

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini bukan merupakan penelitian pertama yang membahas perbandingan metode manual dan *Building Information Modeling* (BIM) dalam estimasi volume maupun biaya pekerjaan konstruksi. Telah banyak penelitian terdahulu yang mengangkat topik serupa dengan pendekatan, metode, dan objek yang bervariasi. Oleh karena itu, pada bagian ini akan dijelaskan beberapa penelitian terdahulu yang relevan serta perbedaan dan kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

Penelitian pertama dilakukan oleh (Valinejadshoubi et al.) yang berjudul "*Automated System for High-Accuracy Quantity Takeoff Using BIM*". Penelitian ini mengkaji selisih perhitungan volume pekerjaan konstruksi yang memakan waktu lama dan rawan kesalahan. Hasilnya, sistem otomatis berbasis BIM mampu meningkatkan efisiensi perhitungan serta mengurangi kuantitas baja hingga 10%. Aplikasi BIM terbukti menjadi alat yang cepat, andal, dan efisien bagi estimator konstruksi.

Penelitian kedua oleh (Siu Kok Han et al.) berjudul "*BIM Application in the Construction Industry*" membahas perbandingan penerapan BIM di Singapura dan Hongkong. Perbandingan ini dinilai penting untuk mengevaluasi strategi pengembangan teknologi BIM di Singapura dan meningkatkan efektivitasnya dalam mendukung efisiensi industri konstruksi.

Penelitian ketiga oleh (Sampaio et al.) berjudul "*Quantity Take-Off Process Supported by Building Information Modeling (BIM) Methodology*" membandingkan proses perhitungan volume secara manual dan dengan metode BIM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BIM mendukung otomatisasi proses Quantity Take-Off (QTO) yang lebih efisien dan akurat.

Penelitian keempat oleh (Herzanita and Anggraini) melalui judul "*Perbandingan Estimasi Biaya Struktur Bangunan antara Software Autodesk Revit dengan Cubicost*" membandingkan dua perangkat lunak BIM dalam konteks

proyek konstruksi di Indonesia. Penelitian ini menemukan bahwa meskipun keduanya merupakan bagian dari platform BIM, hasil estimasi yang diberikan oleh masing-masing perangkat lunak menunjukkan perbedaan yang signifikan, sehingga pemilihan alat yang tepat menjadi penting dalam estimasi biaya konstruksi.

Penelitian kelima dilakukan oleh (Ulinnuha et al.) dengan judul *"Comparative Analysis of Conventional Methods with BIM Methods on Construction Cost Estimate at Structure Project Design Calculations (Case Study of A Satpol PP Building)"*. Penelitian ini menyoroti pentingnya estimasi biaya yang akurat dan menunjukkan bahwa penggunaan BIM dapat menekan biaya proyek hingga 5,83% dibandingkan metode konvensional.

Penelitian keenam oleh (Nguyen et al., "Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects") dengan judul *"Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects"* membahas integrasi teknologi BIM dengan pemindaian laser 3D untuk meningkatkan akurasi manajemen kuantitas. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut memberikan solusi efektif terhadap ketidakefisienan metode tradisional di industri konstruksi Vietnam.

Penelitian ketujuh oleh (Wu et al.) berjudul *"Automated Layout Design Approach of Floor Tiles: Based on Building Information Modeling (BIM) via Parametric Design Platform"* mengusulkan solusi atas ketidakakuratan metode tradisional dalam menghitung volume pekerjaan dengan memanfaatkan BIM dan desain parametrik. Hasilnya menunjukkan peningkatan akurasi signifikan berkat integrasi pemindaian laser 3D.

Penelitian yang kedelapan dilakukan oleh (Reista et al.) dengan judul *"Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural"*. Penelitian ini membandingkan estimasi volume menggunakan BIM dengan metode CAD 2D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BIM lebih akurat dan mampu mengurangi kesalahan dalam interpretasi gambar. Penelitian ini memiliki kesamaan yang kuat dengan penelitian penulis, terutama dalam konteks jenis pekerjaan yang dikaji.

Penelitian yang kesembilan dilakukan oleh (Setiawan et al.) dengan judul *“Analisis Komparasi Perhitungan Volume Pekerjaan Struktur Berdasarkan Metode SPMI dan BIM”*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perbedaan volume yang dihitung oleh kedua metode sangat kecil, namun BIM unggul dalam kecepatan dan efisiensi. Penelitian ini sangat relevan karena menggunakan pendekatan komparatif seperti yang dilakukan oleh penulis.

Penelitian yang kesepuluh dilakukan oleh (Nguyen et al., “Key Factors Affecting the Application of Building Information Management (BIM) in Management of High-Rise Building Construction Volume”) dengan judul *“Key Factors Affecting the Application of Building Information Management (BIM) in Management of High-Rise Building Construction Volume”*. Penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor kunci keberhasilan implementasi BIM seperti kesiapan teknologi dan kapasitas SDM. Penelitian ini berbeda dari sisi fokus yang lebih bersifat manajerial, bukan teknis perhitungan.

