

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan strategi studi kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan proses penerapan BIM 3D dan BIM 5D, analisis durasi PERT, penyusunan jadwal Microsoft Project, serta evaluasi EVM berdasarkan data proyek yang tersedia. Pendekatan kuantitatif digunakan karena data yang dianalisis berupa kuantitas pekerjaan, harga satuan, estimasi durasi, jadwal, progres, dan biaya.

Penelitian tidak melakukan pengujian hubungan kausal antarvariabel melalui statistik inferensial. Analisis dilakukan secara bertahap dengan mengolah dokumen proyek dan data kuesioner, kemudian menghubungkan keluaran setiap tahap sebagai *input* tahap berikutnya. Perangkat lunak utama yang digunakan adalah Autodesk Revit 2025 untuk pemodelan dan QTO, Microsoft Excel untuk pengolahan data, serta Microsoft Project untuk penyusunan jadwal dan identifikasi lintasan kritis.

3.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian adalah Proyek Pembangunan Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang yang berlokasi di Jl. J.A. Suprpto, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang. Proyek diselenggarakan oleh Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman, dan Cipta Karya Kabupaten Malang dengan pendanaan APBD Kabupaten Malang. Berdasarkan dokumen perencanaan, nilai HPS proyek sebesar Rp7.799.986.427,34 dengan durasi rencana sekitar 120 hari kalender. Lokasi proyek ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan representasi tiga dimensi bangunan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Peta lokasi Proyek Pembangunan Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang
Sumber: Dokumen penelitian, 2026.



Gambar 3.2 Tampilan tiga dimensi Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang
Sumber: Dokumen perencanaan proyek, diolah peneliti, 2026.

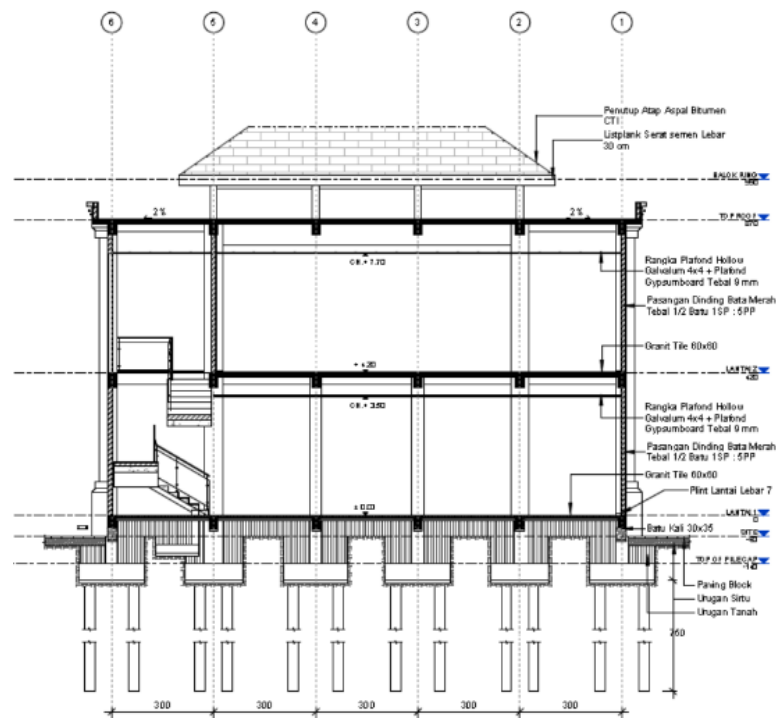
3.2.1 Karakteristik Teknis Bangunan

Bangunan Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang direncanakan terdiri atas dua lantai. Berdasarkan dimensi *grid* pada DED, luas tapak lantai 1 sekitar $38,00 \text{ m} \times 15,00 \text{ m}$ atau sekitar 570 m^2 , sedangkan lantai 2 memiliki luas yang relatif sama sehingga total luas bangunan sekitar 1.140 m^2 . Pola *grid* yang teratur digunakan sebagai acuan pemodelan parametrik pada Autodesk Revit.

