

Implementasi Building Information Modeling (BIM) 5D Pada Estimasi Volume dan Biaya Pekerjaan Struktur

Celvin Adi Prasty^{1*}, Irna Hendriyani¹, Reno Pratiwi²

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Balikpapan, Jl. Pupuk Raya, Gn. Bahagia, Kecamatan Balikpapan Selatan, Kota Balikpapan, 76114, Indonesia

²Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Balikpapan, Jl. Pupuk Raya, Gn. Bahagia, Kecamatan Balikpapan Selatan, Kota Balikpapan, 76114, Indonesia

*e-mail: prasty060402@gmail.com

(Received: 29 November 2024; Reviewed: 03 Februari 2025; Accepted: 15 April 2025)

Abstract

Implementation of Building Information Modeling (BIM) 5D in Estimating Volume and Structural Work Costs. This research is a case study designed to compare the outcomes of cost estimation calculations conducted through the manual approach versus the Building Information Modeling (BIM) approach. BIM addresses the limitations of conventional software like AutoCAD and Microsoft Excel, which are 2D-based and complicate coordination across different engineering disciplines. BIM, through the integration of 3D (modeling), 4D (scheduling), 5D (cost), 6D (sustainability), and 7D (operation and maintenance), offers a comprehensive framework for project planning, management, and evaluation. This study analyzes the efficiency of volume and cost estimation in the construction of the DP3 and DISDAG Building project in Balikpapan using the BIM 5D concept with Autodesk Revit 2022 software. Comparative analysis of volumes derived from three-dimensional modeling of BIM indicates that volume computation and cost estimation are more efficient than the manual approaches used by consultants. When comparing the concrete work volume between BIM and the consultant's conventional method, there is a reduction of 4.92% for concrete works, and 5.16% reduction is noted for rebar works. These findings demonstrate that the implementation of BIM 5D in Autodesk Revit improves efficiency in volume and cost estimation.

Keywords: 5D, BIM, Building Information Modeling, Cost Analysis, Volume

Abstrak

Penelitian ini merupakan studi kasus untuk membandingkan hasil perhitungan pada pekerjaan estimasi biaya dengan metode manual dan metode *Building Information Modeling* (BIM). BIM mengatasi keterbatasan perangkat lunak seperti AutoCAD dan Microsoft Excel, yang hanya berbasis 2D dan menyebabkan koordinasi antar bidang teknik menjadi rumit. BIM, melalui integrasi 3D (pemodelan), 4D (penjadwalan), 5D (biaya), 6D (keberlangsungan), dan 7D (pengoperasian dan pemeliharaan), menawarkan kerangka kerja yang komprehensif untuk perencanaan, manajemen, dan evaluasi proyek. Studi ini menganalisis efisiensi volume dan biaya pada pembangunan Gedung Gabungan DP3 dan DISDAG di Kota Balikpapan menggunakan konsep BIM 5D dengan perangkat lunak Autodesk Revit 2022. Membandingkan volume yang dihitung melalui pemodelan 3 dimensi menggunakan BIM menunjukkan bahwa perhitungan volume dan estimasi biaya lebih efisien dibandingkan metode manual oleh konsultan. Volume pekerjaan beton dengan BIM dibandingkan dengan metode manual, terdapat penghematan sebesar 4.92% untuk pembeton, serta 5.16% untuk pembesian. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi BIM 5D di Autodesk Revit lebih efisien dalam perhitungan volume dan estimasi biaya.

Kata Kunci: 5D, Analisis Biaya, *Building Information Modeling*, BIM, Volume

PENDAHULUAN

Building Information Modeling (BIM), pertama kali di sebutkan oleh G.A. van Neverdeen dan F.P. Tolman dalam sebuah makalah pada tahun 1992. Namun, ketika analis industri Jerry Laiserin membahas teknologi desain baru yang dapat menggantikan Computer Aided Design (CAD), istilah BIM pun menjadi semakin populer (PUPR, 2018). Metode dan proses kerja yang dikenal sebagai *Building Information Modeling* (BIM) telah lama diterapkan dalam industri konstruksi untuk memenuhi kebutuhan seperti pengukuran, peninjauan, dan analisis kinerja proyek. BIM memanfaatkan kombinasi berbagai informasi digital yang tersedia untuk menghemat waktu, biaya, dan tenaga kerja (Ferial, Hidayat, Pesela, & Daoed, 2022).

