

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan penggabungan dua konsep yang membentuk satu kesatuan utuh dan saling berkaitan. Secara umum, manajemen dapat didefinisikan sebagai seni serta proses kerja sama yang melibatkan individu, kelompok, dan berbagai sumber daya lainnya untuk mencapai tujuan organisasi. Proses ini diimplementasikan melalui pelaksanaan fungsi-fungsi manajerial yang meliputi perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pengarahan (*directing*), pengoordinasian (*coordinating*), serta pengendalian (*controlling*) (Hidayanto et al., 2024).

Berdasarkan hasil penelitian terkait fungsi manajemen konstruksi pada proyek pembangunan gedung kampus di Yogyakarta, manajemen konstruksi dipahami sebagai proses perencanaan, pengorganisasian, kepemimpinan, dan pengendalian oleh seluruh tim proyek untuk memanfaatkan sumber daya secara optimal dalam rangka mencapai target yang telah ditetapkan. Fungsi utama dari manajemen konstruksi meliputi pengelolaan ruang lingkup pekerjaan, waktu pelaksanaan, anggaran biaya, serta mutu pekerjaan, yang semuanya memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan suatu proyek (Jufri et al., 2023).

Manajemen proyek juga mencakup aspek penting seperti pengelolaan risiko, koordinasi antar tim, serta pengambilan keputusan yang tepat dalam menghadapi berbagai tantangan dan perubahan selama pelaksanaan proyek. Profesionalisme seorang manajer proyek, didukung oleh kebijakan manajemen yang efektif, turut memberikan dampak besar terhadap semangat kerja tim dan keberhasilan proyek secara menyeluruh (N. M. F. Pratama & Chalid, 2024).

Pelatihan manajemen proyek konstruksi tingkat dasar terbukti efektif dalam meningkatkan pengetahuan dan kesiapan tenaga kerja, khususnya bagi siswa SMK yang akan memasuki dunia kerja di bidang konstruksi. Pelatihan ini membantu

membentuk dasar yang kuat dalam pengelolaan proyek sejak awal karier mereka. (Sandi et al., 2022).

2.2 Aspek Manajemen Proyek

Manajemen proyek mencakup sejumlah elemen krusial yang harus dikelola secara optimal untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi. Berdasarkan berbagai kajian dan penelitian terbaru, terdapat beberapa aspek utama yang sangat berpengaruh terhadap efektivitas manajemen proyek, antara lain sebagai berikut:

1. Kebijakan Manajer Proyek

Kebijakan yang ditetapkan oleh manajer proyek memiliki pengaruh besar terhadap semangat kerja dan motivasi tenaga kerja di lapangan. Kebijakan ini tidak hanya berfungsi sebagai pedoman kerja yang terstruktur, tetapi juga menjadi dasar dalam mencapai tujuan proyek, menjamin kesinambungan pelaksanaan, dan meningkatkan kepuasan pengguna jasa. Hasil penelitian pada proyek MRT CP203 menunjukkan bahwa penerapan kebijakan manajerial yang tepat secara signifikan dapat meningkatkan motivasi kerja tenaga konstruksi, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap kinerja dan hasil akhir proyek secara keseluruhan.

2. Pengelolaan Sumber Daya Manusia

Pengelolaan tenaga kerja dalam proyek mencakup aktivitas seperti pengorganisasian, pelatihan, serta pemberian motivasi agar setiap individu dapat bekerja secara produktif dan efisien. Sistem manajemen SDM yang baik membantu meminimalisir konflik internal, memperkuat koordinasi antar tim, serta mempercepat penyelesaian pekerjaan. Dengan pengelolaan yang efektif, proyek dapat berjalan lebih lancar dan risiko keterlambatan dapat ditekan.

3. Manajemen Tata Letak Fasilitas (*Site Layout Management*)

Tata letak fasilitas sementara di lokasi proyek, seperti tempat penyimpanan material, area kerja, dan jalur mobilisasi alat berat, berperan penting dalam

efisiensi operasional. Studi pada proyek *Grand Dharmahusada Surabaya* menggunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy AHP)* membuktikan bahwa penataan lokasi yang optimal mampu mengurangi jarak tempuh mobilisasi dan meningkatkan keselamatan kerja, sehingga mendukung proses konstruksi yang lebih cepat dan aman.

4. Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Aspek keselamatan dan kesehatan kerja merupakan bagian yang tidak dapat diabaikan dalam proyek konstruksi. Penerapan sistem manajemen K3 yang sesuai dengan regulasi dan standar nasional/internasional mampu menekan angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Studi kasus pada proyek *The Lagoon Tamansari* menunjukkan bahwa kepatuhan terhadap aspek hukum dan prosedur K3 dapat meningkatkan keberhasilan pelaksanaan proyek dengan meminimalkan risiko insiden kerja dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman serta nyaman.

5. Manajemen Keuangan dan Pengendalian Biaya

Pengelolaan keuangan yang baik sangat penting agar proyek tetap berjalan sesuai rencana anggaran. Penggunaan teknologi seperti perangkat lunak manajemen proyek dan sistem informasi keuangan memudahkan pengawasan biaya serta penyusunan laporan keuangan secara *real-time*. Hal ini membantu pengambilan keputusan secara cepat dan tepat dalam pengendalian anggaran.

6. Manajemen Kontrak dan Aspek Hukum

Manajemen kontrak yang efektif menjadi kunci untuk menghindari potensi sengketa antar pihak yang terlibat dalam proyek. Kontrak yang disusun dengan jelas membantu memastikan setiap pihak menjalankan kewajibannya sesuai kesepakatan. Selain itu, aspek hukum juga mencakup kepatuhan terhadap peraturan keselamatan kerja, perlindungan lingkungan, dan pemenuhan standar teknis proyek, yang semuanya sangat menentukan kelancaran dan keberhasilan pelaksanaan konstruksi (Sandi et al., 2022).

2.3 Estimasi Biaya Proyek

Estimasi biaya proyek konstruksi merupakan proses memperkirakan jumlah dana yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh kegiatan proyek, mulai dari tahap perencanaan hingga penyelesaian akhir. Perhitungan ini mencakup biaya material, tenaga kerja, peralatan, serta biaya tidak langsung lainnya. Estimasi biaya memiliki peran penting dalam manajemen proyek karena menjadi dasar dalam penyusunan anggaran, pengambilan keputusan, pengendalian risiko, dan pemantauan pelaksanaan proyek. Ketepatan estimasi biaya sangat memengaruhi keberhasilan tender, kelangsungan bisnis kontraktor, dan kemampuan dalam mengendalikan pembengkakan biaya selama proyek berlangsung (Oeij et al., 2024).

2.3.1 Tahapan Estimasi Biaya

Estimasi biaya memiliki beberapa tahapan, antara lain sebagai berikut:

1. Estimasi Awal (*Preliminary Estimate*)

Estimasi ini dilakukan pada tahap awal atau pra-desain ketika informasi proyek masih sangat terbatas. Meskipun bersifat kasar, estimasi awal berguna untuk menilai kelayakan proyek dan menjadi dasar pengambilan keputusan awal.

2. Estimasi Detail (*Detailed Estimate*)

Tahap ini dilakukan ketika gambar teknis dan spesifikasi pekerjaan telah lengkap. Estimasi ini memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi karena memperhitungkan kuantitas material, biaya tenaga kerja, dan peralatan secara rinci. Estimasi detail menjadi dasar penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang digunakan dalam proses tender dan perencanaan anggaran proyek.

