

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Pembangunan Gedung Asrama Institut Teknologi Sumatera merupakan salah satu contoh dari proyek konstruksi. Proyek konstruksi tidak terlepas dari 3 aspek penting yaitu waktu, biaya dan sumber daya. Dalam tahap pelaksanaan konstruksi dibutuhkan rencana anggaran biaya yang merupakan sebuah rangkaian dari proses perencanaan pembangunan. Untuk menghitung anggaran biaya bangunan, perlu dibuat analisis atau perhitungan terperinci mengenai banyaknya bahan yang digunakan, upah kerja dan volume pekerjaan.

2.2. Manajemen Proyek Kontruksi

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian, dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu, dan waktu serta keselamatan kerja. Manajemen proyek dirancang untuk mengatur dan mengontrol sumber daya perusahaan sesuai dengan aktivitas yang terkait, efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan performa yang baik. Yang perlu dikelola dalam area manajemen proyek mencakup biaya, mutu, waktu, kesehatan dan keselamatan kerja, sumber daya lingkungan, risiko dan sistem informasi.

2.2.1. Tujuan Manajemen Proyek

Tujuan umum dari manajemen proyek yaitu mengatur atau mengelola pelaksanaan proyek konstruksi dengan baik sehingga diperoleh hasil yang sesuai. Tujuan dari manajemen proyek adalah sebagai berikut:

1. **Mengelola Risiko**

Keberhasilan pelaksana proyek tidak lepas dari trial and error selama menjalani prosesnya. Risiko bias saja mengganggu suatu proyek, namun

bukan berarti tidak bisa dikelola. Dengan adanya manajemen proyek dengan baik maka risiko tersebut dapat diatasi.

2. Memaksimal Potensi Tim

Kualitas sumber daya manusia turut mengambil peran penting dalam melaksanakan proyek. Manajemen proyek menggerakkan setiap individu agar dapat memainkan perannya dengan maksimal, mampu membuat perencanaan yang baik serta memiliki kemampuan dalam mengelola proyek.

3. Menciptakan Perencanaan yang Tepat

Manajemen proyek mengarahkan pada perencanaan yang tepat mencakup seluruh proses awal hingga akhir dengan memaksimalkan kualitas dan kapabilitas.

4. Memanfaatkan Peluang

Manajemen proyek sangat membantu mengelola sebuah peluang untuk dimanfaatkan bagi perkembangan perusahaan tanpa mengurangi nilai utama yang ingin dicapai.

5. Mengelola Integrasi

Membuat proyek tetap konsisten dan tetap berada pada jalur yang tepat dibutuhkan integrasi antara system, proses bisnis, dan organisasi. Kesenambungan antara 3 elemen tersebut membuat kunci dari nilai sebuah proyek tetap terjaga, sehingga tujuan pun tetap dapat dicapai.

2.2.2. Tahapan Umum Manajemen Proyek

Menurut Render dan Heizer (2017) Adapun kesuksesan sebuah proyek dapat teridentifikasi bila tercapai objektifnya antara lain:

1. Perencanaan (*Planning*)

Untuk mencapai tujuan sebuah proyek perlu suatu perencanaan yang matang, yaitu dengan meletakkan dasar tujuan dan sasaran dari suatu proyek sekaligus menyiapkan segala program teknis dan administrasi agar dapat diimplementasikan. Hal ini dilakukan agar memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan dalam batasan waktu, mutu, biaya, dan keselamatan kerja.

Perencanaan proyek dilakukan melalui studi kelayakan, rekayasa nilai dan perencanaan area manajemen proyek.

2. Pengaturan/Penjadwalan (*Organizing*)

Tahapan ini merupakan implementasi dari perencanaan terkait dengan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek yang meliputi sumber daya (biaya, tenaga kerja, peralatan, material), durasi dan progres waktu untuk menyelesaikan proyek. Penjadwalan proyek seiring dengan perkembangan proyek dan berbagai permasalahannya. Proses monitoring dan updating harus selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan yang realistis agar sesuai dengan tujuan proyek.

Ada beberapa metode untuk mengelola penjadwalan proyek, mencakup: kurva S, barchart, penjadwalan linear (diagram vektor), *network planning*, waktu dan durasi kegiatan. Bila terjadi penyimpangan terhadap rencana semula maka dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi agar proyek tetap berada di jalur yang diinginkan.

3. Pengendalian/Pengawasan (*Controlling*)

Tujuan utama adalah meminimalisasi segala penyimpangan yang dapat terjadi selama berlangsungnya proyek dan untuk optimasi kinerja biaya, waktu, mutu, dan keselamatan kerja sehingga dapat menjadi kriteria sebagai tolak ukur. Kegiatan yang dilakukan dalam proses pengendalian yaitu berupa pengawasan, pemeriksaan, maupun koreksi yang dilakukan selama proses implementasi. Pengendalian akan mempengaruhi hasil akhir suatu proyek.

2.3. Estimasi Biaya Kontruksi

Estimasi biaya menurut *National Estimating Society* USA, adalah seni memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia.

Menurut Soeharto (1997) estimasi biaya proyek memegang peranan penting dalam proses penyelenggaraan proyek. Estimasi biaya adalah proses untuk memperkirakan biaya dari sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Estimasi biaya melibatkan perhitungan kuantitatif dari biaya-biaya yang

muncul untuk menyelesaikan proyek. Estimasi biaya harus sudah dilakukan sejak tahap konsepsi proyek dengan terlebih dahulu mempelajari gambar rencana dan spesifikasi. Dengan demikian perkiraan biaya proyek dapat dilakukan dengan baik sehingga menghasilkan estimasi biaya yang akurat. Artinya estimasi biaya tidak terlalu tinggi sehingga tidak mampu bersaing dengan perusahaan lain dalam tahap tender, akan tetapi tidak terlalu rendah juga karena akan mengalami kesulitan ketika pelaksanaan dengan estimasi yang rendah dan tidak bisa dipertanggungjawabkan. Perkiraan biaya digunakan untuk menyusun anggaran dengan cara menganalisa harga-harga setiap komponen pekerjaan pada proyek dan menjadi dasar untuk mengevaluasi performance proyek.

