

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Rencana Anggaran Biaya

Rencana adalah planning termasuk detail dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan, anggaran adalah perhitungan biaya berdasarkan gambar rencana pada suatu bangunan sedangkan biaya adalah besarnya pengeluaran yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan. Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan dokumen penting yang merangkum semua biaya yang akan yang akan dikeluarkan selama pelaksanaan proyek, dengan tujuan dapat membantu dalam pengelolaan dan pengawasan finansial (Setiawan dan Pramono,2023). Metode-metode penghitungan RAB antara lain

##### **A. Metode Konvensional**

Metode Konvensional adalah cara penghitungan RAB dengan menghitung semua item pekerjaan berdasarkan gambar kerja beserta spesifikasinya, mengumpulkan data harga dan bahan upah tenaga kerja, mengalikan kuantitas dengan harga satuan dan menjumlahkan semua biaya untuk mendapatkan total RAB.

##### **B. Metode Analisis Biaya**

Metode Analisis Biaya adalah menganalisa setiap komponen biaya berdasarkan pengalaman proyek sebelumnya dan data terdahulu, ini mencakup biaya langsung (bahan dan tenaga kerja) dan biaya tidak langsung (overhead,profit).

##### **C. Metode *Unit Price***

Metode *Unit Price* adalah penghitungan RAB dengan menggunakan harga satuan yang telah ditetapkan untuk item pekerjaannya. Setiap unit dihitung berdasarkan harga yang telah disepakati lalu dijumlahkan untuk total biaya.

##### **D. Metode *Software* Estimasi**

Metode *Software* Estimasi adalah penghitungan RAB dengan menggunakan perangkat lunak, *software* ini telah dilengkapi dengan database harga sehingga memudahkan dalam perhitungan analisis biaya.

## 2.2 Metode Konvensional

Metode Konvensional merupakan cara menghitung RAB dengan melibatkan langkah - langkah sistematis mulai dari pengukuran kuantitas pekerjaan, penentuan harga satuan, hingga perhitungan total biaya (Yusuf dan Haryono,2021). Metode Konvensional atau metode tradisional adalah metode yang paling umum digunakan dimana setiap item pekerjaan diukur secara terpisah dan dihitung berdasarkan harga pasar. Metode ini memberikan fleksibilitas dalam penyesuaian anggaran selama pelaksanaan proyek (Setiawan dan Pramono,2023). Data-data yang perlu dipersiapkan antara lain:

### A. Dokumen Proyek

Gambar Teknik yang menunjukkan detail konstruksi termasuk dimensi dan spesifikasinya. spesifikasi teknis menunjukkan informasi tentang jenis material, kualitas, dan metode yang digunakan.

### B. Pengukuran Kuantitas

Menghitung Volume dan jumlah setiap item pekerjaan (fondasi,dinding,atap) berdasarkan gambar kerja.

### C. Data Harga Satuan

Mengumpulkan data harga bahan, upah tenaga kerja, dan biaya lainnya dari sumber terpercaya termasuk harga bahan bangunan, upah regional, dan tarif subkontraktor.

### D. Analisis Resiko

Mengidentifikasi potensi resiko yang dapat mempengaruhi biaya dan mempertimbangkan bagaimana cara mengatasi resiko tersebut.

### E. Review dan Validasi

Melakukan pemeriksaan ulang untuk memastikan semua data dan perhitungan akurat sebelum finalisasi RAB.

## 2.3 Building Information Modeling (BIM)

BIM adalah bagian dari teknologi dan informasi AEC (*Architectural Engineering, Construction*) yang memiliki kemampuan mengkoordinasikan semua informasi proyek dalam bentuk model. Adopsi BIM dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai perangkat lunak. BIM merupakan proses yang

mengandalkan pemodelan 3D untuk meningkatkan koordinasi dan efisiensi proyek konstruksi, serta menyediakan informasi yang lebih baik untuk pengambilan keputusan selama siklus hidup bangunan (BIM Forum,2020).

