

BAB 2

LANDASAN TEORI

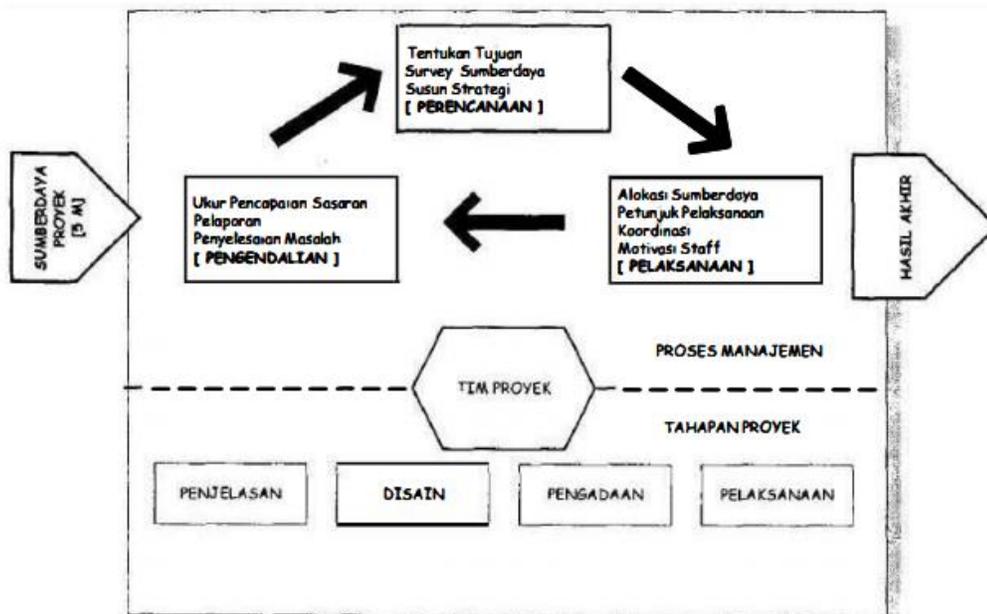
2.1 Proyek Konstruksi

Menurut UU No 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi, pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian kegiatan yang meliputi pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran, dan pembangunan kembali suatu bangunan. Proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2009).

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi, yaitu unik, melibatkan sejumlah sumber daya, dan membutuhkan organisasi. Kemudian proses penyelesaiannya harus berpegang pada tiga kendala (*triple constrain*): sesuai spesifikasi yang ditetapkan, sesuai *time schedule*, dan sesuai biaya yang direncanakan (Erviyanto, 2005).

2.2 Manajemen Konstruksi

Menurut Abrar Husen pada bukunya yang berjudul Manajemen Proyek, manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian, dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hasil kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja. Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (Erviyanto, 2005).



Gambar 2. 1 Sistem manajemen proyek

Manajemen proyek memiliki tujuan untuk mendapatkan metode atau cara teknis yang paling baik agar dengan sumber-sumber daya yang terbatas diperoleh hasil maksimal dalam hal ketetapan, kecepatan, penghematan, dan keselamatan kerja secara komprehensif (Siswanto & Salim, 2019).



Gambar 2. 2 Manajemen Proses

A. Perencanaan (*Planning*)

Perencanaan harus dibuat dengan cermat, lengkap, terpadu, dan dengan tingkat kesalahan paling minimal. Namun dengan hasil dari perencanaan bukanlah dokumen yang bebas dari koreksi karena sebagai acuan bagi tahapan pelaksanaan dan pengendalian, perencanaan harus terus disempurnakan secara iterative untuk menyesuaikan dengan perubahan dan perkembangan yang terjadi pada proses selanjutnya.

B. Pengorganisasian (*Organizing*)

Pada kegiatan ini dilakukan identifikasi dan pengelompokan jenis-jenis pekerjaan, menurut pendegledasian wewenang dan tanggung jawab personel serta meletakkan dasar bagi hubungan masing-masing unsur organisasi. Struktur organisasi yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan kerangka penjabaran tugas personel penanggung jawab yang jelas, serta kemampuan personel yang sesuai keahliannya, akan memperoleh hasil positif bagi organisasi.

C. Pelaksanaan (*actuating*)

Kegiatan ini adalah implementasi dari perencanaan yang telah ditetapkan, dengan melakukan tahapan pekerjaan yang sesungguhnya secara fisik atau nonfisik sehingga produk akhir sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan.

D. Pengendalian (*Controlling*)

Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa program dan aturan kerja yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan penyimpangan paling minimal dan hasil paling memuaskan.