3. Estimasi Akhir (*Final Estimate*)

Dilakukan menjelang atau saat proyek akan dimulai, dengan mengacu pada dokumen kontrak dan kondisi lapangan terkini. Estimasi akhir menjadi acuan utama dalam pengendalian biaya selama pelaksanaan proyek (Farizwan et al., 2024).

2.3.2 Jenis-Jenis Estimasi Biaya

Estimasi Biaya memiliki beberapa jenis, antara lain sebagai berikut:

1. Estimasi Konseptual

Estimasi ini dilakukan pada tahap awal proyek, dengan data minimal, biasanya didasarkan pada parameter kasar seperti luas bangunan atau volume pekerjaan.

2. Estimasi *Pra-Desain*

Dilakukan sebelum desain rinci selesai, menggunakan informasi awal dari rencana teknis dan spesifikasi dasar.

3. Estimasi Desain

Dilakukan sebelum desain rinci selesai, menggunakan informasi awal dari rencana teknis dan spesifikasi dasar.

4. Estimasi Tender

Merupakan penawaran harga dari kontraktor dalam proses tender. Estimasi ini mempertimbangkan harga pasar serta potensi risiko pelaksanaan.

5. Estimasi Kontrol Biaya

Merupakan penawaran harga dari kontraktor dalam proses tender. Estimasi ini mempertimbangkan harga pasar serta potensi risiko pelaksanaan (Kinasih & Sucipto, 2024).

2.3.3 Faktor Pengaruh Akurasi

Faktor pengaruh akurasi merupakan penawaran harga dari kontraktor dalam proses tender. Estimasi ini mempertimbangkan harga pasar serta potensi risiko pelaksanaan.

2.3.3.1 Faktor Internal

Pengaruh akurasi internal memiliki beberapa faktor, antara lain sebagai berikut:

1. Pengalaman dan Kompetensi Estimator

Kemampuan estimator dalam menggunakan metode yang tepat dan memanfaatkan perangkat lunak pendukung sangat memengaruhi ketepatan estimasi. Penggunaan *software* estimasi yang mendukung visualisasi 3D dan perhitungan otomatis dapat meningkatkan keakuratan.

2. Metode dan Alat Estimasi yang Digunakan

Penggunaan metode yang tepat dan teknologi yang mutakhir membantu mengurangi kesalahan perhitungan. Sebaliknya, penggunaan metode manual atau perangkat lunak sederhana seperti *Microsoft Excel* dapat berisiko menurunkan akurasi.

3. Manajemen Proyek dan Metode Pelaksanaan

Metode konstruksi dan strategi manajemen proyek yang diterapkan turut memengaruhi estimasi biaya, terutama dalam hal efisiensi penggunaan sumber daya dan waktu (Faisal Abdullah et al., 2023).

2.3.3.2 Faktor Eksternal

Pengaruh akurasi eksternal memiliki beberapa faktor, antara lain sebagai berikut:

1. Kondisi Pasar dan Ekonomi

Perubahan harga bahan bangunan, upah tenaga kerja, dan biaya sewa alat berat yang dipengaruhi oleh kondisi ekonomi, inflasi, dan suku bunga dapat menimbulkan selisih besar antara estimasi dan realisasi.

2. Risiko dan Ketidakpastian Proyek

Risiko yang berasal dari lokasi proyek, kondisi cuaca, pasokan bahan, atau perubahan peraturan dapat menyebabkan biaya tidak terduga. Oleh karena itu, estimasi harus memperhitungkan faktor risiko untuk mengurangi potensi kesalahan.

3. Kondisi Lingkungan dan Lokasi Proyek

Akses lokasi, kondisi topografi, dan karakteristik fisik lapangan dapat memengaruhi produktivitas serta biaya pelaksanaan, yang pada akhirnya berdampak pada akurasi estimasi.

4. Kebijakan dan Regulasi Pemerintah

Peraturan terkait pajak, izin bangunan, dan standar teknis dapat menambah biaya tidak langsung yang harus dimasukkan ke dalam estimasi agar hasilnya lebih realistis (Faisal Abdullah et al., 2023).

2.4 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan dokumen perhitungan biaya yang disusun sebelum proyek dimulai, yang mencakup seluruh komponen biaya seperti bahan material, tenaga kerja, peralatan, serta biaya tidak langsung lainnya. Dokumen ini menjadi acuan utama dalam proses tender, pembuatan kontrak, serta pengendalian anggaran selama pelaksanaan proyek. Melalui RAB, tim manajemen dapat memantau pengeluaran secara sistematis dan mencegah terjadinya pembengkakan biaya, sehingga proyek tetap berjalan sesuai anggaran yang telah direncanakan (Saputra et al., 2023).

Berikut ini beberapa fungsi utama RAB dalam proyek konstruksi:

1. Perencanaan dan Estimasi Biaya

RAB digunakan untuk menyusun estimasi biaya seluruh pekerjaan proyek berdasarkan gambar kerja dan spesifikasi teknis. Dengan dokumen ini, tim proyek dapat mengetahui secara rinci kebutuhan dana untuk pembelian material, upah tenaga kerja, dan sewa alat. Hal ini membuat perencanaan keuangan menjadi lebih akurat dan realistis.

2. Pengendalian Sumber Daya

RAB membantu manajemen proyek dalam mengontrol pemakaian material, tenaga kerja, dan peralatan agar tetap sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan. Dengan anggaran yang terukur, pelaksanaan proyek dapat dikendalikan lebih efisien dan menghindari pemborosan sumber daya.

3. Dasar Penawaran dan Kontrak

Dalam proses tender, RAB menjadi rujukan utama bagi kontraktor untuk menyusun penawaran harga secara realistis dan kompetitif. Selain itu, RAB juga digunakan sebagai dasar penyusunan kontrak kerja antara pemilik proyek dan penyedia jasa konstruksi.

4. Pengendalian dan Monitoring Proyek

Selama pelaksanaan proyek, RAB berperan sebagai alat kontrol untuk mengawasi biaya aktual yang dikeluarkan dibandingkan dengan biaya yang direncanakan. Metode seperti *Earned Value Management (EVM)* sering digunakan untuk mengukur deviasi biaya dan progres pekerjaan, sehingga manajemen dapat segera mengambil langkah perbaikan jika diperlukan.

5. Evaluasi dan Pengambilan Keputusan

Informasi yang disediakan oleh RAB sangat berguna untuk mengevaluasi efisiensi biaya dan waktu proyek. Selain itu, RAB juga mendukung pengambilan keputusan penting seperti revisi jadwal, perubahan desain, atau penyesuaian alokasi sumber daya demi memastikan proyek tetap berada pada jalur yang sesuai.

6. Mendukung Efisiensi dan Produktivitas

Perencanaan biaya yang terstruktur melalui RAB dapat mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja dan alat berat, sehingga meningkatkan produktivitas proyek. Sebagai contoh, perencanaan alat berat yang tepat berdasarkan data dari RAB dapat menghemat biaya sewa serta memaksimalkan kinerja lapangan.