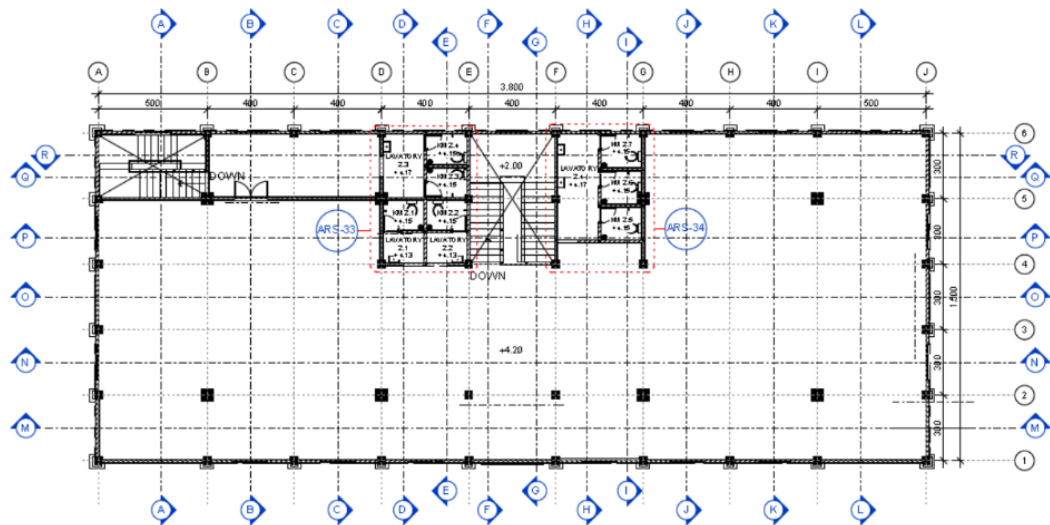
Denah lantai 1 dan potongan memanjang bangunan disajikan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4. Denah lantai 2 dan potongan melintang disajikan pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6. Gambar tersebut digunakan sebagai bagian dari dokumen acuan untuk menentukan posisi, dimensi, elevasi, dan keterkaitan elemen pada model BIM.



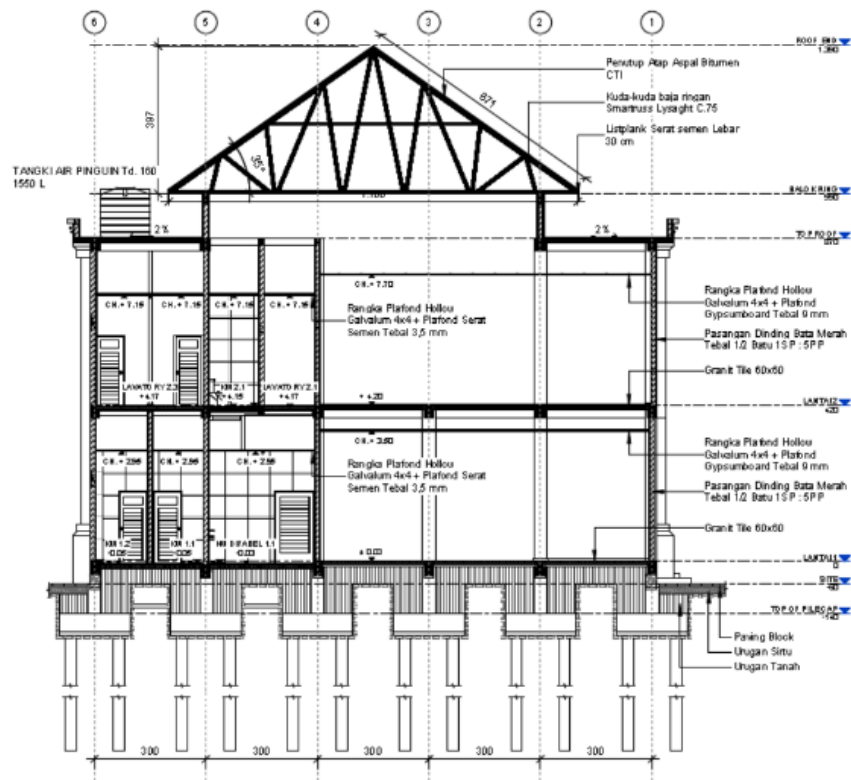
Gambar 3.3 Denah lantai 1 Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang
Sumber: Dokumen DED proyek.