2.2.1 Aspek Dalam Manajemen Proyek

Beberapa aspek yang dapat diidentifikasi dan menjadi masalah dalam manajemen proyek serta membutuhkan penanganan yang cermat adalah sebagai berikut: (Husen, 2009)

- a. Aspek keuangan: masalah ini berkaitan dengan pembelanjaan dan pembiayaan proyek.
- b. Aspek anggaran biaya: masalah ini berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proyek berlangsung.
- c. Aspek manajemen sumber daya manusia: masalah ini berkaitan dengan kebutuhan dan alokasi SDM selama proyek berlangsung yang berfluktuatif.
- d. Aspek manajemen produksi: masalah ini berkaitan dengan hasil akhir dari proyek.
- e. Aspek harga: masalah ini timbul karena kondisi eksternal dalam hal persaingan harga.
- f. Aspek efektivitas dan efisiensi: masalah ini dapat merugikan bila fungsi produk yang dihasilkan tidak terpenuhi/tidak efektif atau dapat juga terjadi bila faktor efisiensi tidak terpenuhi, sehingga usaha produksi membutuhkan biaya yang besar.
- g. Aspek pemasaran: masalah ini timbul berkaitan dengan perkembangan faktor eksternal
- h. Aspek mutu: masalah ini berkaitan dengan kualitas produk akhir yang nantinya dapat meningkatkan daya saing serta memberikan kepuasan bagi pelanggan.
- i. Aspek waktu: masalah waktu dapat menimbulkan kerugian biaya bila terlambat dari yang direncanakan serta akan mengutungkan bila dapat dipercepat.

2.3 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan atau *scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progress waktu untuk penyelesaian proyek (Husen, 2009).

Secara umum penjadwalan mempunyai manfaat-manfaat seperti berikut (Husen, 2009):

- Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
- Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
- Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
- Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditetapkan.
- Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
- Merupakan sarana Penting dalam pengendalian proyek.

2.4 Metode Penjadwalan Proyek

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pertimbangan Penggunaan metode-metode tersebut didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan (Husen, 2009).

2.4.1 Bagan Balok atau *Barchart*

Barchart ditemukan oleh Gantt dan Fredick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, dengan panjang balok sebagai representasi dari durasi setiap kegiatan. Format bagan baloknya informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana. Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja, dari lingkup proyek, sedangkan sumbu x menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya. Pada bagan ini juga dapat ditentukan *milestone/baseline* sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktivitas proyek secara keseluruhan. Untuk Proses *updating*, bagan balok dapat diperpendek atau diperpanjang dengan memperhatikan total *float*-nya,

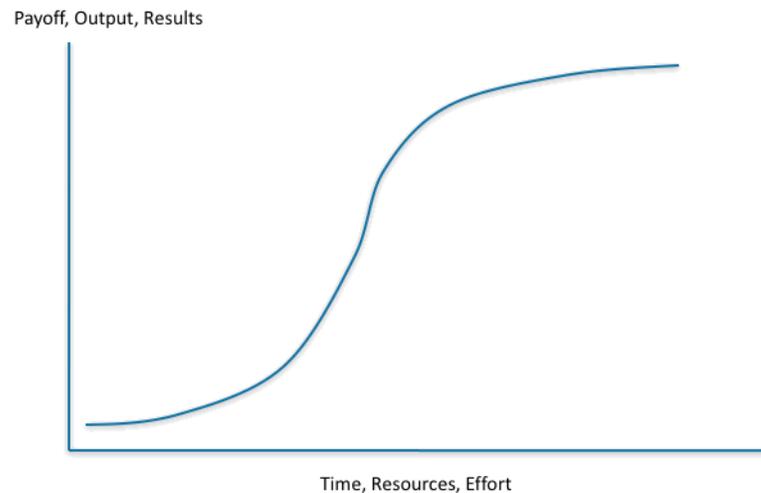
yang menunjukkan bahwa durasi kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan dalam Proses perbaikan jadwal (Husen, 2009).

Kegiatan dan waktu pelaksanaan	Mei				Juni				Juli			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Analisis Kebutuhan	■											
Design fungsi		■	■									
Pemrograman					■	■	■	■				
Pengujian									■			
Instalasi										■		
Pelatihan											■	
Pemeliharaan												■
Dokumentasi	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Gambar 2. 3 Contoh *Barchart*

2.4.2 Kurva S atau Hanumm Curve

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh warren T. Hanumm atas dasar Pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S. Bentuk demikian terjadi karena volume kegiatan pada bagian awal biasanya masih sedikit, kemudian pada pertengahan meningkat dalam jumlah cukup besar, lalu pada akhir proyek volume kegiatan kembali mengecil (Husen, 2009).