Penelitian yang kesebelas belas dilakukan oleh (Amri et al.) dengan judul *“Analisis Perbandingan Quantity Take-Off (QTO) Beton Menggunakan Metode Building Information Modelling (BIM) dan Metode Konvensional (Studi Kasus: Proyek Kantor PNM Cabang Jember)”*. Penelitian ini menunjukkan bahwa BIM lebih akurat dalam menghitung volume beton dibandingkan metode konvensional, karena menghindari perhitungan ganda pada elemen-elemen struktur. Penelitian ini sejalan dengan fokus penelitian penulis yang juga membandingkan dua pendekatan dalam estimasi volume.

Penelitian yang kedua belas dilakukan oleh (Pučko et al.) dengan judul *“Building Information Modeling Based Time and Cost Planning in Construction Projects”*. Penelitian ini menekankan peran BIM dalam efisiensi perencanaan waktu dan biaya proyek. Walaupun tidak secara langsung membahas volume pekerjaan, penelitian ini memberikan dasar penting terkait peran BIM dalam pengelolaan proyek secara menyeluruh.

Posisi penelitian terdahulu sampai dengan penelitian saat ini dapat dilihat pada **Tabel 2. 1**

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
1	"Automated System for High-Accuracy Quantity Takeoff Using BIM" – (Valinejads houbi et al.)	Perhitungan volume pekerjaan konstruksi terdapat selisih dan membutuhkan waktu lama	Tradisional rawan kesalahan dengan gambar 2-D. Kualitas model BIM memengaruhi akurasi kuantitas dalam otomatisasi	Pengembangan Kerangka Kerja Terpadu: Penulis membuat kerangka kerja komprehensif yang mengintegrasikan berbagai komponen untuk memfasilitasi ekstraksi dan visualisasi otomatis kuantitas konstruksi dari model BIM	Mengidentifikasi 39% ketidakkonsistenan dalam kuantitas material dinding. Mengurangi jumlah baja sebesar 10% karena perubahan desain
2	"BIM Application in the Construction Industry" – (Siu Kok Han et al.)	Meskipun ada potensi manfaat BIM, makalah ini mengakui bahwa masih ada tantangan	Makalah ini terutama membandingkan pedoman BIM Singapura dengan pedoman	Metode analisis komparatif untuk mengevaluasi dan membandingkan pedoman BIM Singapura dengan	Penelitian ini juga menyoroti pentingnya pembelajaran dari pedoman BIM Hong Kong, yang

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
		signifikan yang harus diatasi, seperti biaya adopsi yang tinggi dan perlunya interoperabilitas yang lebih baik antara berbagai perangkat lunak BIM. Mengatasi masalah ini sangat penting untuk keberhasilan implementasi teknologi BIM.	BIM Hong Kong. Meskipun bermanfaat, hal ini membatasi cakupan penelitian. Negara-negara lain dengan praktik BIM yang maju, seperti Inggris dan Amerika Serikat, tidak disertakan dalam analisis ini. Fokus yang sempit ini mungkin mengabaikan wawasan berharga yang dapat diperoleh	pedoman BIM Hong Kong. Pendekatan ini dipilih karena adanya kesamaan geografis dan kontekstual antara kedua negara,	dapat memberikan wawasan berharga karena adanya kesamaan dalam pembangunan perkotaan dan kepadatan penduduk antara kedua negara. Pembandingan ini dapat mengarah pada penerapan praktik terbaik yang meningkatkan produktivitas dan efisiensi di sektor konstruksi Singapura.

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
			dari perbandingan yang lebih luas.		
3	"Quantity Take-Off Process Supported by Building Information Modeling (BIM) Methodology" – (Sampaio et al.)	Proses Perhitungan Volume manual berbanding dengan menggunakan BIM	Teknologi BIM untuk proses Quantity	Metode yang digunakan penggunaan aplikasi teknologi BIM	Menunjukkan keuntungan BIM untuk Quantity Take-Off (QTO) otomatis.
4	"Perbandingan Estimasi Biaya Struktur Bangunan antara Software Autodesk Revit dengan Cubicost" – (Herzanita	Perbandingan dua program perangkat lunak, Autodesk Revit dan Cubicost, yang digunakan untuk memperkirakan biaya	membandingkan estimasi biaya pekerjaan struktur pada proyek konstruksi menggunakan Autodesk Revit dan Cubicost. Perbandingan	menggunakan 3D Building Information Modeling (BIM) untuk memvisualisasikan proyek. BIM adalah representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional	membandingkan estimasi biaya pekerjaan struktur menggunakan dua program perangkat lunak: Autodesk Revit dan Cubicost.