Menurut Buku "*Project Management Body of Knowledge*" (PMBOK) *Fifth Edition* manajemen biaya proyek meliputi proses-proses sebagai berikut:

- a. Merencanakan Pengelolaan biaya merupakan proses menetapkan kebijakan dan dokumentasi untuk perencanaan, pengeluaran, dan pengendalian biaya,
- b. Menyusun Estimasi biaya merupakan proses mengembangkan perkiraan sumber daya dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah proyek,
- c. Menentukan anggaran merupakan proses untuk mengalokasikan dan menetapkan secara resmi anggaran untuk keseluruhan aktifitas proyek yang akan dipakai oleh semua pihak dalam organisasi sebagai acuan dalam perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan pengendalian proyek,
- d. Mengendalikan biaya merupakan proses memantau status terkini progres proyek dan biaya yang telah dikeluarkan, serta membandingkan dengan rencana anggaran dan mengendalikan perubahan biaya terhadap anggaran yang telah ditetapkan.

2.3.1. Jenis-Jenis Estimasi

Terdapat beberapa jenis estimasi yang didasarkan pada cara memperkirakan biaya suatu konstruksi, yaitu:

1. Estimasi Kelayakan

Estimasi kelayakan adalah menentukan apakah bangunan tersebut layak dibangun, maka memperkirakan biaya konstruksi berdasarkan pengalaman dengan cara membandingkan dengan bangunan yang identik.

2. Estimasi Konseptual

Estimasi konseptual adalah memperkirakan biaya suatu bangunan berdasarkan satuan volume bangunan atau factor lain dengan patokan harga yang didasarkan pada bangunan yang identik. Jenis ini owner harus menyediakan scope dokumen yang berfungsi sebagai basis dari mana estimasi tersebut dijalankan. Estimasi konseptual digunakan untuk menentukan fisibilitas proyek dan mengembangkan *project financing*. Ekspektasi akurasi tahap ini ialah 15% - 20%.

Beberapa metode estimasi konseptual sebagai berikut:

- a. Metode Satuan Luas (m^2), mengandalkan data dari proyek sejenis yang pernah dibangun. Metode ini bersifat garis besar dan ketelitiannya rendah.
- b. Metode Satuan Isi (m^3), digunakan pada bangunan dimana volume sangat dipentingkan. Metode ini digunakan untuk fase awal perencanaan dan perancangan untuk bangunan yang kurang lebih identik.
- c. Metode Harga Satuan Fungsional, menggunakan fungsi dari fasilitas sebagai dasar penetapan biaya.

3. Estimasi Detail

Estimasi detail merupakan memperkirakan biaya konstruksi secara lebih terinci dengan berpedoman pada gambar rencana, spesifikasi, gambar potongan, gambar detail dan gambar kerja yang selanjutnya dapat dihitung material-material yang memerlukan potongan berpola sehingga volume dari masing-masing detail bagian konstruksi maupun potongan berpola dapat lebih terperinci. Metode ini juga disebut dengan metode harga satuan dan volume pekerjaan (*Quantity Take Off*).

4. Estimasi Untuk Konstruksi

Estimasi konstruksi dapat dibuat berdasarkan biaya rata-rata historis atau dengan mendata pekerja serta pekerjaan dan menghitung biaya produksi.

5. Estimasi *Change Order*

Estimasi *change order* dilakukan saat pekerjaan berjalan yang diakibatkan oleh perubahan pekerjaan yang diminta oleh *owner* pada suatu proyek.

2.3.2. Komponen Estimasi Biaya

Komponen estimasi biaya atau sumber daya merupakan modal awal yang digunakan dalam pengadaan suatu konstruksi. Dalam perhitungan estimasi biaya proyek konstruksi terdapat jenis-jenis biaya yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung yang dibedakan sebagai berikut:

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah biaya yang berhubungan dengan konstruksi bangunan.

a. Biaya untuk Bahan atau Material

Perhitungan biaya langsung untuk biaya bahan atau material, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Memilih bahan dan material dengan spesifikasi dan kualitas memenuhi syarat,
- 2) Mendapatkan harga terbaik dengan spesifikasi dan kualitas memenuhi syarat yang telah ditentukan,
- 3) Bahan sisa atau yang terbuang (*waste*),
- 4) Cara pembayaran kepada supplier atau penjual.

b. Biaya untuk Upah Tenaga Kerja

Perhitungan biaya langsung mengenai upah tenaga kerja ini, perlu diperhatikan beberapa hal-hal sebagai berikut:

- 1) Upah tenaga kerja dibedakan menjadi upah harian, borongan per unit volume atau borong keseluruhan untuk daerah-daerah tertentu,
- 2) Harus memperhatikan undang-undang tentang tenaga kerja atau buruh yang berlaku.

c. Biaya untuk Penggunaan Peralatan (*equipments*),

Hal-hal yang harus diperhatikan tentang biaya peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan konstruksi adalah peralatan yang akan dibeli oleh pihak pelaksana atau tidak disewa perlu memperhatikan bunga investasi, depresiasi, reparasi besar, pemeliharaan dan ongkos mobilisasi. Jika peralatan sewa perlu diperhatikan ongkos keluar masuk

garansi, ongkos tenaga kerja yang mengoperasikan peralatan, bahan baku dan biaya operasional lainnya.

2. Biaya Tak Langsung (*Indirect cost*)

Biaya tak langsung adalah biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat ditiadakan dari proyek. Macam-macam biaya tak langsung diantaranya adalah:

a. Biaya *Overhead*

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, biaya overhead atau biaya umum dihitung berdasarkan presentase dari biaya langsung yang besarnya tergantung dari lama waktu pelaksanaan pekerjaan, besarnya tingkat bunga yang berlaku dan lain sebagainya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Biaya overhead digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu:

1) *Overhead* Proyek (di Lapangan), yaitu terdiri dari:

- a) Biaya personil di lapangan,
- b) Biaya untuk pembuatan fasilitas sementara proyek, seperti gudang, kantor sementara, penerangan, pagar, dan lain-lain,
- c) Bank garansi, bunga bank, ijin bangunan, dan pajak,
- d) Peralatan kecil yang umumnya habis atau terbuang setelah proyek selesai,
- e) Peralatan kecil yang umumnya habis atau terbuang setelah proyek selesai,
- f) Kualitas kontrol, seperti tes tekan kubus atau silinder beton, baja sondir, dan lain-lain,
- g) Biaya untuk rapat-rapat di lapangan,
- h) Biaya-biaya pengukuran.