### **2.3.1 Tingkatan *Building Information Modelling***

#### **A. BIM 1D (Satu Dimensi)**

Data yang hanya mencakup informasi jadwal proyek, biasanya berupa grafik atau diagram yang menunjukkan durasi dan urutan aktivitas.

#### **B. BIM 2D (Dua Dimensi)**

Gambar teknis yang hanya berisi informasi dasar tentang dimensi dan spesifikasi, langkah awal sebelum beralih ke model 3D.

#### **C. BIM 3D (Tiga Dimensi)**

Model yang mencakup dimensi fisik objek dan visualisasi tiga dimensi dari bangunan. Model 3D adalah bentuk paling umum dari BIM yang mencakup struktural, arsitektural, dan mekanikal.

#### **D. BIM 4D (Empat Dimensi)**

Menambahkan dimensi waktu ke model 3D, mencakup jadwal proyek dengan tujuan memudahkan melihat perkembangan konstruksi dalam konteks waktu.

#### **E. BIM 5D (Lima Dimensi)**

Menambahkan informasi Biaya ke model 3D. memungkinkan analisis biaya yang lebih baik dan memfasilitasi pengendalian anggaran proyek.

#### **F. BIM 6D (Enam Dimensi)**

Menyertakan data terkait keberlanjutan dan efisiensi energi. dengan tujuan dapat membantu dalam analisis siklus hidup bangunan dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan.

#### **G. BIM 7D (Tujuh Dimensi)**

Menambahkan Informasi manajemen fasilitas dan pemeliharaan kedalam model. mencakup data untuk pengelolaan asset dan perawatan jangka panjang.

### 2.3.2 Kelebihan BIM

#### A. Integrasi Perangkat Lunak

Dalam proyek yang hanya menggunakan aplikasi umum, mereka sering menggunakan berbagai perangkat lunak seperti perangkat lunak analisis kekuatan struktural, perangkat lunak desain dan penyusunan, perangkat lunak perhitungan volume dan perencanaan. Namun dengan menggunakan *software* BIM, semua kebutuhan tersebut dapat terpenuhi dalam satu *software* yang dapat dicapai oleh satu orang karena adanya integrasi beberapa *software* lain yang diperlukan.

#### B. Deteksi Tabrakan Desain

BIM dapat memperkirakan terjadinya *clash* sebelum pekerjaan dimulai seperti ketidaksesuaian desain struktur dengan desain arsitektur. Dengan dapat memperkirakan terjadinya *clash* maka dapat mengurangi kesalahan pada saat pelaksanaan proyek dimulai

#### C. Proses Lebih Cepat

Dengan menggunakan perangkat lunak yang terintegrasi akan sangat mempermudah dan mempercepat dalam segala proses baik perencanaan maupun pelaksanaan dibandingkan dengan sistem konvensional.

#### D. Penghematan Sumber Daya

Kebutuhan sumber daya manusia jika menggunakan metode BIM dapat diminimalisir karena penggunaan metode BIM dapat mempermudah pekerjaan. Ada beberapa pekerjaan jika menggunakan metode konvensional akan sangat memerlukan banyak sumber daya manusia dan jika menggunakan metode BIM hanya memerlukan beberapa sumber daya manusia saja.

#### E. Penghematan Biaya

Penghematan biaya akan sangat terasa jika menggunakan metode BIM dikarenakan kebutuhan sumber daya manusia dan efisiensi waktu dapat dikontrol dengan baik.

## 2.4 Software-Software BIM

### 2.4.1 Autodesk Revit

Autodesk Revit adalah perangkat lunak *Building Information Modeling (BIM)* yang digunakan oleh profesional di bidang arsitektur, teknik, dan konstruksi untuk merancang, membuat model, dan mengelola informasi bangunan dalam bentuk digital. *Software* ini dikembangkan oleh Autodesk yang dirancang untuk memfasilitasi kolaborasi antar-disiplin (arsitek, insinyur struktur, mekanikal, elektrikal, dan kontraktor) dalam satu model terintegrasi. Kelebihan-kelebihan Autodesk Revit antara lain:

#### A. Pemodelan Parametrik

Autodesk Revit memungkinkan pengguna untuk membuat model parametrik, dimana setiap elemen memiliki data dan dapat dimodifikasi secara langsung. Ketika satu elemen diubah, perubahan tersebut secara otomatis diperbarui di seluruh model, termasuk pada tampilan lain seperti denah, tampak, dan potongan.