Gambar 3.4 Potongan memanjang Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang
Sumber: Dokumen DED proyek.



Gambar 3.5 Denah lantai 2 Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang
Sumber: Dokumen DED proyek.



Gambar 3.6 Potongan melintang Gedung Kejaksaan Negeri Kabupaten Malang
Sumber: Dokumen DED proyek.

3.3 Data dan Sumber Data

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer digunakan untuk memperoleh estimasi durasi aktivitas dalam analisis PERT, sedangkan data sekunder digunakan sebagai dasar pemodelan BIM, estimasi biaya,

penyusunan jadwal, dan evaluasi kinerja proyek. Penggunaan kedua jenis data dilakukan secara terintegrasi sesuai tahapan analisis.

3.3.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui kuesioner kepada 10 responden yang memiliki pengalaman dan kompetensi di bidang konstruksi gedung. Setiap responden memberikan estimasi waktu optimis (a), waktu paling mungkin (m), dan waktu pesimis (b) untuk aktivitas yang dinilai. Data tersebut digunakan sebagai *expert judgment* dalam perhitungan PERT.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder berasal dari dokumen proyek dan referensi pendukung yang tersedia, meliputi:

1. Gambar *Detail Engineering Design* (DED) struktur dan arsitektur sebagai dasar pemodelan BIM 3D.
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai sumber data volume, harga satuan, dan nilai biaya pekerjaan yang digunakan sebagai pembanding terhadap hasil estimasi biaya berbasis BIM 5D.
3. Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi (HSPK) dan harga satuan yang digunakan pada dokumen proyek sebagai dasar penilaian biaya.
4. Spesifikasi teknis pekerjaan sebagai acuan penentuan material dan karakteristik elemen yang dimodelkan.
5. Time schedule kontraktor sebagai jadwal rencana pembanding.
6. Laporan progres pelaksanaan sebagai sumber progres aktual; data aktual yang digunakan dalam penelitian tersedia sampai minggu ke-10.
7. Data biaya pelaksanaan yang tersedia sebagai sumber AC pada periode evaluasi aktual. Apabila suatu periode tidak memiliki data biaya aktual, periode tersebut tidak digunakan untuk menyatakan CPI aktual.
8. Literatur ilmiah, peraturan, dan standar yang relevan sebagai dasar penyusunan kajian dan metode penelitian.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi proyek, penyebaran kuesioner, serta studi literatur dan peraturan. Teknik pengumpulan disusun agar

setiap data mempunyai sumber yang dapat ditelusuri dan sesuai dengan fungsi analisisnya.

3.4.1 Dokumentasi Proyek

Dokumentasi proyek meliputi DED, RAB, HSPK, spesifikasi teknis, *time schedule*, laporan progres, dan data biaya pelaksanaan yang tersedia. DED digunakan sebagai dasar geometri model; RAB dan harga satuan digunakan pada analisis biaya; *time schedule* digunakan sebagai pembanding; sedangkan laporan progres dan biaya digunakan pada evaluasi EVM aktual.

3.4.2 Kuesioner PERT dan Penentuan Variabel

Kuesioner PERT digunakan untuk memperoleh tiga estimasi waktu pada setiap aktivitas, yaitu waktu optimis (a), waktu paling mungkin (m), dan waktu pesimis (b). Responden berjumlah 10 orang dan dipilih secara *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi yang ditetapkan dalam penelitian, yaitu memiliki latar belakang teknik sipil, pengalaman kerja minimal tiga tahun di bidang konstruksi, serta pemahaman terhadap urutan dan durasi pekerjaan gedung. Responden dapat berasal dari unsur konsultan perencana, konsultan pengawas, instansi teknis, dan kontraktor pelaksana.