Gambar 2. 4 Contoh kurva S

2.5 *Bill Of Quantity*

Bill of quantity atau volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume (kubikasi) yang dimaksud dalam pengertian ini bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan. Volume pekerjaan tersebut dihitung berdasarkan pada gambar bestek dari bangunan yang akan dibuat. Semua bagian atau elemen konstruksi yang ada pada gambar bestek harus dihitung secara lengkap dan teliti dan mendapatkan perhitungan volume pekerjaan secara akurat dan lengkap (Siswanto & Salim, 2019).

Tabel 2. 1 Contoh penggunaan satuan volume pada Bill Of Quantity (BOQ)

Satuan	Penggunaan
m ³	volume kebutuhan pasir
	volume kebutuhan beton
	volume kebutuhan batu
Kg	volume besi
	volume baja

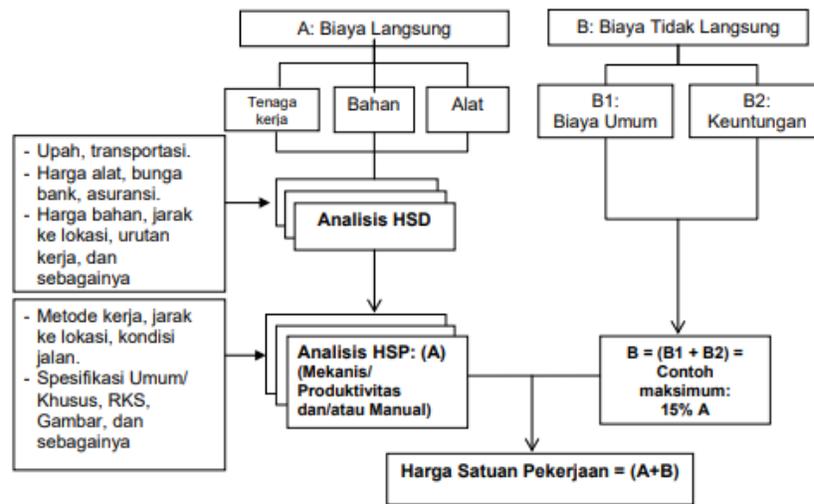
Satuan	Penggunaan
m ²	volume pemasangan bata
	volume pemasangan keramik
	volume pekerjaan dinding

2.6 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Menurut permenPUPR nomor 28 tahun 2016 tentang analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum, Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) adalah perhitungan kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan, dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan atau satu jenis pekerjaan tertentu. Analisis ini digunakan sebagai suatu dasar untuk menyusun perhitungan harga perkiraan sendiri (HPS) atau *owner's estimate* (OE) dan harga perkiraan perencana (HPP) atau *engineering's estimate* (EE) yang dituangkan sebagai kumpulan harga satuan pekerjaan seluruh mata pembayaran.

Analisis harga satuan ini menetapkan suatu perhitungan harga satuan upah, tenaga kerja, dan bahan, serta pekerjaan yang secara teknis dirinci secara detail berdasarkan suatu metode kerja dan asumsi-asumsi yang sesuai dengan yang diuraikan dalam suatu spesifikasi teknik, gambar desain dan komponen harga satuan, baik untuk kegiatan rehabilitasi/pemeliharaan, maupun peningkatan infrastruktur ke-PU-an.

Harga satuan pekerjaan terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Komponen biaya langsung terdiri atas upah, bahan dan alat, sedangkan komponen biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum atau overhead dan keuntungan.



Gambar 2. 5 Analisa harga satuan pekerjaan

2.6.1 Harga Satuan Dasar (HSD)

Harga Satuan Dasar (HSD) adalah harga komponen dari mata pembayaran dalam satuan tertentu, misalnya: bahan (m, m², m³, kg, ton, zak, dan sebagainya), peralatan (unit, jam, hari, dan sebagainya, dan upah tenaga kerja (jam, hari, bulan, dan sebagainya).

A. Harga satuan dasar tenaga kerja

Harga satuan dasar tenaga kerja adalah komponen tenaga kerja berupa upah yang digunakan dalam mata pembayaran tergantung pada jenis pekerjaannya. 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.

Suatu produksi jenis pekerjaan yang menggunakan tenaga manusia pada umumnya dilaksanakan oleh perorangan atau kelompok kerja dilengkapi dengan peralatan yang diperlukan berdasarkan metode kerja yang ditetapkan yang disebut alat bantu (contoh: sekop, palu, gergaji, dan sebagainya) serta bahan yang diolah.

