

2 LANDASAN TEORI

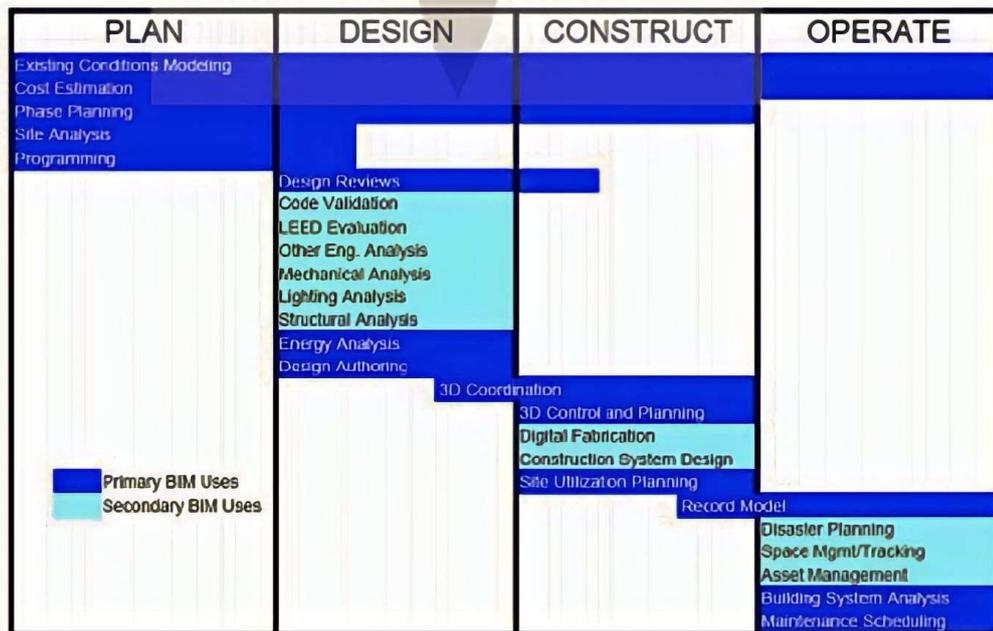
2.1 *Building Information Modeling (BIM)*

2.1.1 **Pengertian *Building Information Modeling (BIM)***

Building Information Modeling (BIM) adalah salah satu teknologi di bidang AEC (*Arsitektur, Engineering dan Construction*) yang mampu mensimulasikan seluruh informasi di dalam proyek pembangunan ke dalam 3D, 4D, 5D 6D. BIM ini menghasilkan dan mengelola data suatu bangunan selama siklus hidupnya. Proses produksi BIM meliputi geometri bangunan, hubungan ruang, informasi geografis, serta kuantitas dan kualitas komponen bangunan. BIM dapat digunakan untuk menunjukkan segala siklus hidup bangunan seperti proses konstruksi dan operasi fasilitas. Kuantitas dan kualitas dari suatu material dapat digali dengan mudah. Lingkup kerja dapat dibagi, dipisahkan dan ditentukan. Konsep BIM menggambarkan konstruksi secara virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya, untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah dan menganalisa keadaan. BIM juga dapat mencegah kesalahan dengan memungkinkan konflik atau benturan deteksi dimana model komputer visual memberikan gambaran kepada tim dimana bagian – bagian dari bangunan.

2.1.2 **Penggunaan BIM Dalam Manajemen Kontruksi**

Menurut (Hergunsel, 2011) ada banyak kegunaan dari *Building Information Modeling* untuk setiap proyek, seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2. 1 Penggunaan Building Information Modeling

BIM dapat mendukung dan meningkatkan praktik bisnis industri *Architect Engineer and Construction* (AEC). Menurut (Jason dan Umit, 2010 dalam Nelson & Tamtana, 2019) BIM sangat bermanfaat dalam bidang konstruksi salah satunya saat tahapan desain. Manfaat BIM saat mendesain yaitu:

1. Visualisasi desain yang lebih akurat
2. Tingkat koreksi tinggi ketika membuat perubahan desain
3. Menghasilkan gambar 2D yang akurat dan konsisten di setiap tahap desain
4. Memperkirakan biaya selama tahap desain
5. Meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan.

2.1.3 *Software Building Information Modeling*

Banyak software *Building Information Modeling*, berikut tabel *software* BIM dan fungsi utama yang mencakup MEP, *structural*, arsitek dan *software* 3D (Hergunsel, 2011).