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
	and Anggraini)	konstruksi di Indonesia. Kedua program ini merupakan bagian dari kategori yang lebih luas yang dikenal sebagai Building Information Modelling (BIM).	n ini bertujuan untuk mengidentifikasi kasi perbedaan signifikan dalam estimasi biaya yang dihasilkan oleh kedua perangkat lunak ini.	sebuah bangunan, yang membantu dalam perencanaan dan koordinasi yang lebih baik di antara para pemangku kepentingan proyek.	Tujuannya adalah untuk menentukan perangkat lunak mana yang memberikan estimasi lebih akurat untuk proyek konstruksi tertentu, yaitu Urban Homes Residential Apartment.
5	"Comparative Analysis of Convention al Methods with BIM Methods on Constructio n Cost Estimate at Structure Project	Pentingnya Estimasi Biaya yang Akurat: Penelitian ini menyoroti bahwa estimasi biaya yang akurat sangat	Penelitian ini menekankan penerapan konsep perencanaan BIM 3D menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit.	Metodologi penelitian ini mencakup beberapa langkah: pengumpulan data, pembuatan model BIM 3D, perhitungan estimasi biaya berdasarkan volume yang	Efektif menguraikan pentingnya estimasi biaya yang akurat, keuntungan menggunakan teknologi BIM, fokus spesifik studi,

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
	<i>Design Calculation s (Case Study of Construction of A Satpol PP Building)" – (Ulinnuha et al.)</i>	penting dalam proyek konstruksi. Ketidakakuratan dalam menghitung volume pekerjaan dapat menyebabkan pembengkakan anggaran yang signifikan, yang dapat membahayakan kesehatan keuangan suatu proyek.	Cakupannya meliputi evaluasi bagaimana teknologi ini dapat meningkatkan akurasi perhitungan volume dan, akibatnya, estimasi biaya. Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa BIM dapat memberikan kerangka kerja yang lebih andal untuk memperkirakan biaya konstruksi dibandingkan dengan	dihasilkan dari model, dan melakukan analisis perbandingan antara estimasi biaya yang diperoleh dari BIM dan yang berasal dari metode konvensional.	metodologi yang diterapkan, dan temuan signifikan yang menunjukkan potensi penghematan biaya BIM dalam proyek konstruksi.

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
			metode tradisional.		
6	"Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects" – Thu Anh (Nguyen et al., "Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects")	Pentingnya Industri Konstruksi: Sektor konstruksi sangat penting bagi proses modernisasi dan industrialisasi, berfungsi sebagai tulang punggung pengembangan infrastruktur di berbagai sektor ekonomi.	modernisasi pengembangan infrastruktur	<p>1. Diagram Alir Penelitian: Metodologi ini disusun menjadi tujuh langkah utama, meliputi inisiasi, penentuan masalah, eksperimen, evaluasi, dan kesimpulan. Pendekatan terstruktur ini memudahkan pemahaman yang jelas tentang proses penelitian dan tujuannya.</p> <p>2. Metode survei-wawancara dilakukan untuk mengumpulkan data kualitatif dan kuantitatif.</p>	Peningkatan Akurasi: Studi menemukan bahwa model BIM yang dibangun dengan presisi hampir 99% secara signifikan meningkatkan akurasi perhitungan volume dibandingkan dengan metode konvensional

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>3. Diagram Alir</p> <p>Proses Penelitian: Metodologi penelitian direpresentasikan secara visual dalam diagram alir yang menguraikan tujuh langkah utama: inisiasi, penentuan masalah penelitian melalui wawancara, eksperimen, evaluasi, dan kesimpulan dengan rekomendasi.</p> <p>Survei dan Wawancara: Penelitian ini menggunakan pendekatan survei-wawancara,</p>	

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
				yang memungkinkan penulis untuk mengumpulkan data kualitatif dan kuantitatif dari para profesional konstruksi.	
				Diagram Alir	
				Proses Penelitian:	
				Metodologi digambarkan melalui diagram alir yang menguraikan	
			Models construction and engineering work in 3D.	tujuh langkah utama: inisiasi, penentuan masalah penelitian melalui wawancara, eksperimen, evaluasi, dan kesimpulan dengan rekomendasi.	Terintegrasi dengan alat BIM untuk pemodelan yang akurat

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
7	<i>"Automated Layout Design Approach of Floor Tiles: Based on Building Information Modeling (BIM) via Parametric Design (PD) Platform" – (Wu et al.)</i>	Perhitungan volume menggunakan teknologi BIM		Pengembangan Algoritma Desain Ubin Lantai: Penulis memformalkan algoritma desain berdasarkan aturan pemotongan dan perencanaan pengetahuan perdagangan	Akurasi Perhitungan Volume: Studi menemukan bahwa volume yang dihitung menggunakan model pemindaian laser BIM-3D secara signifikan lebih akurat dibandingkan dengan metode konvensional
				Teknik Analisis Data: Penelitian ini melibatkan manipulasi data statistik yang sudah ada menggunakan teknik komputasi.	Presisi Tinggi Model BIM: Penelitian ini menyoroti bahwa model BIM yang dibangun melalui integrasi