2) *Overhead* Kantor Biaya *overhead* kantor adalah biaya untuk menjalankan kantor tersebut, yang meliputi sewa kantor beserta fasilitasnya, honor pegawai, ijin-ijin usaha, pra-kualifikasi, referensi bank, anggota asosiasi, dan lain-lain.

b. Biaya Tak Terduga (*Contigencies*)

Biaya tak terduga adalah salah satu biaya tak langsung untuk kejadiankejadian yang mungkin terjadi atau mungkin tidak. Misalnya, naiknya muka air tanah, banjir, longsor, dan sebagainya yang harus segera diatasi. Pada umumnya biaya tak terduga ini antara 0,5–5% dari total biaya proyek. Yang termasuk dalam kondisi Kontigencies adalah sebagai berikut:

1. Akibat Kesalahan
Kesalahan kontraktor dalam memasukkan beberapa pos pekerjaan, gambar yang kurang lengkap (misalnya ada di bestek, tetapi tidak tercantum pada gambar),
 2. Ketidakpastian Subjektif
Hal ini timbul karena interpretasi subjektif terhadap bestek, fluktuasi harga material dan upah buruh yang tidak dapat diperkirakan,
 3. Ketidakpastian objektif
Ketidakpastian objektif adalah ketidakpastian tentang perlu tidaknya suatu pekerjaan, dimana ketidakpastian itu ditentukan oleh objek diluar kemampuan manusia,
 4. Variasi Efisiensi
Variasi efisiensi dari sumber daya yaitu efisiensi dari buruh, material, dan peralatan.
- c. Biaya Profit atau Keuntungan
Keuntungan adalah hasil jerih payah dari keahlian, ditambah dengan hasil dari faktor risiko. Keuntungan sudah termasuk biaya risiko pekerjaan selama pelaksanaan dan masa pemeliharaan dalam kontrak pekerjaan.

2.3.3. Metode-Metode Estimasi Biaya Kontruksi

Menurut Michael D. Dell'isola, metode estimasi biaya dapat dibagi menjadi empat kategori utama, yaitu:

1. Metode Harga Unit
 - a. Metode Akoodasi

Metode Akomodasi merupakan metode dengan perhitungan kalkulasi dari biaya yang diperlukan dalam membangun suatu fasilitas berdasarkan major measure dari fasilitas tersebut.

b. Metode Meter Kubik

Berdasarkan sifat dari pengukurannya, metode meter kubik akan bersifat sensitif terhadap volume dari konstruksi dan varian yang mempengaruhinya.

c. Metode Meter Persegi

Metode meter persegi sangat bergantung pada bagaimana pengukuran bagi biaya per meter persegi tersebut dibuat pertama kalinya.

d. Metode Area Fungsional

Metode estimasi biaya berdasarkan luas area dengan fungsi tertentu. Area fungsional ditentukan sesuai dengan ruang dengan masing-masing kegunaannya pada suatu bangunan.

2. Metode *Cost-Modelling* dan Parametrik

Metode ini mengutilisasi model yang telah terdeterminasi dari proyek sebelumnya dan menggunakannya untuk memprediksi biaya proyek yang akan dibangun. Pendekatan ini biasanya diaplikasikan pada proyek yang berulang dengan tipe yang serupa atau mirip lalu mereplikasi analisa teoritis dan expectation-nya pada proyek yang diinginkan.

3. Metode Survey Kuantitas

Metode survey kuantitas biasanya digunakan saat detail desain secara terinci tersedia dan estimator diharuskan untuk menghitung cost keseluruhan proyek atau paling tidak komponen utamanya.

2.3.4. Manfaat Estimasi Biaya Kontruksi

Fungsi dari estimasi biaya dalam industri konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Melihat apakah perkiraan biaya konstruksi dapat terpenuhi dengan biaya yang ada.
2. Mengatur aliran dana ketika pelaksanaan konstruksi sedang berjalan.
3. Komptensi pada saat penawaran. Estimasi biaya berdasarkan spesifikasi dan gambar kerja yang disiapkan owner harus menjamin bahwa pekerjaan akan

terlaksana dengan tepat dan kontraktor dapat menerima keuntungan yang layak.

4. Sebagai acuan dalam mengevaluasi penawaran harga penyedia jasa/barang.
5. Sebagai acuan dalam menyusun anggaran proyek.

Selain itu juga terdapat manfaat estimasi biaya bagi pihak-pihak yang terkait dalam proyek menurut Ervianto (2002) dibawah ini:

1. Bagi Pemilik Proyek
 - a. Sebagai dasar untuk menyediakan biaya untuk mewujudkan keinginannya untuk membangun,
 - b. Sebagai dasar untuk menyediakan biaya proyek atau investasi,
 - c. Sebagai dasar untuk menetapkan besarnya biaya bagi jasa perencanaan,
 - d. Sebagai dasar dalam menentukan, mengevaluasi biaya penawaran calon kontraktor yang mengajukan penawaran.
2. Bagi Pihak Konsultan
 - a. Sebagai dasar dalam membuat perencanaan proyek sesuai dengan keinginan pemilik,
 - b. Sebagai dasar menetapkan perkiraan biaya proyek dalam merealisasikan,
 - c. Sebagai dasar dalam mengevaluasi biaya penawaran oleh calon kontraktor.
3. Bagi Pihak Kontraktor
 - a. Sebagai dasar dalam menetapkan besarnya biaya penawaran dalam pelelangan,
 - b. Sebagai acuan dalam menetapkan besarnya biaya pelaksanaan pekerjaan,
 - c. Sebagai dasar dalam negosiasi dengan sub kontraktor yang akan ikut serta dalam pelaksanaan pekerjaan,
 - d. Sebagai dasar dalam menetapkan keuntungan.