7. Perbandingan Metode dan Alternatif Pelaksanaan

RAB juga dapat digunakan untuk membandingkan efisiensi biaya dari berbagai metode pelaksanaan konstruksi. Misalnya, studi kasus perbandingan antara pelat lantai semi-sistem dengan pelat lantai baja komposit menunjukkan perbedaan dalam biaya dan durasi pelaksanaan yang dapat dijadikan dasar pengambilan Keputusan (Prakasa & Dofir, 2021).

2.4.1 Komponen Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam proyek konstruksi melibatkan berbagai komponen penting yang harus diperhatikan secara detail agar hasil estimasi biaya yang diperoleh dapat akurat dan dipertanggungjawabkan (Nurchayani et al., 2023).

Berdasarkan kajian dan penelitian terkini, berikut adalah komponen utama dalam penyusunan RAB:

1. Uraian Pekerjaan

Uraian pekerjaan adalah daftar rinci mengenai jenis dan item pekerjaan yang akan dilakukan, sesuai dengan gambar teknis dan spesifikasi proyek. Uraian ini harus disusun secara jelas dan lengkap untuk mempermudah proses perhitungan volume serta penentuan harga satuan yang tepat.

2. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan jumlah fisik dari setiap item pekerjaan, seperti panjang, luas, atau volume material yang diperlukan. Perhitungan volume ini dilakukan berdasarkan gambar kerja dan menjadi dasar utama dalam menentukan total biaya pekerjaan.

3. Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan adalah biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan tertentu, mencakup biaya material, tenaga kerja, dan peralatan. Umumnya, harga ini mengacu pada Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

yang diatur oleh PERMEN PUPR, dan perlu disesuaikan dengan kondisi harga pasar saat RAB disusun.

4. Upah Kerja

Upah tenaga kerja merupakan komponen biaya yang dihitung berdasarkan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dan tingkat kesulitan pekerjaan. Besaran upah harus disesuaikan dengan standar ketenagakerjaan dan wilayah pelaksanaan proyek.

5. Material Atau Bahan Bangunan

Biaya material mencakup harga pembelian bahan bangunan yang digunakan dalam proyek, termasuk ongkos pengangkutan dan penyimpanan. Pemilihan material juga perlu mempertimbangkan kualitas dan ketersediaannya di lokasi proyek.

6. Biaya Alat

Biaya ini mencakup sewa atau penggunaan alat berat serta peralatan lain yang dibutuhkan selama proyek berlangsung, termasuk biaya operasional dan pemeliharaannya.

7. *Biaya Overhead* dan Biaya Umum

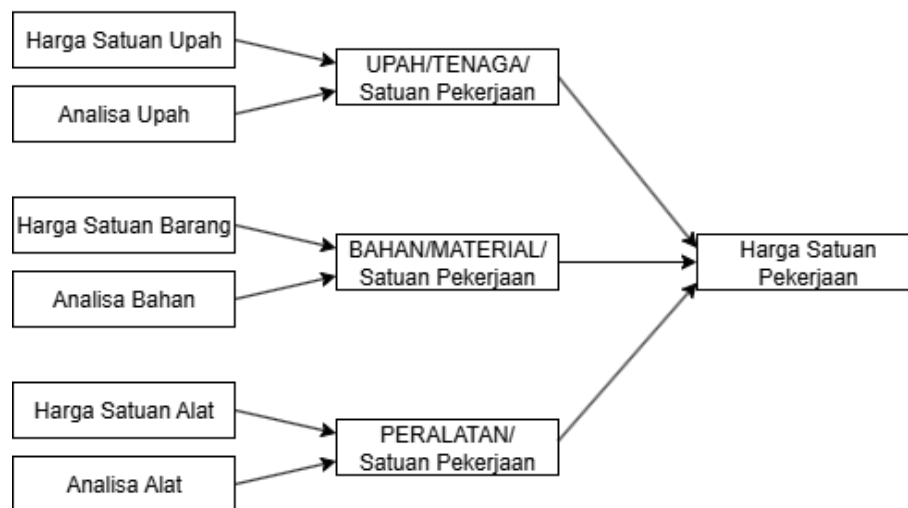
Biaya *overhead* adalah pengeluaran tidak langsung seperti administrasi proyek, pengawasan, asuransi, keamanan, serta kebutuhan operasional lainnya yang tidak bisa langsung dikaitkan dengan satu item pekerjaan tertentu.

8. Keuntungan dan Cadangan Biaya

Komponen ini mencakup margin keuntungan yang diharapkan kontraktor sebagai kompensasi atas risiko proyek dan usaha yang dilakukan. Selain itu, cadangan biaya disiapkan untuk mengantisipasi hal-hal tak terduga seperti perubahan kondisi lapangan atau kenaikan harga (Nurchayani et al., 2023).

2.4.2 Harga Satuan Pekerjaan

Harga Satuan Pekerjaan (HSP) adalah nilai biaya yang diperlukan untuk melaksanakan satu satuan pekerjaan konstruksi tertentu, yang biasanya dihitung berdasarkan komponen-komponen biaya seperti bahan material, upah tenaga kerja, alat, dan biaya tidak langsung lainnya. HSP menjadi dasar utama dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek konstruksi dan digunakan untuk menghitung total biaya berdasarkan volume pekerjaan yang akan dilaksanakan (Irmayanti et al., 2021). Untuk contoh Skema Harga Satuan Pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 2.4.1 di bawah ini:



Gambar 2.4.1 Skema Harga Satuan Pekerjaan

Sumber: (Alfarisi et al., 2022)

1. Komponen Harga Satuan Pekerjaan

Harga Satuan Pekerjaan memiliki beberapa komponen, antara lain sebagai berikut:

a. Biaya Bahan:

Harga bahan material yang digunakan dalam pekerjaan, termasuk biaya pengadaan dan pengiriman.

b. Biaya Upah Tenaga Kerja:

Upah pekerja yang diperlukan untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan (Irmayanti et al., 2021).

c. Biaya Alat:

Biaya penggunaan alat berat atau peralatan lain yang diperlukan.

d. Biaya Tidak Langsung:

Biaya overhead, administrasi, dan keuntungan yang menjadi bagian dari harga satuan (Irmayanti et al., 2021).

2. Metode Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan

Perhitungan HSP dapat dilakukan dengan berbagai metode, antara lain menggunakan standar nasional seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), metode *Burgerlijke Openbare Werken (BOW)*, atau metode lapangan yang berdasarkan pengalaman dan data aktual di lokasi proyek. Studi menunjukkan bahwa metode lapangan sering kali menghasilkan harga satuan yang lebih ekonomis dibandingkan metode SNI dan *BOW* karena mempertimbangkan kondisi lokal secara lebih spesifik (Irmayanti et al., 2021).

3. Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan juga dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kenaikan harga bahan bakar (solar non subsidi) yang berdampak langsung pada biaya penggunaan alat berat dalam proyek. Penelitian mengungkapkan bahwa kenaikan harga BBM dapat menyebabkan peningkatan harga satuan pekerjaan alat berat hingga hampir 20% pada pekerjaan galian dan mobilisasi alat berat (Gabriela Tangui, 2024).

4. Peran Harga Satuan Pekerjaan dalam Manajemen Proyek

HSP menjadi dasar dalam manajemen biaya proyek, membantu pengendalian anggaran dan evaluasi efisiensi pelaksanaan pekerjaan. Dengan adanya HSP yang akurat, risiko pembengkakan biaya dapat diminimalkan dan pengambilan keputusan terkait anggaran menjadi lebih tepat (Gabriela Tangui, 2024).