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
					pemindaian laser 3D mencapai presisi hampir 99%
				Integrasi dengan Algoritma Evolusioner (EA): Algoritma desain dikombinasikan dengan algoritma evolusioner untuk meningkatkan proses optimasi	Keterbatasan Implementasi Proses: Penerapan proses pemindaian laser BIM-3D yang diusulkan terbatas pada area tertentu dari proyek stadion olahraga di distrik Go Vap, Vietnam
				Implementasi Studi Kasus: Studi kasus dilakukan untuk menunjukkan penerapan praktis BIM dan	Identifikasi Tantangan: Studi ini mengidentifikasi beberapa tantangan

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
				pemindaian laser 3D dalam manajemen kuantitas	dalam proses manajemen kuantitas saat ini dalam industri konstruksi Vietnam
8	<i>"Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural" – (Reista et al.)</i>	Perbandingan perhitungan volume pekerjaan struktur Arsitektur menggunakan sistem tradisional dan modern		Penelitian ini diawali dengan tinjauan pustaka yang komprehensif untuk mengumpulkan pengetahuan dan wawasan yang relevan tentang BIM dan penerapannya dalam estimasi volume konstruksi. Langkah ini membantu menyusun konteks penelitian dan	Perbandingan dengan Metode Tradisional: Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi volume yang diperoleh dari BIM secara umum lebih akurat daripada yang diperoleh dari metode CAD 2D tradisional. Perbedaan

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
				mengidentifikasi kesenjangan dalam metodologi yang ada.	tersebut disebabkan oleh kesalahan dalam menghitung objek, kesalahan perhitungan, dan kesalahan interpretasi gambar.
9	"Analisis Komparasi Perhitungan Volume Pekerjaan Struktur Berdasarkan Metode SPMI dan BIM" – (Setiawan et al.)	Perbandingan perhitungan volume menggunakan sistem spmi dan BIM	Penelitian ini menyoroti adanya perbedaan dalam perhitungan volume yang diperoleh dari metode manual (SMPI) dan metode digital (BIM) menggunakan Autodesk	Metode kedua melibatkan penggunaan Building Information Modeling (BIM), khususnya dengan memanfaatkan perangkat lunak Autodesk Revit. Pendekatan digital ini memungkinkan terciptanya	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan BIM dapat mengurangi kesalahan estimasi volume secara signifikan, sehingga meningkatkan akurasi dan efisiensi

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
			<p>Revit).</p> <p>Makalah ini secara khusus mencatat bahwa perbedaan volume yang dihitung untuk komponen seperti tulangan baja, beton, dan bekisting sangat minim tetapi cukup signifikan untuk memerlukan penyelidikan. Misalnya, perbedaan volume yang ditemukan adalah 0,49% untuk</p>	<p>model 3D proyek konstruksi, yang secara otomatis dapat menghasilkan perhitungan volume berdasarkan parameter model.</p>	<p>manajemen proyek konstruksi secara keseluruhan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa BIM merupakan metode yang lebih andal untuk perhitungan volume dibandingkan dengan metode tradisional yang rentan terhadap kesalahan manusia akibat proses manual.</p>

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
			tulangan baja, 0,14% untuk beton, dan 0,07% untuk bekisting.		
10	"Key Factors Affecting the Application of Building Information Management (BIM) in Management of High-Rise Building Construction Volume" – (Nguyen et al., "Key Factors Affecting the Application of Building Information	Makalah ini mengidentifikasi beberapa faktor kunci yang memengaruhi keberhasilan penerapan BIM dalam konstruksi bangunan bertingkat tinggi. Faktor-faktor tersebut meliputi kesiapan teknologi,	Makalah ini menunjukkan bahwa tantangan yang ditimbulkan oleh metode tradisional dan kebutuhan akan implementasi BIM yang efektif dapat berdampak signifikan terhadap hasil proyek. Masalah seperti perpanjangan waktu dan pembengkakan	Tinjauan Pustaka: Penulis melakukan tinjauan menyeluruh terhadap pustaka yang ada tentang BIM dan penerapannya dalam manajemen konstruksi. Tinjauan ini membantu mengidentifikasi tantangan yang dihadapi oleh metode tradisional dan potensi manfaat teknologi BIM dalam proyek	proyek yang memanfaatkan BIM mengalami lebih sedikit penundaan dan pembengkakan biaya. Dengan menyediakan pembaruan waktu nyata dan data yang akurat, BIM memungkinkan perencanaan dan alokasi sumber daya yang lebih efektif,