2.3.5. Penyimpangan Estimasi Biaya Kontruksi

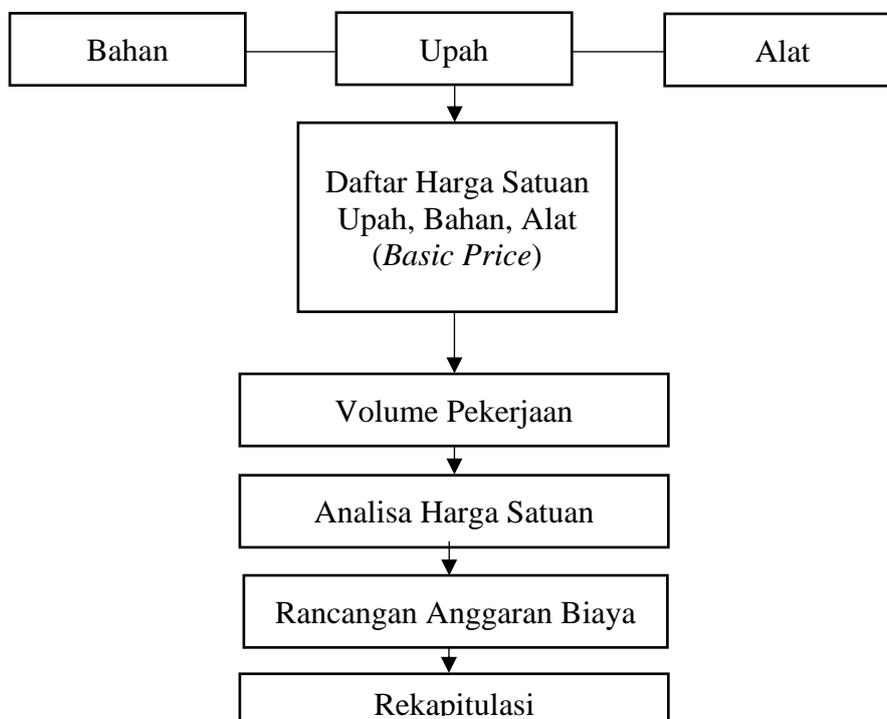
Penyimpangan biaya proyek adalah penyimpangan biaya yang diakibatkan biaya pelaksanaan tidak sesuai dengan biaya rencana yang terjadi pada tahap konstruksi

proyek. Adanya rentang waktu dalam penyelesaian suatu proyek konstruksi menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan besarnya biaya yang dapat diakibatkan oleh beberapa hal antara lain:

- a. Kelebihan material di lokasi.
- b. Kerusakan material di lokasi.
- c. Kehilangan material di lokasi.
- d. Menunggu material tiba di lokasi.
- e. Informasi dan data yang kurang akurat sehingga perkiraan estimasi yang dibuat jauh menyimpang.

2.3.6. Tahap-Tahapan Rancangan Anggaran biaya

Rencana anggaran biaya mempunyai tahapan yang diperlukan untuk menghitung jumlah volume per satuan pekerjaan dan analisa harga satuan pekerjaan berdasarkan gambar tahap pekerjaan serta syarat-syarat analisa pembangunan konstruksi yang berlaku. Adapun tahap analisis perhitungan rencana anggaran biaya dapat digambarkan seperti pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Tahap Analisis Perhitungan RAB

Sumber: Bahan Ajar Estimasi Biaya Kontruksi

1. Daftar Harga Satuan Upah, Bahan dan Alat (*Basic Price*)
Menurut Permen PU 28/PRT/M/2016 harga satuan dasar terdiri dari 3 komponen yaitu:
 - a. Harga Satuan Dasar Bahan
Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar bahan antara lain adalah kualitas, kuantitas dan lokasi asal bahan. Faktor-faktor yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitas bahan harus ditetapkan dengan mengacu pada spesifikasi yang berlaku. Data harga satuan dasar bahan dalam perhitungan analisis ini berfungsi untuk kontrol terhadap harga penawaran penyedia jasa.
 - b. Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja
Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar tenaga kerja antara lain jumlah tenaga kerja dan tingkat keahlian tenaga kerja. Penetapan jumlah dan keahlian tenaga kerja mengikuti produktivitas peralatan utama. Biaya tenaga kerja standar dapat dibayar sistem hari orang standar atau jam orang standar. Besarnya sangat dipengaruhi oleh jenis pekerjaan dan lokasi pekerjaan. Dalam sistem pengupahan pekerjaan dalam 1 hari kerja (8 jam kerja termasuk 1 jam istirahat atau disesuaikan dengan kondisi setempat).
 - c. Harga Satuan Dasar Alat
Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar alat yaitu jenis peralatan, efisiensi kerja, kondisi cuaca, kondisi medan, dan jenis material yang dikerjakan.
2. Perhitungan Volume Pekerjaan
Volume pekerjaan yaitu menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satuan yang disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume pekerjaan ditentukan berdasarkan gambar rencana dan spesifikasi yang telah ditentukan. Dengan mengetahui pekerjaan maka akan diketahui berapa banyak biaya yang akan diperlukan dalam pelaksanaan proyek.
3. Analisa Harga Satuan
Analisa harga satuan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya yang didalamnya terdapat angka yang menunjukkan jumlah

material, tenaga dan biaya persatuan pekerjaan. Analisa harga satuan diatur dalam pasal-pasal analisa BOW maupun SNI dari hasilnya ditetapkan koefisien pengali untuk material, upah, tenaga kerja, dan peralatan segala jenis pekerjaan. Sedangkan analisa kontraktor atau dilapangan ditetapkan berdasarkan perhitungan kontraktor pelaksana.

a. Analisa Harga Satuan Bahan

Bahan yang dimaksud analisa harga satuan bahan ialah menghitung banyaknya/ volume masing-masing bahan atau material serta besarnya biaya yang dibutuhkan. Kebutuhan bahan dapat dicari dengan rumus umum sebagai berikut.

$$\sum \text{Bahan} = \text{volume pekerjaan} \times \text{koefisien analisa bahan}$$

b. Analisa Harga Satuan Upah

Menurut SNI (2008) nilai dari harga satuan pekerjaan yang dihitung berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dapat digunakan oleh masyarakat umum termasuk pemilik, pemberi tugas, pelaksana, perencana, dan pengawas konstruksi di Indonesia. Standarisasi tersebut meliputi kebutuhan bahan dan pekerja. Dengan memasukkan harga bahan dan upah pekerja maka harga satuan pekerjaan dapat ditentukan. Secara umum jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk suatu volume pekerjaan tertentu dapat dicari dengan rumus.

$$\sum \text{Tenaga kerja} = \text{volume pekerjaan} \times \text{koef analisa tenaga kerja}$$

c. Analisa Harga Satuan Alat

Alat keluaran harga satuan dasar alat adalah harga satuan dasar alat yang meliputi biaya pasti, biaya operasi, pemeliharaan dan biaya operatornya.