2.4.3 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah ukuran kuantitatif yang menunjukkan seberapa besar pekerjaan fisik yang harus dilakukan dalam suatu proyek konstruksi. Pengukuran volume ini sangat penting karena menjadi dasar dalam menghitung kebutuhan material, tenaga kerja, dan alat yang diperlukan. Volume yang dihitung secara akurat akan membantu mengurangi kesalahan dalam estimasi biaya dan mencegah pemborosan sumber daya (Aryadi & Herzanita, 2024).

2.4.4 Metode Perhitungan Volume

Volume pekerjaan dapat dihitung dengan dua cara utama. Pertama, secara manual melalui gambar kerja (*shop drawing*) dan spesifikasi teknis proyek. Kedua, dengan memanfaatkan teknologi digital seperti *Building Information Modeling* (BIM). Penggunaan BIM memungkinkan perhitungan volume dilakukan secara otomatis dan lebih cepat melalui model 3D yang telah terintegrasi, sehingga menghasilkan *quantity take-off* (QTO) yang akurat (Muhammad Kamil et al., 2024).

2.4.5 Perbedaan Volume Pelaksanaan dan Volume Kontrak

Dalam pelaksanaan proyek, sering terjadi perbedaan antara volume pekerjaan yang direncanakan (tercantum dalam kontrak) dengan volume yang sebenarnya dikerjakan di lapangan. Perbedaan ini biasanya disebabkan oleh revisi desain, kondisi lapangan yang tidak sesuai dengan perencanaan, atau kesalahan dalam pengukuran awal. Selisih volume ini dapat memunculkan pekerjaan tambahan maupun pengurangan (lebih-kurang) yang perlu dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan kerugian bagi pihak kontraktor maupun pemilik proyek (Faisal Abdullah et al., 2023)

2.4.6 Backup Volume

Backup volume merupakan dokumen rinci yang memuat perhitungan volume untuk setiap item pekerjaan sebagai cadangan atau referensi teknis. Tujuannya adalah untuk mengantisipasi potensi risiko serta mendukung kelancaran

proses konstruksi. Biasanya backup volume disusun secara detail untuk tiap elemen struktur seperti balok, kolom, dan pelat lantai dan mencakup perhitungan kebutuhan beton, pembesian, serta bekisting (Fadillah et al., 2024).

2.4.7 Manfaat Digitalisasi Volume Pekerjaan dengan BIM

Penggunaan BIM dalam menghitung volume pekerjaan membawa banyak manfaat, terutama dalam hal integrasi data antara perencanaan, estimasi biaya, dan penjadwalan proyek (dikenal sebagai 5D BIM). Beberapa studi menunjukkan bahwa perhitungan volume dengan BIM hanya memiliki selisih sekitar 1–6% dibandingkan metode manual, namun memberikan keunggulan dari segi kecepatan, efisiensi kerja, dan akurasi perhitungan (Muhammad Kamil et al., 2024)

2.4.8 Proses Penyusunan RAB

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan tahap yang sangat penting dalam proses perencanaan proyek konstruksi. Proses ini membutuhkan kemampuan analisis yang baik serta penerapan perhitungan matematis secara cermat untuk menghasilkan estimasi biaya yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan (Saputra et al., 2023).

Secara umum, RAB disusun dengan cara mengalikan volume setiap item pekerjaan dengan harga satuan masing-masing, lalu menjumlahkan seluruh komponen biaya tersebut, termasuk biaya tidak langsung seperti *overhead* dan keuntungan kontraktor, untuk memperoleh total anggaran proyek. Agar hasil estimasi tetap relevan dan akurat, penyesuaian harga satuan dan volume pekerjaan harus mengikuti perkembangan harga pasar serta ketentuan regulasi yang berlaku (Saputra et al., 2023)

Berikut adalah tahapan penyusunan RAB secara sistematis:

1. Pengumpulan Data dan Dokumen Pendukung

Tahapan awal melibatkan pengumpulan berbagai dokumen penting, seperti gambar kerja, spesifikasi teknis, daftar harga material, upah tenaga kerja, serta

data harga pasar terkini. Informasi ini akan menjadi dasar dalam proses pengukuran volume pekerjaan dan penentuan harga satuan yang tepat.

2. Pengukuran Volume Pekerjaan

Pada tahap ini dilakukan penghitungan kuantitas fisik dari masing-masing item pekerjaan berdasarkan gambar teknis. Ketepatan pengukuran sangat penting karena volume pekerjaan menjadi variabel utama dalam perhitungan total biaya.

3. Penentuan Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan ditentukan berdasarkan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), yang mencakup biaya bahan, tenaga kerja, peralatan, serta biaya tidak langsung. Penetapan harga satuan dapat menggunakan standar nasional seperti SNI, atau metode lain seperti BOW, dengan penyesuaian terhadap kondisi lokal proyek.

4. Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Biaya langsung meliputi pengeluaran untuk material, tenaga kerja, dan alat yang digunakan secara langsung dalam pekerjaan di lapangan. Sedangkan biaya tidak langsung mencakup biaya administrasi proyek, asuransi, biaya pengawasan, serta margin keuntungan kontraktor.

5. Penghitungan Total Biaya Proyek

Total biaya proyek dihitung dengan mengalikan volume setiap item pekerjaan dengan harga satuannya, lalu menjumlahkan seluruh biaya langsung dan tidak langsung untuk mendapatkan nilai akhir dari anggaran proyek.

6. Evaluasi dan Validasi RAB

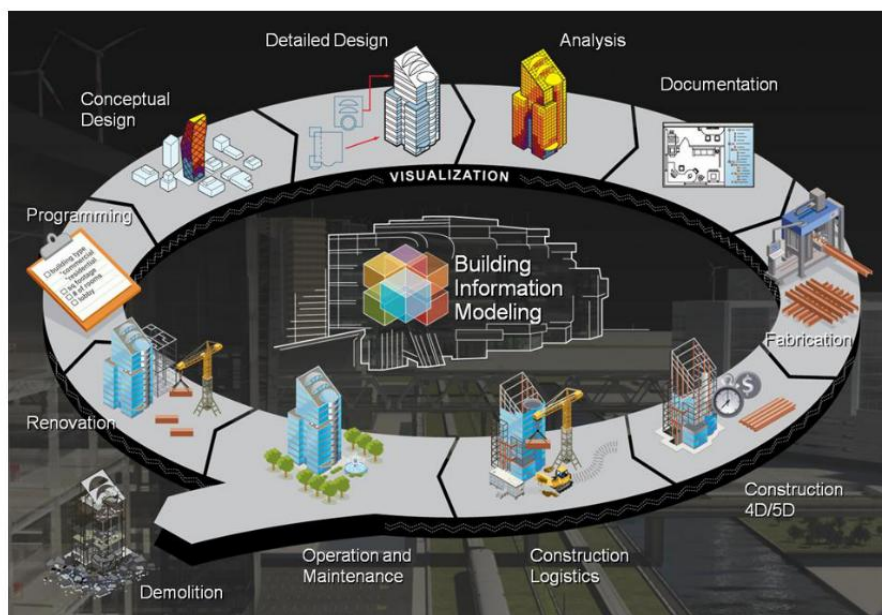
Tahap ini dilakukan untuk memastikan tidak terdapat kesalahan dalam data maupun perhitungan. Validasi dapat dilakukan dengan membandingkan estimasi dengan proyek sejenis atau memanfaatkan perangkat lunak pendukung untuk pengecekan otomatis.