Tabel 2. 1 Jenis *Software Building Information Modeling*

Nama produk	Pabrik	Fungsi utama
Cubicost TAS	Glodon	Take-off Architecture and Struktur
Cubicost TRB	Glodon	Take-off reinforcement Bar
Cubicost TME	Glodon	Take-off Mechanical and Elektrical
Cubicost TBQ	Glodon	Take-off Bill of Quantities
<i>Cadpipe HVAC</i>	<i>AEC Design Group</i>	<i>3D HVAC Modeling</i>
<i>Revit Architecture</i>	<i>Autodesk</i>	<i>3D Architectural Modeling and Parametic Design</i>
<i>AutoCAD Architure</i>	<i>Autodesk</i>	<i>3D Architectural Modeling and parametric design</i>
<i>Revit Structure</i>	<i>Autodesk</i>	<i>3D Architectural Modeling and parametric design</i>
<i>Revit MEP</i>	<i>Autodesk</i>	<i>3D Detailed MEP Modeling</i>
<i>AutoCAD MEP</i>	<i>Autodesk</i>	<i>3D MEP Modeling</i>
<i>AutoCAD Civil 3D</i>	<i>Autodesk</i>	<i>Site Development</i>
<i>Tekla Structures</i>	<i>Tekla</i>	<i>3D Detailed MEP Modeling</i>
<i>PowerCivil</i>	<i>Bentley Systems</i>	<i>Site Developmen</i>
<i>Site Design, Site Planning</i>	<i>Eagle Point</i>	<i>Site Developmen</i>

2.1.4 Cubicost

Cubicost adalah rangkaian aplikasi atau perangkat lunak terkini yang diproduksi oleh *Glodon Costing Solution* untuk pasar internasional. Perangkat lunak ini khusus untuk membantu perhitungan *quantity take off* dan juga *pricing*. Cubicost berasal dari dua kata, yaitu “*cube/ kubus*” dan “*cost/ biaya*”. Kubus mencerminkan bahwa produk ini menerapkan *Building Information Modeling* (BIM) sebagai teknologi inti, sedangkan ‘Biaya’ menunjukkan peran dari perangkat lunak ini yaitu memberikan solusi pada perhitungan pembiayaan.

Cubicost ini sangat berguna untuk bagian *QS Engineer* dan *Estimator*, karena dengan memanfaatkan perangkat lunak ini dapat menghasilkan ketepatan perhitungan yang akurat. *Glodon Costing Solution* dalam membantu bidang tersebut, menyediakan Cubicost terdiri dari empat series, dengan setiap seriesnya memiliki fokus fungsi masing-masingnya dalam membantu perhitungan *quantity* dan menghitung pembiayaan konstruksi. Berikut ini merupakan jenis serial Cubicost

yang disediakan oleh *Glodon Costing Solution*:

1. Cubicost *Take-off Architecture and Structure* (TAS), digunakan khusus untuk *take-off quantity* pada elemen arsitektur, struktur serta finishingnya.
2. Cubicost *Take-off reinforcement Bar* (TRB), digunakan khusus untuk *take-off quantity* pada elemen pembesian dengan detail dan akurat.
3. Cubicost *Take-off Mechanical & Electrical* (TME), digunakan khusus untuk membantu *take-off quantity* mekanikal, termasuk pada elemen elektrikal dan plumbing-nya.
4. Cubicost *Take-off Bill of Quantities* (TBQ), digunakan khusus dalam pembuatan *Bill of Quantity* dan pembiayaan pada konstruksi.

Semua produk Cubicost diatas berfokus pada kebutuhan bisnis survei kuantitas yang berbeda. Semuanya secara bersama-sama bisa mencakup persyaratan umum dalam bisnis estimasi biaya konstruksi. Hasilnya, estimasi biaya pun lebih efisien, akurat, dan professional. Cara ini lebih efektif dibanding memakai metode tradisional.

2.1.5 *Quantity Take off* BIM

Quantity Take off adalah salah satu pekerjaan dasar yang dibutuhkan dalam manajemen konstruksi seperti perkiraan biaya dan penjadwalan dimana keakuratannya dapat mempengaruhi analisis secara keseluruhan. Proses *quantity take off* dengan cara tradisional dilakukan dengan menghitung manual semua jumlah elemen dari gambar 2D dan 3D yang tersedia dan diinput datanya ke software spreadsheet seperti Microsoft Excel sehingga sangat rawan sekali terjadi kesalahan. Sedangkan dengan menggunakan BIM, proses *quantity take off* dilakukan dengan otomatis dan menghasilkan jumlah volume dari material dengan akurat sesuai dengan yang terdapat pada model 3D bangunan.

Quantity take off berbasis BIM merupakan salah satu fitur yang terdapat di hampir semua *software* BIM seperti pada Cubicost TAS dan TRB. Untuk menghasilkan *quantity take off* yang akurat perlu dilakukan pemodelan yang cukup detail pula sehingga hasil *quantity take off* dapat memberikan informasi secara keseluruhan. Sebagai gambaran, pada Cubicost TAS dan TRB jika kita memasukan data secara lengkap dan konsisten, maka hasil dari *quantity take off* dapat menunjukkan dengan detail mulai dari bagian struktur yang ditunjuk, jumlah volume beton yang dibutuhkan, berat tulangan yang dibutuhkan, bahkan biaya yang harus dikeluarkan.

