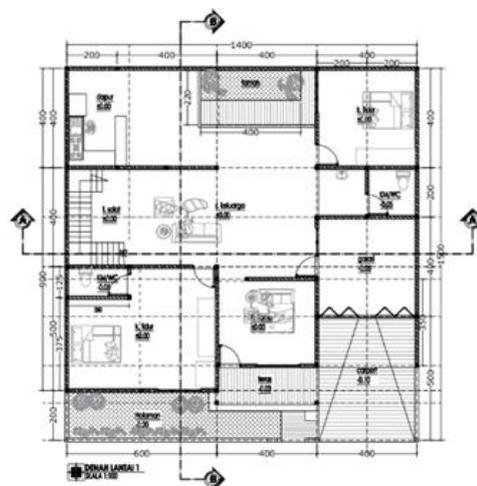
Data - data rencana anggaran biaya (RAB) proyek yang diperoleh dari perencana proyek akan digunakan sebagai penunjan dan acuan yang nantinya diinput sebagai

data informasi ke dalam 3DModelBase pada software Revit untuk memperoleh anggaran biaya berbasis BIM 5D. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Proyek

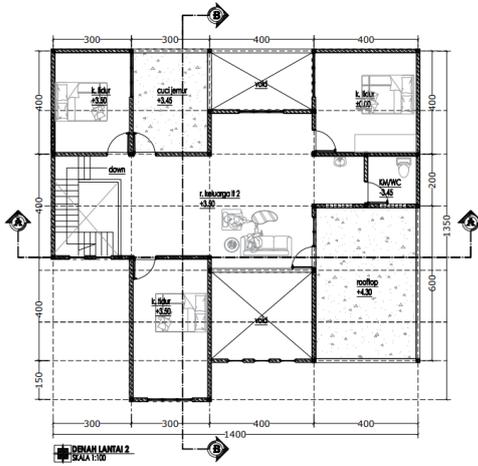
Data RAB proyek dan estimasi volume yang didapatkan dari perencana proyek. RAB telah direkap hanya pada pekerjaan struktural meliputi footplat, sloof, kolom K1, kolom K2, kolom KP, balok B1, balok B2, plat lantai, tangga dan ringbalk .Total RAB proyek pada pekerjaan struktural yang diperoleh dari data proyek yaitu sebesar Rp.117.847.403,00 dengan rinciian biaya beton sebesar Rp. 27.941.347,00 dan biaya anggaran besi sebesar Rp. 89.906.056,-

Detailed Engineering Drawing Proyek

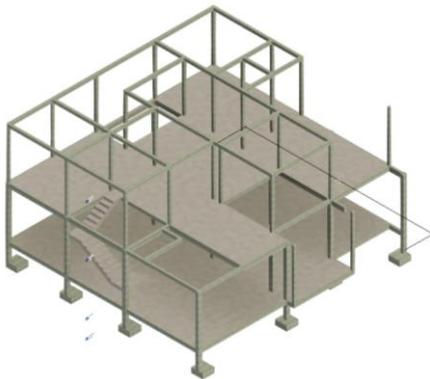
Data *detailed engineering drawing* yang diperoleh dari perencana digunakan sebagai acuan informasi untuk struktural proyek seperti Gambar (5) dan (6). Dengan adanya DED mampu memeriksa ada atau tidaknya kesalahan dalam permodelan 3DModelBase pada Gambar (7) yang telah didapat. Data-data yang didapatkan adalah denah pekerjaan struktural, tampak pekerjaan struktural, potongan pekerjaan struktural, detail-detail pekerjaan struktural meliputi pondasi, sloof, kolom, balok, dan plat lantai.



Gambar 5. DED Lantai 1



Gambar 6. DED Lantai 2



Gambar 7. Tampilan Pemodelan 3D Revit 2021

Analisa Harga Satuan Proyek

Data analisa harga satuan untuk beton dan pembesian pada pekerjaan struktural yang didapatkan dari proyek, volume pekerjaan diambil dari data proyek, yang mengacu pada SNI 6.25.1.

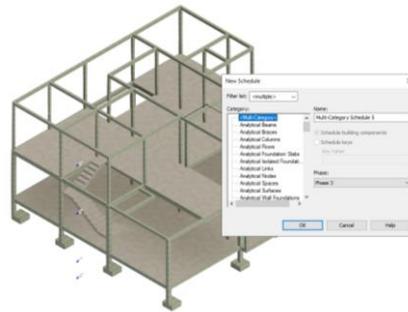
Dari AHSP data proyek didapatkan bahwa setiap 1 m³ volume beton K-250 dibutuhkan biaya untuk membuat campuran beton sebesar Rp. 624.000, untuk 1 Kg besi membutuhkan biaya Rp. 12.448.