Building Information Modeling (BIM) merupakan teknologi dalam sektor AEC (Arsitektur, Teknik, dan Konstruksi) yang memanfaatkan model digital tiga dimensi yang mencakup semua data terkait bangunan. Teknologi ini mendukung berbagai proses, mulai dari perencanaan, desain, pelaksanaan konstruksi, hingga pemeliharaan bangunan dan infrastrukturnya, serta melibatkan berbagai pihak dalam proyek, seperti konsultan, pemilik, dan kontraktor (Teknik, Politeknik, & Bali, 2021). *Building Information Modeling* (BIM) awalnya dikembangkan sebagai pemodelan tiga dimensi (3D) yang merepresentasikan bentuk fisik bangunan secara digital. BIM 3D memungkinkan visualisasi desain yang lebih baik dibandingkan gambar dua dimensi konvensional. Seiring perkembangan teknologi, konsep ini berkembang menjadi BIM 4D dengan menambahkan faktor waktu dan jadwal proyek, memungkinkan simulasi tahapan konstruksi untuk meningkatkan efisiensi perencanaan.

Selanjutnya, evolusi BIM mencapai tahap BIM 5D yang mengintegrasikan berbagai perangkat lunak pemodelan seperti Revit, Tekla, dan MagiCAD dengan aplikasi perkantoran seperti Microsoft Project dan Excel untuk mengelola data penjadwalan. Sistem ini memungkinkan kueri informasi proyek, termasuk kemajuan konstruksi, daftar harga, dan ketentuan kontrak, sehingga mendukung transmisi data yang tepat waktu dalam manajemen proyek. Selain itu, BIM 5D memvisualisasikan aliran keuangan proyek dalam model 3D, memastikan estimasi biaya yang lebih akurat dan dapat diperbarui seiring perubahan desain atau kondisi tak terduga. Keunggulan utama BIM 5D dibandingkan metode manual adalah kemampuannya dalam memperbarui biaya proyek secara real-time serta meningkatkan kolaborasi antar pemangku kepentingan, termasuk quantity surveyor dalam berbagai tahap proyek, mulai dari desain konseptual hingga manajemen fasilitas (Noviani, Amin, & Hardjomuljadi, 2021). Stakeholder seperti pemilik, arsitek, insinyur, pelaksana, serta tim yang bertanggung jawab atas perawatan dan operasi fasilitas, bekerja sama menggunakan sistem informasi yang terintegrasi. BIM menggantikan pendekatan konvensional yang kurang efisien dengan metode yang lebih kolaboratif dan terpadu (Nugrahini & Permana, 2020).

Untuk meningkatkan efektivitas penerapan BIM dalam manajemen informasi proyek, standar ISO 19650:2018 diperkenalkan sebagai pedoman global. ISO 19650:2018 merupakan standar internasional yang mengatur pengelolaan informasi dalam proyek konstruksi menggunakan BIM. Standar ini membantu meningkatkan koordinasi antar tim proyek, mengurangi risiko kesalahan informasi, serta meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam setiap tahap proyek. Beberapa perusahaan konstruksi, seperti PT Brantas Abipraya dan PT Hutama Karya Infrastruktur, telah berhasil menerapkan ISO 19650:2018 dalam manajemen BIM mereka, yang menghasilkan efisiensi signifikan dalam pengelolaan data proyek serta pengurangan biaya operasional (Gitsa, 2024).

Dalam metode konvensional, gambar kerja desain bangunan dikerjakan secara terpisah oleh tiap keahlian, sementara dengan model Revit yang berbentuk 3D, QTO (Quantity Material Take Off) dihasilkan secara otomatis, dan gambar-gambar 2D dapat dibuat tanpa perlu proses manual (Karsono & Olivia, 2022). QTO sendiri merupakan proses perhitungan detail kebutuhan material dalam proyek konstruksi, yang mencakup aspek seperti volume, luas, dan panjang material. Pendekatan tradisional dilakukan dengan perhitungan volume berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), yang mencakup beberapa langkah utama, yaitu mengidentifikasi elemen konstruksi yang akan dihitung, menggunakan rumus geometri dasar seperti panjang \times lebar \times tinggi untuk elemen beton, mempertimbangkan koefisien kehilangan material, serta mengacu pada spesifikasi teknis dan gambar kerja. Sedangkan metode berbasis *Building Information Modeling* (BIM) memungkinkan estimasi material dilakukan secara otomatis dengan membaca informasi dari model 3D. Dalam metode konvensional, Dengan BIM, proses QTO yang sebelumnya dilakukan secara manual sesuai metode SNI kini dapat dipermudah melalui sistem otomatisasi, sehingga perhitungan menjadi lebih cepat, akurat, dan minim kesalahan. Hal ini

mendukung efisiensi dalam penyusunan anggaran dan manajemen proyek (Maghfirona, Iq'bal Khairul Amar, Muhammad, & Failasufa, 2023).