#### B. Kolaborasi Multi Disiplin

Dengan fitur *Worksharing*, Revit memungkinkan banyak pengguna untuk bekerja pada model yang sama secara bersamaan, baik di satu lokasi maupun secara online. Fitur ini mempermudah kolaborasi antar-disiplin sehingga setiap pihak memiliki akses ke informasi proyek yang terbaru.

#### C. Dokumentasi Otomatis dan Terintegrasi

Autodesk Revit dapat secara otomatis menghasilkan dokumentasi konstruksi, termasuk gambar kerja (shop drawing), spesifikasi, dan informasi material langsung dari model 3D. Ini membantu memastikan bahwa dokumentasi yang dihasilkan selalu konsisten dengan model BIM.

#### D. Simulasi dan Analisis Performa Bangunan

Autodesk Revit memiliki alat untuk simulasi performa bangunan, seperti analisis energi, cahaya, dan ventilasi, sehingga memungkinkan para profesional untuk merancang bangunan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

#### E. Dukungan untuk BIM 4D dan 5D

Autodesk Revit mendukung perencanaan 4D (waktu) dan 5D (biaya), yang berarti jadwal dan anggaran proyek dapat diintegrasikan langsung ke dalam model, memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi konstruksi dan perencanaan anggaran secara lebih terperinci.

#### **F. Kompatibilitas dengan Produk Autodesk Lainnya**

Autodesk Revit dapat berintegrasi dengan perangkat lunak lain dari Autodesk, seperti AutoCAD dan Navisworks. Hal ini memungkinkan alur kerja yang lebih mulus, terutama untuk perusahaan yang menggunakan beberapa produk Autodesk dalam proyek mereka.

#### **G. Kemudahan dalam Visualisasi**

Autodesk Revit menyediakan alat untuk visualisasi yang membantu pengguna memahami proyek melalui model 3D dan rendering. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk membuat presentasi yang lebih menarik dan realistis kepada klien.

### **2.4.2 Tekla Structure**

Tekla Structures adalah perangkat lunak *Building Information Modeling (BIM)* yang dikembangkan oleh Trimble Solutions, perangkat ini digunakan untuk pemodelan struktural dan konstruksi bangunan. Tekla Structures banyak digunakan oleh insinyur, arsitek, kontraktor, dan profesional fabrikasi karena kemampuannya untuk membuat model yang sangat detail dan akurat, terutama untuk struktur baja dan beton. Aplikasi ini terkenal dalam proyek infrastruktur besar seperti jembatan, gedung bertingkat, stadion, pabrik, dan fasilitas industri. Kelebihan-kelebihan Tekla Structure antara lain:

#### **A. Pemodelan yang Detail dan Akurat**

Tekla Structures memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D yang sangat detail, termasuk sambungan struktural, penguat beton, dan elemen struktural lainnya, hingga komponen kecil seperti baut dan pengelasan. Pemodelan yang presisi ini mengurangi risiko kesalahan dalam desain dan memudahkan penghitungan material.

#### **B. Deteksi Konflik dan Penyelesaian Masalah**

Salah satu fitur penting Tekla adalah *Clash Detection* atau deteksi konflik, yang memungkinkan pengguna mengidentifikasi benturan atau ketidakcocokan antara elemen yang berbeda, seperti saluran pipa yang melewati balok struktural. Dengan mendeteksi potensi konflik ini di tahap perencanaan, Tekla membantu mengurangi perubahan desain (rework) dan biaya tambahan.

