

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Manajemen Proyek Konstruksi**

##### **2.1.1 Pengertian Manajemen Proyek Konstruksi**

Menurut Ervianto I. Wulfram (2002), Manajemen proyek konstruksi adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal sampai selesainya proyek untuk menjamin bahwa proyek dilaksanakan tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Sedangkan menurut Hafnidar Rani (2016), Manajemen proyek konstruksi adalah usaha yang dilakukan melalui proses manajemen yaitu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian terhadap kegiatan-kegiatan proyek dari awal sampai akhir dengan mengalokasikan sumber-sumber daya secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu hasil yang memuaskan sesuai sasaran yang diinginkan.

Manajemen suatu konstruksi merupakan suatu alat untuk mengefektifkan dan mengefisienkan kegiatan-kegiatan pada proyek yang dijalankan. Parameter yang digunakan adalah fungsi waktu dan biaya pada proyek konstruksi yang berlangsung. Jadi, untuk mengatur atau menata kegiatan-kegiatan ini seseorang harus terlebih dahulu mengerti dan memahami persoalan dari awal sampai akhir atau bisa diartikan sebagai orang yang memasuki kedalam konstruksi secara utuh.

##### **2.1.2 Metode dalam Manajemen Proyek Konstruksi**

Untuk melakukan manajemen proyek konstruksi diperlukan metode-metode yang dapat membantu suatu pekerjaan konstruksi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Metode-metode tersebut memerlukan data proyek

konstruksi yang dijalankan seperti gambar DED, perencanaan RAB serta rencana dalam penjadwalan. Adapun beberapa metode dalam manajemen proyek konstruksi menurut Hafnidar Rani (2016) yaitu:

- a. *Critical Path Method* (CPM)
- b. *Linear Schedule Methode* (LSM)
- c. *Precedence Diagram Method* (PDM)
- d. *Project Evaluation and Review Technique* (PERT)
- e. *Building Information Modelling* (BIM)

## **2.2 Building Information Modelling**

### **2.2.1 Pengertian *Building Information Modelling***

*Building Information Modelling* (BIM) adalah suatu proses dalam menghasilkan dan mengelola data serta informasi keseluruhan bangunan. 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 dapat digunakan untuk menunjukkan segala siklus hidup bangunan, siklus hidup termasuk proses konstruksi dan operasi fasilitas. Kuantitas dan kualitas dari suatu material dapat didapatkan dengan mudah. Lingkup kerja dapat dibagi, dipisahkan dan ditentukan. Sistem, pemasangan, dan urutan rangkaian dapat ditampilkan dalam skala relatif dengan segala fasilitas atau kelompok fasilitas. BIM dapat digunakan untuk mencapai kemajuan dengan gambar-gambar model dari bagian-bagian sebenarnya yang digunakan untuk membangun suatu gedung.

### 2.2.2 Penggunaan BIM dalam Manajemen Konstruksi

Menurut Mehmet (2011) ada banyak kegunaan dari *Building Information Modeling* untuk setiap proyek, kegunaan tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Penggunaan *Building Information Modeling* untuk setiap proyek

<i>Plan</i>	<i>Design</i>	<i>Contract</i>	<i>Operate</i>
<i>Existing Conditions Modelling</i>	<i>Design Review</i>	<i>3D Control and planning</i>	<i>Record Model</i>
<i>Cost Estimation</i>	<i>Code Validation</i>	<i>3D Coordination</i>	<i>Disaster Planning</i>
<i>Phase Planning</i>	<i>LEED Evaluation</i>	<i>Digital Fabrication</i>	<i>Space Management</i>
<i>Site analysis</i>	<i>Other Enggining Analysis</i>	<i>Cosntruction Design System</i>	<i>Maintenance Scheduling</i>
<i>Programming</i>	<i>Mechanical Analysis</i>	<i>Site utilization Planning</i>	<i>Building System Analysis</i>
	<i>Structural Analysis</i>		<i>Asset Management</i>
	<i>Energy Analysis</i>		
	<i>Design Authoring</i>		

Didalam Tabel 2.1 dapat dilihat penggunaa BIM diberbagai bidang untuk setiap proyek yang akan dilakukan dari bagian *plan, design, construct* dan *operate*. 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