7. Penyusunan Dokumen RAB Final

Setelah semua data diverifikasi, dokumen RAB disusun secara lengkap, rapi, dan sistematis. Dokumen ini akan digunakan sebagai acuan utama dalam proses tender, penyusunan kontrak, serta pengendalian biaya selama proyek berlangsung (Saputra et al., 2023)

2.5 Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling (BIM) merupakan sebuah proses teknologi yang digunakan dalam dunia konstruksi untuk membuat dan mengelola model digital dari suatu bangunan, baik dari segi bentuk fisik maupun fungsionalnya. BIM bukan hanya sekadar representasi tiga dimensi (3D), tetapi juga mencakup berbagai informasi penting yang mendukung seluruh siklus hidup proyek, mulai dari tahap perencanaan, perancangan, pembangunan, hingga pengoperasian dan pemeliharaan bangunan. Teknologi ini memungkinkan semua pihak yang terlibat seperti arsitek, insinyur, kontraktor, dan pemilik bangunan untuk bekerja secara kolaboratif melalui *platform* informasi yang terintegrasi dan dapat diperbarui secara *real-time* (Dein, 2013). Untuk konsep peranan BIM dalam fase pelaksanaan konstruksi dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.5.1 Peranan BIM dalam pelaksanaan konstruksi.

Sumber: (Pudael, 2022).

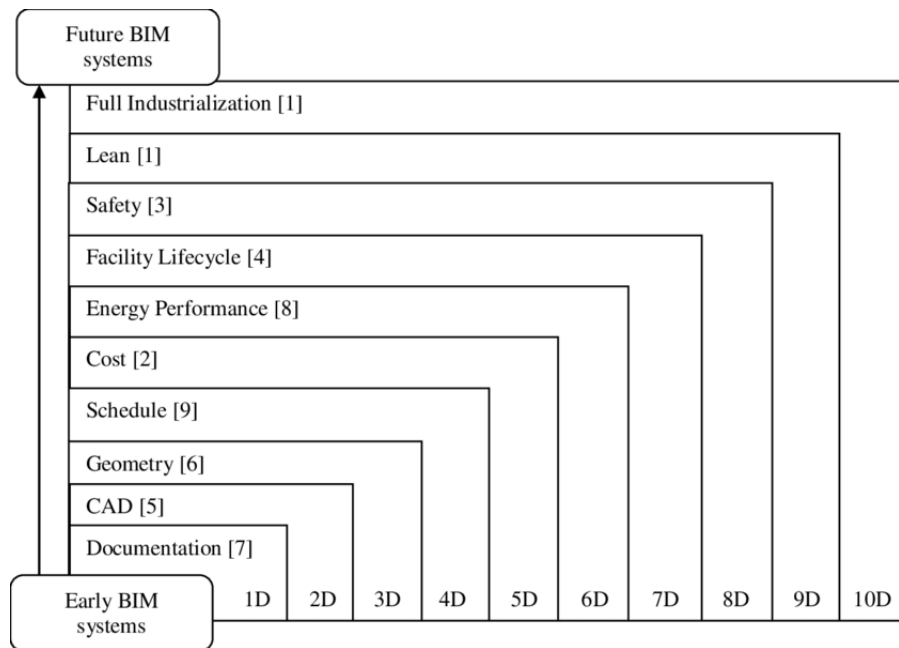
BIM menawarkan berbagai manfaat penting, di antaranya:

1. Meningkatkan efisiensi kerja dan produktivitas dalam pelaksanaan proyek konstruksi.
2. Mengurangi potensi kesalahan dalam desain serta menghindari benturan antar pekerjaan lintas disiplin.
3. Mempercepat proses pengambilan keputusan dengan dukungan data yang akurat.
4. Mendukung prinsip keberlanjutan dan efisiensi penggunaan sumber daya selama siklus hidup bangunan (Dein, 2013).

2.5.1 Dimensi-Dimensi BIM

Building Information Modeling (BIM) terus berkembang dengan menambahkan berbagai dimensi informasi pada model digital bangunan. Setiap dimensi memberikan kedalaman dan fungsi tambahan yang memperkaya data serta mendukung pengelolaan proyek konstruksi secara lebih menyeluruh.

Adapun dimensi-dimensi BIM yang umum digunakan adalah pada gambar 2.5 dan tabel 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.5.2 Dimensi BIM.

Sumber: (Jefferies, 2021)

Tabel 2.5.1 Dimensi- dimensi BIM

Dimensi BIM	Penjelasan
3D	Model tiga dimensi yang merepresentasikan bentuk fisik bangunan (geometri, arsitektur, struktur)
4D	Penambahan elemen waktu (jadwal konstruksi), sehingga memungkinkan simulasi urutan pekerjaan
5D	Integrasi data biaya (estimasi anggaran), sehingga dapat memantau dan mengelola biaya proyek
6D	Informasi terkait keberlanjutan dan efisiensi energi (misal: analisis energi, jejak karbon)
7D	Manajemen fasilitas dan pemeliharaan setelah bangunan selesai dibangun

8D	Mendukung perencanaan keselamatan kerja dengan memvisualisasikan potensi risiko selama tahap konstruksi.
9D	Mendukung perencanaan keselamatan kerja dengan memvisualisasikan potensi risiko selama tahap konstruksi.
10D	Mengintegrasikan teknologi seperti IoT dan AI untuk otomatisasi sistem, pengawasan real-time, dan analitik data.

Sumber: (Salman & Hamadeh, 2023).

2.5.2 Level Penerapan BIM

Standar level penerapan *Building Information Modeling* (BIM) yang mengacu pada tingkat kedalaman dan integrasi model BIM yang digunakan dalam proyek konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Level 0 BIM

Pada level ini, belum ada kolaborasi antar pelaku proyek dan proses perancangan masih menggunakan gambar 2D berbasis CAD secara manual.

2. Level 1 BIM

Proses desain memadukan model konseptual 3D dengan gambar kerja 2D CAD. Namun, setiap disiplin atau pihak yang terlibat masih menggunakan standar dan sistem kerja masing-masing secara terpisah.

3. Level 2 BIM

Kolaborasi mulai terwujud melalui pertukaran data model, namun masing-masing pihak tetap bekerja dalam sistem dan lingkungan tersendiri. Pertukaran informasi dilakukan menggunakan format standar seperti *IFC* atau *COBie* yang telah disepakati bersama.

4. Level 3 BIM

Pada tahap ini, kolaborasi sudah bersifat menyeluruh. Semua pelaku proyek bekerja menggunakan model bersama (*shared object*) yang terintegrasi penuh

secara digital dalam lingkungan kerja terbuka atau dikenal sebagai *Open BIM* (PUPR, 2018).

Level penerapan BIM dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.5.2 Level Penerapan BIM

Tingkat	Kolaborasi	Teknologi	Hasil & <i>Output</i>
Level 0	2D CAD, tanpa kolaborasi	Gambar 2D statis	Gambar cetak, <i>spreadsheet</i> manual
Level 1	Terpisah per disiplin	Model 3D + gambar 2D	Volume dasar, <i>visual</i> 3D, dokumentasi
Level 2	Kolaboratif (federasi)	IFC/COBie, BIM 4D dan 5D	Jadwal, estimasi biaya, QC model
Level 3	<i>Open BIM (Cloud)</i>	Repositori bersama, integrasi data	Manajemen <i>lifecycle</i> , FM, <i>sustainability</i>

Sumber: (PUPR, 2018)

2.5.3 Prinsip-Prinsip Utama BIM

1. Model 3D yang Kaya Informasi (*Information Rich 3D Model*)

BIM menyajikan model tiga dimensi yang tidak hanya menggambarkan bentuk geometris bangunan, tetapi juga menyimpan data detail pada setiap elemen, seperti material, spesifikasi teknis, biaya, dan jadwal. Hal ini memungkinkan visualisasi yang akurat dan analisis mendalam terkait aspek teknis dan fungsional bangunan sepanjang siklus hidupnya (Watung et al., 2024).

2. Kolaborasi (*Collaboration*)

BIM mendorong kerja sama lintas disiplin antara arsitek, insinyur, kontraktor, dan pemilik proyek melalui platform data terintegrasi yang dapat diakses dan

diperbarui secara *real-time*. Semua pihak dapat berbagi informasi secara transparan, mengurangi konflik desain, dan mempercepat pengambilan keputusan selama proses proyek (Watung et al., 2024).

3. Interoperabilitas (*Interoperability*)

BIM dirancang agar model dan data dapat dipertukarkan secara mulus antar berbagai perangkat lunak dan sistem yang digunakan dalam industri konstruksi. Interoperabilitas ini memastikan bahwa informasi proyek dapat mengalir dengan lancar dari tahap desain, analisis, konstruksi, hingga pemeliharaan tanpa kehilangan integritas data, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi duplikasi pekerjaan (Watung et al., 2024)

2.5.4 Keuntungan Umum Penggunaan *Building Information Modeling (BIM)*

1. Pengurangan Kesalahan

BIM memungkinkan deteksi dini terhadap potensi benturan antar elemen desain (*clash detection*), seperti antara sistem arsitektur, struktur, dan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*). Dengan identifikasi dini ini, risiko kesalahan pelaksanaan di lapangan, pekerjaan ulang, serta pembengkakan biaya dapat diminimalkan secara signifikan (A. Pratama & Marzuki, 2024).

2. Peningkatan Kolaborasi

BIM menyediakan platform kerja terintegrasi yang memungkinkan semua pihak terkait arsitek, insinyur, kontraktor, dan pemilik proyek bisa berkolaborasi secara *real-time*. Proses komunikasi dan koordinasi yang efektif ini mempercepat pengambilan keputusan dan mengurangi potensi kesalahpahaman di lapangan (A. Pratama & Marzuki, 2024).

3. Visualisasi yang Lebih Baik

Model 3D BIM memberikan gambaran visual yang lengkap dan informatif, sehingga memudahkan pemahaman terhadap desain secara keseluruhan. Hal ini sangat membantu dalam proses presentasi kepada klien serta mendukung simulasi waktu pelaksanaan dan estimasi biaya dengan lebih akurat (A. Pratama & Marzuki, 2024)

4. Efisiensi Proses

BIM memungkinkan integrasi data secara otomatis dan mempercepat proses perhitungan volume pekerjaan (*quantity take-off*) serta estimasi biaya. Hasilnya, produktivitas kerja meningkat, penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien, dan pekerjaan yang berulang dapat dihindari (A. Pratama & Marzuki, 2024).

2.5.5 Hambatan dan Tantangan dalam Implementasi BIM

1. Tingginya Biaya Investasi dan Kebutuhan Infrastruktur

Penerapan BIM memerlukan investasi yang besar, baik untuk perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*), serta infrastruktur teknologi informasi yang memadai. Hal ini menjadi tantangan utama, terutama bagi perusahaan berskala kecil dan menengah (A. Pratama & Marzuki, 2024).

2. Kurangnya Tenaga Terampil dan Kesiapan SDM

Keterbatasan tenaga kerja yang memiliki keterampilan dan pengalaman dalam menggunakan BIM menjadi salah satu kendala utama. Oleh karena itu, pelatihan intensif serta perubahan pola pikir dibutuhkan agar SDM dapat mengadopsi dan memanfaatkan teknologi ini secara maksimal (A. Pratama & Marzuki, 2024).

3. Perubahan Sistem Kerja dan Budaya Organisasi

BIM menuntut perubahan menyeluruh dalam proses kerja tradisional, serta budaya kerja yang lebih terbuka dan kolaboratif. Namun, resistensi terhadap perubahan dan adaptasi yang lambat dapat menjadi hambatan serius dalam penerapan teknologi ini. (A. Pratama & Marzuki, 2024)

4. Keterbatasan di Bidang Pendidikan dan Akses Teknologi

Dalam dunia pendidikan, integrasi BIM ke dalam kurikulum belum merata, dan akses terhadap perangkat lunak BIM masih terbatas. Hal ini menyulitkan calon

tenaga kerja untuk menguasai keterampilan yang dibutuhkan di industri konstruksi modern (A. Pratama & Marzuki, 2024)

2.6 LOD (*Level of Development*)

Level of Development (LOD) merupakan istilah dalam *Building Information Modeling* (BIM) yang menjelaskan tingkat kedetailan, keakuratan, dan kelengkapan informasi dalam model digital bangunan pada setiap tahap pelaksanaan proyek. LOD berfungsi untuk menunjukkan seberapa valid dan lengkap suatu elemen model BIM, baik dari sisi bentuk geometris maupun informasi non-geometris seperti data, parameter, dan spesifikasi teknis, sesuai dengan fase proyek yang sedang berjalan (Maulidi et al., 2021).

1. Menstandarkan Informasi Model

LOD berfungsi sebagai acuan dalam menyusun tingkat kedetailan informasi pada model BIM agar komunikasi antar pihak yang terlibat (arsitek, insinyur, kontraktor, dsb.) menjadi lebih jelas dan menghindari kesalahpahaman (Maulidi et al., 2021).

2. Mendukung Pengambilan Keputusan

Dengan adanya LOD, setiap pihak dapat mengetahui tingkat kelengkapan dan keakuratan data pada setiap fase proyek, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan lebih tepat (Maulidi et al., 2021).

3. Menentukan Hasil yang Harus Diserahkan (*Deliverables*)

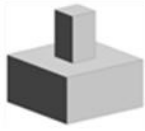
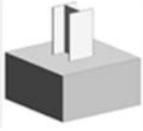
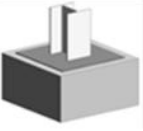
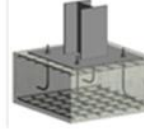
LOD membantu menetapkan standar informasi yang harus tersedia sebelum proyek dapat lanjut ke tahap berikutnya (Maulidi et al., 2021).

4. Mengurangi Risiko Ketidakpastian

LOD membantu meminimalkan risiko akibat kurangnya informasi atau detail yang tidak lengkap dalam proses pelaksanaan proyek (Maulidi et al., 2021).

2.6.1 Tingkatan LOD

Level of Development (LOD) dalam BIM memiliki tahapan penggambaran pemodelnya serta mempertimbangkan peran dan keterlibatan stakeholders atau pihak-pihak terkait dalam proyek ini dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.