### **C. Kolaborasi Multi Disiplin dan Manajemen Versi**

Tekla Structures mendukung kolaborasi secara *real time*, memungkinkan banyak pengguna bekerja pada model yang sama secara bersamaan. Fitur ini membantu integrasi antar disiplin (arsitektur, struktural, mekanikal, dan elektrik) sehingga semua pihak bisa bekerja dengan versi data yang sama. Pengguna juga dapat membagikan model untuk revisi atau pembaruan, yang membantu memastikan seluruh tim menggunakan informasi yang paling terkini.

### **D. Generasi Dokumentasi Otomatis**

Tekla Structures dapat menghasilkan dokumentasi teknik secara otomatis dari model 3D, termasuk shop drawing, jadwal potong, bill of materials (BoM), dan data fabrikasi lainnya. Hal ini menghemat waktu dalam pembuatan dokumen teknis dan memastikan dokumentasi yang akurat dan sesuai dengan model aktual.

### **E. Manajemen Konstruksi di Lapangan**

Tekla Structures memiliki fitur yang mendukung manajemen lapangan seperti alur kerja konstruksi, kemajuan pekerjaan, dan pelacakan material. Perangkat ini membantu kontraktor untuk melacak status pekerjaan di lapangan dan memastikan bahwa setiap langkah konstruksi sudah sesuai dengan jadwal dan standar yang direncanakan.

### **F. Kompatibilitas dengan Software Lain**

Tekla dapat bekerja dengan berbagai format file, seperti IFC, DWG, DGN, dan format lainnya yang umum digunakan dalam industri konstruksi. Ini memungkinkan Tekla untuk diintegrasikan dengan perangkat lunak BIM lain, seperti Autodesk Revit, AutoCAD, dan Navisworks

## **G. Dukungan untuk Standar Global**

Tekla Structures mendukung berbagai standar internasional dan regional untuk desain dan fabrikasi baja serta beton bertulang. Pengguna dapat menyesuaikan elemen desain berdasarkan standar yang berlaku di negara atau wilayah proyek, seperti standar AISC, BS, Eurocode, dan lainnya

### **2.4.3 Navisworks**

Navisworks adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Autodesk, digunakan dalam industri konstruksi dan arsitektur untuk memvisualisasikan, mengkoordinasikan, dan meninjau model 3D dari berbagai disiplin yang terintegrasi dalam satu platform. Navisworks memungkinkan para profesional konstruksi, seperti arsitek, insinyur, dan manajer proyek, untuk melakukan deteksi konflik, peninjauan jadwal, serta simulasi konstruksi. Perangkat lunak ini sangat bermanfaat untuk memastikan bahwa semua elemen desain proyek terkoordinasi dengan baik, sehingga meminimalkan potensi kesalahan saat konstruksi berlangsung. Kelebihan-kelebihan Navisworks antara lain:

#### **A. Koordinasi dan Integrasi Model**

Navisworks memungkinkan pengguna untuk menggabungkan model 3D dari berbagai format dan perangkat lunak, seperti Revit, AutoCAD, dan Tekla, ke dalam satu model terintegrasi. Ini mendukung format seperti IFC, DWG, DGN, dan NWD, sehingga memudahkan alur kerja kolaboratif di seluruh tim.

#### **B. Deteksi Konflik (*Clash Detection*)**

Salah satu fitur unggulan Navisworks adalah deteksi konflik, yang memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi benturan antara elemen-elemen yang berbeda (misalnya, pipa dan saluran listrik yang bertabrakan dengan balok struktural). Dengan mengidentifikasi konflik sebelum tahap konstruksi, proyek dapat mengurangi kesalahan di lapangan, menghemat waktu, dan mengurangi biaya akibat perubahan.

#### **C. Simulasi 4D (Penjadwalan Konstruksi)**

Navisworks dapat digunakan untuk menghubungkan elemen model dengan jadwal konstruksi (4D BIM), sehingga memungkinkan pengguna untuk mensimulasikan tahapan konstruksi sesuai urutan waktu. Ini membantu manajer proyek melihat urutan pekerjaan dan memastikan setiap elemen akan terpasang tepat waktu dan sesuai rencana.