Proses konstruksi melibatkan perubahan desain menjadi struktur fisik dengan mengoordinasikan berbagai sumber daya, seperti tenaga kerja, bahan, peralatan, dan dana. Proyek harus diselesaikan tepat waktu dan sesuai anggaran, namun semakin besar skalanya, semakin besar pula kemungkinan munculnya masalah yang dapat menyebabkan peningkatan biaya. Salah satu faktor dalam proyek konstruksi yang kerap memiliki banyak masalah adalah perolehan volume dan estimasi biaya (Firdaus, Hidayat, & Istijono, 2020). Perhitungan volume bangunan dilakukan untuk menghasilkan Daftar Volume, yang berfungsi sebagai estimasi jumlah bahan dan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pelaksanaan setiap item pekerjaan pada sebuah bangunan. Jumlah item pekerjaan tersebut merefleksikan kebutuhan untuk menyelesaikan konstruksi gedung (Peli, 2017). Kerugian dapat terjadi akibat penggunaan teknik estimasi yang tidak baik, kesalahan dalam estimasi karena kurang teliti, kurangnya kelengkapan data dan informasi proyek, serta karena estimasi biaya sangat bergantung pada hasil perhitungan volume (quantity takeoff) (Farhana & Abma, 2022).

Efisiensi BIM 5D pernah di analisis dan didapatkan selisih efisiensi total biaya pada pekerjaan quantity take-off struktur, Efisiensi volume beton fc'30 MPa sebesar 7,21 persen, beton fc'35 MPa sebesar 10,87 persen, dan besi tulangan sebesar 5,98 persen (Umam, Erizal, & Putra, 2022). Pada kasus lain, dilakukan analisis yang serupa didapatkan efisiensi volume beton fc' 25Mpa 1,360 persen, baja tulangan 4,463 persen, dan pondasi 0,580 persen (Rizky Ashar & Beatrix, 2024). Hasil studi kasus yang dilakukan oleh Hamdani & Sandhyavitri (2020) menunjukkan bahwa meskipun terdapat investasi tambahan untuk penerapan BIM, efisiensi tetap dapat dicapai hingga 4,63 persen. Selain itu, penelitian ini juga mengungkapkan bahwa penggunaan BIM 5D mampu meningkatkan efisiensi waktu dalam proses review hingga 52,94 persen, mengurangi langkah perhitungan volume dan biaya sebesar 42 persen, serta menekan kebutuhan jumlah personal dan biaya hingga 9,5 persen dibandingkan metode manual. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan BIM 5D tidak hanya mengoptimalkan akurasi perhitungan, tetapi juga memberikan dampak signifikan dalam efisiensi waktu dan sumber daya dalam manajemen proyek konstruksi. Dilihat dari berbagai sisi, penggunaan BIM dapat memberikan banyak efisiensi untuk digunakan sebagai instrumen utama dalam pekerjaan estimasi volume dan biaya proyek konstruksi.

Sebuah kasus proyek konstruksi pembangunan Gedung Gabungan Dinas Pangan, Pertanian, dan Perikanan (DP3) dan Dinas Perdagangan (DISDAG) yang berlokasi di Kota Balikpapan, dengan biaya pada pekerjaan struktur struktur atas yang terdiri dari bore pile, dan pondasi footplat. Struktur bawah yang terdiri dari sloof, kolom, balok, ring balok, dan plat (Badan Standarisasi Nasional, n.d.) dengan biaya yang direncanakan sebesar Rp 43,095,315,609.19. Berdasarkan hasil wawancara di lapangan dengan konsultan diketahui bahwa perhitungan biaya masih menggunakan ms. excel dengan gambar kerja 2 dimensi Berdasarkan latar belakang di atas akan dilakukan analisis terhadap volume dan biaya perhitungan konsultan dengan konsep BIM 5D dengan menggunakan media perangkat lunak Autodesk Revit 2022, sehingga dari hasil analisis akan didapat efisiensi volume dan biaya pada pembangunan gedung.

METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji implementasi konsep BIM 5D dalam estimasi biaya proyek konstruksi dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit. Perbandingan dilakukan antara estimasi biaya yang diperoleh melalui metode konvensional yang digunakan oleh konsultan dan metode manual menggunakan Microsoft Excel serta AutoCAD. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini bersifat kuantitatif dengan metode perbandingan untuk menilai efisiensi estimasi volume dan biaya proyek. Penelitian ini juga mengacu pada standar ISO 19650:2018 yang mengatur manajemen informasi dalam lingkungan BIM, guna memastikan penerapan yang sesuai dengan standar internasional.

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan utama, dimulai dengan studi literatur untuk memahami konsep BIM 5D serta implementasi Autodesk Revit dalam estimasi biaya. Literatur yang digunakan mencakup buku panduan Autodesk Revit, referensi akademik tentang BIM, serta dokumen standar yang relevan guna memastikan penerapan yang sesuai dengan praktik terbaik.

Selanjutnya, pemodelan 3D dilakukan menggunakan Autodesk Revit 2022 dengan fokus pada struktur bangunan seperti bore pile, pondasi footplate, pondasi batu kali, sloof, kolom, ring balok, dan plat lantai. Model ini dikembangkan dengan mengintegrasikan fitur components dan family guna mendukung proses estimasi biaya secara otomatis.

Estimasi biaya diterapkan menggunakan dua metode utama. Metode manual dilakukan dengan Microsoft Excel berdasarkan data RAB dan DED dengan metode perhitungan SNI, sementara metode BIM 5D memanfaatkan fitur otomatisasi Autodesk Revit untuk menghitung volume dan biaya sesuai dengan komponen yang telah diintegrasikan dalam model.

Terakhir, analisis dan perbandingan hasil dilakukan dengan menilai efisiensi estimasi dari metode manual dan BIM 5D. Perbandingan dilakukan dengan menghitung persentase selisih antara kedua metode untuk menilai perbedaan volume dan biaya yang dihasilkan, serta menggunakan analisis varians untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian hasil estimasi dengan data proyek yang tersedia. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil estimasi BIM 5D dengan proyek serupa serta melalui tinjauan oleh konsultan terkait guna memastikan keakuratan dan penerapan metode yang sesuai dengan standar industri

HASIL DAN PEMBAHASAN

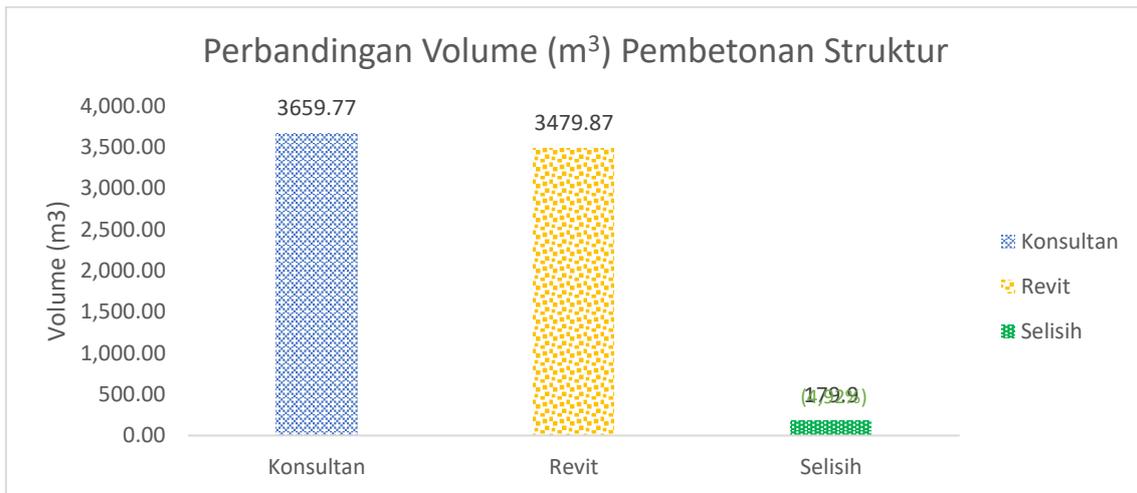
Berikut adalah hasil perhitungan volume dan biaya dari pekerjaan pembetonan dan pembesian yang didapatkan dari kedua metode konvensional dan BIM 5D yaitu perhitungan konsultan dan perhitungan *Autodesk Revit*. Lalu Dilakukan perbandingan rekapitulasi total volume dan harga antara konsultan dengan metode *Autodesk Revit*. Data akan disajikan dalam bentuk tabel untuk membandingkan secara *side by side* membandingkan selisih jumlah dan persentase selisih jumlah. Rumus yang digunakan untuk menemukan biaya, volume, dan persentase selisih/perbedaan kedua metode yang digunakan antara lain adalah :