Pada analisa harga satuan pekerjaan struktural meliputi sloof, kolom K1, kolom K2, kolom KP, balok B1, balok B2, footplat, plat dan ring balk mempunyai harga satuan yang sama dengan harga satuan di atas.

Quantity Take Off Material

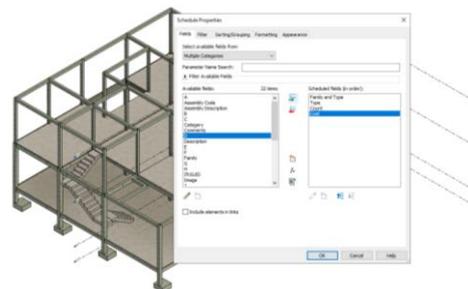
Pada proses analisis data, penulis sudah mendapat pemodelan 3D pada pekerjaan struktural proyek. Pemodelan 3D disiapkan untuk melakukan estimasi *quantity take off* yang selanjutnya akan didapatkan volume pekerjaan struktural.

Untuk meng-input spesifikasi/informasi data, maka penulis memberikan keterangan pada masing-masing komponen struktur (manufacturer, type, description dan cost). Kemudian men-setting schedules/quantities pada panel reports & schedules. Kemudian muncul New Schedule seperti Gambar (8).



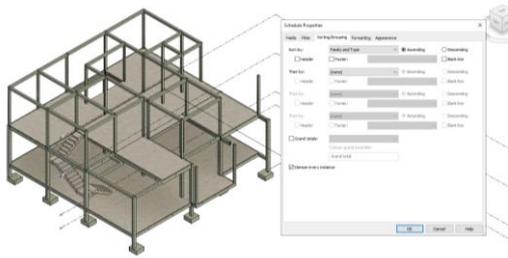
Gambar 8. Tampilan New Schedule

Setelah muncul *New Schedule* pilih *Structure* pada *Filter List* kemudian pada *Category* pilih *Multy-Category* untuk membuat *Multy-Category Schedule*. Selanjutnya menentukan yang akan ditampilkan data informasinya pada *fields*. Lalu klik *family and type, manufacturer, dan volume*. Tampilan pada *fields* dapat dilihat pada Gambar (9).



Gambar 9. Tampilan Schedule Properties

Kemudian masuk ke menu *filetr/grouping* untuk mengatur *fields* yang dimunculkan seperti Gambar (10).

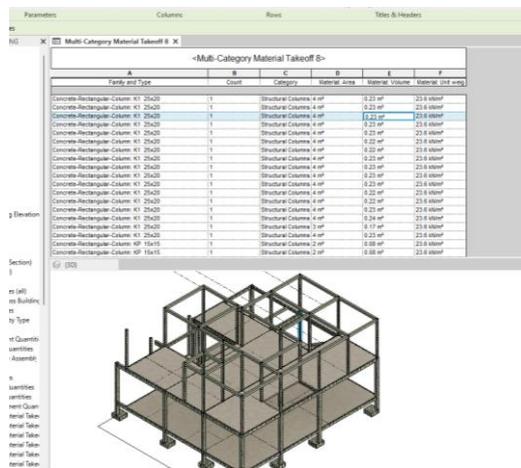


Gambar 10. Tampilan Filter/Grouping

Output Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural

Rekapitulasi *Quantity Take Off Material* dari *Software Autodesk Revit* pada Pekerjaan Struktural *Output* yang dihasilkan setelah melakukan QTO dengan *software Revit* yaitu volume dari item-item pekerjaan struktural yang sesuai dengan urutan konstruksi pekerjaan dari pekerjaan pondasi, pekerjaan lantai 1 dan pekerjaan lantai.

Tampilan *quantity take off* kebutuhan seluruh material struktural dapat dilihat pada Gambar (11).



Gambar 11. Quantity Take off

Rekapitulasi Harga Material dari *Software Revit* pada Pekerjaan Struktural, estimasi *quantity take off* pada *software Revit* tidak bisa menampilkan secara detail dan rekapitulasi secara langsung untuk urutan konstruksinya, maka dibutuhkan *software microsoft excel* sebagai bantuan untuk melakukan rekapitulasi tiap item pekerjaan dengan menyajikan volume tiap pekerjaan

secara urutan konstruksi. Berikut ini rekapitulasi volume pekerjaan struktural dengan bantuan *software microsoft excel* pada Tabel (2).