2.4. Estimasi Biaya Kontruksi Metode Konvensional Menggunakan Microsoft Excel

Perhitungan konvensional ini menggunakan bantuan aplikasi *Microsoft Excel*. *Microsoft Excel* adalah sebuah aplikasi (perangkat lunak) yang merupakan bagian dari paket *Software Microsoft Office*. Perangkat lunak ini berjenis spreadsheet atau

pengolah angka. Pada Microsoft excel kita bekerja dengan system workbook, sedangkan di dalam workbook terdapat worksheet atau lembar kerja. Pada worksheet ini kita bekerja dengan menggunakan kolom dan baris yang membentuk kotakan kecil-kecil berupa sel-sel tempat kita memasukkan data. Dalam aplikasi ini tersedia fitur pembuatan grafik dan fitur kalkulasi yang sifatnya agresif dan progresif.

Microsoft Excel merupakan aplikasi untuk mengolah data secara otomatis yang dapat berupa perhitungan dasar, rumus, pemakaian fungsi-fungsi, pengolahan data dan tabel, pembuatan grafik dan manajemen data. Pemakaian rumus sendiri dapat berupa penambahan, pengurangan, perkalian dan lain sebagainya. Sedangkan pemakaian fungsi-fungsi dapat berupa pemakaian rumus yang bertujuan untuk menghitung dalam bentuk rumus matematika maupun non matematika.

Microsoft Excel memiliki fungsi antara lain:

1. Membuat laporan keuangan.
2. Membuat daftar nilai.
3. Melakukan operasi kali, bagi, rerataan dengan cepat.
4. Membuat Grafik dan Tabel dari suatu penghitungan.
5. Membuat diagram batang, diagram garis dan diagram lingkaran.
6. Membantu kita dalam menyelesaikan soal-soal logika dan matematika.

2.5. Pekerjaan Kontruksi Bangunan

2.5.1. Pekerjaan Struktur

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur bawah yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada dibawah permukaan tanah, sedangkan struktur atas adalah struktur bangunan yang berada diatas permukaan tanah seperti kolom, balok, pelat, tangga. Suatu bangunan gedung beton bertulang yang berlantai banyak sangat rawan terhadap keruntuhan jika tidak direncanakan dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan struktur yang tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (*strength*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*durability*).

1. Komponen Struktur Bangunan Bagian Bawah

Struktur bawah bangunan umumnya terdapat beberapa pekerjaan, yaitu pondasi, galian tanah, pile cap dan sloof, retaining wall, urug tanah kembali dan pemadatan.

a. Pondasi

Menurut Terzaghi, peck (1987) pondasi adalah bagian dari suatu bangunan yang berfungsi meneruskan berat bangunan tersebut ke tanah dimana bangunan itu berdiri. Pengertian umum untuk Pondasi adalah Struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lainnya di atasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar seperti: tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan level melebihi batas yang diijinkan.

2. Komponen Struktur Bangunan Bagian Atas

a. Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan pembangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur. Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Pekerjaan pada kolom meliputi pembesian, bekisting, dan pengecoran, pembongkaran bekisting, dan perawatan beton.

b. Balok

Balok juga merupakan salah satu pekerjaan beton bertulang. Balok adalah suatu anggota struktur yang ditujukan untuk memikul beban transversal saja, suatu balok akan teranalisa dengan secara lengkap

apabila diagram gaya geser dan diagram momennya telah diperoleh. Fungsinya adalah sebagai rangka penguat horizontal.

c. Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan bagian dari struktur bangunan (terutama bangunan bertingkat) yang mana bagian pertama yang menerima beban vertikal agar dapat terdistribusi pada struktur berikutnya. Terdapat beberapa tipe pelat lantai, dari bahan yang dipakai maupun bentuknya. Fungsi lantai yaitu sebagai berikut:

- 1) Sebagai pemisah ruang bawah dan ruang atas.
- 2) Sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas.
- 3) Untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah.
- 4) Meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah.
- 5) Menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal.

d. Pelat Atap

Atap adalah bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada dibawahnya terhadap pengaruh panas, hujan, angin, debu, atau untuk keperluan perlindungan. Atap adalah bagian bangunan yang merupakan mahkota mempunyai fungsi untuk menambah keindahan dan sebagai pelindung bangunan dari panas dan hujan.

e. Tangga

Menurut *Civil Engineering News* (2008) Tangga merupakan suatu komponen struktur yang terdiri dari plat, bordes dan anak tangga yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya.

2.5.2. Pekerjaan Arsitektural

Pekerjaan arsitektural merupakan pekerjaan-pekerjaan yang bersifat non struktural. Namun dalam hal bobot biaya, dapat menjadi yang terbesar, terutama untuk fungsi-fungsi bangunan komersial seperti: hotel, apartemen, mall, dan sebagainya. Bobot biaya dapat melonjak apabila sebagian besar material yang digunakan merupakan material import. Hal ini menyebabkan terkadang pekerjaan arsitektur menempati jalur kritis (*critical path*) pada *project scheduling*.

Jenis-jenis pekerjaan arsitektur sebagai berikut:

1. Pekerjaan Lantai Keramik

Pada item pekerjaan ini, yang dikerjakan adalah finishing lantai atau material penutup lantai, seperti: marmer, keramik, parket, floor hardener, dan lain - lain. Pada bangunan- bangunan yang bersifat komersial, umumnya setiap material yang berbeda, berbeda juga metode pemasangannya. Pemasangan lantai umumnya dikerjakan setelah pekerjaan dinding, pekerjaan plafond serta pekerjaan pintu dan jendela selesai sehingga terhindar dari resiko kerusakan atau gangguan kerja.

2. Pekerjaan Dinding dan Plester

a. Pekerjaan Dinding

Dinding adalah kontruksi vertikal pada bangunan yang melingkupi, memisahkan dan melindungi ruangan-ruangan interiornya. Dinding berupa struktur penopang dengan kontruksi homogen atau komposit yang direncanakan untuk mendukung beban dari lantai dan atap. Dinding berfungsi sebagai pembatas/partisi, perlindungan terhadap gangguan luar dan pemikul beban di atasnya.

