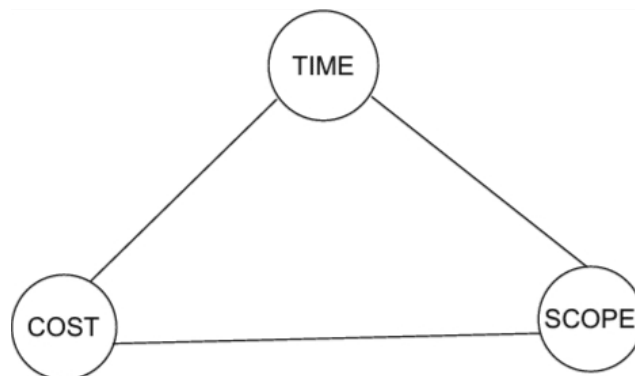


2 LANDASAN TEORI

2.1 Proyek Konstruksi

Proyek adalah upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu. Kata “konstruksi” dapat didefinisikan sebagai tatanan/susunan dari elemen-elemen suatu bangunan yang kedudukan setiap bagian-bagiannya sesuai dengan fungsinya.

Dalam mencapai tujuan dari suatu proyek perlu ditentukan batasan yaitu besar biaya yang dialokasikan, jadwal serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga batasan tersebut sering disebut tiga kendala (*Triple Constraint*) yaitu biaya, mutu, dan waktu.(Aulia et al., 2017)



Gambar 2.1 Tiga Kendala Proyek Konstruksi

(Sumber: Ervianto, 2005)

Proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok bangunan, yaitu:

1. Bangunan Gedung, seperti: rumah, kantor, pabrik, dan lain-lain.

Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah:

- 1) Proyek konstruksi menghasilkan tempat untuk orang bekerja atau tinggal.

- 2) Pekerjaan dilaksanakan dalam lokasi sempit dan kondisi pondasi umumnya sudah diketahui.
 - 3) Dibutuhkan manajemen terutama untuk progres pekerjaan.
2. Bangunan Sipil, seperti: jalan, bendungan, dan infrastruktur lainnya.
- Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah:
- 1) Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi manusia.
 - 2) Pekerjaan dilaksanakan dalam lokasi yang luas atau panjang dan kondisi pondasi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek.
 - 3) Manajemen dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan. (Amelia & Sulistio, 2019).

Kegiatan konstruksi adalah kegiatan yang harus melalui suatu proses yang panjang dan didalamnya dijumpai banyak masalah yang harus diselesaikan. Disamping itu, dalam kegiatan konstruksi terdapat suatu rangkaian yang berurutan dan berkaitan. Kegiatan membangun berakhir pada dimulainya penggunaan bangunan tersebut, tahapan-tahapan dari kegiatan dalam proyek konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Tahap Studi Kelayakan (*Feasibility Study*)
 Tujuan dari tahap studi kelayakan adalah meyakinkan pemilik proyek bahwa proyek konstruksi yang diusulkan layak untuk dilaksanakan, baik dari aspek perencanaan dan perancangan, aspek ekonomi (biaya dan sumber pendanaan), maupun aspek lingkungan.
2. Tahap Penjelasan (*Briefing*)
 Tujuan tahap penjelasan adalah memungkinkan pemilik proyek untuk menjelaskan fungsi proyek dan biaya yang diizinkan, sehingga konsultan perencana dapat secara tepat menafsirkan keinginan pemilik proyek dan membuat taksiran biaya yang diperlukan.
3. Tahap Perancangan (*Design*)
 Tujuan tahap perancangan untuk melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan, metode konstruksi, dan taksiran biaya agar mendapatkan persetujuan dari pemilik proyek dan pihak berwenang yang

terlibat, untuk mempersiapkan informasi pelaksanaan yang diperlukan, termasuk gambar rencana dan spesifikasi serta melengkapi semua dokumen tender.

4. Tahap Pengadaan/Pelelangan (*Procurement/Tender*)

Tujuan dari tahap pengadaan/pelelangan adalah menunjuk kontraktor sebagai pelaksana atau sejumlah kontraktor sebagai sub – kontraktor yang akan melaksanakan konstruksi dilapangan.

5. Tahap Pelaksanaan (*Construction*)

Tujuan dari tahap pelaksanaan adalah mewujudkan bangunan yang dibutuhkan oleh pemilik proyek yang sudah dirancang oleh konsultan perencana dalam batasan waktu yang telah disepakati, serta dengan mutu yang telah disyaratkan.