				
LOD-100	LOD-200	LOD-300	LOD-400	LOD-500
Preliminary layout Rough size and geometry	Definitive layout Preliminary dimensions Preliminary material	Definitive layout Detailed dimensions Material specification Detailed shape	Definitive layout Detailed dimensions Material specification Detailed shape Detailed reinforcement	As-built layout As-built dimensions As-built material specification Water proofing records

Gambar 2.6.1 *Tingkatan Level of Development* (LOD)

Sumber: (Pudael, 2022)

Level of Development (LOD) dalam pemodelan BIM dapat dibedakan menjadi beberapa tingkatan berdasarkan kedalaman informasi dan tahap pengembangan proyek konstruksi:

1. LOD 100 – Desain Konseptual (*Pre-Design*)

Pada tahap ini, model masih bersifat konseptual dengan informasi dasar seperti luas, tinggi, dan volume bangunan. Pihak utama yang terlibat adalah arsitek.

2. LOD 200 – Desain Skematik (*Schematic Design*)

Model dikembangkan lebih detail dengan informasi tambahan mengenai sistem struktur dan MEP (*Mekanikal, Elektrikal, Plumbing*). Pihak yang terlibat meliputi arsitek, konsultan struktur, sipil, dan ahli MEP.

3. LOD 300 – Desain Terperinci (*Detailed Design*)

Model mencapai tingkat detail yang cukup untuk pembuatan dokumen konstruksi, seperti gambar DED (*Detail Engineering Design*). RKS (Rencana

Kerja dan Syarat), dan RAB (Rencana Anggaran Biaya). Dokumen ini digunakan sebagai acuan dalam proses tender proyek dan dapat ditingkatkan ke LOD 350.

4. LOD 350 – Dokumentasi Konstruksi (*Construction Documentation*)

Model ditingkatkan untuk keperluan pelaksanaan konstruksi. Dokumen DED, RKS, dan RAB diperbarui sesuai kondisi lapangan. Pada tahap ini, kontraktor menjadi pihak utama yang terlibat.

5. LOD 400 – Konstruksi dan Fabrikasi

Model digunakan langsung dalam proses pelaksanaan konstruksi dan fabrikasi di lapangan. Informasi dalam model sudah cukup detail untuk mendukung pekerjaan teknis oleh kontraktor dan workshop.

6. LOD 500 – *As-Built Drawing*

Model mencerminkan kondisi aktual bangunan setelah konstruksi selesai. Semua informasi diverifikasi di lapangan dan digunakan untuk serah terima (*handover*) dari kontraktor ke pemilik proyek.

7. LOD 600 – *Facility Management*

Model *As-Built* dilengkapi dengan dokumen pendukung seperti spesifikasi teknis, brosur peralatan, dimensi aktual, dan surat jaminan. Model ini digunakan dalam fase operasi dan pemeliharaan bangunan oleh pemilik atau pengelola fasilitas (Pudael, 2022).

2.6.2 Manfaat Penerapan LOD

Lod memiliki manfaat pada penerapannya sebagai berikut:

1. Meningkatkan komunikasi dan kolaborasi lintas disiplin dalam proyek.
2. Menyediakan informasi yang lebih akurat untuk perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan proyek.
3. Memudahkan pemantauan perkembangan model BIM secara bertahap.

4. Membantu pengambilan keputusan dengan dukungan data yang akurat di setiap tahapan proyek (Al Amin et al., 2024).

2.7 Pemodelan Struktur dan Arsitektur Menggunakan BIM

Dalam proses analisis struktur bangunan, *Building Information Modeling* (BIM) digunakan untuk membuat representasi digital tiga dimensi dari seluruh elemen struktural seperti pondasi, kolom, balok, pelat lantai, dan atap. Pemodelan ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak khusus seperti *Cubicost* atau *Autodesk Revit*, yang mampu menampilkan bentuk geometri, jenis material, serta properti teknis dari masing-masing elemen secara detail (Farizwan et al., 2024)

2.7.1 Tahapan Pemodelan Struktur Menggunakan BIM

Pemodelan struktur menggunakan BIM memiliki beberapa tahapan, antara lain sebagai berikut:

1. Pemodelan 3D Elemen Struktur

Setiap elemen struktur digambar dalam bentuk tiga dimensi secara rinci, menghasilkan visualisasi yang akurat dan informatif. Model ini tidak hanya menampilkan bentuk fisik, tetapi juga menyimpan data teknis yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

2. Analisis Beban dan Kekuatan Struktur

Informasi dari model 3D kemudian dapat diekspor ke perangkat lunak analisis seperti SAP2000 untuk menghitung beban, gaya, dan respons struktur terhadap berbagai kondisi pembebanan. Proses analisis ini dilakukan secara berulang hingga struktur memenuhi persyaratan desain dan standar teknis.

3. *Quantity Take-Off* (QTO)

Fitur QTO dalam BIM memudahkan perhitungan volume material secara otomatis dan presisi. Estimasi kebutuhan bahan dan biaya struktur dapat

dilakukan lebih efisien, sekaligus mengurangi kesalahan perhitungan yang sering terjadi dalam metode manual.

4. Deteksi Konflik (*Clash Detection*)

BIM memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi benturan antar elemen struktur maupun dengan elemen lain seperti sistem arsitektur atau instalasi MEP. Deteksi ini sangat penting untuk menghindari kesalahan saat pelaksanaan dan mengurangi kebutuhan pekerjaan ulang yang memakan waktu dan biaya.

5. Simulasi Jadwal Konstruksi (4D)

Model struktur dapat dihubungkan dengan jadwal pelaksanaan proyek, sehingga memungkinkan simulasi visual urutan pekerjaan secara dinamis. Hal ini membantu manajemen proyek dalam mengatur waktu pelaksanaan dan mengidentifikasi potensi keterlambatan lebih awal (Irawan et al., 2021)

2.7.2 Tahapan Pemodelan Arsitektur Menggunakan BIM

Dalam bidang arsitektur, BIM memainkan peran penting dalam menghasilkan desain bangunan yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga fungsional dan efisien. Pemodelan arsitektur dengan BIM mencakup beberapa tahapan berikut:

1. Desain dan Visualisasi 3D

Arsitek dapat menyusun model digital yang menunjukkan bentuk bangunan, tata letak ruang, dan aspek estetika secara realistis. Model ini juga mencakup informasi tentang material, warna, serta tekstur permukaan, sehingga mempermudah proses presentasi dan komunikasi desain dengan para pemangku kepentingan.

2. Koordinasi Antar Disiplin

BIM memungkinkan kolaborasi yang efektif antara arsitek, insinyur struktur, dan tim MEP dalam satu model terintegrasi. Fitur *clash detection* memudahkan deteksi serta penyelesaian konflik desain sejak dini, mengurangi risiko revisi saat tahap pelaksanaan.

3. Analisis Kinerja Bangunan

Dengan BIM, arsitek dapat melakukan evaluasi terhadap pencahayaan alami, ventilasi, dan efisiensi energi bangunan. Analisis ini membantu menghasilkan desain yang ramah lingkungan dan sesuai dengan prinsip bangunan berkelanjutan.

4. Estimasi Biaya dan Waktu

Data dari model arsitektur dapat digunakan untuk menghitung estimasi biaya secara akurat dan diintegrasikan dengan jadwal proyek. Integrasi ini membantu pengendalian anggaran dan durasi proyek secara lebih efektif (Irawan et al., 2021)

2.8 *Cubicost*

Cubicost adalah perangkat lunak berbasis *Building Information Modeling* (BIM) yang dirancang khusus untuk menghitung kuantitas pekerjaan konstruksi dan menyusun estimasi biaya secara otomatis dan akurat. Dalam ekosistem BIM, *Cubicost* berperan sebagai penghubung antara model desain digital dan proses analisis volume pekerjaan serta perhitungan anggaran biaya konstruksi (Fahreza et al., 2025).