Tabel 2. Hasil QTO Menggunakan Autodesk Revit

Item	Volume Besi (Kg)	Volume Beton (m ³)
Footplat	329	3,52
Sloof	480,81	4,51
Kolom K1	737,15	4,05
Kolom K2	104,49	0,85
Kolom KP	97,73	1,16
Balok B1	688,18	3,17
Balok B2	183,5	1,39
Plat	618,22	35,1
Tangga	174,63	2
Ringbalk	284,56	2,49
TOTAL	3698,27	58,24

Dari data diatas maka didapatkan total dari volume besi hasil dari software Revit 2021 adalah 3698,27 Kg dan total dari volume beton hasil dari software Revit 2021 adalah 58,24 m3.

Perhitungan Estimasi Biaya Dengan Konsep BIM 5D

Setelah dilakukan estimasi *quantity take off* besi dan beton menggunakan *software Autodesk Revit 2021*. Hasil volume dari *quantity take off* yang diperoleh dikalikan dengan biaya yang didapat dari AHSP data proyek yang dapat dilihat pada Lampiran 1, beton bertulang K-250 sebesar Rp 624.000 dan untuk pembesian adalah Rp 12.448, yang telah dimasukkan ke dalam Revit.

Dari data yang didapatkan total volume besi hasil dari software Revit 2021 adalah 3698,27 Kg dengan biaya Rp 46.036.064 dan total dari volume beton adalah 58,24 m3 dengan biaya sebesar Rp 36.341.760.

Sehingga total biaya dari estimasi menggunakan BIM 5D adalah Rp 82.377.824.

Rekapitulasi Realisasi Biaya Dengan Microsoft Excel

Hasil rekapitulasi pembelanjaan material proyek yang didapat dari data proyek melalui nota-nota belanja material besi dan material beton. Pada pekerjaan besi dan beton menghabiskan total biaya sebesar Rp 90.346.000, dengan pembelanjaan material pembesian sebesar Rp 47.009.000 dan beton sebesar Rp 43.337.000.

Rekapitulasi Realisasi Volume Pekerjaan Pembesian dan Beton

Data yang didapat dari nota-nota direkap pula volume satuan bahannya. Hasil rekapitulasi didapat total besi sebanyak 553 batang dengan berbagai ukuran diameter dan ditotal sebesar 4020,92 Kg, selain itu rekapitulasi menunjukkan pekerjaan beton total membutuhkan semen sebanyak 509 zak, pasir beton sebanyak 48 m³, split sebanyak 42 m³. Hasil tersebut kemudian diasumsikan melalui pendekatan koefisien SNI didapat perkiraan volume beton total sebanyak 53,02 m³.

Margin Volume Besi dan Beton

Dari data yang diperoleh, total dari keseluruhan pekerjaan struktur volume besi dari data proyek adalah seberat 7222,53 Kg, volume besi dari hasil BIM menggunakan Revit seberat 3698,27 Kg dan volume besi realisasi seberat 4020,92 Kg. Terdapat perbedaan total paling besar yaitu 14% antara volume data proyek dengan BIM, sedangkan perbedaan 95% antara volume data proyek dan BIM dan perbedaan paling kecil yaitu 9% antara volume besi hasil BIM dengan realisasi proyek.

Dari data diperoleh total dari keseluruhan pekerjaan struktur volume beton dari data proyek adalah sebesar 44,78 m³, volume beton dari hasil BIM menggunakan Revit sebesar 58,24 m³ dan volume beton realisasi sebesar 53,02 m³. Terdapat perbedaan total

paling besar yaitu 23% antara volume hasil BIM dengan data proyek dengan lebih kecil pada data proyek, sedangkan 9% antara volume realisasi dan dengan BIM yang lebih kecil pada realisasinya.

Dari data yang diperoleh, biaya material untuk pekerjaan struktur besi dari RAB data proyek adalah sebesar Rp 89.906.056, biaya besi dari hasil BIM 5D sebesar Rp 46.036.064 dan biaya realisasi sebesar Rp 47.009.000. Terdapat perbedaan 95% antara biaya besi hasil 5D BIM dengan data proyek, perbedaan 91% antara data proyek dengan realisasi dan 2% antara biaya besi realisasi dan BIM.

Dari data yang diperoleh jumlah biaya material untuk pekerjaan struktur beton dari data proyek adalah sebesar Rp 27.941.347, biaya beton dari hasil 5D BIM menggunakan Revit sebesar Rp 36.341.760 dan biaya beton realisasi sebesar Rp 43.337.000. Terdapat perbedaan total paling besar yaitu 36% antara data proyek dengan realisasi, sedangkan perbedaan 23% antara data proyek dengan biaya beton hasil 5D BIM, dan 19% antara biaya realisasi dan 5D BIM.

Dari analisis diatas diperoleh biaya total pekerjaan struktural dari RAB data proyek sebesar Rp 117.847.403. Estimasi biaya total pekerjaan struktural dari hasil analisis BIM 5D sebesar Rp 82.377.823. Sedangkan biaya total pekerjaan struktural dari realisasi proyek sebesar Rp 90.346.000.