#### **D. Estimasi Biaya (5D BIM)**

Selain simulasi waktu (4D), Navisworks juga mendukung estimasi biaya (5D BIM). Pengguna dapat menambahkan data biaya ke elemen model dan mengintegrasikan biaya tersebut dengan jadwal, memungkinkan manajemen proyek untuk mengawasi anggaran dan menilai bagaimana perubahan pada jadwal dapat memengaruhi biaya keseluruhan.

#### **E. Peninjauan dan Kolaborasi Model**

Navisworks memiliki fitur anotasi dan pengukuran yang memudahkan para pengguna dalam mengulas dan memberi umpan balik pada model. Pengguna dapat menambahkan komentar atau catatan pada elemen tertentu untuk dibahas bersama tim, membantu meningkatkan kolaborasi dan komunikasi di seluruh fase proyek.

#### **F. Rendering dan Visualisasi Realistis**

Navisworks memungkinkan visualisasi 3D model yang lebih mendetail dan realistis, sehingga memberikan gambaran yang lebih jelas kepada semua pemangku kepentingan, termasuk klien. Dengan rendering berkualitas tinggi, model dapat digunakan dalam presentasi atau peninjauan proyek agar klien dapat memahami hasil akhir bangunan yang diharapkan.

#### **G. Integrasi dengan Autodesk BIM 360**

Navisworks terintegrasi dengan Autodesk BIM 360, sebuah platform berbasis cloud yang memungkinkan manajemen data dan kolaborasi proyek secara online. Integrasi ini mendukung peninjauan proyek secara *real time* dan memungkinkan pengguna mengakses model, data, serta dokumen proyek dari mana saja.

## H. Pembuatan Dokumentasi dan Laporan

Navisworks memungkinkan pembuatan laporan konflik, jadwal, dan biaya yang mudah diakses oleh semua tim proyek. Hal ini membantu para pemangku kepentingan untuk meninjau status proyek dengan lebih terperinci dan mempercepat pengambilan keputusan berdasarkan informasi terbaru.

### 2.5 Struktur Bangunan Bertingkat

Struktur bangunan bertingkat adalah struktur bangunan yang dirancang dengan mempertimbangkan aspek keamanan terhadap gempa dan angin (Pramono dan Setiawan,2022). Pada struktur gedung bertingkat umumnya terbagi atas dua bagian utama yaitu struktur atas dan struktur bawah. Dalam struktur atas gedung bertingkat, komponen utamanya meliputi kolom, balok, pelat, tangga, pengaku (dinding geser, dll), dan konstruksi atap. Tetapi pada penelitian ini konstruksi gedung yang akan kita tinjau hanya sebatas pada pondasi, kolom, balok, dan plat lantai saja.

#### 2.5.1 Struktur Bawah

Struktur bawah adalah bagian dari suatu bangunan yang berada dibawah permukaan tanah,termasuk fondasi dan elemen- elemen pendukung lainnya.

##### A. *pile*

*pile* adalah tiang atau fondasi yang ditanam dalam tanah, biasanya berbentuk silinder, yang berfungsi untuk menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih dalam dan stabil, meningkatkan stabilitas bangunan terutama pada tanah yang lunak, dan mengurangi kemungkinan penurunan yang tidak merata pada struktur. pemasangan *pile* dapat dipasang dengan 2 metode yaitu membuat lubang terlebih dahulu kemudian menuangkan beton dan metode penancangan kedalam tanah menggunakan mesin pancang.

## **B. Footing**

Footing adalah struktur horizontal yang terletak di bawah elemen vertikal (seperti kolom atau dinding) yang berfungsi untuk mendukung dan menyalurkan beban dari struktur ke tanah, memberikan stabilitas tambahan untuk bangunan terutama pada tanah yang tidak konsolidasi atau kurang kuat, dan mengurangi pergeseran bangunan akibat perubahan kondisi tanah. jenis footing dibagi menjadi dua yaitu footing dangkal dan footing dalam.