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Volume} \times \text{Harga Satuan} \\ \text{Selisih volume} &= \text{Hasil Konsultan} - \text{hasil revit} \\ \text{Persentase} &= \frac{\text{Selisih volume}}{\text{Perhitungan Konsultan}} \times 100\% \end{aligned}$$

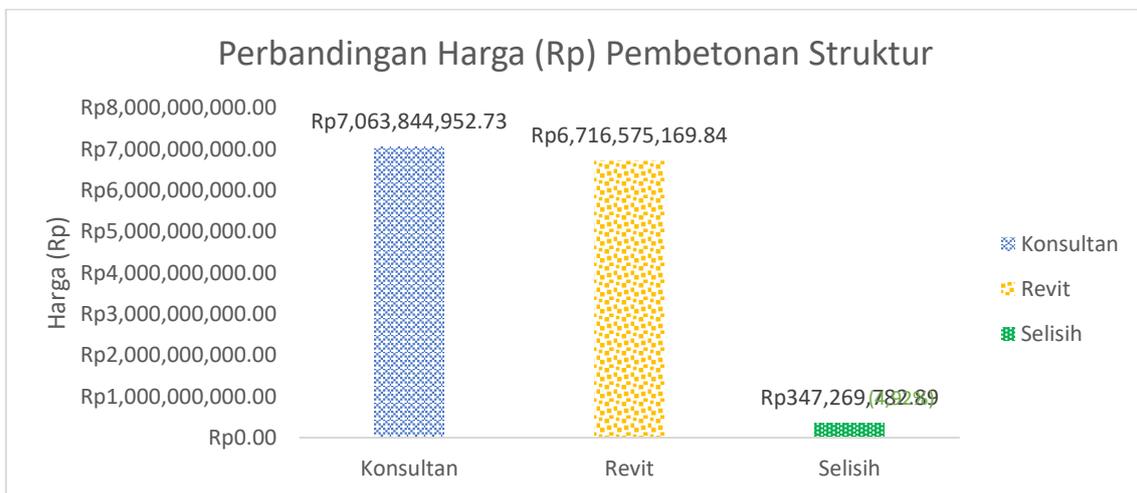
Berikut adalah perbandingan volume dan harga dalam pekerjaan pembetonan struktur gedung gabungan DP3 dan Disdag kota Balikpapan.

Tabel 1. Perbandingan rekapitulasi volume dan biaya pembetonan struktur

Item Pekerjaan	Volume Konsultan (m3)	Total Harga Konsultan	Volume Revit (m3)	Total Harga Revit	Perbedaan
Pondasi	1,530.16	Rp2,953,427,061.77	1,530.14	Rp2,953,378,950.01	0.00%
Kolom	334.09	Rp644,834,984.68	324.88	Rp627,059,121.39	2.76%
Balok & Sloof	584.80	Rp1,128,746,304.82	431.10	Rp832,072,460.37	26.28%
Plat Lantai & Atap	1,210.72	Rp2,336,836,601.46	1,193.75	Rp2,304,064,638.07	1.40%