Biaya tenaga kerja standar dapat dibayar dalam sistem hari orang standar atau jam orang standar. Besarnya sangat dipengaruhi oleh jenis pekerjaan dan lokasi pekerjaan. Secara lebih rinci faktor tersebut dipengaruhi antara lain oleh:

- Keahlian tenaga kerja.
- Jumlah tenaga kerja.
- Faktor kesulitan pekerjaan.
- Ketersediaan peralatan.
- Pengaruh lamanya kerja.
- Pengaruh tingkat persaingan tenaga kerja.

B. Harga satuan dasar alat

Harga satuan dasar alat adalah besarnya biaya yang dikeluarkan pada komponen biaya alat yang meliputi biaya pasti dan biaya tidak pasti atau biaya operasi per satuan waktu tertentu, untuk memproduksi satu satuan pengukuran pekerjaan tertentu. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar alat antara lain:

- Jenis peralatan
- Efisiensi kerja.
- Kondisi cuaca.
- Kondisi medan.
- Jenis material/bahan yang dikerjakan.

C. Harga satuan dasar bahan

Harga satuan dasar bahan adalah besarnya biaya yang dikeluarkan pada komponen bahan untuk memproduksi satu satuan pengukuran pekerjaan tertentu. Terdapat beberapa Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar bahan antara lain:

- Kualitas.
- Kuantitas.
- 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 berfungsi untuk kontrol terhadap harga penawaran penyedia jasa.

Harga satuan dasar bahan dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu:

- Harga satuan dasar bahan baku, contoh: batu, pasir, semen, baja tulangan, dan lain-lain.
- Harga satuan dasar bahan olahan, contoh: agregat kasar dan agregat halus, campuran beton semen, campuran beraspal, dan lain-lain.
- Harga satuan dasar bahan jadi, seperti tiang pancang beton pracetak, panel pracetak, geosintetik dan lain-lain

2.7 Rencana Anggaran Biaya

Secara umum pengertian Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek, adalah nilai estimasi biaya yang harus disediakan untuk pelaksanaan sebuah kegiatan proyek. Namun beberapa praktisi mendefinisikannya secara lebih detail, seperti: (Siswanto & Salim, 2019)

- Dikutip dalam buku manajemen konstruksi, menurut Sugeng Djojowiriono, 1984, Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.
- Dikutip dalam buku manajemen konstruksi, menurut Ir. A. Soedradjat Sastraatmadja, 1984, dalam bukunya "Analisa Anggaran Pelaksanaan", bahwa Rencana Anggaran Biaya (RAB) dibagi menjadi dua, yaitu rencana anggaran terperinci dan rencana anggaran biaya kasar.
- Dikutip dalam buku manajemen konstruksi, menurut J. A. Mukomoko, dalam bukunya Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan, Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek adalah perkiraan nilai uang dari suatu kegiatan (proyek) yang telah memperhitungkan gambar-gambar bestek serta rencana

kerja, daftar upah, daftar harga bahan, buku analisis, daftar susunan rencana biaya.

2.7.1 Kegunaan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Sebuah penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek mempunyai beberapa kegunaan, antara lain dapat dilihat di bawah ini: (Siswanto & Salim, 2019)

1. Sebagai bahan dasar usulan pengajuan proposal agar didapatkannya sejumlah alihan dana bagi sebuah pelaksanaan proyek dari pemerintah pusat ke daerah pada instansi-instansi tertentu.
2. Sebagai standar harga patokan sebuah proyek yang dibuat oleh stakes holder dalam bentuk owner estimate (OE)
3. Sebagai bahan pembanding harga bagi stakes holder dalam menilai tingkat kewajaran owner estimate yang dibuatnya dalam bentuk engineering estimate (EE) yang dibuat oleh pihak konsultan.
4. Sebagai rincian item harga penawaran yang dibuat kontraktor dalam menawar pekerjaan proyek.
5. Sebagai dasar penentuan kelayakan ekonomi teknik sebuah investasi proyek sebelum dilaksanakan pembangunannya.

2.7.2 Komponen Penyusun RAB

Rencana Anggaran Biaya (RAB) jika dirumuskan secara umum merupakan total penjumlahan dari hasil perkalian antara volume suatu item pekerjaan dengan harga satuan.

$$RAB = \Sigma [volume \times harga \text{ satuan pekerjaan}]$$

Adapun penjelasan secara rinci mengenai komponen-komponen penyusun dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek adalah sebagai berikut: (Siswanto & Salim, 2019)

1. Komponen biaya langsung (*Direct Cost*) Biaya langsung atau direct cost merupakan seluruh biaya permanen yang melekat pada hasil akhir konstruksi sebuah proyek. Biaya langsung terdiri dari:

- a. Biaya bahan/material: Merupakan harga bahan atau material yang digunakan untuk proses pelaksanaan konstruksi, yang sudah memasukan biaya angkutan, biaya loading dan unloading, biaya pengepakkan, penyimpanan sementara di gudang, pemeriksaan kualitas dan asuransi
 - b. Upah Tenaga Kerja: Biaya yang dibayarkan kepada pekerja/buruh dalam menyelesaikan suatu jenis pekerjaan sesuai dengan keterampilan dan keahliannya.
 - c. Biaya Peralatan Biaya: yang diperlukan untuk kegiatan sewa, pengangkutan, pemasangan alat, memindahkan, membongkar dan biaya operasi, juga dapat dimasukkan upah dari operator mesin dan pembantunya.
2. Komponen biaya tidak langsung (*Indirect Cost*) Biaya tidak langsung atau indirect cost adalah biaya yang tidak melekat pada hasil akhir konstruksi sebuah proyek tapi merupakan nilai yang dipungut karena proses pelaksanaan konstruksi proyek. Biaya tidak langsung terdiri dari:
- a. Overhead umum: Overhead umum biasanya tidak dapat segera dimasukkan ke suatu jenis pekerjaan dalam proyek itu, misalnya sewa kantor, peralatan kantor dan alat tulis menulis, air, listrik, telepon, asuransi, pajak, bunga uang, biaya-biaya notaris, biaya perjalanan dan pembelian berbagai macam barang-barang kecil.
 - b. Overhead proyek: Overhead proyek ialah biaya yang dapat dibebankan kepada proyek tetapi tidak dapat dibebankan kepada biaya bahan-bahan, upah tenaga kerja atau biaya alat-alat seperti misalnya; asuransi, telepon yang dipasang di proyek, pembelian tambahan dokumen kontrak pekerjaan, pengukuran (survey), surat-surat ijin dan lain sebagainya. Jumlah overhead dapat berkisar antara 12 sampai 30%.
 - c. Profit: Merupakan keuntungan yang didapat oleh pelaksana kegiatan proyek (kontraktor) sebagai nilai imbal jasa dalam proses

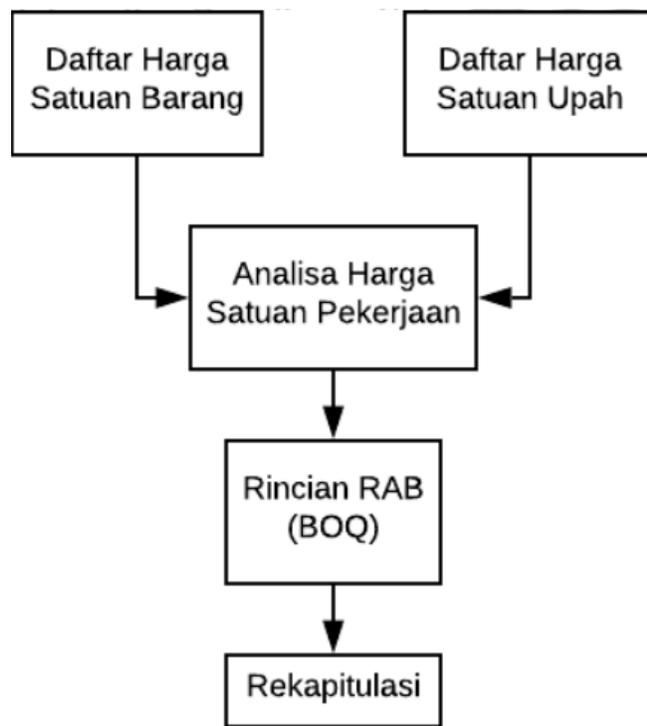
pengadaan proyek yang sudah dikerjakan. Secara umum keuntungan yang diset oleh kontraktor dalam penawarannya berkisar antara 10 % sampai 12 % atau bahkan lebih, tergantung dari keinginan kontraktor.

- d. Pajak: Berbagai macam pajak seperti PPN, PPh dan lainnya atas hasil operasi perusahaan.

2.7.3 Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut: (Erviyanto, 2005)

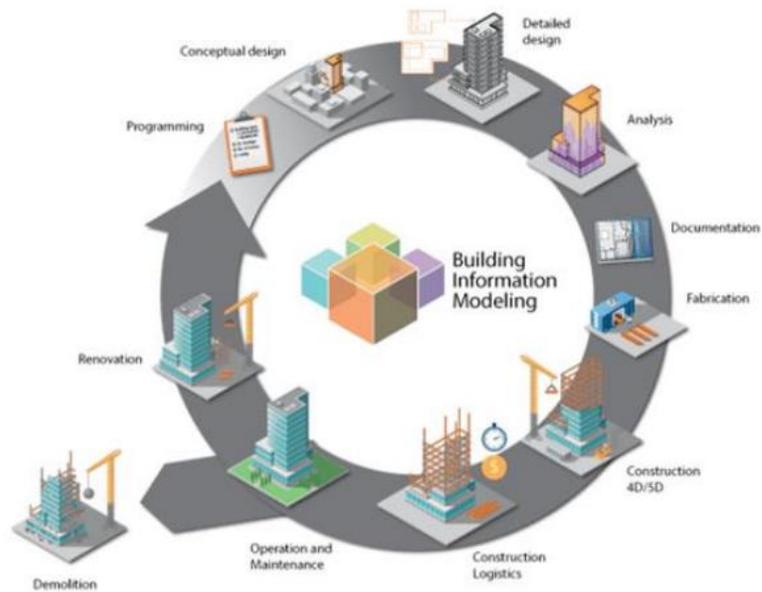
- Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
- Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh pembuat anggaran.
- Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- Membuat rekapitulasi.



Gambar 2. 6 Tahap penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

2.8 Building Information Modelling (BIM)

BIM adalah representasi digital dari karakter fisik dan karakter fungsional suatu bangunan (atau objek BIM). Karena itu, di dalamnya terkandung semua informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan, sejak konsep hingga demolisi. (PUPR, 2018)



Gambar 2. 7 Siklus konstruksi dengan menggunakan BIM

2.8.1 Manfaat BIM

Keuntungan penerapan BIM adalah sebagai berikut: (PUPR, 2018)

- Meningkatkan produktivitas karena adanya koordinasi dan kolaborasi informasi yang terintegrasi satu sama lainnya (*collaboration management*)
- Mendeteksi mitigasi/mengurangi risiko dalam proses perencanaan, ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menganalisa dampak potensial.
- Mengoptimalkan *resources* (biaya, waktu, dan SDM)
- Memproduksi gambar teknis lebih cepat dan akurat
- Meminimalisir terjadinya *variation order* (VO)

2.8.2 Dimensi BIM

Pemodelan BIM tidak hanya merepresentasikan 2D dan 3D saja, namun keluarannya dapat diperoleh 4D, 5D, 6D, dan bahkan 7D. 3D berbasis obyek pemodelan parametric, 4D adalah urutan dan penjadwalan material, pekerja, luasan area, waktu, dan lain-lain, 5D termasuk estimasi biaya dan part-lists, dan 6D mempertimbangkan dampak

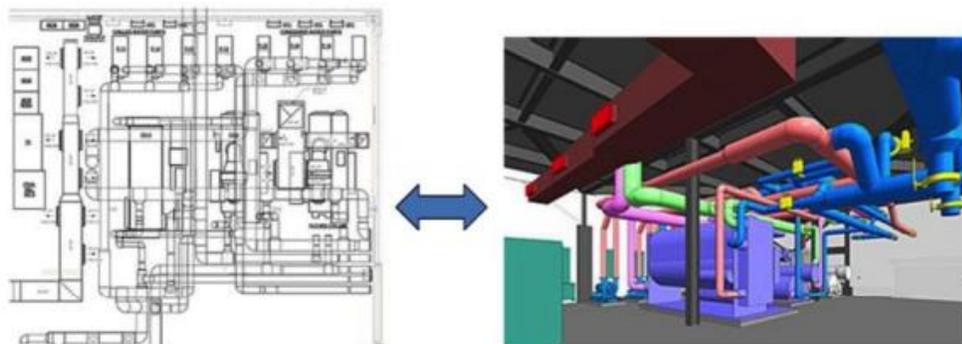
lingkungan termasuk analisis energi dan deteksi konflik, serta 7D untuk fasilitas manajemen (PUPR, 2018).



Gambar 2. 8 Dimensi BIM dari 3D sampai 7D

A. 3D (desain 3D)

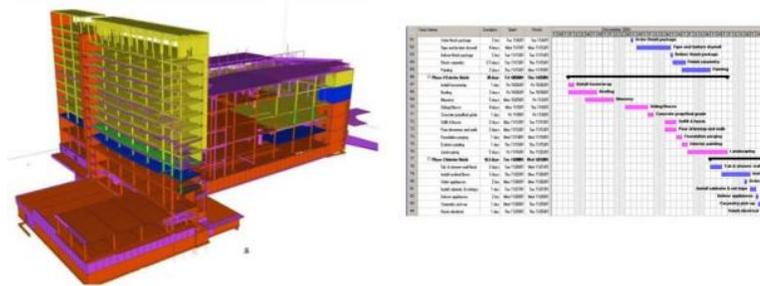
Memperlihatkan kondisi eksisting serta memvisualisasikan keluaran proyek konstruksi.