3. Pekerjaan Plafon

Plafon merupakan lapis pembatas antara rangka bangunan dengan rangka atapnya, sehingga bisa sebagai atau dapat dikatakan tinggi bangunan dibawah rangka atapnya. Plafond berfungsi sebagai berikut:

- a. Agar ruangan di bawah atap selalu tampak bersih dan tidak tampak rangka atapnya,
- b. Untuk menahan kotoran dari bidang atap melalui celah-celah genteng,
- c. Untuk menahan percikan air, agar seisi ruangan selalu terlindung,
- d. Untuk mengurangi panas dari sinar matahari melalui bidang atap,
- e. Sebagai penutup rangka atap,
- f. Tempat untuk menyembunyikan beragam Instalasi seperti Instalasi listrik, Instalasi AC, Instalasi Air, Detektor asap,
- g. Sebagai tempat untuk menggantung lampu atau lemari gantung,
- h. Sebagai Insulator panas,
- i. Sebagai tempat untuk menyembunyikan lampu dan rel tirai.

2.6. Building Information Modelling

BIM merupakan seperangkat teknologi, proses kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara terintegrasi dalam sebuah model digital, yang kemudian diterjemahkan sebagai gambar 3 tiga dimensi. Teknologi tersebut merupakan proses dalam menghasilkan dan mengelola data suatu konstruksi selama siklus hidupnya. BIM menggunakan software 3D, *real-time*, dan pemodelan dinamis untuk meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan.

Building Information Modelling adalah salah satu teknologi di bidang AEC (Arsitektur, *Engineering* dan Kontruksi) yang mampu mensimulasikan seluruh informasi di dalam proyek pembangunan ke dalam model 3 dimensi baik dalam perencanaan, desain, pembangunan, pemeliharaan bangunan dan infrastuktur. BIM memiliki semua informasi yang ada disetiap *life cycle* dari sebuah proyek, keakuratannya dapat membantu mengurangi kesalahan dari desain, mengurangi pekerjaan berulang, dapat diakses secara virtual, informasi yang jelas serta meningkatkan kordinasi antar pekerja.



Gambar 2.2. Dimensi BIM

Sumber: *Prinsip Dasar Teknologi BIM PUPR*

Building Information Modelling dikenalkan pertama kali oleh Profesor Eastman dalam bukunya pada tahun 1970. Pelaksanaan pertama BIM dalam konsep Virtual Building oleh ArchiCAD Graphisofy pada tahun 1987. BIM mulai populer pada

tahun 2002 setelah Autodesk merilis sebuah makalah yang berjudul “*Building Informatin Modelling*”.

Di Indonesia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) menerbitkan Peraturan Menteri PUPR No. 22/PRT/M/2018 yang diundangkan pada tanggal 15 Oktober 2018 yang berisi lampiran peraturan disebutkan bahwa BIM wajib diterapkan untuk bangunan gedung negara tidak sederhana yang memiliki luas diatas 2000 m² dan di atas dua lantai.

2.6.1. Penggunaan *Building Information Modelling*

Selama tahap desain penggunaan Building Information Modeling dapat mengurangi dampak buruk terhadap proyek karena kemampuan menghitung biaya proyek yang baik. BIM memberikan solusi sebelum masalah mengakibatkan permasalahan yang berdampak pada biaya proyek yang tinggi. Hal ini dapat diwujudkan melalui kerjasama dan koordinasi dari seluruh staf proyek, oleh karena itu, sangat penting untuk memiliki kerjasama yang baik. Menggunakan BIM terutama meningkatkan upaya kolaborasi dari tim proyek. Arsitek dan insinyur dapat menguji ide-ide desain mereka termasuk analisis energi. Manajer konstruksi dapat memberikan *constructability, sequencing, value* dan *engineering reports*. BIM juga bisa memulai koordinasi 3D antara subkontraktor dan vendor selama tahap-tahap awal desain. Pemilik proyek dapat secara visual melihat desain yang diinginkan. Secara keseluruhan BIM mempromosikan kolaborasi semua peserta proyek. Salah satu keuntungan menggunakan BIM yaitu pada akhir dari proses BIM, datanya digunakan untuk kebutuhan “*maintenance*”.

BIM dibutuhkan dan digunakan oleh pihak yang terlibat dalam proyek skala besar khususnya dalam hal koordinasi serta komunikasi:

1. Konsultan Arsitek
2. Konsultan Struktur
3. Konsultan MEP
4. Kontraktor
5. Owner (*Developer, Bank, Rumah Sakit, Mall, Gedung perkantoran, etc*)
6. Retail
7. Infrastruktur (Jalan Tol, Jembatan, Drainase)

2.6.2. Keuntungan *Building Information Modelling*

BIM dapat mendukung dan meningkatkan praktik bisnis industri AEC/FM (*Facility Management*). Menurut *BIM Handbook* (2008) lingkup perubahan yang diharapkan dengan perkembangan penerapan BIM.

1. Manfaat pra konstruksi untuk Owner
 - a. Konsep kelayakan dan manfaat desain.
 - b. Peningkatan kinerja dan kualitas bangunan.
2. Manfaat desain
 - a. Desain yang lebih akurat.
 - b. Tingkat koreksi tinggi ketika membuat perubahan desain.
 - c. Menghasilkan gambar 2D yang akurat dan konsisten disetiap tahap desain.
 - d. Beberapa kolaborasi disiplin desain.
 - e. Memudahkan pemeriksaan terhadap desain.
 - f. Memperkirakan biaya selama tahap desain.
 - g. Meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan.
3. Manfaat konstruksi dan fabrikasi
 - a. Menemukan kesalahan desain sebelum konstruksi/ mengurangi konflik.
 - b. Bereaksi cepat untuk desain atau masalah proyek.
 - c. Menggunakan model desain sebagai dasar komponen fabrikasi.
 - d. Implementasi yang lebih baik dan teknik konstruksi ramping.
 - e. Sinkronisasi pengadaan dengan desain dan konstruksi.
4. Manfaat sesudah konstruksi
 - a. Mengelola dan mengoperasikan fasilitas yang lebih baik.
 - b. Mengintegrasikan dengan operasi sistem manajemen fasilitas.

Keuntungan dari BIM menurut Cindy F. Mieslenna dan Andreas Wibowo (2019) sebagai berikut:

1. Dapat mengendalikan proyek.
2. Mampu *clash detector* pada saat proses perencanaan.
3. Mengurangi limbah material.
4. Mengestimasi biaya.
5. Menghindari *rework*.