### **2.2.3 Manfaat Penggunaan *Building Information Modelling***

Menurut PUPR (2018) peruntungan serta manfaat penerapan metode *Building Information Modelling* adalah sebagai berikut:

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. Mengoptimalkan *resources* (biaya, waktu, dan SDM)
4. Memproduksi gambar teknis lebih cepat dan akurat
5. Meminimalisir terjadinya *variation order* (VO)

Lingkup perubahan yang diharapkan dengan perkembangan BIM yaitu:

1. Manfaat prakonstruksi untuk *Owner*
  - a. Konsep, kelayakan dan manfaat desain
  - b. Peningkatan kinerja dan kualitas bangunan
2. Manfaat desain
  - a. Visualisasi 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

#### 2.2.4 Dimensi BIM

Menurut PUPR (2018) permodelan 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. Menurut PUPR (2018) dimensi yang ada pada BIM dapat dilihat pada Gambar 2.1:

3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. Model Kondisi eksisting:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. <i>Laser scanning</i></li> <li>b. <i>Ground penetration (Konversi Radar (GPR))</i></li> </ul> </li> <li>3. Model Logistik dan <i>safety</i></li> <li>4. Animasi, <i>rendering, walkthrough</i></li> <li>5. BIM Pre-Pabrikasi</li> <li>6. <i>Laser accurate BIM driven field layout</i></li> </ul>
4D	<p><b>SCHEDULING</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Simulasi tahapan proyek</li> <li>2. Mempelajari penjadwalan:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Perencanaan akhir</li> <li>b. <i>Just in Time (JIT)</i> mengirim peralatan</li> <li>c. Instalasi simulasi detail</li> </ul> </li> <li>3. Validasi visual untuk persetujuan pembayaran</li> </ul>
5D	<p><b>ESTIMATING</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Pemodelan konsep real time dan perencanaan biaya</li> <li>2. Ekstrak kuantitas untuk mensupport detail estimasi biaya</li> </ul>

	3. Trade verification dari model pabrian: a. Struktur baja b. Pembesian c. Mekanikal dan plumbing d. Elektrikal 4. Value Engineering: a. Skenario b. Visualisasi c. Ekstak kuantitas 5. Solusi Pre-fabrication: a. Ruang peralatan b. MEP c. Multi-trade Prefabrication d. Arsitektural unik dan elemen-elemen struktur
<b>6D</b>	<b>SUSTAINABILITY</b> 1. Analisis konsep energi (via Dprofiler) 2. Analisis detil energi (via Eco tech) 3. Sustainable element tracking 4. LEED tracking
<b>7D</b>	<b>APLIKASI FACILITY MANAGEMENT</b> 1. Strategi Life cycle BIM 2. BIM as-builts 3. BIM embedded O&P Manuals 4. COBe data population dan extraction 5. Perencanaan Pemeliharaan BIM dan Technical support 6. BIM file hosting on lend Lease's digital exchange system

Gambar 2.1 Dimensi BIM dari 3D sampai 7D

Dari gambar diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

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 TakeOff* (QTO) dan biaya estimasi termasuk menyusun hubungan antara kuantitas, biaya dan lokasi

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

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.

### 2.2.5 Perencanaan BIM 3D

Proses BIM dimulai dengan menciptakan 3D model digital dan didalamnya berisi semua informasi bangunan tersebut, yang berfungsi sebagai sarana untuk membuat perencanaan, perancangan, pelaksanaan pembangunan, serta pemeliharaan bangunan tersebut beserta infrastrukturnya bagi semua pihak yang terkait didalam proyek. Keberadaan BIM mengubah proses konstruksi tradisional, 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 (AutoCad untuk desain gambar, SAP untuk analisa

struktur, Microsoft Excel untuk perhitungan volume dan biaya, dan Microsoft Project untuk penjadwalan) berpotensi untuk menghasilkan ketidakakuratan dalam perhitungan material maupun pekerjaan yang secara sistematis berpotensi mengakibatkan kurang baiknya mutu pekerjaan. Dalam BIM, para *stakeholder* (*owner*, arsitek, kontraktor, *engineer*) saling bekerjasama, secara efisien bertukar informasi (baik data maupun geometri), berkolaborasi dalam mengefisienkan proses pembangunan/konstruksi sehingga dapat meminimalisir kesalahan dan mempercepat proses konstruksi, menghasilkan pengoperasian bangunan yang lebih mudah, meminimalisir produksi limbah sekaligus mengeluarkan biaya yang lebih murah. Proses manajemen lebih *accessible* dan *actionable* karena bermuara pada satu model informasi sehingga dapat meminimalisir konflik informasi diantara berbagai pihak.