Kuesioner menggunakan satuan minggu agar selaras dengan jadwal proyek dan hasil analisis pada Microsoft Project. Variabel *input* dan output PERT disajikan pada Tabel 3.1, sedangkan kelompok aktivitas yang dinilai disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian untuk Penentuan Durasi Metode PERT

No	Jenis Variabel	Nama Variabel	Simbol	Definisi Operasional	Satuan	Sumber Data
1	Variabel Masukan	Waktu Optimis	a	Durasi tercepat pada kondisi pelaksanaan sangat mendukung.	Minggu	Kuesioner
2	Variabel Masukan	Waktu Paling Mungkin	m	Durasi paling realistis pada kondisi pelaksanaan normal.	Minggu	Kuesioner
3	Variabel Masukan	Waktu Pesimis	b	Durasi terlama pada kondisi atau hambatan yang kurang menguntungkan.	Minggu	Kuesioner
4	Variabel Keluaran	Durasi Ekspektasi	Te	Durasi harapan hasil PERT yang digunakan pada jadwal proyek.	Minggu	Hasil Perhitungan

No	Jenis Variabel	Nama Variabel	Simbol	Definisi Operasional	Satuan	Sumber Data
5	Variabel Keluaran	Varians Aktivitas	σ^2	Ukuran ketidakpastian durasi berdasarkan waktu optimis dan pesimis.	Minggu ²	Hasil Perhitungan
6	Variabel Keluaran	Simpangan Baku	σ	Akar varians sebagai ukuran penyimpangan durasi aktivitas.	Minggu	Hasil Perhitungan

Sumber: Diolah peneliti, 2026.

Tabel 3.2 Variabel Aktivitas Pekerjaan

No	Kelompok Aktivitas	Variabel Aktivitas	Parameter PERT
1	Struktur Bawah	Pengeboran strauss pile, pile cap, sloof	a, m, b
2	Struktur Atas	Kolom, balok, pelat lantai, tangga, struktur atap	a, m, b
3	Arsitektur	Dinding, plesteran, lantai, plafon, pintu, jendela, pengecatan, dan pekerjaan arsitektur lainnya	a, m, b
4	Pagar Keliling	Pekerjaan tanah dan pondasi, kolom pagar, pondasi batu kali dan sloof, ornamen, dinding, plesteran, acian, pengecatan, dan balok praktis	a, m, b

Sumber: Diolah peneliti, 2026.

3.4.3 Studi Literatur dan Peraturan

Studi literatur dilakukan terhadap jurnal, buku, penelitian terdahulu, serta referensi yang berkaitan dengan BIM, PERT, penjadwalan proyek, estimasi biaya, Kurva S, dan EVM. Peraturan dan standar digunakan sebagai referensi pendukung sesuai kebutuhan penelitian. Literatur berfungsi untuk membangun posisi penelitian, sedangkan prosedur operasional perhitungan ditetapkan pada teknik analisis data.

3.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara berurutan agar keluaran setiap tahap dapat digunakan sebagai *input* tahap berikutnya. Tahap analisis meliputi pemodelan BIM 3D dan QTO, analisis durasi PERT, penyusunan jadwal dan integrasi waktu, analisis biaya BIM 5D, penyusunan bobot dan Kurva S, serta evaluasi EVM. Landasan konseptual metode telah dibahas pada BAB II, sedangkan bagian ini menjelaskan prosedur operasional yang diterapkan pada data penelitian.

3.5.1 Pemodelan BIM 3D dan *Quantity Take-Off*

Pemodelan BIM 3D dilakukan menggunakan Autodesk Revit 2025 berdasarkan DED. Penggunaan model BIM sebagai dasar kuantifikasi pekerjaan

mengikuti prinsip keterkaitan model dan kuantitas yang dibahas oleh Suprpto (2021) serta Rizal dan Putra (2022). Tahapan pemodelan meliputi penetapan *grid* dan *level*, pemodelan elemen struktur seperti pondasi, *pile cap*, sloof, kolom, balok, pelat, tangga, dan struktur atap, serta pemodelan elemen arsitektur seperti dinding, lantai, pintu, jendela, plafon, dan penutup atap sesuai lingkup penelitian.

Kuantitas elemen yang dapat dibaca dari model diekstraksi melalui fitur *Schedule/Quantities*. Data yang dapat diperoleh meliputi volume, luas, panjang, dan jumlah sesuai karakteristik objek. Item yang tidak dimodelkan secara eksplisit, seperti sebagian pekerjaan proses atau pekerjaan pendukung, dihitung secara manual berdasarkan gambar kerja dan spesifikasi. Pada rekapitulasi hasil, sumber kuantitas dibedakan antara Autodesk Revit dan perhitungan manual agar keterlacakan data tetap terjaga.