2.8.1 Fungsi dan Keunggulan *Cubicost*

Cubicost memiliki fungsi dan keunggulan sebagai berikut:

1. Estimasi Kuantitas Otomatis

Cubicost dapat menghitung volume pekerjaan secara otomatis dari model BIM, seperti perhitungan beton, tulangan, bekisting, dan pekerjaan arsitektural dengan akurasi tinggi.

2. Mengurangi Kesalahan Manusia

Dibandingkan metode konvensional menggunakan *Excel* dan gambar 2D, penggunaan *Cubicost* mampu mengurangi kesalahan pengukuran hingga di bawah 1%, meningkatkan keandalan data kuantitas.

3. Efisiensi Waktu dan Sumber Daya

Penggunaan *software* ini mempercepat proses penghitungan kuantitas dan estimasi biaya, serta mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual hingga 80% dan mempercepat pekerjaan variasi order (*work change*) hingga 33% dibanding metode konvensional.

4. Dukungan 5D BIM

Cubicost mendukung integrasi dimensi biaya (5D BIM) yang menggabungkan estimasi kuantitas dengan perhitungan biaya secara *real-time*, sehingga mempermudah pengendalian anggaran proyek.

5. Penerapan di Proyek- Proyek Besar

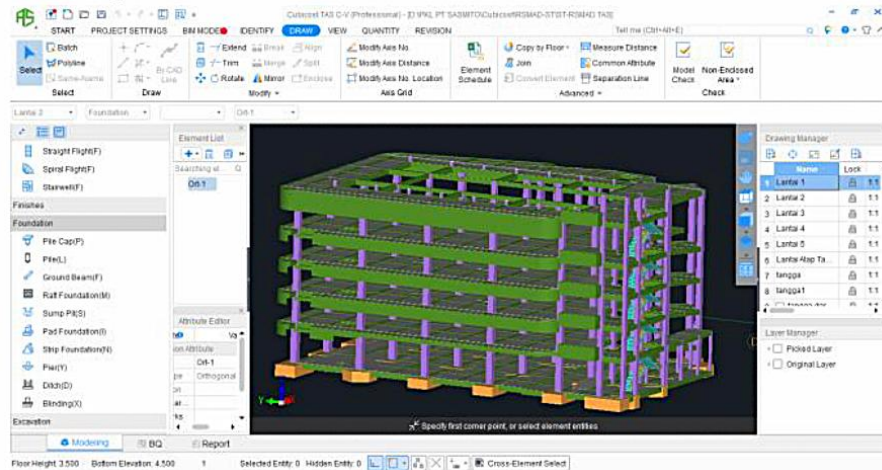
Software ini telah diaplikasikan pada berbagai proyek konstruksi seperti pembangunan gedung, fasilitas perkeretaapian, dan bangunan pemerintah di Indonesia, terbukti efektif dan dapat diandalkan (Fahreza et al., 2025).

2.8.2 Komponen Modula *Glodon Cubicost*

Cubicost terdiri dari beberapa modul, antara lain:

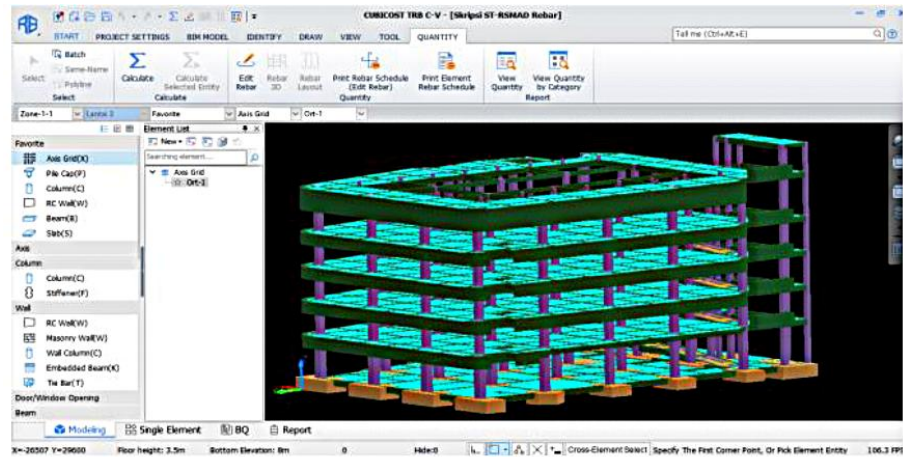
1. *Cubicost Take off for Architecture and Structure* (TAS) dan *Take-off for Rebar* (TRB)

Modul yang digunakan untuk perhitungan kuantitas pekerjaan dari model desain struktur, seperti perhitungan volume beton, bekisting, dan pembesian secara otomatis berdasarkan model digital. Modul ini membantu mengurangi risiko kesalahan manual dan mempercepat proses kuantifikasi material serta elemen konstruksi. Untuk tampilan pemodelan TAS dan TRB dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.8.1 Contoh Pemodelan TAS.

Sumber: (Anjani et al., 2022)



Gambar 2.8.2 Contoh Pemodelan TRB.

Sumber: (Anjani et al., 2022)

2. Cubicost TBQ

Modul untuk merencanakan dan menghitung anggaran biaya berdasarkan kuantitas yang diperoleh, yang memudahkan proses penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Dengan modul ini, estimasi biaya menjadi lebih cepat, akurat, dan transparan. Untuk pemodelan dari TBQ dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Item	Type	SN	Description	Unit	Qty	Rate Code	Net Rate	Net Amount
1	Element		Pekerjaan Struktural					14,063,272,362.64
2	Heading 1	A	Pekerjaan Struktural Atas dan Bawah					14,063,272,362.64
3	Heading 2		Pekerjaan Struktural Bawah					2,055,114,041.57
4	Heading 2	1	Pile Cap					1,131,814,899.78
5	Bill Item	2	Galian Tanah Pondasi	m3	324.74	UR1099	125,862.00	40,872,425.88
6	Bill Item	3	Batas Tiang Pancang	mm	173.00	UR1100	205,714.00	35,568,522.00
7	Bill Item	4	Pembesian	kg	31,159.32	UR1107	18,431.00	574,297,426.92
8	Bill Item	4	Betoning	m2	366.45	UR1109	130,908.00	47,971,236.60
9	Bill Item	5	Cor	m3	324.74	UR1105	1,333,637.00	433,085,279.38
10	Heading 2	8	Tie Beam					869,309,059.79
11	Bill Item	1	Galian Tanah	m3	103.26	UR1099	125,862.00	12,999,010.12
12	Bill Item	2	Pembesian	kg	33,639.66	UR1107	18,431.00	620,012,573.46
13	Bill Item	3	Betoning	m2	499.29	UR1110	140,871.00	98,579,610.59
14	Bill Item	4	Cor	m3	103.26	UR1105	1,333,637.00	137,711,366.62
15	Heading 2	9	Pekerjaan Struktural Atas Lantai Dasar					1,566,880,658.11
134	Total							14,063,272,362.64

Gambar 2.8.3 Contoh hasil TBQ.

Sumber: (Anjani et al., 2022)