

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tinjauan penelitian terdahulu digunakan untuk menelusuri perkembangan penerapan BIM 5D, penjadwalan, dan pengendalian biaya-waktu pada proyek konstruksi serta untuk menentukan kesenjangan dan posisi penelitian. Kajian difokuskan pada penelitian yang mempunyai keterkaitan langsung dengan QTO, estimasi biaya, integrasi informasi proyek, penjadwalan, dan evaluasi kinerja. Ringkasan penelitian internasional dan nasional yang menjadi acuan disajikan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu internasional

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Metode	Hasil	Lokasi & Proyek	Relevansi
1	Forgues dkk. (2015)	<i>BIM 5D for Cost Estimation in Large-Scale Projects</i>	Studi kasus	BIM 5D meningkatkan akurasi estimasi biaya dan mengurangi deviasi anggaran	Kanada – Gedung perkantoran	Menjadi dasar empiris penerapan BIM 5D untuk meningkatkan akurasi estimasi biaya.
2	Monteiro dan Martins (2016)	<i>BIM 5D for Construction Cost Management</i>	Studi literatur dan studi kasus	BIM 5D memperkuat keterkaitan desain–biaya dan mempercepat estimasi	Portugal – Bangunan publik	Memberikan landasan integrasi desain dan biaya.
3	Lu dkk. (2017)	<i>Exploring BIM 5D in Public Projects</i>	Studi kasus	Meningkatkan transparansi dan akuntabilitas biaya	Hong Kong – Infrastruktur publik	Referensi penerapan BIM 5D pada proyek pemerintah.
4	Shen dkk. (2023)	<i>Implementation of BIM 5D in Complex Construction Projects</i>	Studi kasus	Meningkatkan estimasi biaya dan kolaborasi pemangku kepentingan	Tiongkok – Transportasi	Referensi BIM 5D pada proyek kompleks.
5	Pishdad-Bozorgi dan Omungwa (2024)	<i>BIM 5D and Strategic Decision Making in Construction</i>	Studi literatur dan studi kasus	BIM 5D efektif untuk alternatif desain berbasis biaya	Nigeria – Gedung pemerintah	Mendukung pengambilan keputusan berbasis biaya.

Sumber: Diolah dari penelitian terdahulu yang digunakan dalam tesis, 2026.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu nasional

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Metode	Hasil	Lokasi & Proyek	Relevansi
1	Suprpto (2021)	Penerapan BIM 5D untuk Akurasi Volume Pekerjaan	Studi kasus	Meningkatkan akurasi volume pekerjaan	Jakarta – Gedung universitas	Acuan estimasi biaya tahap perencanaan.
2	Rizal dan Putra (2022)	Efisiensi BIM 5D dalam Penyusunan RAB	Perbandingan manual dan BIM	Mempercepat penyusunan RAB	Bandung – Perumahan	Referensi efisiensi penyusunan RAB.
3	Prasetyo (2022)	Peran BIM 5D dalam Pengendalian Biaya Proyek Gedung Negara	Studi kasus	Meningkatkan transparansi biaya	Jawa Tengah – Gedung pemerintah	Acuan transparansi biaya proyek.
4	Fadillah dan Santosa (2023)	Integrasi BIM 5D dalam Simulasi Biaya Proyek Rumah Sakit	Studi kasus	Membantu identifikasi komponen biaya dominan	Jawa Timur – RS tipe B	Referensi simulasi biaya BIM 5D.
5	Nazirul Fariq dkk. (2022)	Penerapan BIM 5D untuk Estimasi Awal Proyek Infrastruktur	Studi literatur dan studi kasus	Mendukung estimasi biaya awal	Jawa Barat – Jalan tol	Referensi penerapan BIM tahap awal.

Sumber: Diolah dari penelitian terdahulu yang digunakan dalam tesis, 2026.

Hasil penelitian internasional menunjukkan perkembangan BIM 5D dari fungsi estimasi biaya menuju integrasi informasi untuk transparansi dan pengambilan keputusan. Forgues dkk. (2015) dan Monteiro dan Martins (2016) menempatkan keterkaitan model dan biaya sebagai manfaat utama, sedangkan Lu dkk. (2017), Shen dkk. (2023), serta Pishdad-Bozorgi dan Omungwa (2024) memperluas pemanfaatannya pada koordinasi, akuntabilitas, dan evaluasi alternatif berbasis biaya.