Kunci dari BIM tidak hanya ditekankan pada model 3 dimensi akan tetapi bagaimana suatu informasi dikembangkan, dikelola, dibagi, melalui kolaborasi yang lebih baik. Karakteristik khas BIM adalah sebagai berikut:

- a. Produk BIM diciptakan dan beroperasi pada database digital melalui kolaborasi. Dalam pemodelan ini, informasi mengenai suatu proyek konstruksi disimpan dalam *database* (bukan dalam *drawing file* atau *spreadsheet*). Informasi dalam database (gambar kerja, penjadwalan, estimasi biaya, dll) dapat diedit dan ditinjau ulang melalui *format* presentasi yang familiar bagi masing-masing pengguna (arsitek, ahli struktur, estimator, pekerja bangunan) namun tetap dapat dilihat ke dalam model informasi yang sama.

- b. Dalam BIM, setiap perubahan direfleksikan pada semua presentasi/visualisasi. Informasi ini dapat didistribusikan pada masing-masing anggota tim melalui sebuah jaringan atau *sharing file*. Masing-masing dapat bekerja secara independen serta dapat menyebarluaskan hasil mereka pada anggota tim lain dan berinteraksi satu sama lain untuk penyempurnaan pekerjaan.
- c. Mengelola berbagai perubahan dalam *database* mulai dari tahap desain, konstruksi, dan operasional sehingga setiap penggantian komponen dalam *database* akan mengubah komponen lainnya. Sebagai contoh, untuk memenuhi spesifikasi proyek, perubahan desain berupa pemilihan dan penggantian material tertentu akan berpengaruh terhadap estimasi biaya, pelelangan, dan konstruksi. Informasi baru ini akan tercatat ke dalam *history* dan dapat dievaluasi oleh anggota tim sehingga mendukung terjadinya proses kolaborasi.
- d. Menyimpan berbagai data dan informasi untuk dapat dipergunakan kembali. Pembentukan data dimulai sejak arsitek menuangkan sketsa pada survey awal, terus berkembang ke dalam rencana bangunan dengan informasi yang melekat berupa ketinggian lantai, potongan, dan jadwal. Estimator kemudian dapat menggunakan informasi yang ada untuk memperkirakan biaya, sementara project manager konstruksi dapat memperkirakan penjadwalan dan fase konstruksi. Penggunaan kembali informasi bangunan dapat menjadi masukan bagi analisis energi, analisis struktur, pelaporan biaya, manajemen fasilitas dan lainnya.

Pemodelan Informasi Bangunan umumnya digunakan selama perancangan, konstruksi dan operasi agar:

- a. Memberikan dukungan untuk proses pengambilan keputusan proyek
- b. Antar *stakeholder* memiliki pemahaman yang jelas
- c. Memvisualisasikan solusi desain
- d. Membantu dalam proses desain dan koordinasi desain
- e. Meningkatkan keselamatan selama konstruksi dan sepanjang siklus hidup bangunan
- f. Mendukung analisis biaya dan siklus hidup proyek
- g. Mendukung *transfer* data proyek ke perangkat lunak pengelolaan data selama pengoperasian
- h. Menekan biaya dengan jumlah anggota tim yang lebih sedikit dan meminimalisir penggunaan kertas karena interaksi secara digital.
- i. Kecepatan kerja lebih tinggi karena ketika suatu perubahan dilakukan dalam database secara otomatis akan terkoordinasikan dalam proyek.

#### **2.2.6 Level Of Development pada BIM**

*Level of development* (LOD) adalah kerangka kerja yang memungkinkan para pemangku kepentingan dalam proyek konstruksi untuk memiliki pemahaman yang jelas tentang tingkat detail dan informasi yang ada dalam model BIM di berbagai tahapan proyek. Dengan menggunakan LOD, tim proyek dapat memastikan bahwa informasi yang tepat disajikan pada waktu yang tepat, meminimalkan ketidaksesuaian dan meningkatkan efisiensi.

Klasifikasi *Level of development* :

a. LOD 100 (*Concept Design*)

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 (*Schematic Design*)

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 (*Detailed Design*)

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 (*Fabrication & Assembly*)

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 non grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

e. LOD 500 (*As Built*)

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.

### 2.2.7 Software BIM Autodesk Revit

*Autodesk Revit* merupakan salah satu *software* yang membantu metode pemodelan *Building Information Modeling* (BIM) untuk mendesain informasi konstruksi yang telah dikembangkan oleh *Autodesk Revit* yang dapat digunakan dalam desain bangunan. Dalam model *Revit*, setiap halaman gambar, 2D, 3D dan penjadwalan adalah presentasi dari setiap informasi dari *database* model bangunan yang sama. *Revit Structure* mengumpulkan semua informasi tentang proyek pembangunan dan mengkoordinasikan informasi dari setiap pihak yang terlibat dalam proyek.

Menurut Amir M.I, (2011) juga menjelaskan mengenai fitur dari Autodesk Revit diantaranya:

1. Komponen Parametrik

Komponen parametrik merupakan dasar untuk semua komponen bangunan yang dirancang di *Autodesk Revit Architecture*

2. Aplikasi Desain Konseptual

*Autodesk Revit Architecture* menawarkan perangkat lunak yang mudah digunakan alat desain konseptual yang mendukung kreatif

3. *Support 64-bit*

Fitur ini meningkatkan kemampuan *Autodesk Revit Architecture* untuk menangani proyek – proyek besar, meningkatkan kinerja dan stabilitas seperti *rendering, upgrade model, dll.*

4. *Material Take off*

Menghitung jumlah material rinci untuk desain berkelanjutan dan kuantitas pemeriksaan bahan perkiraan biaya. Mesin perubahan parametrik membantu memastikan perhitungan proyek material akurat.

5. Perincian (*Detailing*)

Memanfaatkan detail *tool library* luas dan merinci yang merupakan bagian dari *Autodesk Revit Architecture. Presorted* untuk menyelaraskan dengan format CSL, *Library* detail dapat disesuaikan untuk mengakomodasi pengguna kantor yang diinginkan. Membuat, mengelola dan berbagi *library detail* sendiri.

6. Visualisasi Desain

Menangkap ide-ide desain dalam keadaan foto realistik. Dengan interaksi pengguna mudah, *output* berkualitas tinggi dan waktu render lebih cepat, mesin *render metal ray* memungkinkan presentasi unggulan.

7. Opsi Desain

Mengembangkan dan mengkaji beberapa alternatif desain simultan untuk membantu membuat keputusan desain kunci. Hadir beberapa skema untuk klien pengguna dengan lebih mudah. Pengganti masing-masing pilihan ke dalam model untuk visualisasi, kuantifikasi, dan analisis data untuk lebih menginformasikan pengambilan keputusan.

8. *Asosiatifitas Bidiresional*

Perubahan dimana saja adalah perubahan dimana-mana. pada Autodesk Revit semua informasi model disimpan di satu tempat. Akibatnya, setiap informasi yang akan diubah secara efektif mengubah keseluruhan model.

9. Jadwal (*Schedule*)

Sebuah perubahan ke tampilan jadwal secara otomatis tercermin dalam semua tampilan lain. Fungsi bagian asosiatif *split* jadwal dan elemen desain dipilih melalui penggunaan jadwal, rumus dan penyaringan.

#### 10. Pembuat Bangunan (*The Revit Building Maker*)

Fitur *The Revit Building Maker* menyediakan cara yang lebih halus untuk mengubah bentuk konseptual menjadi desain fungsional

### **2.3 Perencanaan Biaya Proyek**

Perencanaan biaya proyek konstruksi memiliki peran krusial dalam manajemen proyek, bertujuan untuk menetapkan anggaran yang akurat dan memastikan pengelolaan keuangan yang efisien. Melalui identifikasi, estimasi, dan alokasi sumber daya finansial, perencanaan biaya menciptakan dasar untuk transparansi dan akuntabilitas dalam penggunaan dana. Informasi yang diperoleh dari perencanaan biaya memberikan dasar bagi pengambilan keputusan yang informasional, membantu mengendalikan risiko, dan memastikan bahwa proyek sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan. Dengan merinci biaya tenaga kerja, material, dan peralatan, perencanaan biaya juga mendukung kelancaran pelaksanaan proyek serta pertanggungjawaban kepada pemangku kepentingan. Keseluruhan, perencanaan biaya proyek konstruksi menjadi instrumen vital untuk mengelola dan mengarahkan proyek menuju keberhasilan dengan optimalisasi penggunaan sumber daya finansial.

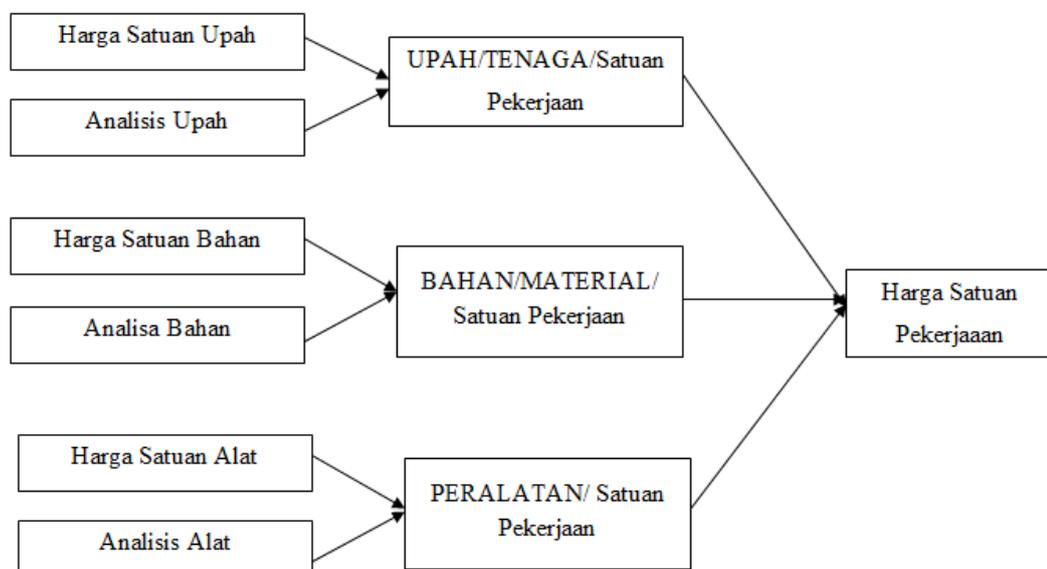
#### **2.3.1 Harga Satuan Pekerja**

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.

Menurut Ashworth (1988), 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 faktor bahan atau material, upah tenaga kerja dan peralatan dapat dirangkum pada Gambar 2.2 :



Gambar 2.2 Skema Harga Satuan Pekerjaan.

Dalam 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  $\times$  koefisien (analisis upah)

Bahan : harga satuan bahan  $\times$  koefisien (analisa bahan)

Alat : harga satuan alat  $\times$  koefisien (analisa alat)

Maka didapat :

Harga Satuan Pekerjaan = Upah + Bahan + Peralatan.....2.1

Contoh penggunaan standar untuk menghitung harga satuan pekerjaan menurut PUPR dapat dilihat pada Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Pekerjaan Lapisan Fondasi 1m<sup>3</sup> Agregat Kelas A

No.	Uraian / Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A.</b>	<b>Tenaga</b>				
1.	Pekerja	jam	0,0496	4.567,31	231,05
2.	Mandor	jam	0,0071	7.281,29	51,60
	Jumlah Tenaga Kerja				282,65
<b>B.</b>	<b>Bahan</b>				
1.	Agregat A	m <sup>3</sup>	1,2586	198.215,28	249.475.59
	Jumlah Harga Bahan				249.475.59
<b>C.</b>	<b>Peralatan</b>				
1.	<i>Wheel Loader</i>	jam	0,0071	253.964,94	1.799,89
2.	<i>Dump Truck</i>	jam	0,5022	212.812,53	106.868,94
3.	<i>Motor Grader</i>	jam	0,0043	327.468,61	1.394,84
4.	<i>Tandem Roller</i>	jam	0,0134	379.339,78	5.078,18
5.	<i>Water Tanker</i>	jam	0,0141	155.193,02	2.181,43
6.	Alat Bantu	ls	1,0000	0,00	0,00
	Jumlah Harga Peralatan				117.323,28
<b>D.</b>	<b>Jumlah harga tenaga, bahan dan peralatan (A+B+C)</b>				367.081,52
<b>E.</b>	<b>Overhead &amp; profit (15% x D)</b>				55.062,23
<b>F.</b>	<b>Harga Satuan Pekerja (D + E)</b>				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. 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.

### **2.3.2 Analisa Bahan Upah**

Analisa bahan 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. (Bachtiar,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, 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 (RAB)

Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi dengan 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.

Rencana Anggaran Biaya 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 harga satuan, dimana semua harga satuan dan volume tiap jenis pekerjaan dihitung. Kedua adalah dengan harga seluruhnya, kemudian dikalikan dengan harga serta dijumlahkan seluruhnya.

Kemudian menurut Mukomoko (1987), 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, serta daftar jumlah tiap jenis pekerjaan.

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

- a. Analisa Bahan

Analisa bahan suatu pekerjaan adalah menghitung banyaknya volume masing - masing bahan untuk setiap aktifitas, serta biaya yang dibutuhkan

- b. Analisa Upah

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

- c. Analisa Alat

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

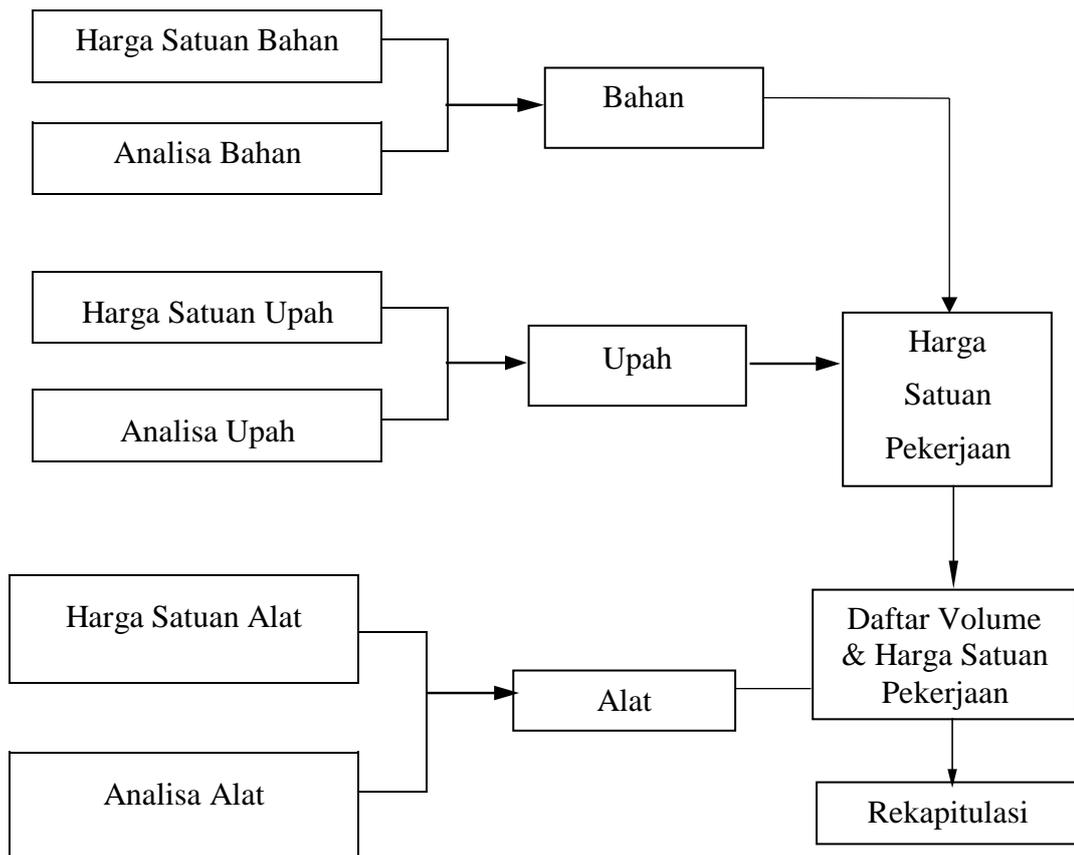
5. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan yang memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan. Analisa harga satuan

pekerjaan (AHSP) 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.

Untuk tahapan penyusunan dapat dilihat pada Gambar 2.3:



Gambar 2.3 Tahapan Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Dalam melakukan penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) seperti Gambar 2.3 diatas 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. Contoh rencana anggaran biaya pembangunan rumah dapat dilihat pada Gambar 2.3:

Tabel 2.3 RAB dalam Proyek Pembangunan Rumah

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
<b>I</b>	<b>Pekerjaan Persiapan</b>				
1	Pembersihan Lahan	150	m <sup>2</sup>	Rp 3,500.00	Rp 525,000.00

2	Pengukuran	25	m <sup>2</sup>	Rp 20,000.00	Rp 500,000.00
3	Biaya Air Kerja	1	ls	Rp 130,000.00	Rp 130,000.00
					<b>Rp 1,155,000.00</b>
<b>II</b>	<b>Pekerjaan Fondasi</b>				
1	Penggalian tanah	80	m <sup>2</sup>	Rp 35,000.00	Rp 2,800,000.00
2	Pengurukan pasir	5	m <sup>2</sup>	Rp 130,000.00	Rp 650,000.00
3	Pemasangan batu bata	20	m <sup>2</sup>	Rp 650,000.00	Rp 13,000,000.00
4	Pengurukan tanah kembali bekas galian	15	m <sup>2</sup>	Rp 50,000.00	Rp 750,000.00
					<b>Rp 17,200,000.00</b>
<b>III</b>	<b>Pekerjaan Beton Bertulang</b>				
1	Sloof	3	m <sup>2</sup>	Rp3,000,000.00	Rp 7,500,000.00
2	Kolom	0.6	m <sup>2</sup>	Rp3,000,000.00	Rp 1,800,000.00
3	Ring balok	0.5	m <sup>2</sup>	Rp3,000,000.00	Rp 1,500,000.00
					<b>Rp 10,800,000.00</b>
<b>IV</b>	<b>Pekerjaan Dinding Plesetran</b>				
1	Psangan dinding bata adukan	150	m <sup>2</sup>	Rp 60,000.00	Rp 9,000,000.00
2	Plesteran dinding bata adukan	300	m <sup>2</sup>	Rp 40,000.00	Rp 12,000,000.00
					<b>Rp 21,000,000.00</b>
<b>V</b>	<b>Pekerjaan Lantai</b>				
1	Pengurukan pasir bawah	5	m <sup>2</sup>	Rp 130,000.00	Rp 650,000.00
2	Floor lantai adukan	3	m <sup>2</sup>	Rp 750,000.00	Rp 2,250,000.00
3	Pasangan lantai keramik 30×30	45	m <sup>2</sup>	Rp 105,000.00	Rp 4,725,000.00
4	Pemasangan lantai keramik 20×20 teras	5	m <sup>2</sup>	Rp 105,000.00	Rp 525,000.00
5	Pemasangan lantai keramik 20×20 KM	2	m <sup>2</sup>	Rp 105,000.00	Rp 189,000.00
					<b>Rp 8,339,000.00</b>
<b>VI</b>	<b>Pekerjaan Atap</b>				
1	Rangka atap baja ringan	80	m <sup>2</sup>	Rp 140,000.00	Rp 11,200,000.00
2	Atap genteng	125	kp	Rp 30,000.00	Rp 3,750,000.00
3	Nok genteng	25	kp	Rp 15,000.00	Rp 375,000.00
4	Lisplank	60	m <sup>2</sup>	Rp 100,000.00	Rp 6,000,000.00

5	Screw	1	ktk	Rp 50,000.00	Rp 50,000.00
					<b>Rp 21,375,000.00</b>
	<b>Total</b>				<b>Rp 79,869,000.00</b>

## 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*). 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 Char*. *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 (Soeharto, 1999 : 236).

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 Soeharto (1999) 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, 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, 2009).

### **2.4.3 Metode Jaringan Kerja**

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 fluktasi 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.

### **2.5 Mutu Pekerjaan Konstruksi**

Menurut PUPR (2019a) Mutu dalam lingkup pekerjaan konstruksi adalah kesesuaian antara hasil pekerjaan dengan spesifikasi teknis dan persyaratan lainnya dari pengguna jasa dalam lingkup biaya dan waktu yang telah ditentukan dengan menggunakan pendekatan manajemen mutu, prinsip penjaminan mutu dan

pengendalian mutu pekerjaan konstruksi mencakup aspek pengelolaan sumber daya manusia yang terlibat dalam penyelenggaraan jasa konstruksi. Pihak-pihak yang terlibat dalam rangka pelaksanaan pekerjaan konstruksi, terdiri dari:

1. Penyelenggara Infrastruktur
2. Penyelenggara Proyek.

Penyelenggara Infrastruktur meliputi Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Jenderal Penyediaan Perumahan, PA dan KPA. Penyelenggara Proyek meliputi Kepala Satuan Kerja, Pejabat Pembuat Komitmen, Pengendali Pekerjaan (Direksi Lapangan atau Konsultan MK), Pengawas Pekerjaan (Direksi Teknis atau Konsultan Pengawas), dan Penyedia. Pelaksanaan penjaminan mutu dan pengendalian mutu selama pelaksanaan pekerjaan konstruksi, meliputi 2 fungsi, yaitu:

1. Fungsi Penjaminan Mutu, oleh Pengguna Jasa
2. Fungsi Pengendalian Mutu, oleh Penyedia.

Kegiatan penjaminan mutu dan pengendalian mutu dimulai sejak penandatanganan kontrak sampai tanggal penyerahan akhir pekerjaan dan terbagi dalam 3 tahapan, yaitu:

1. Tahap persiapan pelaksanaan pekerjaan konstruksi
2. Tahap pelaksanaan pekerjaan konstruksi
3. Tahap penyelesaian pekerjaan konstruksi.

## **2.6 Keselamatan Kerja**

Keselamatan konstruksi adalah segala kegiatan keteknikan untuk mendukung pekerjaan konstruksi dalam mewujudkan pemenuhan standar

keamanan, keselamatan, kesehatan dan keberlanjutan yang menjamin keselamatan dan kesehatan tenaga kerja, keselamatan publik, harta benda, material, peralatan, konstruksi dan lingkungan (PUPR 2019b).

Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) adalah bagian dari sistem manajemen pelaksanaan pekerjaan konstruksi dalam rangka menjamin terwujudnya keselamatan konstruksi, keselamatan dan kesehatan kerja konstruksi atau yang biasa disebut K3 Konstruksi adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja pada pekerjaan konstruksi.

Terdapat dua kategori pekerja konstruksi yang memiliki resiko ancaman kecelakaan atau penyakit akibat kerja di lingkungan proyek. Kategori pertama ialah pekerja yang sudah mempunyai ikatan kerja permanen dengan kontraktor, sedangkan kategori kedua ialah pekerja yang dikenal sebagai pekerja borongan atau harian lepas di bawah koordinasi mandor. Karena tidak adanya ikatan kerja formal, baik dengan mandor maupun dengan kontraktor, maka kategori kedua ini disebut juga sebagai sektor informal jasa konstruksi. Menurut perkiraan lebih dari 90% dari keseluruhan pekerja konstruksi adalah mereka yang digolongkan pada kategori kedua ini.

Sifat dan jenis pekerjaan yang ditangani oleh masing-masing kategori ini juga berbeda, karena itu jenis kemungkinan ancaman kecelakaan maupun penyakit akibat kerjanya pun berbeda-beda. Pekerja borongan atau harian lepas merupakan jenis pekerjaan yang lebih banyak menggunakan tenaga fisik. Pekerja borongan sebagai tenaga produksi berada pada lini paling depan, langsung berhubungan

dengan peralatan maupun bahan konstruksi, yaitu dua sumber ancaman bahaya yang paling potensial.

Keselamatan kerja sangat diperlukan untuk memperoleh hasil pekerjaan yang optimal, dan merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan disamping pemenuhan target produksi dan pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan serta tidak dapat terlepas satu dengan lainnya. Ketiga aspek tersebut tidak dapat berdiri sendiri, melainkan suatu kesatuan yang saling terkait dan juga memiliki peran strategis.