3.5.2 Analisis Durasi dengan Metode PERT

Data kuesioner dari 10 responden diolah untuk memperoleh nilai representatif waktu optimis (a), waktu paling mungkin (m), dan waktu pesimis (b) pada setiap aktivitas. Nilai tersebut digunakan untuk menghitung waktu harapan, varians, dan simpangan baku aktivitas. Prosedur analisis PERT pada penelitian ini mengacu pada penerapan estimasi durasi probabilistik sebagaimana dibahas oleh Roziva (2019) dan Irawan (2025).

Waktu harapan (*expected time*) dihitung dengan Persamaan (3.1).

$$T_e = (a + 4m + b) / 6 \quad (3.1)$$

Varians aktivitas dihitung dengan Persamaan (3.2).

$$V = ((b - a) / 6)^2 \quad (3.2)$$

Simpangan baku aktivitas dihitung dengan Persamaan (3.3).

$$\sigma = (b - a) / 6 \quad (3.3)$$

Setelah lintasan kritis diperoleh dari Microsoft Project, simpangan baku proyek dihitung berdasarkan jumlah varians aktivitas pada lintasan kritis dengan Persamaan (3.4).

$$\sigma_p = (\sum V_i)^{1/2} \quad (3.4)$$

Probabilitas penyelesaian terhadap target waktu dihitung melalui nilai Z dengan Persamaan (3.5). Nilai Z kemudian dikonversi menggunakan distribusi normal standar.

$$Z = (T_s - T_E) / \sigma_p \quad (3.5)$$

Keterangan: T_e adalah waktu harapan aktivitas; a adalah waktu optimis; m adalah waktu paling mungkin; b adalah waktu pesimis; V atau V_i adalah varians aktivitas; σ adalah simpangan baku aktivitas; σ_p adalah simpangan baku proyek; T_s adalah target durasi; dan T_E adalah waktu harapan proyek pada lintasan kritis.

3.5.3 Penyusunan Jadwal dan Integrasi Waktu BIM

Nilai T_e setiap aktivitas dimasukkan ke Microsoft Project sebagai durasi aktivitas. Hubungan ketergantungan ditetapkan berdasarkan urutan teknis pekerjaan menggunakan hubungan *Finish-to-Start* (FS) dan, apabila memungkinkan secara teknis, *Start-to-Start* (SS) untuk pekerjaan yang dapat berlangsung tumpang tindih. Hasil penyusunan jadwal digunakan untuk memperoleh tanggal mulai, tanggal selesai, durasi total proyek, dan lintasan kritis.

Informasi waktu dari jadwal selanjutnya dikaitkan dengan kelompok elemen model untuk mendukung dimensi waktu BIM. Pada penelitian ini, integrasi tersebut digunakan sebagai penghubung antara model dan jadwal serta sebagai dasar distribusi biaya terhadap waktu. Analisis sumber daya, optimasi tenaga kerja, dan simulasi lapangan rinci tidak termasuk dalam lingkup penelitian.

3.5.4 Analisis Biaya dengan BIM 5D

Analisis BIM 5D dilakukan dengan mengintegrasikan kuantitas pekerjaan dengan harga satuan yang digunakan pada dokumen proyek. Kuantitas hasil Revit diekspor dan direkap bersama kuantitas manual pada Microsoft Excel, kemudian setiap item dikalikan dengan harga satuannya. Hasil seluruh item lingkup analisis direkap untuk memperoleh estimasi biaya dan BAC yang digunakan pada tahapan berikutnya.

Validasi dilakukan dengan membandingkan kuantitas dan nilai biaya hasil pemodelan terhadap item yang sepadan pada RAB proyek. Harga satuan dijaga sama pada item yang dibandingkan sehingga selisih biaya dapat ditelusuri terutama terhadap perbedaan kuantitas. Hasil validasi digunakan untuk mengidentifikasi

item dengan deviasi yang memerlukan penjelasan, khususnya elemen yang sensitif terhadap detail pemodelan.