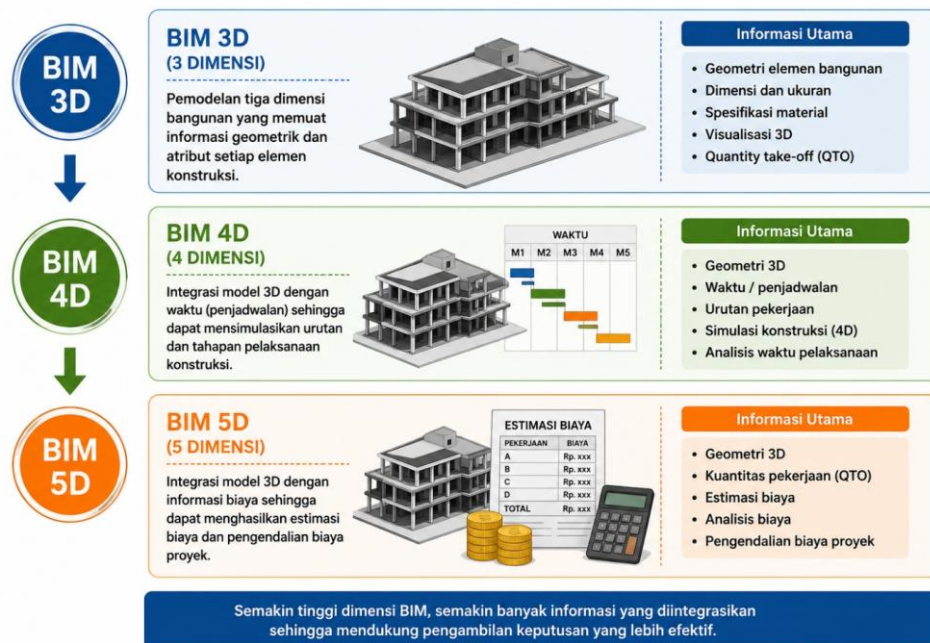
Pada penelitian nasional, Suprpto (2021), Rizal dan Putra (2022), Prasetyo (2022), Fadillah dan Santosa (2023), serta Nazirul Fariq dkk. (2022) menunjukkan pemanfaatan BIM 5D dalam perhitungan kuantitas, penyusunan RAB, transparansi biaya, dan simulasi biaya. Arah penelitian tersebut menunjukkan bahwa BIM 5D telah banyak digunakan pada tahap perencanaan biaya, tetapi integrasinya dengan penjadwalan probabilistik dan evaluasi kinerja aktual masih memiliki ruang pengembangan.

Berdasarkan sintesis tersebut, penelitian ini tidak menempatkan BIM 5D hanya sebagai alat estimasi biaya, tetapi sebagai bagian dari alur informasi yang dimulai dari model BIM 3D dan QTO, dilanjutkan analisis durasi PERT dan

penyusunan jadwal, kemudian integrasi biaya-waktu sebagai *baseline*, dan diakhiri dengan evaluasi EVM pada periode data aktual yang tersedia.

2.2 Perkembangan Penerapan BIM dalam Pengelolaan Proyek Konstruksi

Perkembangan BIM dalam manajemen konstruksi menunjukkan pergeseran dari pemodelan geometrik menuju pengelolaan informasi proyek yang menghubungkan kuantitas, waktu, dan biaya. Dalam konteks penelitian ini, keterkaitan dimensi BIM difokuskan pada BIM 3D sebagai basis model dan QTO, BIM 4D sebagai integrasi dimensi waktu, serta BIM 5D sebagai integrasi informasi biaya. Hubungan ketiga dimensi tersebut disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perkembangan dimensi BIM 3D, BIM 4D, dan BIM 5D

Sumber: Diolah peneliti, 2026.