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
	Managemen (BIM) in Managemen of High-Rise Building Construction Volume")	tingkat keterampilan personel, dan budaya organisasi yang mendukung inovasi dan adopsi teknologi.	an biaya dapat muncul jika masalah ini tidak ditangani, yang menyoroti pentingnya pendekatan strategis terhadap adopsi BIM dalam konstruksi gedung tinggi.	konstruksi gedung tinggi.	sehingga pelaksanaan proyek menjadi lebih lancar.
11	"Analisis Perbandingan Quantity Take-Off (QTO) Beton Menggunakan Metode Building Information Modelling (BIM) dan	Perbandingan perhitungan volume menggunakan sistem tradisional dan modern studi kasus Proyek PNM	Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan membandingkan hasil QTO yang diperoleh dari metode	1. Menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit untuk pemodelan 3D bangunan. 2. Pendekatan BIM mengintegrasikan perhitungan kuantitas secara	Alasan utama untuk perbedaan hasil QTO disebabkan oleh perhitungan ganda dalam metode konvensional di setiap titik persimpangan

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
	<i>Metode Konvensional (Studi Kasus: Proyek Kantor PNM Cabang Jember)" – (Amri et al.)</i>	jabang Jember	BIM dan metode konvensional dalam konteks proyek konstruksi tertentu, Gedung Kantor Cabang PT Permodalan Nasional Madani di Jember.	langsung dengan model 3D, sehingga memungkinkan penilaian kebutuhan material yang lebih akurat dan efisien. 3. Perhitungan didasarkan pada model komprehensif yang mencakup semua data dan informasi relevan tentang komponen bangunan	n antara kolom, balok, dan pelat. Sebaliknya, metode BIM menghitung setiap titik pertemuan hanya sekali, memprioritaskan elemen volume tertinggi dalam urutan perhitungan (pelat, kolom, balok).
12	<i>"Building Information Modeling Based Time and Cost Planning in Construction Projects" – (Pučko et al.)</i>	Penerapan praktis BIM dalam proyek konstruksi, merinci bagaimana BIM dapat mengefisienkan	Menunjukkan bahwa terdapat kekurangan metode penghitungan biaya yang tepat yang cukup transparan	Metode BIM menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit untuk membuat model 3D bangunan	Studi ini menyajikan hasil kuantitatif yang menunjukkan perbedaan hasil QTO antara kedua metode, yang

No	Judul dan Peneliti	Permasalahan	Batasan Masalah	Metodologi Penelitian	Hasil Penelitian
		perencanaan waktu dan biaya. menerapkan BIM, yang berfungsi sebagai sumber daya berharga bagi para profesional manajemen konstruksi.	untuk memasukkan semua komponen biaya yang diperlukan (seperti tenaga kerja, material, overhead, dll.) untuk perhitungan terperinci dalam aplikasi BIM. Keterbatasan ini dapat memengaruhi keakuratan estimasi biaya dan penganggaran proyek secara keseluruhan.		menyoroti efisiensi dan keakuratan pendekatan BIM. Total volume beton yang dihitung menggunakan BIM adalah 229,23 m ³ , sedangkan metode konvensional menghasilkan 257,68 m ³ , yang menunjukkan perbedaan signifikan karena metodologi yang digunakan.

2.2 Posisi Penelitian

Penelitian mengenai estimasi volume pekerjaan konstruksi dengan pendekatan digital melalui *Building Information Modeling (BIM)* telah mengalami perkembangan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Sejumlah studi telah membuktikan keunggulan BIM dalam hal akurasi, efisiensi waktu, serta pengurangan kesalahan manusia dalam proses kuantifikasi. Namun demikian, beberapa kekosongan (*research gaps*) masih dapat ditemukan, khususnya dalam hal perbandingan langsung antara metode konvensional dan metode BIM secara komprehensif, serta ruang lingkup pekerjaan yang dibahas. Berikut ini adalah lima penelitian terdahulu yang paling relevan serta mendasari pentingnya dilakukannya penelitian ini:

1. (Valinejadshoubi et al.) dalam penelitiannya yang berjudul "*Automated System for High-Accuracy Quantity Takeoff Using BIM*" mengidentifikasi bahwa perhitungan volume pekerjaan konstruksi secara konvensional menghasilkan ketidakkonsistenan hingga 39% pada kuantitas material dinding, serta menunjukkan potensi pengurangan pemakaian baja sebesar 10%. Penelitian ini sangat menekankan keunggulan otomatisasi sistem berbasis BIM, tetapi tidak secara eksplisit membandingkan hasil perhitungan tersebut dengan metode manual secara menyeluruh. Inilah yang menjadi salah satu celah penting dalam penelitian ini.
2. (Ulinnuha et al.) melalui judul "*Comparative Analysis of Conventional Methods with BIM Methods on Construction Cost Estimate at Structure Project Design Calculations*" memberikan perbandingan langsung antara metode konvensional dan BIM dalam estimasi biaya proyek struktur bangunan. Hasil penelitian menunjukkan BIM mampu menekan biaya hingga 5,83%. Meskipun demikian, fokus utama penelitian ini adalah estimasi biaya, bukan pada keakuratan volume pekerjaan secara terperinci, sehingga membuka ruang untuk kajian yang lebih spesifik pada aspek volume.
3. (Sampaio et al.) dalam penelitiannya "*Quantity Take-Off Process Supported by Building Information Modeling (BIM) Methodology*" menyoroti

