

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelaksanaan proyek bangunan gedung tidak terlepas dari perubahan pekerjaan atau CCO, yang umumnya disebabkan oleh perubahan desain, ketidaksesuaian kondisi lapangan dengan perencanaan awal, serta perubahan kebutuhan fungsi bangunan selama tahap konstruksi. Perubahan tersebut secara langsung berdampak pada volume pekerjaan struktur dan memicu ketidakpastian terhadap RAB proyek. Permasalahan utama bukan terletak pada ada atau tidaknya CCO, melainkan pada belum tersedianya sistem perhitungan biaya yang mampu merespons perubahan tersebut secara cepat, konsisten, dan terintegrasi. Pengelolaan perubahan biaya yang tidak efektif berisiko menimbulkan pembengkakan biaya, keterlambatan pengambilan keputusan, serta menurunnya kinerja proyek secara keseluruhan (Sulistio, 2022). Kondisi ini diperparah oleh ketergantungan pada proses pembaruan data secara manual yang memakan waktu lama, sehingga celah antara revisi desain di lapangan dengan penyesuaian anggaran biaya menjadi sulit untuk dijembatani secara akurat.

Dalam praktik proyek konstruksi di Indonesia, penyusunan dan penyesuaian RAB struktur akibat CCO masih banyak dilakukan menggunakan metode konvensional berbasis gambar dua dimensi (2D) dan perhitungan manual melalui perangkat lunak *spreadsheet/excel*. Metode ini sangat bergantung pada ketelitian individu dan membutuhkan proses perhitungan ulang yang berulang setiap kali terjadi perubahan desain. Kondisi tersebut menjadi tidak efisien terutama ketika terjadi CCO yang menuntut pembaruan volume dan biaya secara cepat. Akibatnya, proses evaluasi perubahan pekerjaan menjadi lambat, rawan kesalahan kuantitas, serta berpotensi menghasilkan data biaya yang tidak konsisten antar dokumen (Fajar, 2023). Pada proyek berskala besar dengan kompleksitas struktur tinggi, keterlambatan pembaruan RAB ini dapat menghambat pengendalian biaya dan pengambilan keputusan manajerial (Frianto, 2025). Kesenjangan antara kebutuhan akan pembaruan data yang cepat dengan keterbatasan metode konvensional inilah

yang menuntut adanya digitalisasi melalui pemanfaatan teknologi yang lebih adaptif dan akurat.

Seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi, BIM mulai diterapkan sebagai pendekatan digital untuk meningkatkan koordinasi desain dan akurasi perencanaan. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri PUPR No. 22 Tahun 2018 bahkan telah mewajibkan penerapan BIM pada proyek bangunan gedung negara yang memiliki luas lebih dari 2000 m² dan lebih dari dua lantai, sebagai upaya meningkatkan efisiensi waktu, transparansi, dan kualitas pembangunan. Namun, implementasi BIM di banyak proyek masih terbatas pada aspek BIM 3D, tanpa integrasi penuh dengan BIM 5D (Pantiga, 2021). Akibatnya, potensi BIM 5D sebagai alat pengendalian biaya yang adaptif terhadap perubahan pekerjaan belum dimanfaatkan secara optimal, terutama dalam konteks penyesuaian RAB akibat CCO.

Penelitian mengenai dampak CCO pada proyek bangunan gedung telah dilakukan, salah satunya oleh Noviana dan Rahayu (2025) yang menunjukkan bahwa perubahan volume pekerjaan struktur dapat menyebabkan *Change Order Ratio* (COR) yang signifikan. Namun, penelitian tersebut masih menggunakan pendekatan konvensional berbasis perbandingan dokumen RAB sebelum dan sesudah CCO, sehingga belum mengintegrasikan BIM secara menyeluruh, khususnya BIM 5D yang menghubungkan model 3D, kuantitas, dan biaya dalam satu sistem terpadu.

Kondisi permasalahan tersebut secara nyata ditemukan pada Proyek X sebagai studi kasus utama, yang menjadi lokasi utama pengembangan dalam penelitian ini. Pada proyek tersebut terjadi berbagai perubahan pekerjaan struktur akibat revisi desain dan perubahan metode pelaksanaan, seperti perubahan sistem struktur bawah dari metode *open cut* menjadi *top down*. Sebagaimana dinyatakan oleh Waty (2023), perubahan semacam ini merupakan karakteristik CCO yang berdampak langsung terhadap fluktuasi volume dan biaya. Berdasarkan hasil wawancara dengan *BIM Engineer* dan *Site Engineer*, frekuensi revisi desain yang tinggi menciptakan kebutuhan mendesak akan sistem pemutakhiran biaya yang responsif akibat adanya fragmentasi alur kerja dalam penanganan CCO. Proses

evaluasi perubahan masih dilakukan secara parsial menggunakan beberapa aplikasi seperti *AutoCAD*, *SketchUp*, serta perhitungan volume dan rekapitulasi biaya melalui *Microsoft Excel*, sehingga menimbulkan jeda waktu (*time lag*) yang signifikan antara perubahan desain dan pembaruan RAB, yang pada akhirnya menghambat proses negosiasi biaya dengan pihak *owner*.