2.2.1 BIM 3D dan *Quantity Take-Off*

BIM 3D menyediakan representasi parametrik elemen bangunan yang memungkinkan informasi geometri dan atribut material ditelusuri dalam satu model. Dalam konteks estimasi, keluaran penting dari model tersebut adalah QTO yang menghubungkan objek digital dengan panjang, luas, volume, jumlah, atau parameter kuantitatif lainnya. Temuan Suprpto (2021) dan Rizal dan Putra (2022) menunjukkan bahwa penggunaan model BIM pada proses kuantifikasi dapat

meningkatkan konsistensi perhitungan dan mempercepat penyusunan RAB. Namun, QTO hanya dapat mewakili elemen yang benar-benar dimodelkan dan memiliki parameter yang tepat; pekerjaan nonmodel atau pekerjaan proses tetap memerlukan metode perhitungan lain yang harus dinyatakan sumbernya secara transparan.

2.2.2 Integrasi Dimensi Waktu pada BIM 4D

Dimensi waktu pada BIM 4D menghubungkan elemen model dengan aktivitas jadwal sehingga urutan pelaksanaan dapat ditelusuri terhadap waktu. Nilai tambah utama integrasi ini terletak pada keterkaitan antara objek yang dibangun dan waktu pelaksanaannya, bukan sekadar penyajian *Gantt Chart*. Dalam penelitian ini, dimensi waktu ditempatkan sebagai penghubung antara hasil PERT dan jadwal Microsoft Project dengan elemen model, sedangkan analisis sumber daya dan simulasi lapangan rinci berada di luar lingkup penelitian.

2.2.3 BIM 5D dan Pengelolaan Biaya

BIM 5D mengembangkan model dengan informasi biaya sehingga perubahan kuantitas dapat ditelusuri terhadap nilai pekerjaan. Forgues dkk. (2015) dan Monteiro dan Martins (2016) menunjukkan bahwa hubungan desain–kuantitas–biaya merupakan manfaat utama BIM 5D pada tahap estimasi. Pada proyek publik, Lu dkk. (2017) menekankan aspek transparansi dan akuntabilitas, sedangkan Shen dkk. (2023) serta Pishdad-Bozorgi dan Omungwa (2024) menempatkan informasi biaya sebagai dasar koordinasi dan pengambilan keputusan. Dengan demikian, penerapan BIM 5D yang relevan bagi penelitian ini adalah keterlacakan sumber kuantitas, konsistensi harga satuan, dan kemampuan menghubungkan biaya dengan jadwal proyek.

2.3 Penjadwalan Probabilistik dan PERT dalam Proyek Konstruksi

Penjadwalan proyek konstruksi menghadapi variasi durasi akibat produktivitas, kondisi lapangan, pasokan material, cuaca, dan hubungan antarpekerjaan. Pendekatan PERT digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian tersebut melalui tiga estimasi durasi yang diperoleh dari penilaian ahli. Roziva (2019) dan Irawan (2025) menunjukkan bahwa PERT dapat digunakan untuk memperoleh waktu harapan dan ukuran ketidakpastian, yang selanjutnya mendukung identifikasi jadwal dan peluang penyelesaian terhadap target tertentu.

Dalam penelitian ini, PERT ditempatkan sebagai metode untuk mengolah *expert judgment* 10 responden menjadi durasi aktivitas yang digunakan pada Microsoft Project. Rumus dan langkah operasional PERT tidak diuraikan sebagai teori dasar pada BAB II, tetapi ditempatkan pada BAB III sebagai bagian dari teknik analisis data sesuai fungsi metodologisnya.

2.4 Integrasi Biaya-Waktu dan *Earned Value Management*

Integrasi biaya dan waktu diperlukan agar nilai pekerjaan dapat didistribusikan terhadap periode pelaksanaan. Bobot pekerjaan yang dikaitkan dengan jadwal menghasilkan *baseline* perkembangan kumulatif yang dapat disajikan melalui Kurva S. *Baseline* tersebut menjadi dasar untuk menentukan nilai rencana pada periode evaluasi dan selanjutnya dibandingkan dengan capaian aktual.