(Hafez et al., 2015) dalam penelitiannya berjudul *Construction Cost Prediction by Using Building Information Modeling* melakukan perbandingan hasil *quantity take off* dari 3 (tiga) metode, yang pertama adalah perhitungan manual yang dilakukan dengan menghitung volume dari gambar 2D dibantu oleh Microsoft Excel, metode kedua adalah dengan melakukan perhitungan manual namun

menggunakan desain 3D, dan metode yang terakhir adalah perhitungan dengan menggunakan bantuan *tools quantity take off* yang terdapat pada *software* BIM.

Dari penelitian tersebut didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Penelitian *Quantity Take Off*

Metode Estimasi	Metode 1	Metode 2	Metode 3
Waktu Perhitungan (menit)	125	97	85
Hasil Sesungguhnya	71222606		
Hasil Perhitungan	766052	748237	744674
Deviasi (%)	7.5%	5.0%	4.5%

Penelitian tersebut, didapat hasil bahwa metode yang menggunakan BIM dibantu dengan fitur *quantity take off* dan *calculation* mendapat hasil terbaik mulai dari waktu pelaksanaan perhitungannya serta deviasinya.

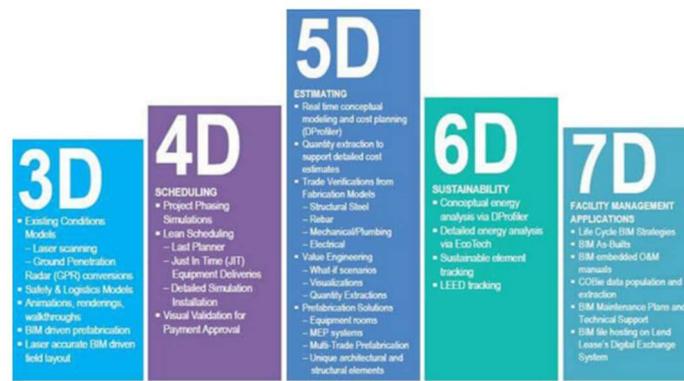
2.1.6 Manfaat Building Information Modeling (BIM)

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

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

2.1.7 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. 2 Dimensi BIM dari 3D sampai 7D

Sumber: (PUPR, 2018)

1. 3D (Desain Virtual 3D)

Memperlihatkan kondisi eksisting serta memvisualisasikan keluaran proyek konstruksi.

2. 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.

3. 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

4. 6D (*Sustainability*, termasuk *collision detection and energy analysis*)

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

5. 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.

2.2 Perencanaan Biaya Proyek

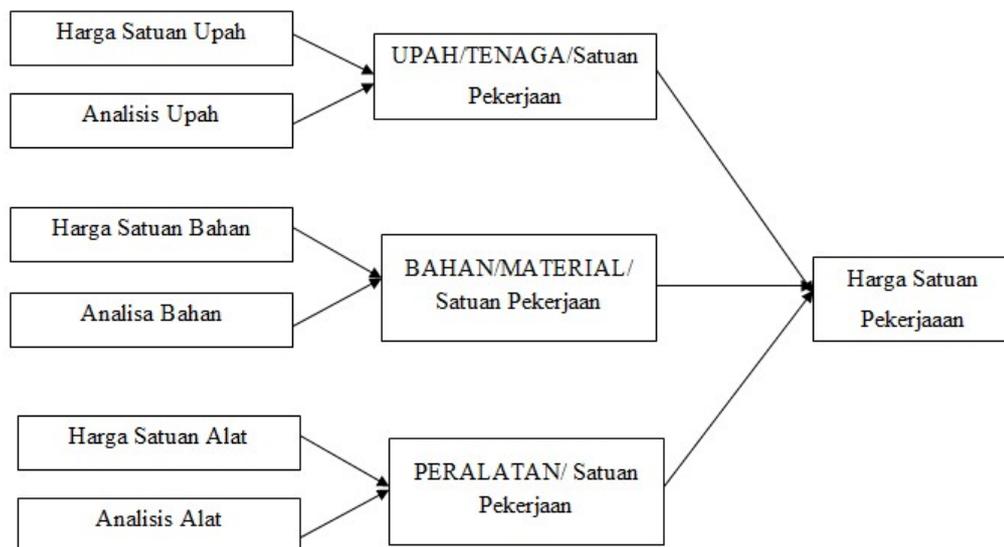
2.2.1 Harga Satuan Pekerja

Berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu

bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga bahan dan upah tenaga kerja dipasaran da lokasi pekerjaan.