Dalam penelitian ini, pengembangan alur kerja BIM 5D terintegrasi difokuskan pada Proyek X sebagai studi kasus utama. Namun, untuk menguji keandalan dan keterterapan (*applicability*) sistem yang dikembangkan, dilakukan uji coba terbatas pada dua proyek konstruksi lainnya (Proyek Y dan Proyek Z). Pemilihan jumlah proyek uji coba yang terbatas ini didasarkan pada kendala akses terhadap data CCO yang bersifat sensitif dan tidak selalu terdokumentasi secara terbuka pada setiap proyek konstruksi. Selain itu, proses validasi data perubahan desain dan biaya memerlukan keterlibatan langsung dari pihak proyek, sehingga ketersediaan data yang lengkap dan terverifikasi menjadi faktor pembatas dalam perluasan sampel penelitian. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem terintegrasi dalam model BIM yang mampu melakukan penyelarasan volume hingga biaya secara otomatis guna meminimalisir kesalahan input manual, mengurangi ketidakkonsistenan data, serta mempercepat proses pembaruan RAB ketika terjadi CCO. Temuan ini menegaskan adanya kebutuhan mendesak akan alur kerja BIM 5D terintegrasi yang adaptif, akurat, dan responsif terhadap dinamika perubahan proyek konstruksi.

Meskipun penelitian terkait BIM 5D semakin berkembang di Indonesia, sebagian studi masih memfokuskan pada ekstraksi volume atau estimasi biaya dasar tanpa menunjukkan integrasi penuh antara model 3D, kuantitas, dan data harga satuan kerja (AHS) dalam satu lingkungan BIM. Meskipun pemodelan 3D mampu meningkatkan efisiensi waktu pengerjaan dibanding metode konvensional, sebagian besar penelitian belum mengolah data biaya secara langsung di lingkungan BIM sehingga prosesnya masih bersifat manual atau terpisah (Reki, 2024). Akibatnya, kemampuan BIM 5D untuk menghasilkan pembaruan biaya secara otomatis dan konsisten akibat CCO belum banyak dibuktikan secara empiris pada proyek nyata. Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian dalam

pengembangan dan penerapan BIM 5D terintegrasi sebagai respons terhadap perubahan pekerjaan struktur akibat CCO.

Oleh karena itu, masih terdapat celah penelitian terkait pengembangan dan penerapan RAB struktur berbasis BIM 5D sebagai respons terhadap CCO dari sisi penyebab serta dampaknya terhadap biaya dan volume pekerjaan pada proyek konstruksi, seperti perubahan desain dan ketidaksesuaian kondisi lapangan yang berpengaruh signifikan terhadap nilai RAB (Waty, 2023). Selain itu, beberapa penelitian juga mengkaji perbandingan estimasi biaya antara metode konvensional dan BIM, yang menunjukkan bahwa BIM mampu meningkatkan akurasi dan efisiensi waktu perhitungan biaya dibandingkan metode manual (Fahrizal, 2023). Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih menggunakan pendekatan BIM secara parsial, yang umumnya terbatas pada pemodelan 3D atau visualisasi, dan belum mengintegrasikan BIM 5D secara penuh sebagai sistem perhitungan ulang RAB akibat terjadinya CCO. Di sisi lain, kajian empiris secara langsung yang mengembangkan RAB dengan metode BIM 5D pada pekerjaan struktur untuk merespon terjadinya CCO baik sebelum dan sesudah dalam satu proyek gedung nyata masih sangat terbatas. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi untuk program studi Pendidikan Teknik Bangunan melalui penyusunan alur kerja BIM 5D yang dapat menjadi referensi pembelajaran estimasi biaya berbasis digital. Padahal, dalam praktik proyek, perhitungan RAB konvensional yang bergantung pada proses manual terbukti kurang adaptif terhadap perubahan desain dan memerlukan waktu penyesuaian yang relatif lama (Frianto, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan dan menerapkan BIM 5D secara terintegrasi dalam perhitungan RAB struktur akibat CCO.