6. Menghemat sumber daya manusia dan dokumentasi karena mampu menghasilkan produk gambar sekaligus.
7. Memudahkan komunikasi antar pekerja.

2.6.3. Software Building Information Modeling

Banyak *software Building Information Modeling*, berikut tabel *software BIM* dan fungsi utama yang mencakup MEP, struktural, arsitek dan *software 3D* (Reinhardt, 2009).

Tabel 2.1. Jenis *Software Building Information Modelling* (Reinhardt, 2009)

Product Name	Manufacturer	Primary Function
Cadpipe HVAC	AEC Design Group	3D HVAC Modeling
Revit Architecture	Autodesk	3D Architectural Modeling and Parametric design
AutoCAD Architceture	Autodesk	3D Architectural Modeling and Parametric design
Revit Structure	Autodesk	3D Detailed MEP Modeling
AutoCAD MEP	Autodesk	3D MEP Modeling
AutoCAD Civil 3D	Autodesk	Site Development
Cadpipe Commercial	AEC Design Group	3D Pipe Modeling
Pipe DProfiler	Beck Technology	3D Conceptual modeling with real-time cost estimating
Bentley BIM Suite (microStation, Bentley Architecture, Structural, mechanical, Electrical, Generative Design)	Benley System	3D Architectural, Structural, Mechanical, Electrical, and Generative Components Modeling
Fastrak	CSC (UK)	3D Structural Modeling
SDS/2	Design Data	3D Detailed Struvtural Modeling
FabricationFor AutoCAD MEP	East Coast CAD/CAM	3D Detailed MEP Modeling

Digital Project	Gehry Technologies	CATIA based BIM System for Architectural, Design, Engineering, and Construction Modeling
Digital Project MEP System Routing	Gehry Technologies	MEP Design
ArchiCAD	Graphisoft	3D Architectural Modeling
MEP Modeler	Graphisoft	3D MEP Modeling
HydraCAD	Hydratec	3D Fire Sprinkler Design and Modeling
AutoSPRINK VR	M.E.P.CAD	3D Fire Sprinkler Design and Modeling

Sumber: (Reinhardt, 2009)

Tabel 2.2. Software Building Information Modeling for Shop Drawing and Fabrication (Reinhardt, 2009)

Product Name	Manufacturer	Primary Function
Cadpipe Commercial Pipe	AEC Design Group	3D Pipe Modeling
Revit MEP	Autodesk 3D	Detailed MEP Modeling
SDS/2	Design Data	3D Detailed Structural Modeling
Fabrication for AutoCAD MEP	East Coast CAD/CAM	3D Detailed MEP Modeling
CAD-Duct	Micro Application Packages	3D Detailed MEP Modeling
Duct Designer 3D, Pipe Designer 3D	QuickPen International	3D Detailed MEP Modeling
Tekla Structure	Tekla	3D Detailed Structural Modeling

Sumber: (Reinhardt, 2009)

Tabel 2.3. Software Building Information Modeling for Construction Management And Scheduling (Reinhardt, 2009)

Product Name	Manufacture	BIM Use
Navisworks Manage Navisworks Scheduling	Autodesk	Clash Detection Scheduling

Project Wise	Bentley	Clash Detection Scheduling
Digital Project Designer	Gehry Technologies	Model Coordination
Visual Simulation	Innovaya	Spatial Coordination
Solibri Model Checker	Solibri	Planning & Scheduling
Syncho	Syncho. Ltd	Structure-centric Model Schedule driven link
Tekla Structures	Tekla	Coordinate Scheduling
Vico Office	Vico Software	

Sumber: (Reinhardt, 2009)

2.7. Autodesk

Autodesk yang merupakan sebuah perusahaan multinasional yang berlokasi di Mill Valley, California yang didirikan pada tahun 1982 oleh John Walker. Autodesk memproduksi berbagai program CAD (*Computer Aided Design*). Produk Autodesk yang paling terkenal adalah AutoCAD. Selain AutoCAD, Autodesk mengembangkan *Digital prototyping solution* untuk memvisualisasikan, mensimulasikan dan menganalisis dunia kinerja dengan menggunakan model digital selama proses desain.

Autodesk juga mengembangkan *Building Information Modelling*, salah satunya Autodesk Revit.

2.7.1. Autodesk Revit

Autodesk Revit adalah *software Building Information Modelling (BIM)* oleh Autodesk untuk desain arsitektur, struktur serta mekanikal, elektrik dan plumbing (MEP). Dengan *software* ini pengguna dapat merancang bangunan dan struktur dengan pemodelan komponen dalam 3D dan sekaligus menyajikan gambar kerja dalam 2D. Pengguna dapat melakukan perencanaan untuk menentukan tahapan pelaksanaan dari elemen bangunan serta dapat menyajikan informasi berupa *schedule*. Dengan Autodesk Revit, arsitek dapat membuat konsep bentuk, *site planning*, dan fungsi untuk elemen arsitektur bangunan seperti dinding, kolom,

lantai, pintu dan jendela atau membuat atap dengan sangat mudah. Disamping itu Autodesk Revit juga dapat menyajikan visual rendering 3d bahkan untuk membuat gambar hidup/animasi. Obyek yang dibuat dengan menggunakan Autodesk Revit dapat pula diolah lebih jauh untuk penyajian visual 3D dengan menggunakan produk Autodesk lainnya seperti Autodesk 3ds Max atau Autodesk Showcase. Sedangkan untuk insinyur struktur dapat melakukan pemodelan struktur bangunan dengan elemen struktur berupa desain pondasi, rangka bangunan (dinding, kolom dan balok) baik berupa desain konstruksi kayu, konstruksi baja maupun konstruksi beton dilengkapi dengan fungsi untuk desain pembesian serta terdapat tools untuk analisis struktur. Dengan demikian Autodesk Revit memungkinkan arsitek, insinyur struktur serta insinyur sistem bangunan untuk berkolaborasi pada satu proyek bangunan gedung dengan membuat desain secara terpisah sesuai bidangnya masing-masing dan kemudian Autodesk Revit dapat mengintegrasikan ketiganya.