Dari perbandingan antara estimasi hasil 5D BIM dengan RAB data Proyek terdapat selisih dimana hal tersebut disebabkan adanya indikasi kurang telitinya perencanaan dalam estimasi RAB. Terlihat kesalahan paling besar dengan margin yang signifikan pada perhitungan besi, dimana pada data RAB proyek dibutuhkan 7222,92 kg, sedangkan hasil QTO dari model BIM 369,27 kg, dan realisasi pembelanjaan material sebesar 4020,92 kg. Selain itu juga terlihat tidak teliti dalam menghitung volume beton plat lantai sehingga perbedaan volume beton dengan hasil QTO model BIM dan realisasi proyek sangat jauh. Perbedaan-

perbedaan itu diakibatkan karena pada saat realisasi proyek ada beberapa tidak sesuai dengan rencana (*planning*), kesalahan saat proses pekerjaan seperti kesalahan pemotongan besi. Selain itu, kusus untuk material penyusun beton seperti pasir, semen sebagian digunakan untuk pekerjaan lain selain pekerjaan struktur yang membutuhkan material tersebut.

Dari hasil analisis yang sudah didapat, menunjukkan bahwa penggunaan metode BIM 5D mampu secara efisien mengoptimalkan volume material dan estimasi biaya pada proyek konstruksi, hal ini senada dengan hasil penelitian Christopher et al., 2021. Hasil ini menguatkan bahwa konsep BIM 5D dapat meminimalisir terjadinya overlapping atau tumpang tindih sehingga perencanaan konstruksi dapat lebih tepat dan menghasilkan estimasi biaya yang optimal. Hal tersebut juga mendukung konsep *lean construction* dalam meminimalisir *waste*.

Kesimpulan

Besarnya hasil perhitungan BIM 5D dengan *software Revit* menunjukkan bahwa rencana biaya material yang dibutuhkan untuk struktur besi dan beton adalah Rp 82.377.823, dan total biaya realisasi pelaksanaan sebesar Rp. 90.346.000,-

Hasil hitung RAB data proyek lebih mahal 43% dibandingkan dengan hasil hitung menggunakan *software Revit*, Hasil hitung rekapitulasi biaya realisasi lebih mahal 9% dibandingkan dengan hasil hitung berbasis BIM,

Daftar Pustaka

Afandi, D. D. 2022. Penerapan Building Information Modelling (BIM) Untuk Estimasi Biaya Pekerjaan Rangka Atap Baja Ringan (Universitas Islam Indonesia). Universitas Islam Indonesia.

Alshabab, M., Vysotskiy, A., & Petrochenko, M. 2017. BIM Based Quantity Takeoff. Construction of Unique Building and Structures. AssembleSystem 2013.

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia . 2019. PENGENALAN BUILDING INFORAMTION MODELING (BIM).

Badan Standardisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Tanah.

Bhatla, A., Leite, F. 2020. INTEGRATION FRAMEWORK OF BIM WITH THE LAST PLANNER SYSTEM TM. Proceedings for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

BIM PUPR, Institut BIM Indonesia. 2018. PANDUAN BIM Adopsi BIM dalam Organisasi

Budiman, P. 1999. Keterlambatan waktu pelaksanaan proyek klasifikasi dan peningkatan, dan penyebab penyebabnya. Jurnal Universitas Kristen Petra Surabaya.

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.

Farhana, A., & Abma, V. (2022). Implementasi Konsep Bim 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung. Racic : Rab Construction Research, 7(2), 116–127. <https://doi.org/10.36341/racic.v7i2.3004>

Husen, A. 2011. Manajemen Proyek. Perencanaan, Penjadwalan & Pengendalian Proyek Edisi Revisi. Andi Offset. Yogyakarta.

Jusna, Y., Sunatha, I. G. N., & Praganingrum, T. I. (2021). Evaluasi Durasi Proyek Dengan Metode Probabilitas Pada Proyek Renovasi Bangunan MES Dan Sarana Pendukung Kantor Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali. Jurnal Ilmiah Teknik Unmas, 1(1), 1–6. Retrieved from <http://ejournal.unmas.ac.id/index.php/jitumas/article/download/2147/1879>

Marizan, Y. (2019). Studi Literatur Tentang Penggunaan Software Autodesk Revit. Jurnal Ilmiah Beerig's, 06(01), 15–26.

Setiawan, E. B., & Abma, V. (2021). Penerapan Konsep Bim Dari Studi Kasus Dan Perspektif Pengguna. Prosiding CEEDRiMS Teknik Sipil 2021, 22, 1–8.

Yulyardi, L. (2018). BIM (Tekla) for the Accountable Infrastructure's Construction Advancement.