Gambar 2. 9 Desain 3D

B. 4D (time/scheduling)

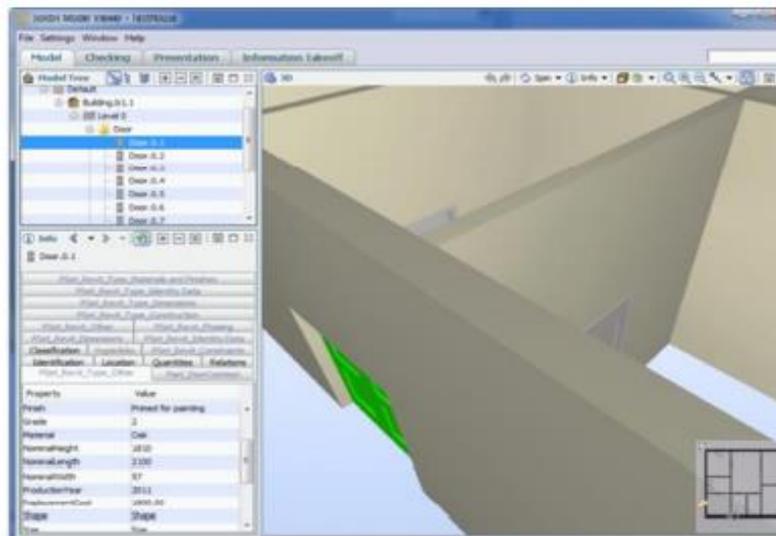
Model 4D dihasilkan dengan kemampuan memvisualisasikan urutan konstruksi, yaitu integrasi fase konstruksi proyek dan urutan ke model tiga dimensi. Dapat mengandung berbagai tingkat rincian untuk digunakan dalam berbagai fase konstruksi oleh pemilik, subkontraktor, dan lainnya.



Gambar 2. 10 Time/scheduling

C. 5D (estimasi biaya)

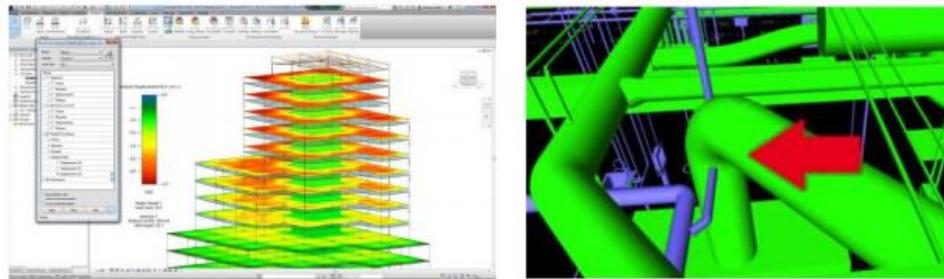
Dengan menambahkan biaya proyek terhadap model, BIM dapat mencetak Quantity Take-Off (QTO) dan biaya estimasi termasuk menyusun hubungan antara kuantitas, biaya dan lokasi.



Gambar 2. 11 Estimasi biaya

D. 6D (*sustainability*, termasuk analisis energi dan *collision detection*)

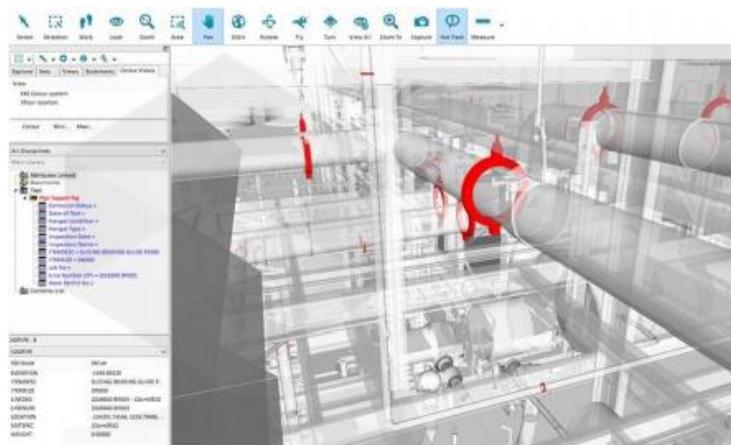
Menguji model untuk menemukan konflik tata ruang. Dalam kasus apapun, pemberitahuan otomatis akan terlihat. Selain itu dengan kemampuan analisis energi, BIM akan memberikan penggunaan dengan rinci pemodelan energi akurat.