EVM menghubungkan nilai pekerjaan yang direncanakan, nilai pekerjaan yang telah dicapai, dan biaya aktual pada periode yang sama. Juliana (2016) dan Atmaja (2020) menunjukkan pemanfaatan EVM untuk mengevaluasi kinerja biaya dan waktu melalui indeks kinerja serta estimasi biaya penyelesaian. Secara metodologis, interpretasi EVM memerlukan konsistensi periode dan sumber data, terutama karena AC harus merepresentasikan biaya yang benar-benar dikeluarkan. Oleh sebab itu, penelitian ini membedakan evaluasi aktual dengan proyeksi setelah periode data aktual berakhir.

2.5 Kesenjangan Penelitian dan Posisi Penelitian

2.5.1 Kesenjangan Penelitian (*Research Gap*)

1. Sebagian besar penelitian BIM 5D yang ditinjau berfokus pada QTO, estimasi biaya, transparansi biaya, atau simulasi biaya, sedangkan keterkaitannya dengan durasi probabilistik belum menjadi fokus utama.
2. Integrasi hasil estimasi biaya BIM 5D dengan durasi PERT dan jadwal Microsoft Project untuk membentuk *baseline* biaya-waktu masih relatif terbatas pada studi proyek gedung pemerintah yang ditinjau.
3. Pemanfaatan EVM setelah proses BIM 5D dan penjadwalan memerlukan pemisahan yang jelas antara data aktual dan proyeksi agar indikator kinerja tidak ditafsirkan melampaui periode observasi. Aspek keterlacakan tersebut belum tampak dominan pada penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan.

2.5.2 Posisi Penelitian (*Novelty*)

Posisi penelitian ini terletak pada penyusunan alur analisis yang menghubungkan sumber data model, durasi, jadwal, biaya, dan evaluasi kinerja secara berurutan pada satu studi kasus proyek gedung pemerintah. Kebaruan penelitian bersifat integratif pada alur penerapan dan keterlacakan data, bukan pada penciptaan metode baru.

1. Mengintegrasikan BIM 3D dan QTO dengan BIM 5D untuk memperoleh estimasi biaya pada lingkup pekerjaan yang dianalisis, dengan membedakan kuantitas yang berasal dari Revit dan perhitungan manual.
2. Menggunakan PERT berdasarkan *expert judgment* 10 responden sebagai *input* durasi pada Microsoft Project untuk memperoleh jadwal, lintasan kritis, dan probabilitas penyelesaian proyek.
3. Menghubungkan *baseline* biaya-waktu dengan EVM pada periode data aktual yang tersedia serta memisahkan hasil proyeksi dari interpretasi kinerja aktual.

2.6 Kerangka Konseptual Penelitian

Kerangka konseptual penelitian disusun berdasarkan hubungan *input*, proses analisis, dan keluaran. Dokumen DED menjadi dasar model BIM 3D dan QTO; data kuesioner menjadi dasar PERT; hasil PERT menjadi *input* jadwal Microsoft Project; kuantitas dan harga satuan menjadi dasar BIM 5D; biaya dan jadwal membentuk bobot serta Kurva S; selanjutnya *baseline*, progres aktual, dan biaya aktual digunakan pada analisis EVM. Hubungan tersebut diringkas pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kerangka konseptual penelitian

Tahap	Input Utama	Proses	Keluaran
1	DED struktur dan arsitektur	Pemodelan BIM 3D menggunakan Autodesk Revit	Model BIM dan QTO
2	Kuesioner a, m, b dari 10 responden	Analisis PERT	Waktu harapan, varians, simpangan baku
3	Durasi PERT dan hubungan aktivitas	Penjadwalan Microsoft Project	Jadwal, lintasan kritis, durasi proyek
4	QTO dan harga satuan	Integrasi BIM 5D	Estimasi biaya dan BAC lingkup analisis
5	Biaya dan jadwal	Pembobotan dan distribusi waktu	Kurva S dan PV
6	PV, progres aktual, biaya aktual	Analisis EVM	EV, AC, CPI, SPI, EAC, ETC, VAC

Sumber: Diolah peneliti, 2026.

Kerangka konseptual tersebut menjadi dasar penyusunan langkah operasional penelitian pada BAB III. Dengan demikian, BAB II difokuskan pada perkembangan pengetahuan, sintesis penelitian terdahulu, dan posisi penelitian, sedangkan persamaan serta prosedur perhitungan ditempatkan pada metodologi penelitian.