

2 LANDASAN TEORI

2.1 *Building Information Modelling* (BIM)

Building Information Modelling (BIM) menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) bersama PP Construction & Investment dalam roadmap konstruksi digital Indonesia (2019) adalah suatu proses dalam menghasilkan dan mengelola data suatu bangunan selama siklus hidupnya. BIM menggunakan *software* 3D, *real-time* dan pemodelan bangunan dinamis untuk meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan. Proses produksi BIM yang meliputi geometri bangunan, hubungan ruang, informasi geografis, serta kuantitas dan kualitas komponen bangunan.

BIM mampu menunjukkan siklus hidup bangunan yaitu termasuk proses konstruksi dan operasi fasilitas. Kuantitas dan kualitas dari suatu material dapat digali dengan mudah. Lingkup kerja dapat dibagi, dipisahkan dan ditentukan. Pemasangan dan urutan sirkuit dapat ditampilkan dalam skala relatif oleh fasilitas atau grup fasilitas mana pun. BIM menyerukan untuk mengubah fase arsitektur tradisional dan berbagi lebih banyak data daripada yang digunakan sebagian besar arsitek dan insinyur. BIM dapat digunakan untuk membuat diagram model dari bagian sebenarnya dari sebuah bangunan.

Building Information Modelling (BIM) adalah sebuah pendekatan untuk desain bangunan, konstruksi, dan manajemen, ruang lingkup BIM ini mendukung dari desain proyek, jadwal, dan informasi-informasi lainnya secara terkoordinasi

dengan baik. Pada dasarnya, *Building Information Modelling* (BIM) ini merupakan penggabungan dari dua gagasan penting, yaitu :

1. Menjaga informasi desain kritis dalam bentuk digital, sehingga lebih mudah untuk diperbaharui dan berbagi dari perusahaan yang merencanakan dan perusahaan yang menggunakannya.
2. Membuat real-time yang berhubungan terus menerus antara data desain digital dengan inovasi-inovasi teknologi permodelan bangunan, sehingga dapat menghemat waktu dan uang serta meningkatkan produktivitas dan kualitas proyek.

Building Information Modelling (BIM) pada umumnya didefinisikan sebagai proses penciptaan hebat dilihat dari kumpulan data dari berbagai ahli / professional dalam bidang desain dan konstruksi yang dapat diolah dan dihitung dalam bentuk 3D. BIM memungkinkan untuk para perencana, *engineer*, dan kontraktor untuk memvisualisasikan seluruh lingkup dari proyek bangunannya dalam bentuk 3D. BIM juga dikenal sebagai proses menggunakan model 3D untuk meningkatkan kerjasama antar orang-orang yang melaksanakan proyek. Menggunakan pendekatan kolaboratif, antara desainer dan kontraktor dapat merencanakan output secara tepat dan rinci dari mulai lokasi yang dibutuhkan untuk pembangunan proyek hingga proyek tersebut selesai. (Korman et al., 2009)

2.1.1 Manfaat BIM

Menurut (Rayendra & Soemardi, 2014), keuntungan dari layanan *Building Information Modelling* (BIM) adalah sebagai berikut.

1. Meminimalisir desain *lifecycle* dengan meningkatkan kolaborasi antara owner, konsultan dan kontraktor.

2. Kualitas tinggi dan akurasi dokumentasi dari proses konstruksi.
3. Teknologi BIM digunakan untuk siklus hidup seluruh bangunan, termasuk fasilitas operasi dan pemeliharaan serta peningkatan manajemen konstruksi.
4. Menghasilkan produk kualitas tinggi serta meminimalisir timbulnya masalah.
5. Pemotongan biaya dan meminimalisir waste.

Manfaat *Building Information Modelling* (BIM) adalah tahap desain yaitu apabila dalam sebuah proyek bangunan arsitek harus menyeimbangkan ruang lingkup proyek antara jadwal dan biaya. Apabila terjadi perubahan dari satu variabel biaya waktu dan uang maka akan mempengaruhi hubungan antara konsultan dan klien, dengan menggunakan *Building Information Modelling* (BIM) semua informasi penting sudah tersedia, sehingga proyek yang berhubungan dengan keputusan dapat dibuat lebih cepat dan efektif.

Objek 3D dengan menggunakan BIM dapat dilihat dan diperiksa secara otomatis apabila ada kesalahan ataupun kendala, dengan kemampuan yang dimiliki oleh BIM maka kesalahan dapat berkurang, konsep dan metode BIM dipilih karena bentuk-bentuk geometri beserta sifatnya diperlakukan seperti halnya pada dunia nyata, tidak dikenal perumpamaan ataupun layering seperti halnya konsep dan metode pada perangkat CAD. BIM dapat mengubah cara AEC (tim proyek) dalam bekerja sama untuk berkomunikasi, memecahkan masalah dan membangun proyek lebih baik, lebih cepat dan dengan biaya kurang.

2.1.2 Dimensi Konstruksi BIM dan Tingkat Implementasi

BIM dianggap lebih dari sekedar teknologi biasa, melainkan cara baru untuk menangani proses pembangunan. Dengan menggunakan BIM dapat diperoleh 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D. dimensi ini sangat tergantung pada teknologi *software* yang digunakan, inti dari konsep tersebut adalah bahwa model BIM berisi informasi-informasi, model suatu objek tidak hanya geometris tetapi model tersebut juga berisi informasi tentang bahan yang digunakan, berat, biaya, waktu dan bagaimana bagian dipasang, dan lain-lain. Sebagai suatu alir kerja, BIM memiliki tahapan (dimensi) yang merepresentasikan tingkat implementasi / *maturity level* terhadap proses konstruksi. Secara umum terdapat 5 dimensi dengan penjelasan sebagai berikut.

1. 3D / *Parametric Data for Collaborative Work*

BIM 3D membantu pihak terkait proyek untuk mengelola kolaborasi multidisiplin secara lebih efektif dalam memodelkan dan menganalisis masalah spasial dan struktural yang kompleks. Manfaat dominannya adalah peningkatan visualisasi dan komunikasi maksud desain, peningkatan kolaborasi multidisiplin dan mengurangi pengerjaan ulang karena kesalahan komunikasi pada tahap desain. Ada beberapa aspek yang ada pada 3 dimensi, diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. *3D building data and information*
- b. *Existing model data*
- c. Data prefabrikasi BIM
- d. *Reinforcement and structure analysis*
- e. *Field layout and civil data*

2. 4D / *Scheduling*

BIM 4D memungkinkan untuk mengekstraksi dan memvisualisasikan progress kegiatan selama masa proyek sehingga dari pembuatan hingga pengawasan jadwal pekerjaan menjadi lebih optimal. Ada beberapa aspek yang ada pada 4 dimensi, diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Project schedule and phasing.*
- b. *Just in time schedule.*
- c. *Installation schedule*
- d. *Payment visual approval*
- e. *Last planner schedule*
- f. *Critical point*

3. 5D / *Estimating*

BIM 5D digunakan untuk pelacakan anggaran dan kegiatan biaya terkait proyek. 5D dilakukan bersamaan dengan 3D (Model) dan 4D (Waktu) memungkinkan pihak terkait proyek untuk memvisualisasikan data kemajuan kegiatan mereka dan biaya dari waktu ke waktu. Ada beberapa aspek yang ada pada 5 dimensi, diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Conceptual cost planning*
- b. *Quantity extraction to cost estimation*
- c. *Trade verification*
- d. *Value engineering*
- e. *Prefabrication*

4. 6 D / *Sustainability*

BIM 6D 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. Ada beberapa aspek yang ada pada 6 dimensi, diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Energy analysis*
- b. *Green building element*
- c. *Green building certification tracking*
- d. *Green building point tracking.*

5. 7 D / *Building Management*

BIM 7D memungkinkan pihak terkait manajemen bangunan untuk mengetahui dan melacak data aset yang relevan seperti status komponen, spesifikasi, manual pemeliharaan / operasi, data garansi dan garansi dan lain sebagainya dengan lebih detail serta relevan terhadap kondisi bangunan. Ada beberapa aspek yang ada pada 7 dimensi, diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Building life cycles*
- b. *BIM as built data*
- c. *BIM cost operation and maintenance*
- d. *BIM digital lend lease planning*

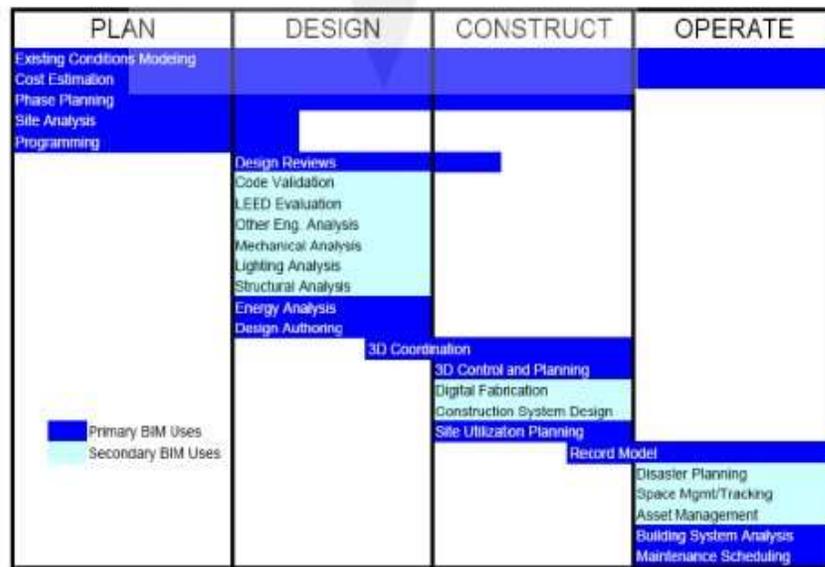
Beberapa tingkat implementasi yang berlaku di beberapa negara terkait implementasi BIM antara lain adalah sebagai berikut.

1. Level 0 BIM
 - a. Tidak ada kolaborasi.
 - b. 2D CAD untuk penggambaran dan dokumentasi (drafting).
2. Level 1 BIM
 - a. Pekerjaan desain konseptual dengan 3D model, gambar-gambar 2D CAD digunakan untuk dokumentasi, perijinan dan informasi konstruksi.
 - b. Terdapat standard CAD dan informasi dikolaborasikan dalam bentuk elektronik.
 - c. Setiap disiplin, pelaku memiliki standard sendiri-sendiri.
3. Level 2 BIM
 - a. Bekerja secara kolaborasi. Semua pelaku bekerja dengan sistem dan lingkungan sendiri namun model atau obyek dikolaborasikan.
 - b. Informasi dipertukarkan dengan protokol dan format yang disetujui (IFC atau COBie).
4. Level 3 BIM

Kolaborasi penuh antar semua disiplin dan pelaku menggunakan satu objek (shared object). Semua pelaku dapat mengerjakan, memodifikasi objek yang sama dan dinamakan sebagai Open BIM.

2.1.3 Penggunaan BIM dalam Manajemen Konstruksi

BIM memiliki banyak kegunaan bagi setiap proyek, adapun kegunaan tersebut bisa dilihat pada Gambar 2.4 Penggunaan *Building Information Modeling* (Hergunsel, 2011):



Gambar 2.1 Penggunaan *Building Information Modelling*

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.

2.1.4 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 di atas 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.

2.2 *Quantity Take Off*

Quantity take off digunakan untuk memberikan daftar semua bahan yang diperlukan untuk proyek konstruksi (Laorent et al., 2019). *Quantity take off* juga menyediakan biaya untuk setiap bahan. Ini adalah elemen dasar dari *quantity take off* konstruksi, tetapi ada baiknya untuk lebih dalam ke komponen lain dari jenis *quantity take off* ini. Bagian pertama dari *quantity take off* melibatkan menyusun daftar semua bahan yang diperlukan untuk suatu proyek. Ini akan mencakup semua bahan baku, seperti kayu, beton, aspal, dan baja. Selain bahan baku, *quantity take off* akan mencakup segala prefabrikasi dalam konstruksi yang diperlukan untuk proyek. Istilah "*quantity take off*" mengacu pada proses "*take off*" semua bahan untuk proyek dari gambar desain atau cetak biru. Sebagai bagian dari proses ini, estimator atau kontraktor perlu mencatat secara spesifik tentang setiap materi.

Diperlukan tingkat detail yang tinggi saat menghitung material dalam *quantity take off* konstruksi. Setiap bahan harus ditentukan sehingga bahan yang dipesan benar, dan agar perkiraan harga mencerminkan biaya dunia nyata. Jika estimator menghasilkan *quantity take off* secara manual, mereka harus melakukan perhitungan yang rumit. Memberikan kuantitas yang tepat untuk material sangat penting, sehingga penaksir harus terbiasa dengan kondisi konstruksi, bahan yang digunakan, dan pemahaman yang baik tentang proses konstruksi. Poin terakhir ini adalah karena *quantity take off* juga perlu memasukkan sejumlah bahan tambahan untuk memperhitungkan pemborosan selama proses konstruksi.

2.2.1 Volume Pekerjaan

Volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi volume (kubikasi) suatu pekerjaan, bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

Pada AHSP menjelaskan, volume pekerjaan disesuaikan dengan kebutuhan perkegiatan pekerjaan yang dicantumkan dalam daftar kuantitas dan harga *bill of quantity* (BOQ). Harga total keseluruhan merupakan jumlah dari seluruh hasil perkalian volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan masing-masing. Pajak pertambahan nilai (PPN) besarnya adalah 11% dari harga total keseluruhan pekerjaan.

2.3 Estimasi Biaya Proyek

Mendefinisikan estimasi sebagai kegiatan mengevaluasi segala kebutuhan biaya pada setiap elemen dalam sebuah proyek. Estimasi adalah kegiatan penaksiran yang didasarkan oleh fakta dan asumsi dari sebuah proyek. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil dari sebuah proses estimasi biaya diantaranya adalah waktu yang dialokasikan untuk persiapan estimasi, perspektif dari penyusun estimasi (kontraktor, perencana atau owner), kemampuan dari estimator, teknik estimasi yang digunakan serta akurasi biaya yang diinginkan (Westney, 1997).

Estimasi biaya proyek adalah salah satu tahap yang penting dalam manajemen proyek dikarenakan akan menjadi acuan pada tahapan *cost control* proyek. Jika estimasi biaya terlalu rendah, kontraktor dapat mengalami kerugian pada saat pelaksanaan pekerjaan, jika estimasi biaya terlalu tinggi, kontraktor juga dapat

kehilangan kontrak karna dianggap *overprice* (Lester, 2017). Tahap estimasi biaya proyek, *quantity surveyor* akan melakukan perhitungan biaya terhadap sebuah bangunan atau struktur dengan mengukur gambar perencanaan serta melakukan perhitungan biaya pada tiap satuan elemen seperti kolom, balok, tembok dan sebagainya yang dikenal dengan *bill of quantity*. BoQ yang diproduksi oleh kontraktor pada tahap awal perencanaan biasanya belum termasuk biaya pekerja, biaya *overhead* dan *profit* (Lester, 2017). Tujuan dari estimasi biaya proyek adalah sebagai berikut:

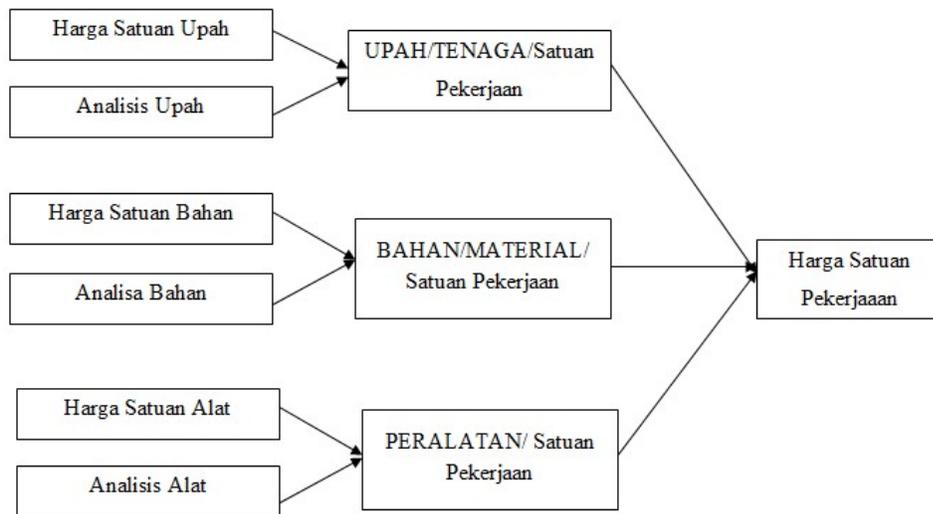
1. Menyediakan taksiran biaya modal pada pekerjaan tertentu.
2. Menjadi dasar dalam merencanakan dan mengontrol pada sebuah lingkup pekerjaan dan estimasi biaya pekerjaan tersebut.
3. Menyediakan informasi dasar yang dibutuhkan untuk perencanaan jadwal, pekerja, kebutuhan material serta alat.
4. Menyediakan kebutuhan finansial yang dibutuhkan untuk pembuatan kurva cash flow.

2.3.1 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.

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 2.2 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 2.1 Pekerjaan Lapisan Fondasi Agregat Kelas A

No.	Uraian / Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A.	TENAGA				
1.	Pekerja	Jam	0,049	4.567,31	226,53
2.	Mandor	Jam	0,007	7.281,29	51,69
	Jumlah Tenaga Kerja (org)				278,23
B.	BAHAN				
1.	Agregat A	m ³	1,258	198.215,28	249.473,75
	Jumlah Harga Bahan (m ³)				249.473,75
C.	PERALATAN				
1.	<i>Wheel Loader</i>	Jam	0,007	253.964,94	1.799,89
2.	<i>Dump Truck</i>	Jam	0,502	212.812,53	106.868,94
3.	<i>Motor Grader</i>	Jam	0,004	327.468,61	1.394,84
4.	<i>Tandem Roller</i>	Jam	0,013	379.339,78	5.078,18
5.	<i>Water Tanker</i>	Jam	0,014	155.193,02	2.181,43
6.	Alat Bantu	Ls	1,000	0,00	0,00
	Jumlah Harga Peralatan				117.323,28
D.	Jumlah harga tenaga, bahan dan peralatan (A+B+C)				367.081,52
E.	<i>Overhead & profit (15% x D)</i>				55.062,23
F.	Harga Satuan Pekerja (D + E)				422.143,75

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 (Laorent et al., 2019). Penentuan harga satuan upah tergantung pada tingkat produktivitas dari pekerja dalam menyelesaikan pekerjaan.

2.3.2 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 dalam Huzaini, 2021).

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.

2.3.3 Rencana Anggaran Biaya

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 (Howell, 1999). Perhitungan RAB secara garis besar dilakukan dengan mengalikan volume dengan harga satuan pekerjaan.

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).

Harga satuan pekerjaan merupakan hasil dari analisis yang disebut Analisis Harga Satuan Pekerjaan atau disingkat AHSP. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) menurut Permen PUPR No. 1 Tahun 2022 adalah perhitungan kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan serta peralatan dengan tujuan untuk mendapat harga satuan untuk suatu jenis pekerjaan tertentu. Harga satuan pekerjaan yang didapat dari hasil perhitungan AHSP terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung merupakan biaya yang terdiri dari tenaga kerja, bahan dan peralatan sedangkan biaya tidak langsung terdiri dari biaya umum dan biaya keuntungan yang terdiri dari 10% hingga 15% dari biaya langsung.

2.4 Penjadwalan Proyek

Terdapat beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengatur waktu dan sumber daya proyek (Husen, 2009). Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Pertimbangan untuk menggunakan metode ini didasarkan pada kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai pada kinerja penjadwalan. Kinerja waktu akan berpengaruh pada kinerja biaya, serta kinerja proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, variabel yang berpengaruh juga harus dipantau, seperti kualitas, peralatan dan bahan, keselamatan kerja, dan pemangku kepentingan proyek yang terlibat. Jika terdapat penyimpangan dari rencana semula, maka dilakukan evaluasi dan tindakan korektif untuk memastikan proyek tersebut berada pada jalur yang diinginkan.

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 Bagan Balok (*Bar Chart*)

Diagram blok disediakan dengan tujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian dan waktu pelaporan (Soeharto, 1999). Kelebihan dari bagan balok (*barchart*) adalah metode ini mudah dibuat dan dipahami. Jika digabungkan dengan metode lain, misalnya, grafik S dapat digunakan untuk aspek yang lebih luas.

Diagram batang yang ditemukan oleh Gantt dan Fredick W. Taylor berbentuk diagram blok, dengan panjang blok sebagai cerminan dari durasi setiap kegiatan (Husen, 2009). Format diagram blok bersifat informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana.

Diagram blok terdiri dari sumbu y yang merepresentasikan aktivitas atau pekerjaan lingkup proyek, sedangkan sumbu x merepresentasikan satuan waktu dalam hari, minggu atau bulan. Menurut (Nur, 2021) metode ini dapat berdiri sendiri maupun dikombinasikan dengan metode lain yang lebih canggih.

Pada bagian ini, milestone juga dapat diartikan sebagai bagian dari target yang harus diperhatikan untuk mengefektifkan produktivitas proyek secara keseluruhan. Untuk proses pemutakhiran, diagram blok dapat dipersingkat atau diperpanjang, yang menunjukkan bahwa durasi kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan dalam proses perbaikan jadwal.

2.4.2 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.

2.4.3 Kurva-S

Kurva S merupakan grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm berdasarkan pengamatan terhadap sejumlah besar proyek dari awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan aktivitas, waktu dan bobot kerja yang merepresentasikan persentase kumulatif dari semua aktivitas proyek. Dari visualisasi kurva-S dapat diketahui ada tidaknya penundaan atau percepatan jadwal proyek. Untuk membuat kurva-S, persentase bobot kumulatif masing-masing kegiatan dalam interval antar proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila aslinya dihubungkan dengan sebuah garis maka akan membentuk kurva S tengah bertambah banyak, kemudian pada akhir proyek jumlah kegiatan berkurang lagi.

Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya per item / item kegiatan dibagi nilai taksiran, karena biaya satuan dapat dijadikan persentase sehingga lebih mudah untuk dihitung (Aulia & Wideasanti, 2023). Misalnya untuk membuat kurva S-Plan dengan kombinasi barchart maka dibuatlah Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan rumah sederhana seperti di bawah ini.