2.8. Estimasi Biaya Metode Analisis BIM Menggunakan *Software* Revit

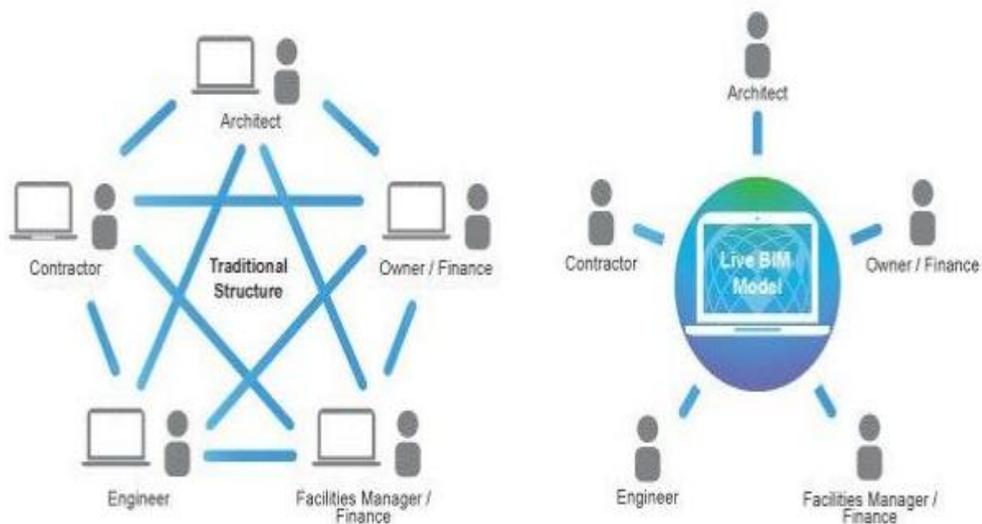
Estimasi menggunakan *Building Information Modelling* disebut dengan 5 Dimensi. Dalam menghitung estimasi biaya menggunakan BIM sangat efektif dikarenakan langsung menyediakan informasi yang dibutuhkan. Selain dapat memvisualisasikan bangunan yang akan dibangun, BIM juga mampu mengeluarkan output volume pekerjaan yang akurat dikarenakan mampu mendeteksi benturan otomatis atau *clash detector* sehingga dapat meminimalisir biaya yang dibutuhkan.

2.9. Perbandingan Estimasi Biaya Metode Konvensional dan Analisis *Building Information Modeling*

Industri konstruksi merupakan salah satu industri terbesar di dunia, dimana dengan semakin meningkatnya populasi penduduk, maka akan semakin meningkat pula permintaan di bidang konstruksi. Hal ini tentunya terkait dengan berbagai permasalahan dan tantangan khususnya di bidang kinerja dan produktivitas, keuntungan perusahaan, maupun keberlanjutan lingkungan. Selama ini, permasalahan yang sering terjadi di dalam industri konstruksi tradisional adalah sebagai berikut:

1. Konflik dan kesalahpahaman antar pihak terkait karena alur informasi yang kurang jelas dan tidak tercatat dengan baik,
2. *Engineer* kurang detail dalam menjelaskan dan mendeskripsikan masalah yang terjadi di lapangan melalui gambar 2D (gambar kerja),
3. Terjadinya pengerjaan ulang dan keterlambatan waktu pelaksanaan pekerjaan karena masalah pelaksanaan baru diketahui setelah proyek berjalan,
4. Biaya yang membengkak dan mutu pekerjaan kurang baik akibat re-work dan keterlambatan waktu pengerjaan,
5. Ketidakakuratan dalam perhitungan material maupun pekerjaan,
6. Penggunaan software konvensional yang beragam untuk satu proyek (AutoCad untuk desain gambar, SAP untuk analisa struktur, Ms. Excel untuk perhitungan volume dan biaya, dan Ms. Project untuk penjadwalan).
7. Pemakaian/konsumsi kertas untuk mengeprint dan mengevaluasi gambar kerja yang semakin meningkat apabila terjadi rework.

Adanya pengembangan teknologi baru mengubah industri konstruksi. Perkembangan teknologi digital pun kemudian memberikan dampak yang besar dalam melakukan percepatan pembangunan infrastruktur sehingga menjadi lebih efisien dan produktif, salah satunya dengan *Building Information Modelling* (BIM). Dengan demikian keberadaan BIM mengubah proses konstruksi konvensional, dimana sering terjadi konflik dan kesalahpahaman antar stakeholder terkait karena alur informasi yang kurang jelas dan tidak tercatat dengan baik. Hal ini dapat menghasilkan pengerjaan ulang yang mengakibatkan keterlambatan waktu pelaksanaan pekerjaan karena masalah pelaksanaan baru diketahui setelah proyek berjalan. Secara otomatis biaya membengkak akibat keterlambatan waktu pengerjaan. Demikian pula dengan penggunaan software konvensional yang beragam untuk satu proyek berpotensi untuk menghasilkan ketidakakuratan dalam perhitungan material maupun pekerjaan yang secara sistematis akan mengakibatkan kurang baiknya mutu pekerjaan.



Gambar 2.3. Proses konstruksi secara tradisional (kiri) dan modernisasi melalui pemakaian BIM (kanan).

Sumber: Prinsip Dasar Teknologi BIM PUPR

Menurut Usman Haider, Usama Khan, Asif Nazir, Muhammad Humayon (2020). Perbandingan estimasi biaya konstruksi metode konvensional dan analisis BIM menggunakan *software* Revit antara lain:

Tabel 2.4. Perbandingan Estimasi Biaya Metode Konvensional dan Analisis Building Information Modeling

Metode Konvensional	Analisis BIM
Kemungkinan terjadinya kesalahan terhadap perhitungan dikarenakan beberapa rumus panjang dan kompleks	Tidak perlu menghitung secara manual dikarenakan model menghasilkan output yang dibutuhkan
Pembagian tugas perlu dipertimbangkan seperti perhitungan material, estimasi biaya dikarenakan pengerjaan yang tidak sekaligus.	Pekerjaan dapat dilakukan sekaligus
Sulit untuk memperbaiki kesalahan dikarenakan perubahan secara manual	Hanya mengganti model gambar

Perhitungan kebutuhan yang tidak akurat	Tingkat akurasi yang tinggi karena mampu sebagai <i>clash detector</i> .
---	--

Sumber: Usman Haider, Usama Khan, Asif Nazir, Muhammad Humayon (2020).