Menurut (Ashworth, 1988 dalam Sekarsari et al., 2018), analisis harga satuan pekerjaan merupakan nilai biaya material dan upah tenaga kerja untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan tertentu. Baik BOW maupun SNI masing-masing menetapkan koefisien/indeks pengali untuk material dan upah tenaga kerja per satu satuan pekerjaan. Harga bahan yang diperoleh di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan Daftar Harga Bahan. Setiap bahan atau material mempunyai jenis dan kualitas sendiri. Hal ini menjadi harga material tersebut beragam. Analisa harga satuan bahan merupakan proses perkalian antara indeks bahan dan harga bahan sehingga diperoleh nilai Harga Satuan Bahan.

Skema harga satuan pekerjaan, yang dipengaruhi oleh faktor bahan/material, upah tenaga kerja dan peralatan dapat dirangkum sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Skema Harga Satuan Pekerjaan

Skema diatas dijelaskan bahwa untuk mendapatkan harga satuan pekerjaan maka harga satuan bahan, harga satuan tenaga, dan harga satuan alat harus diketahui terlebih dahulu yang kemudian dikalikan dengan koefisien yang telah ditentukan sehingga akan didapatkan perumusan sebagai berikut.

Upah: harga satuan upah × koefisien (analisis upah)

Bahan : harga satuan bahan × koefisien (analisa bahan)

Alat : harga satuan alat × koefisien (analisa alat)

Maka didapat:

Harga Satuan Pekerjaan = Upah + Bahan + Peralatan.....2. 1

Contoh penggunaan standar untuk menghitung harga satuan pekerjaan.

Tabel 2. 3 Pekerjaan Lapisan Fondasi Agregat Kelas A

No.	Uraian / Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah
A.	TENAGA				
1.	Pekerja	jam	0,0496	4.567,3112	226,5386
2.	Mandor	jam	0,0071	7.281,2923	51,6971
	Jumlah Tenaga Kerja (Org)				278,2357
B.	BAHAN				
1.	Agregat A	M ³	1,2586	198.215,2843	249.473,7568
	Jumlah Harga Bahan (M ³)				249.473.7568
C.	PERALATAN				
1.	<i>Wheel Loader</i>	Jam	0,0071	253.964,9423	1.799,8934
2.	<i>Dump Truck</i>	Jam	0,5022	212.812,5315	106.868,9454
3.	<i>Motor Grader</i>	Jam	0,0043	327.468,6123	1.394,8412
4.	<i>Tandem Roller</i>	Jam	0,0134	379.339,7845	5.078,1854
5.	<i>Water Tanker</i>	Jam	0,0141	155.193,0212	2.181,4367
6.	Alat Bantu	Ls	1,0000	0,000	0,0000
	Jumlah Harga Peralatan				117.323,2812
D.	Jumlah harga tenaga, bahan dan peralatan (A+B+C)				367.081,5214
E.	<i>Overhead & profit (15% x D)</i>				55.062,2342
F.	Harga Satuan Pekerja (D + E)				422.143,7587

Besarnya harga satuan pekerjaan tergantung dari besarnya harga satuan bahan, harga satuan upah dan harga satuan alat dimana harga satuan bahan tergantung pada ketelitian dalam perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap jenis pekerjaan. Penentuan harga satuan upah tergantung pada tingkat produktivitas dari pekerja dalam menyelesaikan pekerjaan. Harga satuan alat baik sewa ataupun investasi tergantung dari kondisi lapangan, kondisi alat, metode pelaksanaan, jarak angkut dan pemeliharaan jenis alat itu sendiri.

2.2.2 Analisa Bahan Upah

Analisa bahan suatu pekerjaan, ialah yang menghitung banyaknya/volume masing-masing bahan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan. Sedangkan, yang dimaksud dengan analisa upah suatu pekerjaan ialah, menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut (Ibrahim, 1993).

Prinsip yang mendasar pada metode SNI adalah, daftar koefisien bahan, upah dan alat sudah ditetapkan untuk menganalisa harga atau biaya yang diperlukan dalam membuat harga satu satuan pekerjaan bangunan. Dari ketiga koefisien tersebut akan didapatkan kalkulasi bahan-bahan yang diperlukan, kalkulasi upah yang mengerjakan, serta kalkulasi peralatan yang dibutuhkan. Komposisi perbandingan dan susunan material, upah tenaga dan peralatan pada satu pekerjaan sudah ditetapkan, yang selanjutnya dikalikan dengan harga material, upah dan peralatan yang berlaku dipasaran.

Data kegiatan tersebut di atas, menghasilkan produk sebuah analisa yang dikukuhkan sebagai Standar Nasional Indonesia (SNI) pada tahun 1991- 1992, dan

pada tahun 2001 hingga sekarang, SNI ini disempurnakan dan diperluas sasaran analisa biayanya.