3.5.5 Penyusunan Bobot Pekerjaan dan Kurva S

Bobot pekerjaan dihitung berdasarkan proporsi nilai setiap pekerjaan terhadap BAC dengan Persamaan (3.6).

$$\text{Bobot pekerjaan (\%)} = (\text{Nilai pekerjaan} / \text{BAC}) \times 100\% \quad (3.6)$$

Bobot setiap aktivitas kemudian didistribusikan terhadap periode pelaksanaan berdasarkan tanggal mulai dan selesai pada jadwal Microsoft Project. Distribusi mingguan dijumlahkan secara kumulatif untuk membentuk Kurva S rencana. Kurva S digunakan untuk memperoleh persentase progres rencana kumulatif sebagai dasar perhitungan PV.

3.5.6 Analisis *Earned Value Management* (EVM)

Analisis EVM dilakukan dengan menyamakan periode evaluasi antara *baseline*, progres aktual, dan biaya aktual. Penggunaan parameter PV, EV, AC, CPI, SPI, EAC, ETC, dan VAC dalam penelitian ini mengacu pada penerapan EVM yang dibahas oleh Juliana (2016) dan Atmaja (2020). Evaluasi aktual dibatasi pada periode yang memiliki data pendukung. Data progres aktual yang tersedia sampai minggu ke-10 digunakan untuk analisis aktual, sedangkan periode setelahnya hanya dapat disajikan sebagai proyeksi dan tidak ditafsirkan sebagai kondisi aktual.

Planned Value (PV) dihitung berdasarkan progres rencana kumulatif terhadap BAC dengan Persamaan (3.7).

$$PV = BAC \times \% \text{ progres rencana kumulatif} \quad (3.7)$$

Earned Value (EV) dihitung berdasarkan progres aktual kumulatif terhadap BAC dengan Persamaan (3.8).

$$EV = BAC \times \% \text{ progres aktual kumulatif} \quad (3.8)$$

Actual Cost (AC) merupakan biaya aktual yang benar-benar dikeluarkan sampai periode evaluasi dan diperoleh dari data realisasi biaya pelaksanaan yang tersedia. AC tidak dihitung dari BAC atau EV. Apabila data AC tidak tersedia pada suatu periode, periode tersebut tidak digunakan untuk menyatakan kinerja biaya aktual.

Cost Performance Index (CPI) dihitung dengan Persamaan (3.9).

$$CPI = EV / AC \quad (3.9)$$

Schedule Performance Index (SPI) dihitung dengan Persamaan (3.10).

$$SPI = EV / PV \quad (3.10)$$

Apabila diasumsikan kecenderungan kinerja biaya pada saat evaluasi berlanjut hingga proyek selesai, *Estimate at Completion* (EAC) dapat dihitung dengan Persamaan (3.11).

$$EAC = BAC / CPI \quad (3.11)$$

Estimate to Complete (ETC) dihitung dengan Persamaan (3.12).