Gambar 1. Grafik Perbandingan Rekapitulasi Volume Pembetonan Struktur



Gambar 2. Grafik Perbandingan Rekapitulasi Harga Pembetonan Struktur

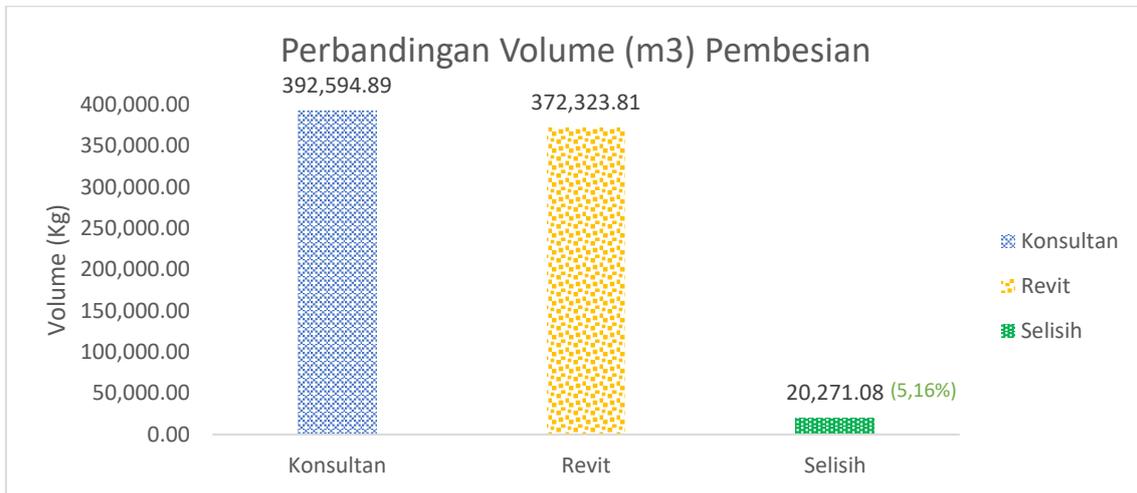
Dapat dilihat dari tabel 1, gambar 1, dan gambar 2 untuk perhitungan volume pembetonan pekerjaan struktur, hasil perhitungan konsultan sebesar 3,659.77 m³ , sedangkan hasil revit sebesar 3,479.87 m³ dengan selisish 179.90 m³ atau 4.92 % . untuk perhitungan biaya pembetonan pekerjaan struktur hasil perhitungan konsultan sebesar Rp7,063,844,952.73, sedangkan hasil revit sebesar Rp6,716,575,169.84 dengan selisish Rp347,269,782.89 atau 4.92% dimana perhitungan dengan Revit lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan konsultan.

Berikut adalah perbandingan volume dan harga dalam pekerjaan pembesian struktur gedung gabungan DP3 dan Disdag kota Balikpapan.

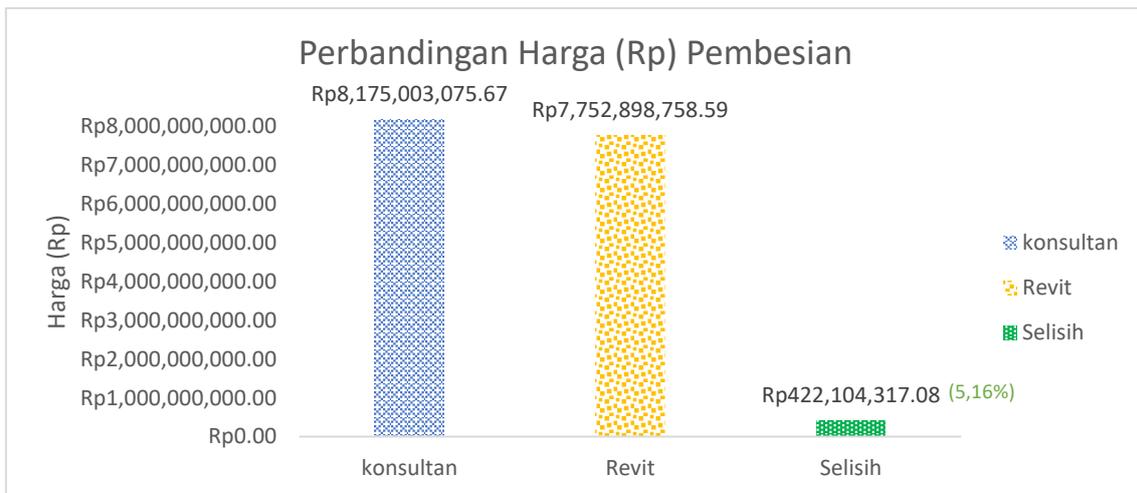
Tabel 2. Perbandingan rekapitulasi volume dan biaya pembesian struktur

Item Pekerjaan	Volume Konsultan (kg)	Total Harga Konsultan	Volume Revit (kg)	Total Harga Revit	Perbedaan
Pondasi	93,155.44	Rp1,939,775,688.71	86,618.86	Rp1,803,664,481.39	7.02%

Kolom	76,802.45	Rp1,599,257,466.32	74,293.89	Rp1,547,021,908.04	3.27%
Balok & Sloof	73,405.96	Rp1,528,532,122.80	69,936.12	Rp1,456,279,697.38	4.73%
Plat Lantai & Atap	149,231.04	Rp3,107,437,797.84	141,474.94	Rp2,945,932,671.78	5.20%



Gambar 3. Grafik Perbandingan Rekapitulasi Volume Pembesian Pekerjaan Struktur



Gambar 4. Perbandingan Rekapitulasi Harga Pembesian Pekerjaan Struktur

Dapat dilihat dari tabel 2 untuk perhitungan volume pembesian pekerjaan struktur, hasil perhitungan konsultan sebesar 392,594.89 Kg, sedangkan hasil revit sebesar 372,323.81 Kg dengan selisish 20,271.08 Kg atau 5.16%. Untuk perhitungan biaya pembesian pekerjaan struktur hasil perhitungan konsultan sebesar Rp8,175,003,075.67, sedangkan hasil revit sebesar Rp7,752,898,758.59 dengan selisish Rp422,104,317.08 atau 5.16% dimana perhitungan dengan Revit lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan konsultan. Dari sini ditemukan bahwa selisish volume dan harga pembesian dari revit lebih efisien dibanding dengan perhitungan konsultan.