2.2.3 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi dengan Rencana Anggaran Biaya atau yang sering kita sebut RAB pada sebuah proyek merupakan proses perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan untuk biaya bahan, upah serta biaya-biaya tidak langsung yang berkaitan dengan pelaksanaan proyek yang dihitung secara teliti, cermat dan sesuai dengan persyaratan (Ibrahim, 1993 dalam Huzaini, 2021). Dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan. Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediaannya akan berakibat kurang baik pada pihak - pihak yang terlibat di dalamnya.

Dari beberapa studi literatur, menurut (Soedrajat, 1984 dalam Ghassani et al., n.d.) RAB dibagi menjadi dua, yaitu rencana anggaran terperinci dan rencana anggaran kasar.

1. Rencana Anggaran Biaya Kasar

Merupakan rencana anggaran biaya sementara dimana pekerjaan dihitung tiap ukuran luas. Pengalaman kerja sangat mempengaruhi penafsiran biaya secara kasar, hasil dari penafsiran ini apabila dibandingkan dengan rencana anggaran yang dihitung secara teliti didapat sedikit selisih

2. Rencana Anggaran Biaya Terperinci

Dilaksanakan dengan menghitung volume dan harga dari seluruh pekerjaan yang dilaksanakan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara memuaskan.

Cara perhitungan pertama adalah dengan ga satuan, dimana semua harga satuan dan volume tiap jenis pekerjaan dihitung. Yang kedua adalah dengan harga seluruhnya, kemudian dikalikan dengan harga serta dijumlahkan seluruhnya.

Kemudian menurut (Mukomoko, 1987 dalam Ghassani et al., n.d.), RAB Proyek adalah perkiraan uang yang digunakan dalam suatu kegiatan (proyek) yang memperhitungkan gambar kerja serta bestek, upah, harga bahan, hingga jenis pekerjaan yang akan dikerjakan. Sebuah penyusunan RAB Proyek mempunyai beberapa kegunaan, antara lain:

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

Seperti yang telah disinggung pada bagian diatas, maka jika dirumuskan secara umum RAB Proyek merupakan total penjumlahan dari hasil perkalian antara

volume suatu item pekerjaan dengan harga satuannya. Bahasa sistematis yang dapat dituliskan adalah sebagai berikut:

$$\text{RAB} = \sum (\text{volume}) \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \dots\dots\dots 2. 2$$

- Tahapan Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data di lapangan dan pengecekan gambar kerja tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu. Gambar kerja adalah dasar untuk menentukan pekerjaan apa saja yang ada dalam komponen bangunan yang akan dikerjakan. Dari gambar akan didapatkan ukuran, bentuk dan spesifikasi pekerjaan serta penyusunan metode pelaksanaan konstruksi yang akan dilakukan nantinya di lapangan
 2. Melakukan perhitungan volume, perhitungan volume adalah menghitung banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan pekerjaan.
 3. 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.
 4. Melakukan perhitungan analisa bahan, upah, dan alat dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran
- Analisa Bahan
Analisa bahan suatu pekerjaan adalah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan untuk setiap aktifitas, serta biaya yang dibutuhkan
 - Analisa Upah

Menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan untuk setiap kegiatan serta besar biaya yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut

- Analisa Alat

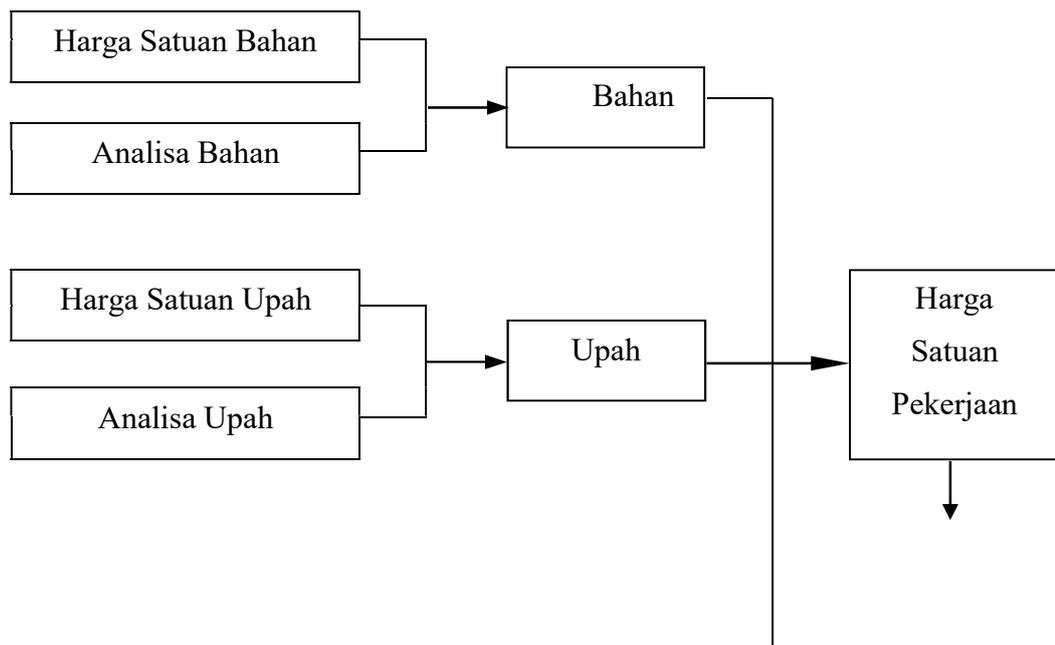
Analisa terhadap peralatan yang dibutuhkan dalam setiap pekerjaan dalam suatu proyek dimana digunakan alat-alat yang membutuhkan biaya.

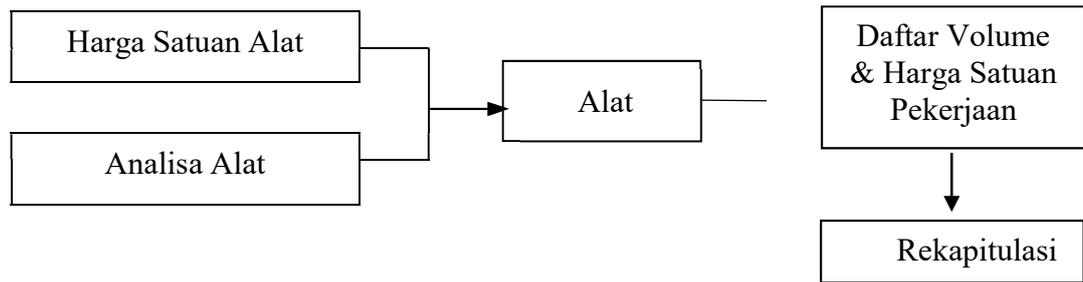
5. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan yang memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan. Analisa Harga Satuan Pekerjaan adalah Analisa terhadap harga satuan pekerjaan merupakan penjumlahan dari harga satuan bahan dengan harga satuan upah.

6. Membuat Rekapitulasi

Rekapitulasi adalah jumlah masing – masing sub item pekerjaan dan kemudian ditotalkan sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan.

Tahapan penyusunan rencana anggaran biaya (RAB) dapat dilihat pada gambar 2.4:





Gambar 2. 4 Tahapan penyusunan rencana anggaran biaya (RAB)

- Kendala – Kendala Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam melakukan penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sering dijumpai beberapa permasalahan atau kendala, diantaranya:

1. Memilih Metode Kerja

Dalam setiap pekerjaan pada umumnya terdiri dari beberapa metode kerja. Sehingga harus dicari solusi dan dipilih metode kerja yang paling ekonomis.

2. Kebutuhan Tenaga Kerja

Untuk mengasumsikan kebutuhan tenaga kerja, biasanya didasarkan hasil kinerja pekerjaan sebelumnya dengan pekerjaan yang sejenis. Dengan demikian dokumentasi pekerjaan di lapangan sangat berguna untuk membantu para estimator dalam menganalisa proyek berikutnya.

3. Upah Tenaga Kerja

Biaya perkiraan untuk menghitung upah tenaga kerja antara lain mandor, kepala tukang, tukang dan buruh (pekerja kasar). Biaya upah tenaga kerja ini akan bervariasi tergantung pekerjaan, keahlian, peraturan upah minimum, kondisi pasar dan sebagainya.

4. Biaya Material

Biaya material dapat diperkirakan dengan tepat apabila material tersebut tersedia dan banyak dijual di pasaran. Jumlah material yang diperlukan harus

dihitung berdasarkan gambar kerja dan tidak tergantung pada kinerja tukang atau metode kerja. Akan tetapi juga diperkirakan material yang terbuang, faktor ini sangat bervariasi dan tergantung pada kinerja dan prosedur kerja yang dipakai oleh tukang.

5. Biaya *Overhead* dan Keuntungan

Biaya ini akan tergantung pada kebijakan perusahaan, kondisi pasar, dan banyak variabel lainnya.

2.3 Produktifitas

2.3.1 Pengertian Produktifitas

Pengertian dari produktifitas sangatlah berbeda dengan produksi. Orang sering menghubungkan pengertian antara produktivitas dengan produksi, hal ini disebabkan karena produksi nyata dan langsung terukur. Produksi merupakan aktivitas untuk menghasilkan barang dan jasa, sedangkan produktivitas berkaitan erat dengan penggunaan sumber daya untuk menghasilkan barang dan jasa. Jika produksi hanya memandang dari sisi output, maka produktivitas memandang dari dua sisi sekaligus, yaitu sisi input dan sisi output. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa produktivitas berkaitan dengan efisiensi penggunaan input dalam memproduksi output secara efektif. Produktivitas sebenarnya juga menyangkut aspek yang luas, seperti modal, biaya, tenaga kerja, alat dan teknologi. Beberapa pengertian produktivitas dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menurut *Organization For Economic and Development* (OECD), menyatakan bahwa pada dasarnya produktivitas adalah output dibagi dengan elemen produksi yang dimanfaatkan.

2. Menurut *International Labour Organization* (ILO), pada dasarnya produktivitas adalah perbandingan antara elemen-elemen produksi dengan yang dihasilkan. Elemen-elemen tersebut berupa tanah, tenaga kerja, modal dan organisasi.
3. Menurut *European Productivity Agency* (EPA), produktivitas adalah tingkat efektivitas pemanfaatan setiap elemen produktivitas.
4. Menurut formulasi dari *National Productivity Board*, Singapura, pada dasarnya produktivitas adalah sikap mental yang mempunyai semangat untuk bekerja keras dan ingin memiliki kebiasaan untuk melakukan peningkatan perbaikan.

Sesuai dengan laporan Dewan Produktivitas Nasional (DPN), produktivitas mengandung pengertian sikap mental yang selalu mempunyai pandangan bahwa kualitas kehidupan hari ini harus lebih baik dari kemarin dan hari esok lebih baik dari hari ini.

Dari berbagai pengertian produktivitas di atas, secara umum produktivitas mengandung pengertian perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan keseluruhan sumber daya yang digunakan (input).

$$\text{Indeks Produktivitas} = \frac{\text{jumlah jam orang yang sesungguhnya digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu}}{\text{jumlah jam orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan indentik pada kondisi standar}} \dots 2.3$$

Dari rumus produktivitas diatas dapat dibuat suatu wujud peningkatan produktivitas yaitu:

1. Produktivitas dikatakan naik apabila input turun, outputnya tetap
2. Produktivitas dikatakan naik apabila input turun, outputnya naik

3. Produktivitas dikatakan naik apabila input tetap, outputnya naik
4. Produktivitas dikatakan naik apabila input naik, outputnya naik tetapi jumlah kenaikan output lebih besar daripada kenaikan input
5. Produktivitas dikatakan naik apabila input turun, outputnya turun tetapi jumlah penurunan output lebih kecil daripada turunnya input
5. Produktivitas didefinisikan sebagai ratio antara output dengan input, atau ratio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi ratio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material dan alat. Sukses dan tidaknya proyek konstruksi tergantung dari efektifitas penggunaan sumber daya (Erviyanto, 2004).

2.3.2 Hubungan Produktifitas Efisiensi dan Efektivitas

Efektivitas berorientasi pada hasil dan keluaran (*output*) yang lebih baik dan efisiensi berorientasi kepada *input* dan sering digunakan secara bersamaan.

Beberapa definisi efektivitas dan efisiensi:

- Efektivitas adalah derajat pencapaian *output* dari sistem produksi.
- Efisiensi adalah ukuran yang menunjuk sejauh mana sumber-sumber daya digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan *output*.

efektivitas berorientasi pada hasil atau keluaran (*output*) yang lebih baik, dan efisiensi berorientasi pada masukan (*input*) yang lebih sedikit, maka produktivitas berorientasi pada keduanya. Jika efektivitas membandingkan hasil yang dicapai, dan efisiensi membandingkan sumber daya yang digunakan, maka produktivitas membandingkan hasil yang dicapai dengan sumber daya yang digunakan.

2.4 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan penggambaran dari suatu diagram waktu untuk tiap item pekerjaan yang menentukan kapan suatu aktivitas dimulai, ditunda dan diakhiri sehingga pemakaian sumber daya dapat disesuaikan dengan waktu dan menurut kebutuhan yang telah ditentukan.

Teknik penjadwalan untuk proyek konstruksi dapat dilakukan menggunakan *Building Information Modeling* (BIM), diagram balok (*Bar Chart*), diagram jaringan (*Network*) dan yang terbaru di era sekarang ada aplikasi Primavera P6 yang dapat memudahkan kita dalam mengatur penjadwalan. Dari segi penyusunan jadwal, diagram jaringan kerja dipandang sebagai langkah penyempurnaan metode diagram balok.

2.4.1 Metode Diagram Balok (*Bar Chart*)

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (*bar chart*) atau *Gantt Chart*. *Bar chart* digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah di mengerti oleh pemakainya.

Bar Chart (bagan balok) diperkenalkan pertama kali oleh Henry L. Gantt pada tahun 1917 semasa Perang Dunia I. Oleh karena itu, *Bar Chart* sering disebut juga dengan nama *Gantt Chart* sesuai dengan nama penemunya. Sebelum ditemukannya metode ini, belum ada prosedur yang sistematis dan analitis dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek (Nur, 2021). Gantt menciptakan teknik ini untuk memeriksa perkiraan durasi tugas versus durasi aktual. Sehingga dengan melihat sekilas, pemimpin proyek dapat melihat kemajuan pelaksanaan proyek.