Gambar 2. 12 Analisis energy (kiri) dan *collision detection* (kanan)

E. 7D (*facility management application*)

Digunakan oleh manajer dalam operasi dan pemeliharaan fasilitas sepanjang siklus hidupnya. Memungkinkan user untuk mengekstrak dan melacak data seperti status komponen, spesifikasi, pemeliharaan / manual operasi, data garansi dan lainnya sehingga penggantian lebih mudah dan lebih cepat. Tersedia pula proses untuk mengelola data supplier subkontraktor / dan komponen fasilitas melalui seluruh siklus hidup fasilitas.



Gambar 2. 13 *Facility management application*

2.8.3 *Level of development (LOD)*

Level Of Development (LOD) adalah referensi yang memungkinkan praktisi dalam industri konstruksi untuk menentukan dan mengartikulasikan dalam tingkat kejelasan konten dan reliability yang tinggi *Building Information Modelling (BIM)* pada berbagai tahap dalam desain dan proses konstruksi.

A. LOD 100

Elemen Model dapat ditampilkan secara grafis dalam Model dengan simbol atau representasi generik lainnya, tetapi tidak memenuhi persyaratan untuk LOD 200. Terkait dengan Elemen Model (yaitu biaya per kaki persegi, tonase HVAC, dll.) dapat diturunkan dari Elemen Model lainnya.

B. LOD 200

Elemen Model secara grafis diwakili dalam Model sebagai sistem umum, objek, atau perakitan dengan perkiraan jumlah, ukuran, bentuk, lokasi, dan orientasi. Informasi non-grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

C. LOD 300

Elemen Model secara grafis direpresentasikan dalam Model sebagai sistem, objek atau perakitan spesifik dalam hal kuantitas, ukuran, bentuk, lokasi, dan orientasi. Informasi non-grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

D. LOD 400

Elemen Model secara grafis direpresentasikan dalam Model sebagai sistem, objek, atau perakitan tertentu dalam hal kuantitas, ukuran, bentuk, orientasi, dan antarmuka dengan sistem bangunan lain. Informasi nongrafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

E. LOD 500

Elemen Model secara grafis diwakili dalam Model sebagai sistem, objek atau perakitan tertentu dalam hal ukuran, bentuk, lokasi, kuantitas, dan orientasi dengan detail, informasi fabrikasi, perakitan, dan pemasangan. Informasi non-grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

2.9 Autodesk revit

Autodesk revit adalah pemodelan informasi 3D (BIM) membangun perangkat lunak yang digunakan dalam industri bangunan dan konstruksi baja dan beton detail. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk membuat dan mengelola model struktural 3D dalam beton atau baja, dan menuntun mereka melalui proses dari konsep fabrikasi. Model revit dapat digunakan untuk membuat seluruh bangunan dari desain konseptual untuk fabrikasi, ereksi dan manajemen konstruksi.

Fungsi pemodelan (modeling) revit memungkinkan pengguna untuk:

- Melihat model *revit* (semua material dan profil)
- Membuat dan memodifikasi grid
- Membuat pengelasan
- Penambahan beban untuk model
- Membuat rebar concrete
- Membuat assemblies dari steel parts
- Membuat cast units dari concrete parts
- Membuat levels dari assembly hierarchy
- Membuat detail (steel and concrete) connections
- Membuat automatic preset connections to multiple parts
- Membuat erection sequences
- Melihat informasi model 4D (jadwal simulasi)
- Pilih dan mengelola jadwal tahap pembangunan
- Pemberian marking secara otomatis

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Anfasa Tifani Mahendra Dalam “Analisis Rencana Anggaran Biaya Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) Pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium V Di Malang” pada tahun 2020, didapatkan besar perbedaan antara volume dari data RAB proyek dengan *Tekla Structure* sebesar 21.604

m³ dengan presentase berkisar dari 0-44,70% dan total perbedaan presentase dari kedua perhitungan adalah 2,83%. Hasil perhitungan biaya perhitungan menggunakan volume dari *Tekla Structure* adalah sebesar Rp. 4.450.407.000, dan memiliki selisih perbedaan antara RAB proyek dengan *Tekla Structure* sebesar Rp. 37.672.000.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aryasuta Akbar Gilang Remansyah dalam “Analisis Rencana Anggaran Biaya Berbasis *Building Information Modelling* (BIM) Pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium X Di Malang” pada tahun 2020, hasil perhitungan dari *Tekla Structure* 2018 hampir sama dengan perbedaan sebesar 5,18%, sedangkan mayoritas jumlah volume setiap item pekerjaan dari RAB lebih besar dibandingkan dengan volume hasil *Tekla Structure*. Hasil perhitungan biaya perhitungan menggunakan volume dari *Tekla Structure* adalah sebesar Rp. 2.000.595.967, dan memiliki selisih perbedaan antara RAB proyek dengan *Tekla Structure* sebesar Rp. 265.663.027.