$$ETC = EAC - AC \quad (3.12)$$

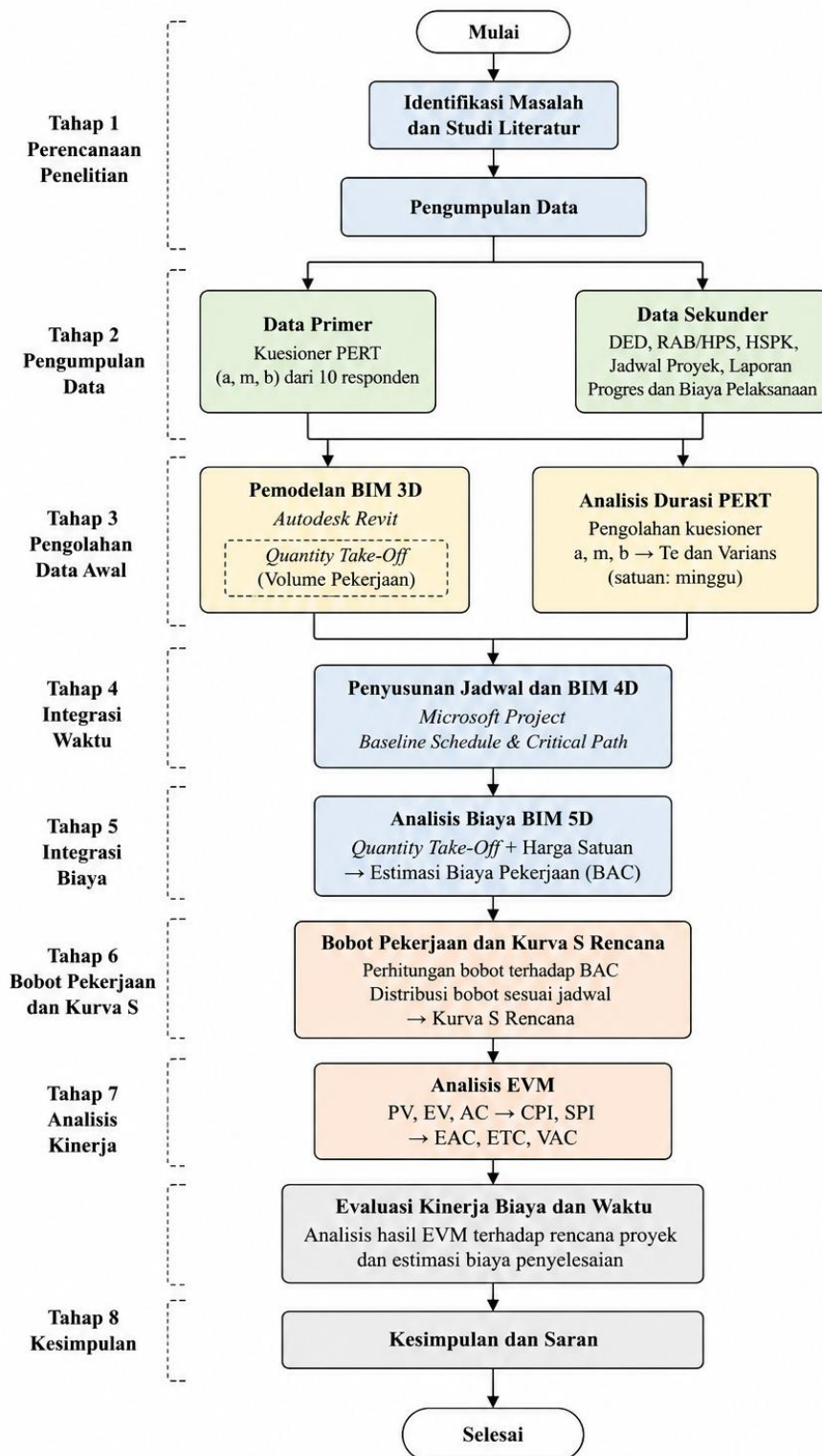
Variance at Completion (VAC) dihitung dengan Persamaan (3.13).

$$VAC = BAC - EAC \quad (3.13)$$

Interpretasi CPI dilakukan dengan kriteria $CPI > 1$ menunjukkan nilai pekerjaan lebih besar daripada biaya aktual yang dikeluarkan, $CPI = 1$ menunjukkan kesesuaian biaya, dan $CPI < 1$ menunjukkan kinerja biaya kurang efisien. $SPI > 1$ menunjukkan progres lebih cepat dari rencana, $SPI = 1$ sesuai rencana, dan $SPI < 1$ menunjukkan keterlambatan. Kesimpulan kinerja hanya diberlakukan pada periode aktual; hasil proyeksi digunakan sebagai skenario perkiraan, bukan bukti bahwa kondisi tersebut telah terjadi.

3.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian menggambarkan hubungan antartahap mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, pemodelan BIM 3D, analisis PERT, penyusunan jadwal, analisis BIM 5D, pembentukan Kurva S, hingga evaluasi EVM. Keluaran setiap tahapan digunakan sebagai *input* pada tahap berikutnya. Evaluasi aktual mengikuti ketersediaan data progres dan biaya, sedangkan proyeksi setelah periode aktual dipisahkan dari interpretasi kinerja aktual. Keseluruhan tahapan penelitian tersebut secara sistematis disajikan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Bagan alir penelitian
Sumber: Diolah peneliti, 2026.