Proses perhitungan volume antara metode manual dan Model Informasi Gedung (BIM) berbeda karena teknologi BIM memberikan perhitungan yang lebih efisien daripada metode manual. Namun, model BIM perlu dirancang dengan cermat untuk mendapatkan hasil perhitungan volume yang akurat. Sebagai contoh, ketika elemen balok bertumpang tindih dengan elemen balok lainnya, model BIM menunjukkan bahwa elemen tersebut telah dipotong dan tidak menyentuh balok lainnya. Namun, proses pemotongan balok sebenarnya belum selesai sepenuhnya. Ini adalah ketidaksesuaian yang dapat

menyebabkan perbedaan dalam perhitungan volume antara metode manual dan BIM. (Khosakitchalert, Yabuki, & Fukuda, n.d.) Salah satu upaya untuk mengidentifikasi pekerjaan yang saling tumpang tindih adalah dengan menggunakan fitur clash detection dalam BIM sebelum melakukan perhitungan volume pekerjaan. Kesalahan juga dapat terjadi akibat human error dalam pengukuran, perhitungan, atau interpretasi gambar pada AutoCAD. Oleh karena itu, diperlukan ketelitian yang tinggi dan pemeriksaan ulang yang cermat untuk memastikan hasil perhitungan yang efisien (Zahrah & Berliana, n.d.). BIM membantu mengurangi tugas-tugas berulang dan mempercepat pemrosesan data. Meski demikian, kesalahan bisa muncul karena faktor kesalahan data yang dimasukkan oleh manusia, sebab teknologi BIM tetap bergantung pada operasional manusia (Latiffi, Nur, Sulum, & Bilal, 2020).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi BIM 5D pada Proyek Pembangunan Gedung Gabungan DP3 dan DISDAG Kota Balikpapan dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit 2022 menghasilkan perhitungan volume dan estimasi biaya yang lebih efisien dibandingkan dengan metode perhitungan manual oleh konsultan. Hasil perhitungan volume pekerjaan beton adalah 3.479,87 m³ dengan biaya Rp6.716.575.169,84, sedangkan volume pembersian sebesar 372.323,81 kg dengan biaya Rp7.752.898.758,59. Selisih perhitungan dengan metode manual menunjukkan perbedaan volume pembetonan sebesar 179,90 m³ dengan selisih biaya Rp347.269.782,89 (4,92%), serta perbedaan volume pembersian sebesar 20.271,08 kg dengan selisih biaya Rp422.104.317,08 (5,16%). Meskipun perhitungan volume menggunakan BIM lebih efisien dibandingkan metode manual, ketelitian tetap diperlukan untuk menghindari kesalahan akibat tumpang tindih elemen dan human error. Fitur clash detection dalam BIM dapat membantu mengidentifikasi ketidaksesuaian model, sementara validasi data diperlukan untuk memastikan akurasi perhitungan.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya hanya berfokus pada pekerjaan struktur dan belum mengevaluasi pengaruh tingkat keahlian pengguna terhadap hasil perhitungan dengan BIM. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu membandingkan performa BIM berdasarkan tingkat pengalaman pengguna dengan sampel proyek yang sama untuk menilai konsistensi dan keandalannya. Selain itu, diperlukan validasi lebih lanjut dengan standar nasional maupun internasional, seperti ISO 19650:2018 terkait manajemen informasi dalam BIM serta IFC (Industry Foundation Classes) untuk interoperabilitas data, guna memastikan akurasi dan kesesuaian metode yang digunakan.