pentingnya pemanfaatan BIM untuk otomatisasi proses *Quantity Take-Off (QTO)*. Penelitian ini memperlihatkan efektivitas BIM dalam mempercepat proses kuantifikasi, tetapi belum menyajikan perbandingan kuantitatif secara langsung antara metode manual dan BIM, khususnya dalam konteks proyek nyata yang melibatkan pekerjaan struktur dan arsitektur.

4. (Reista et al.) dalam penelitiannya "*Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural*" menunjukkan bahwa estimasi volume yang diperoleh dari BIM secara umum lebih akurat daripada metode CAD 2D tradisional. Perbedaan ini dikaitkan dengan kesalahan dalam menghitung objek dan kesalahan interpretasi gambar pada metode konvensional. Meskipun penelitian ini telah membahas perbandingan metode, cakupannya masih belum merinci tingkat selisih volume berdasarkan jenis pekerjaan tertentu.
5. (Amri et al.) dalam studinya "*Analisis Perbandingan Quantity Take Off (QTO) Beton Menggunakan Metode Building Information Modelling (BIM) dan Metode Konvensional*" membandingkan dua pendekatan dalam menghitung volume pekerjaan beton untuk proyek kantor. Hasilnya menunjukkan bahwa metode BIM lebih unggul dalam efisiensi dan akurasi. Namun fokusnya masih terbatas pada elemen beton saja, belum menyentuh aspek struktural dan arsitektural secara menyeluruh dalam satu proyek terpadu.

Dengan demikian, penelitian ini hadir untuk mengisi *research gap* dalam bidang estimasi volume pekerjaan konstruksi, khususnya terkait perbandingan antara metode manual dan pendekatan digital berbasis *Building Information Modeling (BIM)*. Selama ini, kajian mengenai perbandingan kuantitatif antara kedua metode tersebut masih minim, terutama dalam satu studi terpadu yang melibatkan pekerjaan struktural dan arsitektural secara bersamaan. Fokus penelitian diarahkan pada aspek akurasi, efisiensi waktu, serta potensi kesalahan yang dapat timbul dari penggunaan metode konvensional, sebagai landasan untuk mendukung pengambilan keputusan teknis dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

Berdasarkan tinjauan tersebut, penelitian ini mengambil pendekatan komparatif melalui studi kasus nyata pada proyek bangunan gedung, dengan membandingkan hasil estimasi volume pekerjaan yang diperoleh dari metode manual berbasis gambar kerja 2D, dan hasil dari model 5D menggunakan BIM. Tidak seperti penelitian sebelumnya yang hanya menyoroti salah satu metode atau hanya membahas jenis pekerjaan tertentu, penelitian ini menyatukan dua metode dalam satu objek kajian, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih utuh mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing pendekatan.

Keunikan dari penelitian ini terletak pada pengujian dua sistem estimasi secara langsung dalam proyek aktual, dengan kategori pekerjaan yang mencakup struktur dan arsitektur. Selain itu, penelitian ini juga menambahkan analisis deviasi volume dan waktu pengerjaan untuk masing-masing metode, guna memberikan data kuantitatif yang dapat menjadi dasar pertimbangan teknis dan ekonomis dalam manajemen proyek konstruksi.

Metode yang digunakan menggabungkan *quantity take-off* manual berbasis gambar kerja 2D dengan perhitungan otomatis pada model BIM menggunakan dua perangkat lunak, yaitu Ms. Excel dan *Cubicost*. Kedua perangkat lunak ini mewakili pendekatan digital yang saat ini banyak digunakan dalam industri konstruksi di Indonesia. Hasil dari masing-masing metode kemudian dianalisis dan dibandingkan secara sistematis dari segi volume pekerjaan, efisiensi waktu, dan potensi deviasi kuantitas. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menjawab kebutuhan akan validasi akurasi metode BIM, tetapi juga memperluas pendekatan metodologis dengan mempertimbangkan efektivitas pelaksanaan di lapangan serta dampak finansial dari ketidaktepatan estimasi volume pekerjaan.