### **2.5.2 Struktur Atas**

Struktur atas adalah bagian dari suatu bangunan yang terletak di atas fondasi yang berfungsi untuk mendukung serta menyalurkan beban dari bangunan ke struktur bawah. Struktur atas mencakup semua elemen yang berada di atas fondasi, termasuk kolom, balok, atap, dan elemen arsitektural lainnya. Struktur atas tidak hanya berfungsi untuk mendukung beban tetapi juga berperan dalam estetika dan fungsionalitas bangunan, dan perlu memperhatikan integrasi dengan elemen arsitektural (Zhao et al,2021).

#### **A. Sloof**

Sloof adalah balok yang terletak di atas fondasi dan di bawah dinding atau kolom. Sloof membantu menyebarkan beban dari struktur di atasnya ke fondasi, mencegah terjadinya penurunan atau kerusakan pada dinding, memberikan stabilitas tambahan pada struktur, dan mengurangi retakan pada dinding akibat pergerakan tanah atau beban yang tidak merata. Sloof dipasang setelah fondasi selesai dan sebelum dinding dibangun (Faris & Hammoudi,2021)

#### **B. Kolom**

Kolom adalah struktur pendukung vertikal yang dirancang untuk menahan beban tekan dan memindahkan beban tersebut ke dasar atau fondasi. Kolom termasuk komponen yang sangat penting menjaga kestabilan bangunan, terutama dalam bangunan bertingkat yang memiliki banyak lantai dan membutuhkan penyaluran beban yang optimal. (R.K. Gupta,2023). Kolom dapat terbuat dari material beton, baja, dan kayu. Secara garis besar ada tiga kolom beton yaitu:

a) Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral.

Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral.

b) Kolom menggunakan pengikat spiral.

Bentuknya sama dengan pengikat lateral, hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom.

c) Struktur kolom komposit.

Merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi tulangan pokok memanjang.

### **C. Balok**

Balok adalah salah satu elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya beban lentur, beban geser, maupun torsi, sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Balok berfungsi menyalurkan beban dari elemen di atasnya ke kolom dan membantu menjaga stabilitas bangunan dengan mendistribusikan beban secara merata. Balok harus dirancang untuk mengatasi pembengkokan yang terjadi akibat beban yang diterima dengan memperhatikan kekuatan material dan dimensi yang tepat (Mochammad Nurhadi & Iman S, 2020).

### **D. Tangga**

Tangga adalah elemen bangunan yang digunakan untuk memudahkan akses vertikal antara lantai yang berbeda. Tangga terdiri dari serangkaian anak tangga yang dipasang dengan kemiringan tertentu serta dilengkapi dengan pegangan, maka dari itu pentingnya dimensi anak tangga yang tepat untuk memberikan kenyamanan dan keselamatan pengguna tangga (M. Zainal Arifin, 2022)

### **E. Atap**

Atap adalah bagian atas dari suatu bangunan yang meliputi sistem penutup dan rangka atap. Atap dapat dibangun dengan berbagai bentuk, ukuran, dan material, tergantung pada fungsi, estetika, dan iklim setempat. fungsi atap yaitu untuk melindungi bagian dalam bangunan dari elemen cuaca, menjaga suhu didalam bangunan, atap juga dirancang untuk mengalirkan air hujan menjauh dari bangunan dan atap dapat memberikan keindahan pada desain arsitektur (Sutrisno & Wahyu H.,2021).

### **F. Pelat**

Pelat lantai adalah struktur yang dirancang untuk mendistribusikan beban dari aktivitas sehari-hari (orang, furnitur, dan peralatan) ke balok dan kolom yang ada dibawahnya. pelat lantai terbuat dari berbagai material seperti beton bertulang, baja, dan bahan komposit lainnya. Pelat lantai berfungsi tidak hanya untuk menahan beban vertikal, tetapi juga memberikan kestabilan pada bangunan bertingkat secara keseluruhan (Kendall & Hancock,2020) Plat lantai juga berfungsi sebagai berikut:

- a) Memisahkan ruang bawah dan ruang atas.
- b) Tempat berpijak penghuni di lantai atas.
- c) Peletakan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah.
- d) Sebagai peredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah.
- e) Menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal.