

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan teknologi digital di sektor konstruksi telah menginisiasi transformasi fundamental, salah satunya melalui implementasi *Building Information Modeling* (BIM). BIM merupakan suatu platform terintegrasi yang mengakomodasi informasi fisik, teknis, estimasi biaya, penjadwalan, hingga aspek keberlanjutan ke dalam satu model digital komprehensif (Setiawan dkk., 2025). Secara konseptual, kapabilitas BIM telah berevolusi melampaui representasi tiga dimensi (3D), merambah pada dimensi 4D untuk manajemen waktu, 5D untuk estimasi biaya, dan 6D untuk analisis kinerja energi (Rachman dkk., 2024). Pendekatan konvensional yang mengandalkan gambar kerja 2D dan perhitungan manual terbukti memiliki defisiensi pada tingkat akurasi serta tingginya kerentanan terhadap kesalahan manusia atau *human error* (Wibowo & Beatrix, 2023). Oleh karena itu, adopsi BIM menjadi sebuah urgensi guna meningkatkan efisiensi dan reliabilitas perencanaan proyek konstruksi (Setiawan dkk., 2025).

Implementasi BIM 5D secara spesifik memungkinkan integrasi antara model geometrik dengan basis data biaya, sehingga proses ekstraksi kuantitas (*quantity take-off*) dan penyusunan anggaran menjadi lebih presisi dan terotomatisasi. Berbagai studi empiris memvalidasi signifikansi metode ini Rachman dkk. (2024) mengidentifikasi efisiensi biaya hingga 13,04%, Setiawan dkk. (2025) menemukan selisih perhitungan *volume* hingga 13,53% lebih rendah dibandingkan metode konvensional, dan Putra dkk. (2024) melaporkan penghematan anggaran sebesar 12,71%. Meskipun efektivitas BIM telah terbukti menghasilkan komputasi dengan akurasi tinggi (Wibowo & Beatrix, 2023), realitas industri di Indonesia menunjukkan bahwa mayoritas proyek masih mengimplementasikan pendekatan tradisional yang berimplikasi pada rendahnya ketepatan perencanaan (Akbar dkk., 2025). Lebih lanjut, integrasi BIM 6D memainkan peranan esensial dalam mendukung konstruksi berkelanjutan dengan memfasilitasi simulasi efisiensi energi bangunan sejak fase pra-konstruksi (Rachman dkk., 2024).

Penelitian ini memfokuskan objek kajian pada Proyek Pembangunan Gudang Tembakau di Kabupaten Jember, sebuah infrastruktur dengan dimensi 30×102 meter yang didesain khusus untuk fasilitas penyimpanan komoditas pertanian. Fungsionalitas bangunan tersebut menuntut pengendalian iklim mikro yang sangat ketat guna menjaga kualitas daun tembakau, sehingga aspek optimasi energi operasional menjadi parameter krusial dalam perancangan. Lebih jauh, pemanfaatan struktur baja sebagai penyusun utama bangunan ini berpotensi mendisrupsi efisiensi termal dan meningkatkan intensitas konsumsi energi, sebagaimana diindikasikan oleh riset sebelumnya (Rachman dkk., 2024). Permasalahan mendasar pada proyek ini adalah sistem perencanaan oleh pihak kontraktor yang masih bertumpu pada metode konvensional tanpa adanya integrasi holistik antara kelayakan biaya dan evaluasi energi. Kondisi ini memiliki probabilitas tinggi dalam memicu inefisiensi alokasi anggaran investasi serta pembengkakan biaya operasional di masa mendatang.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, pendekatan rekayasa digital yang komprehensif sangat diperlukan guna menghasilkan analisis teknis dan ekonomis yang lebih andal. Sebagai bentuk intervensi akademis, penelitian ini diusulkan dengan judul **“IMPLEMENTASI BIM 3D – 6D UNTUK ANALISIS WAKTU, BIAYA, ENERGI, DAN *LIFE CYCLE COST* GUDANG TEMBAKAU JEMBER”**. Studi ini dirancang untuk mengintegrasikan tahapan pemodelan BIM 3D, simulasi penjadwalan BIM 4D, ekstraksi estimasi biaya BIM 5D, serta analisis efisiensi energi BIM 6D. Seluruh luaran analisis tersebut kemudian disintesis menggunakan pendekatan *Life Cycle Cost* (LCC). Melalui kerangka metodologis ini, pengambilan keputusan perancangan tidak hanya dievaluasi berdasarkan efisiensi pengeluaran modal awal (*initial cost*), namun turut memperhitungkan proyeksi waktu pelaksanaan, performa energi operasional, dan kelayakan ekonomi jangka panjang bangunan secara berkelanjutan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Proses perencanaan pembangunan Gudang Tembakau Jember masih menggunakan pendekatan konvensional berupa gambar dua dimensi dan perhitungan manual, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaktepatan *volume* pekerjaan, keterlambatan pembaruan data, serta kesalahan perhitungan akibat *human error*.
2. Data perencanaan proyek belum terintegrasi dalam satu model digital yang mampu menghubungkan informasi bentuk bangunan, *volume* pekerjaan, jadwal pelaksanaan, biaya konstruksi, dan kinerja energi bangunan secara menyeluruh.
3. Belum diterapkannya *Building Information Modeling* (BIM) 3D secara optimal sebagai dasar pemodelan bangunan gudang tembakau, sehingga *visualisasi* elemen struktur dan arsitektur belum dapat digunakan secara maksimal untuk mendukung proses *quantity take-off*, penjadwalan, dan analisis lanjutan.
4. Penyusunan jadwal pelaksanaan proyek belum dikembangkan secara terintegrasi dengan model bangunan, sehingga urutan pekerjaan, durasi pelaksanaan, hubungan antaraktivitas, dan lintasan kritis proyek belum dapat divisualisasikan secara sistematis melalui pendekatan BIM 4D.
5. Estimasi biaya konstruksi masih berpotensi kurang akurat apabila hanya mengandalkan perhitungan manual, sehingga diperlukan penerapan BIM 5D untuk menghasilkan *quantity take-off* dan Rencana Anggaran Biaya berdasarkan model digital yang lebih terstruktur.
6. Bangunan gudang tembakau memiliki kebutuhan ruang yang berkaitan dengan penyimpanan hasil pertanian, sehingga aspek suhu, kelembaban, pencahayaan, ventilasi, dan konsumsi energi perlu diperhatikan agar fungsi bangunan dapat mendukung penyimpanan tembakau secara lebih optimal.
7. Belum adanya analisis energi bangunan pada tahap perencanaan menyebabkan tingkat efisiensi energi Gudang Tembakau Jember belum dapat diketahui secara kuantitatif, sehingga diperlukan penerapan BIM 6D untuk menganalisis konsumsi energi dan Intensitas Konsumsi Energi (IKE).

8. Belum adanya integrasi antara hasil BIM 5D dan BIM 6D ke dalam analisis *Life Cycle Cost* menyebabkan pengambilan keputusan perencanaan belum sepenuhnya mempertimbangkan efisiensi biaya jangka panjang bangunan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pemodelan *Building Information Modeling* (BIM) 3D pada elemen struktur dan arsitektur proyek pembangunan Gudang Tembakau Jember menggunakan *Autodesk Revit*?
2. Bagaimana penyusunan penjadwalan proyek pembangunan gudang tembakau di Jember menggunakan *Microsoft Project* sebagai bagian dari implementasi BIM 4D?
3. Bagaimana penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 5D pada perencanaan gudang tembakau di Jember?
4. Bagaimana penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 6D dalam menganalisis efisiensi energi pada bangunan gudang tembakau?
5. Bagaimana hasil evaluasi *Life Cycle Cost* (LCC) pada bangunan gudang tembakau selama umur rencana dengan mengintegrasikan estimasi biaya awal dari BIM 5D dan proyeksi konsumsi energi dari BIM 6D?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat pemodelan *Building Information Modeling* (BIM) 3D pada elemen struktur dan arsitektur proyek pembangunan Gudang Tembakau Jember menggunakan *Autodesk Revit*.
2. Menyusun penjadwalan proyek pembangunan gudang tembakau di Jember menggunakan *Microsoft Project* sebagai bagian dari implementasi BIM 4D.
3. Menganalisis penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 5D pada perencanaan gudang tembakau di Jember
4. Menganalisis penerapan BIM 6D dalam menganalisis efisiensi energi pada bangunan gudang tembakau

5. Menghitung dan mengevaluasi *Life Cycle Cost* (LCC) bangunan gudang tembakau berdasarkan integrasi data Rencana Anggaran Biaya (BIM 5D) dan proyeksi biaya energi operasional (BIM 6D).

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian dibatasi pada bangunan Gudang Tembakau Jember yang berlokasi di Desa Sumberan, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember.
2. Pemodelan bangunan dilakukan menggunakan *Autodesk Revit* berdasarkan gambar kerja dan data sekunder yang diperoleh dari proyek.
3. Lingkup pekerjaan yang dianalisis dibatasi pada pekerjaan struktur dan arsitektur bangunan.
4. Analisis BIM 4D pada penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan data model 3D untuk penyusunan jadwal pelaksanaan pekerjaan dan identifikasi jalur kritis (*critical path*) menggunakan *Microsoft Project*, serta tidak mencakup simulasi visual pergerakan 4D maupun pengendalian waktu aktual di lapangan.
5. Analisis BIM 5D dibatasi pada *quantity take-off* dan penyusunan Rencana Anggaran Biaya berdasarkan *volume* hasil model, AHSP, dan HSP Kabupaten Jember.
6. Analisis BIM 6D dibatasi pada simulasi konsumsi energi bangunan berdasarkan parameter yang tersedia pada *Autodesk Revit/Autodesk Forma Carbon Insight*.
7. Analisis energi tidak mencakup audit energi aktual karena penelitian dilakukan pada tahap perencanaan.
8. Analisis biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*) dibatasi pada tinjauan biaya awal (berdasarkan integrasi BIM 5D) dan biaya operasional energi (berdasarkan hasil analisis BIM 6D), tanpa memperhitungkan biaya pembongkaran (*end-of-life cost*). Penelitian tidak membahas analisis kekuatan struktur secara mendalam.

9. Hasil penelitian digunakan sebagai kajian perencanaan berbasis BIM dan bukan sebagai dokumen pelaksanaan konstruksi langsung.

1.6 Manfaat Penulisan/Penyusunan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Keilmuan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya terkait penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 5D dan 6D dalam perencanaan konstruksi. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan efisiensi biaya dan energi pada bangunan.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Mahasiswa

Sebagai sarana untuk menambah wawasan dan pemahaman mengenai penerapan BIM dalam dunia konstruksi, khususnya dalam analisis biaya dan energi.

- b. Bagi Praktisi Konstruksi

Memberikan gambaran mengenai keunggulan penggunaan BIM 5D dan 6D dalam meningkatkan efisiensi biaya serta optimalisasi energi bangunan, sehingga dapat dijadikan pertimbangan dalam perencanaan proyek konstruksi.

- c. Bagi Pengembangan Infrastruktur Lokal (Jember)

Memberikan kontribusi dalam perencanaan gudang tembakau yang lebih efisien dan berkelanjutan, sehingga dapat mendukung sektor pertanian dan industri tembakau di Kabupaten Jember.