2.3 Konsep dan Dasar Teori

2.3.1 *Building Information Modeling (BIM)*

Building Information Modeling (BIM) adalah suatu pendekatan berbasis teknologi yang memungkinkan pembuatan dan pemanfaatan representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional suatu bangunan. BIM memfasilitasi

kolaborasi antar pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi, mulai dari perencana, arsitek, insinyur, kontraktor, hingga pemilik bangunan, melalui integrasi informasi dalam satu model digital tiga dimensi (Sangadji et al.).

Dalam implementasinya, BIM memungkinkan visualisasi secara menyeluruh terhadap siklus hidup suatu bangunan, dari tahap perencanaan, desain, konstruksi, hingga operasi dan pemeliharaan. Model ini tidak hanya menampilkan bentuk bangunan secara visual, namun juga menyimpan informasi penting seperti spesifikasi material, volume, estimasi biaya, jadwal pekerjaan, dan potensi konflik antar elemen

Building Information Modeling (BIM) memberikan beragam manfaat sepanjang siklus hidup bangunan, mulai dari tahap awal pengadaan hingga fase pengoperasian. Teknologi ini menawarkan produktivitas tinggi dan efisiensi yang signifikan dalam berbagai aspek proyek, termasuk kemudahan dalam mengakses informasi waktu dan biaya, perancangan, pemantauan, serta pelacakan progres konstruksi. Selain itu, BIM juga membantu menghilangkan potensi konflik (*clash*) antar elemen desain bangunan. Adapun manfaat umum dari penerapan BIM menurut (Putera) adalah sebagai berikut:

a. Menampilkan Biaya Aktual

BIM memungkinkan penentuan biaya secara lebih nyata dan tidak hanya bersifat estimasi, karena seluruh perhitungannya didasarkan pada data kuantitas pekerjaan yang akurat dan terintegrasi.

b. Menurunkan Emisi Karbon Selama Konstruksi

Dengan kemampuan BIM dalam menghitung volume material secara tepat, maka Harga Perkiraan Sendiri (HPS) yang dihasilkan lebih mendekati realisasi biaya akhir proyek. Hal ini turut berkontribusi dalam menekan limbah konstruksi selama proses detailing berlangsung.

c. Meningkatkan Pengalaman Pengguna Bangunan

Model bangunan yang disusun secara akurat dalam BIM memberikan kesempatan bagi calon penghuni untuk merasakan simulasi bangunan secara virtual, bahkan sebelum proses pembangunan dimulai.

d. Mendukung Komunikasi Selama Tahap Konstruksi

BIM mendukung komunikasi yang bersifat real-time antar seluruh pihak yang terlibat, seperti tim spesialis, tim penjadwalan, maupun manajemen material. Setiap perubahan dalam fase desain dapat langsung terdeteksi, sehingga memungkinkan kolaborasi lintas lokasi secara serentak dalam satu model yang sama. Revisi desain juga dapat dilakukan dengan cepat untuk meminimalisir kesalahan pada pelaksanaan di lapangan.

e. Mengendalikan Biaya Konstruksi

Potensi pekerjaan ulang yang biasanya muncul selama fase konstruksi dapat dicegah sejak tahap perencanaan. Hal ini berdampak langsung pada efisiensi waktu, pengeluaran tenaga kerja, serta penghematan material.

f. Memudahkan Manajemen Fasilitas

Perencanaan desain dan konstruksi yang presisi memudahkan dalam pengelolaan fasilitas setelah bangunan selesai. Model BIM menyimpan informasi aset secara menyeluruh, sehingga proses pemeliharaan bangunan dapat dirancang dengan sistematis dan berkelanjutan.

2.3.2 *Cubicost Take of Architecture and Structure (TAS)*

Cubicost TAS (*Take-off for Architecture and Structure*) merupakan salah satu perangkat lunak dalam ekosistem BIM 5D yang dikembangkan oleh Glodon untuk mendukung perhitungan volume pekerjaan struktur dan arsitektur secara digital dan terintegrasi. Aplikasi ini memungkinkan pelaksanaan *quantity take-off* secara efisien pada elemen-elemen bangunan seperti pondasi, kolom, balok, pelat, serta elemen arsitektural termasuk finishing-nya.

Dalam proses pengolahan data, penggunaan Cubicost TAS dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu: (1) input gambar kerja yang umumnya berupa file AutoCAD (DWG) atau PDF dari dokumen perencanaan (DED), (2) identifikasi atau pelatihan sistem untuk mengenali dimensi dan posisi elemen struktur pada gambar kerja, serta (3) proses perhitungan volume pekerjaan struktur dan bekisting yang dilakukan secara otomatis oleh sistem.