Berdasarkan *research gap* tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan perhitungan RAB struktur bangunan berbasis BIM 5D terintegrasi sebagai respons terhadap terjadinya CCO pada Proyek X sebagai studi kasus utama pengembangan. Meskipun pengembangan difokuskan pada satu proyek, sistem yang dihasilkan diuji coba secara terbatas pada dua proyek konstruksi lainnya (Proyek Y dan Proyek Z) untuk menilai keandalan dan keterterapannya pada kondisi yang berbeda. Keterbatasan jumlah proyek uji coba

ini disebabkan oleh sulitnya memperoleh akses terhadap data CCO yang bersifat sensitif, serta keterbatasan ketersediaan data perubahan desain dan biaya yang lengkap dan terverifikasi pada setiap proyek. Oleh karena itu, pendekatan uji coba terbatas ini tetap dianggap representatif dalam mengevaluasi kinerja sistem yang dikembangkan. Berikut disajikan bukti terjadinya CCO pada X. Terlampir pada Tabel 4.20 Komponen struktur akibat CCO pada proyek X.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, pelaksanaan proyek bangunan gedung menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan pengendalian biaya yang responsif terhadap CCO dengan kemampuan metode yang digunakan di lapangan. Kondisi ini mengindikasikan perlunya pendekatan yang lebih terintegrasi dalam penyusunan dan pemutakhiran RAB struktur. Oleh karena itu, permasalahan dalam penelitian ini diidentifikasi sebagai berikut:

1. Terjadinya CCO pada pekerjaan struktur menyebabkan perubahan volume yang berdampak langsung pada ketidakpastian dan fluktuasi nilai RAB proyek.
2. Metode perhitungan RAB konvensional yang masih berbasis gambar 2D dan proses manual belum mampu merespons perubahan akibat CCO secara cepat, konsisten, dan terintegrasi.
3. Implementasi BIM pada proyek konstruksi masih dominan pada level BIM 3D, sehingga belum mendukung pembaruan kuantitas dan biaya secara otomatis ketika terjadi CCO.
4. Belum tersedia alur kerja BIM 5D yang terintegrasi penuh untuk menghubungkan model struktur, *Schedule/Quantity*, dan analisis harga satuan sebagai sistem pemutakhiran RAB yang responsif terhadap CCO.

1.3 Batasan Penelitian

Untuk menjaga fokus tujuan yang ingin dicapai dan kedalaman pembahasan, ruang lingkup penelitian dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada pengembangan perhitungan RAB berbasis BIM 5D untuk pekerjaan struktur bangunan gedung akibat CCO. Lingkup penelitian mencakup elemen struktur bawah dan struktur atas, tanpa membahas pekerjaan

arsitektur maupun MEP. Pengembangan sistem dilakukan pada Proyek X, Y dan Z.

2. Penelitian ini dibatasi pada penerapan BIM 5D yang mencakup pemodelan 3D, deteksi *clash detection*, perhitungan kuantitas, dan estimasi biaya. Penelitian tidak membahas penerapan BIM 6D maupun dimensi BIM lanjutan lainnya.
3. Penyusunan RAB dalam penelitian ini mengacu pada AHSP Cipta Karya No. 30 Tahun 2025 dan Harga Satuan Dasar Provinsi DKI Jakarta Nomor 7 Tahun 2024. Penelitian tidak membahas fluktuasi harga, eskalasi biaya, maupun perbedaan harga berdasarkan waktu dan lokasi proyek.
4. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan alur kerja BIM 5D terintegrasi untuk penyusunan RAB struktur. Penelitian tidak membahas aspek manajemen kontrak, klaim, sengketa, maupun aspek hukum dan administrasi terkait CCO.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut : Bagaimana pengembangan alur kerja perhitungan RAB metode BIM 5D yang terintegrasi pada pekerjaan struktur untuk merespons terjadinya CCO pada Proyek X dan diuji coba terbatas pada proyek Y dan Z?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penelitian dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut : Mengembangkan dan mendeskripsikan alur kerja perhitungan metode BIM 5D yang terintegrasi pada pekerjaan struktur untuk merespons terjadinya CCO pada Proyek X dan melakukan uji coba terbatas pada proyek Y dan Z.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan sejumlah manfaat, antara lain sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi mahasiswa dalam memahami penerapan BIM, mulai dari pemodelan 3D, *clash detection*, hingga penyusunan

RAB berbasis BIM 5D. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kompetensi yang relevan dengan kebutuhan industri konstruksi.

2. Bagi Universitas

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya referensi di bidang teknik sipil, mendukung pengembangan kurikulum berbasis BIM, serta menjadi bahan ajar dan referensi penelitian di Universitas Negeri Jakarta. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkuat relevansi pembelajaran dengan kebutuhan industri konstruksi.

3. Bagi Perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai efektivitas BIM dalam meningkatkan akurasi perhitungan volume dan biaya proyek. Hasil penelitian ini juga diharapkan menjadi pertimbangan bagi perusahaan dalam mengadopsi Autodesk Revit untuk penyusunan RAB berbasis BIM 5D guna meningkatkan efisiensi waktu dan meminimalkan kesalahan.