Sekarang ini, metode bagan balok masih digunakan secara luas dan merupakan metode yang umum digunakan sebagian besar penjadwalan dan pengendalian di industri konstruksi, terutama untuk menyusun jadwal induk suatu proyek, baik dari mulai kontraktor kecil sampai dengan kontraktor besar, dari sektor swasta sampai dengan BUMN. Menurut (Nur, 2021) metode ini dapat berdiri sendiri maupun dikombinasikan dengan metode lain yang lebih canggih.

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
2. Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan pekerjaan secara bersamaan.
3. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

2.4.2 Kurva S atau Hannum 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 (Husen & Dwi, 2009).

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 & Dwi, 2009).

2.4.3 Metode Jaringan Kerja

Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode diagram balok, karena dapat memberikan jadwal atas pertanyaan – pertanyaan yang belum terpecahkan oleh metode diagram balok, seperti tidak tercantumnya informasi mengenai perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek atau kegiatan – kegiatan yang bersifat kritis dalam hubungannya dengan penyelesaian proyek. Di samping itu jaringan kerja juga berguna untuk:

1. Menyusun urutan kegiatan yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks.
2. Membuat perkiraan jadwal yang paling ekonomis.
3. Mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya.
4. Jaringan kerja merupakan metode yang dianggap mampu menyuguhkan teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan proyek dan pada giliran selanjutnya dapat dipakai memperkirakan waktu penyelesaian proyek.

2.4.4 Oracle Primavera Project Planner P6

Primavera System Inc. merupakan perusahaan yang bergerak di bidang program (*software*) manajemen konstruksi. Perusahaan dengan program ruang lingkup yang lengkap dan terintegritas untuk perencanaan (*planning*), pengaturan

(*organizing*), pengawasan (*controlling*) dan koordinasi (*coordinating*) (Maulidy et al., 2020).

Salah satu keutamaan merencanakan penjadwalan dengan menggunakan alat bantu komputer berikut *software* penunjang adalah kemampuan mengolah data dalam jumlah besar serta dapat meminimalisir kesalahan, maka penyusunan jadwal dapat dilakukan dengan lebih cepat dan teliti.

Perangkat lunak Oracle Primavera Project Planner P6 merupakan sebuah aplikasi pengelola proyek konstruksi dengan ruang lingkup yang lengkap, terukur serta terintegrasi dalam merencanakan, pengorganisasian, serta pengawasan proyek. Aplikasi program Primavera dapat digunakan pada manajemen pengendalian proyek seperti merencanakan *schedule*, biaya, sumber daya dan tenaga kerja pada proyek berskala kecil, sedang maupun besar.

Menurut (Maulidy et al., 2020) adapun keunggulan, tahapan pengerjaan serta *output* yang diperoleh dari program ini diantaranya :

- a. Dapat mengatur informasi proyek dengan menggunakan kode-kode aktivitas, sumber daya serta tanggal sebagai kerangka struktural.
- b. Dapat digunakan pada proyek dengan 1-100.000 kegiatan per proyek.
- c. Dapat mengontrol dan membuat jadwal pekerjaan yang kompleks.
- d. Dapat mengendalikan kegiatan pada setiap sumber daya dan durasi pada setiap sumber daya.
- e. Dapat menghitung biaya per jenis pekerjaan dan biaya total proyek.
- f. Dapat mengendalikan biaya dan jadwal proyek.

Sedangkan tahapan perencanaan pada sebuah proyek konstruksi yang dapat dibuat menggunakan program Primavera P6, diantaranya:

- a. Membuat jadwal baru.
- b. Input kalender kerja proyek
- c. Memasukan data kegiatan.
- d. Input durasi kegiatan.
- e. Mengatur hubungan ketergantungan antar aktivitas.
- f. Melakukan *schedule* pekerjaan.
- g. Input daftar harga satuan bahan dan upah.
- h. Alokasi sumber daya pada setiap pekerjaan.
- i. Pengaturan kegiatan.

Data-data yang telah diperoleh, kemudian diolah, sehingga menghasilkan output diantaranya:

- a. *Lay Out Gantt Chart* (Diagram batang)
- b. *Budgeted Cost* (Anggaran biaya proyek)
- c. *Resource Profile* (Profil sumber daya)
- d. *Resource Table* (Tabel sumber daya)

Sebagai pendukung kebutuhan organisasi dalam melakukan proses manajemen waktu dan biaya, mengelola sumber daya, mengelola sejumlah proyek besar maka perangkat lunak Primavera dirancang untuk memenuhi kebutuhan tersebut.