Jika dibandingkan dengan metode konvensional, Cubicost TAS menawarkan proses pemodelan yang lebih cepat dan efisien, mulai dari identifikasi gambar dengan fitur auto-identify, pembuatan elemen struktur berdasarkan axis grid, hingga perhitungan volume beton dan bekisting yang langsung terintegrasi dengan *output* estimasi. Keunggulan lainnya terletak pada kemudahan dalam memperbarui model, mengurangi risiko kesalahan manusia, serta meningkatkan akurasi dan konsistensi hasil perhitungan.

Selain itu, Cubicost TAS juga mendukung beberapa metode pemodelan, antara lain pemodelan batch melalui gambar AutoCAD atau PDF, pemodelan instan dari file IFC atau Revit (RVT), serta pemodelan manual. Pada penelitian ini, pemodelan dilakukan berdasarkan gambar kerja AutoCAD sebagai acuan utama dalam proses identifikasi elemen struktur.

2.3.3 Cubicost Take of Rebar (TRB)

Cubicost TRB (*Take-off for Reinforcement Bar*) merupakan aplikasi yang dikhususkan untuk perhitungan volume tulangan dalam pekerjaan struktur beton bertulang. Perangkat lunak ini terintegrasi langsung dengan Cubicost TAS, sehingga data input yang digunakan merupakan hasil dari pemodelan 3D struktur yang telah dilakukan sebelumnya (Anindya and Gondokusumo).

Tahapan awal dalam penggunaan Cubicost TRB dimulai dari proses identifikasi elemen penulangan, termasuk dimensi, jumlah, bentuk, serta posisi penempatan tulangan. Sistem kemudian memperhitungkan berbagai parameter teknis yang sesuai dengan standar tulangan, seperti panjang kait standar, diameter tekukan, jenis sambungan, serta perletakan tulangan terhadap beton decking. Hasil akhir dari proses ini adalah volume besi tulangan dalam satuan berat (kilogram) yang dapat langsung digunakan untuk kebutuhan estimasi biaya proyek.

Salah satu keunggulan utama Cubicost TRB adalah efisiensinya dalam waktu pengerjaan. Proses perhitungan yang sebelumnya dilakukan secara manual dan rentan terhadap kesalahan kini dapat dilakukan secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Meskipun demikian, beberapa kendala dalam implementasi

masih ditemukan di lapangan, seperti kebutuhan pelatihan pengguna dan adaptasi terhadap perangkat lunak.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan perbandingan antara hasil perhitungan volume menggunakan Cubicost TRB dengan metode konvensional, serta analisis terhadap waktu pelaksanaan dan kelebihan dari penggunaan pendekatan berbasis BIM. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana efektivitas Cubicost TRB dalam mendukung efisiensi proyek konstruksi khususnya dalam pekerjaan pembesian.

2.3.4 Perhitungan Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan merupakan salah satu tahapan krusial dalam proses perencanaan dan pengendalian proyek konstruksi. Volume yang dihitung pada tahap ini mencakup seluruh elemen pekerjaan konstruksi, baik pada struktur utama maupun elemen pendukung lainnya. Data volume yang akurat akan menjadi dasar dalam penyusunan estimasi biaya, pengadaan material, serta perencanaan jadwal pelaksanaan proyek (Olsen and Taylor).

Secara umum, perhitungan volume dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu metode konvensional dan metode berbasis teknologi *Building Information Modeling* (BIM). Pada metode konvensional, volume dihitung secara manual menggunakan gambar kerja dua dimensi (2D) dan bantuan perangkat lunak seperti AutoCAD dan Microsoft Excel. Metode ini membutuhkan ketelitian tinggi dan waktu pengerjaan yang relatif lama, serta memiliki risiko kesalahan akibat faktor human error, seperti kekeliruan dalam input data, perhitungan dimensi, atau kelalaian dalam pencatatan elemen pekerjaan (Wibowo).

Sementara itu, pendekatan berbasis BIM memungkinkan perhitungan volume dilakukan secara otomatis melalui pemodelan tiga dimensi (3D). Dengan software seperti Cubicost TAS dan Cubicost TRB, pengguna dapat memperoleh hasil volume beton, bekisting, dan pembesian secara lebih cepat dan presisi. Proses ini diawali dengan input gambar kerja, identifikasi elemen struktur, dan dilanjutkan dengan kalkulasi sistematis yang menghasilkan output dalam bentuk data digital. Hasil volume dari BIM juga dapat diintegrasikan langsung dengan sistem estimasi

biaya, sehingga lebih efisien dalam mendukung kebutuhan proyek secara menyeluruh (Suwarni and Anondho).

Penggunaan metode perhitungan berbasis BIM terbukti mampu mengurangi waktu pengerjaan, meminimalisir potensi kesalahan, serta menghasilkan data yang lebih akurat dan terdokumentasi dengan baik. Oleh karena itu, metode ini semakin banyak diadopsi dalam proyek-proyek konstruksi modern sebagai bagian dari transformasi digital di sektor industri konstruksi.