Ke depannya, untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya, penerapan BIM 5D direkomendasikan untuk proyek skala besar. Selain itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penerapan BIM dalam pekerjaan MEP (Mechanical, Electrical, and Plumbing) serta evaluasi kinerja BIM berdasarkan tingkat keahlian pengguna dengan sampel proyek yang sama. Validasi hasil juga harus dilakukan sesuai standar nasional dan internasional agar metode yang digunakan lebih akurat dan selaras dengan praktik industri konstruksi di Indonesia.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (n.d.). *SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung*.
- Farhana, A., & Abma, V. (2022). IMPLEMENTASI KONSEP BIM 5D PADA PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK GEDUNG. In *Jurnal Rab Contruction Research* (Vol. 7). Retrieved from <http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/racic>
- Ferial, R., Hidayat, B., Pesela, R. C., & Daoed, D. (2022). Quantity take-off berbasis *building information modeling* (bim) studi kasus: gedung bappeda padang. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 17(3), 228. <https://doi.org/10.25077/jrs.17.3.228-238.2021>
- Firdaus, F., Hidayat, B., & Istijono, B. (2020). Identifikasi Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Infrastruktur Sumberdaya Air di Kabupaten Solok. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(2), 132. <https://doi.org/10.25077/jrs.16.2.132-142.2020>
- Gitsa, A. (2024). Brantas Abipraya Gunakan Teknologi BIM dalam Pembangunan Bandara VVIP di IKN, Dukung Konektivitas Nasional.

- Diperoleh dari <https://brantas-abipraya.co.id/id/brantas-abipraya-gunakan-teknologi-bim-dalam-pembangunan-bandara-vvip-di-ikn-dukung-konektivitas-0>
- Hamdani, R., & Sandhyavitri, A. (2020). EVALUASI PENERAPAN BUILDING INFORMATION (BIM) 5D TERHADAP WAKTU REVIEW UNTUK OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA. In *Ridwan / Jurnal Rab Contruccion Research* (Vol. 5). Retrieved from <http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/racic>
- Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T. (n.d.). *The Accuracy Enhancement of Architectural Walls Quantity Takeoff for Schematic BIM Models*.
- Latiffi, A. A., Nur, M., Sulum, S., & Bilal, K. (2020). Eksplorasi Pemodelan Informasi Bangunan atau Building Information Modelling (BIM) Dalam Penyelenggaraan Bangunan MALAYSIA *Corresponding Author Designation. *Research in Management of Technology and Business*, 1(1), 575–587. <https://doi.org/10.30880/rmtb.2020.01.01.044>
- Noviani, S. A., Amin, M., & Hardjomuljadi, S. (2021). METODE BUILDING INFORMATION MODELING 5D UNTUK MEMINIMALKAN KLAIM KONSTRUKSI YANG DITIMBULKAN OLEH PENYEDIA JASA. In *Jurnal Konstruksia* / (Vol. 13).
- Nugrahini, F., & Permana, T. (2020). Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang Dan Tantangan : Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya. *AGREGAT*, 5, 459–467. <https://doi.org/10.30651/ag.v5i2.6588.g3373>
- Peli, M. (2017). PADA PROYEK KONSTRUKSI DI INDONESIA Standard Method of Measurement (SMM). *Rencana Anggaran Biaya*, 07(02), 88–103.
- PUPR. (2018). Building Information Modelling (Bim) Dalam Meningkatkan Akuntabilitas Mitra Kerja Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat (PUPR). In *Bunga Rampai Knowledge Management Penerapan Teknologi* (pp. 40–43).
- Rizky Ashar, M., & Beatrix, M. (2024). IMPLEMENTATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN VOLUME OF STRUCTURAL WORKS CASE STUDY OF THE CLASS III INPATIENT BUILDING PROJECT AT SIJUNJUNG REGIONAL HOSPITAL IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) PADA ESTIMASI VOLUME PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK STUDI KASUS PROYEK GEDUNG RAWATAN INAP KELAS III RSUD SIJUNJUNG. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(1). Retrieved from <http://idm.or.id/JSCR>
- Teknik, J., Politeknik, S., & Bali, N. (2021). 12 I Wayan Suasira 1) , I Made Tapayasa 2) , I Made Anom Santiana 3) , I Gede Satra Wibawa 4). In *Jurnal Teknik Gradien* (Vol. 13). Retrieved from <http://www.ojs.unr.ac.id/index.php/teknikgradien>
- Umam, F. N., Erizal, E., & Putra, H. (2022). Peningkatan Efisiensi Biaya Pembangunan Gedung Bertingkat Dengan Aplikasi Building Information Modeling (BIM) 5D. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 245. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.704>
- Zahrah, K., & Berliana, R. (n.d.). *IMPLEMENTASI BIM DALAM PERHITUNGAN QUANTITY TAKE-OFF PEKERJAAN STRUKTUR DAN ARSITEKTUR PROYEK RTCT PERTAMINA*.