6. Tahap Pemeliharaan dan Persiapan Penggunaan (*Maintenance and Start Up*)

Tahapan pemeliharaan bertujuan untuk menjamin agar bangunan yang telah selesai sesuai dengan dokumen kontrak dan semua fasilitas bekerja sebagaimana mestinya. Pada tahap ini juga dibuat suatu catatan mengenai konstruksi berikut petunjuk operasinya dan melatih staf dalam menggunakan fasilitas yang tersedia.(Wibowo & Rozy, 2020)

2.2. Manajemen Proyek Konstruksi

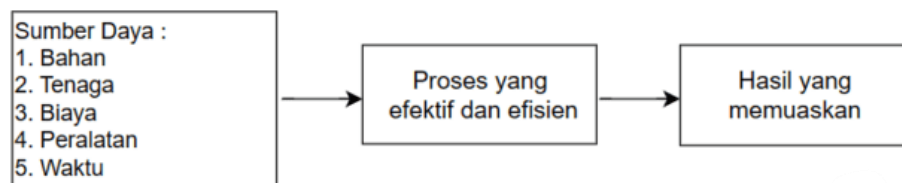
Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin.

Manajemen Konstruksi adalah usaha yang dilakukan melalui proses manajemen yaitu perencanaan, pelaksanaan dan 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.(Isnubroto & Putri, 2021)

Usaha-usaha yang dilakukan dalam suatu kegiatan agar tujuan dari kegiatan tersebut dapat tercapai secara efektif dan efisien. Selanjutnya dapat dipahami mengenai bagaimana maksud dari pengaturan/penataan konstruksi yang teratur. Artinya suatu pekerjaan konstruksi, mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan dan sampai konstruksi selesai, kegiatan-kegiatannya tersusun secara berurutan. Misalnya: membuat pondasi dikerjakan setelah galian selesai, membuat sloof setelah pondasi selesai dan lain-lain. (Tamalika & Fuad, 2022)

Manajemen pada suatu konstruksi merupakan suatu alat untuk mengefektifkan dan mengefisienkan kegiatan-kegiatan pada proyek tersebut. Parameter yang digunakan di sini adalah fungsi waktu dan biaya dari setiap kegiatan proyek konstruksi. Jadi, untuk mengatur/menata kegiatan-kegiatan ini seseorang harus lebih dahulu mengerti dan memahami persoalan dari awal sampai akhir, dengan kata lain kita harus memasuki ke dalam konstruksi secara utuh.

Setiap proyek konstruksi, terdapat sumber daya yang akan diproses, pada saat proses inilah diperlukan manajemen agar proses ini berjalan efektif dan efisien, dan diperoleh hasil yang memuaskan. Sumber daya adalah berbagai daya untuk memungkinkan sebuah hasil yang ingin dicapai. Sumber daya itu terdiri dari 6M+I+S+T yaitu *Money* (uang), *Material* (bahan), *Machine* (peralatan), *Manpower* (tenaga manusia), *Market* (pasar), dan *Methode* (metode) serta *Information* (informasi), *Space* (ruang) dan *Time* (waktu).



Gambar 2.2 Skema Sasaran Manajemen Proyek

(Sumber: Hafnidar A.Rani, 2016)

2.2 Perencanaan Proyek

Perencanaan adalah sebuah proses, yang mencoba meletakkan dasar sebuah tujuan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Perencanaan adalah peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan –

kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan berdasarkan peramalan tersebut. (Prajoko & Manurung, 2018)

Perencanaan adalah penentuan langkah-langkah “apa” yang akan dilakukan, “bagaimana” melakukannya, “bilamana” dan “siapa” yang melakukannya agar tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya dapat tercapai secara efektif, (A.W. Widjaya, 1987:XIV).

Perencanaan sendiri dibagi menjadi dua, pertama perencanaan strategis yang meliputi pengambilan keputusan tentang kebijakan (policy) untuk mencapai sasaran dalam usaha memenuhi tujuan perusahaan. Kedua perencanaan operasional yang dimaksudkan untuk menjabarkan segala sesuatu yang telah digariskan dalam perencanaan strategis. Jadi perencanaan operasional merupakan program pelaksanaan (*action plan*) untuk mencapai sasaran (Butar-Butar, 2018).

2.2.1 Waktu Durasi Pekerjaan

Waktu pelaksanaan proyek adalah sejumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan pembangunan suatu proyek mulai dari tahap persiapan hingga selesai, agar proyek yang dibangun dapat selesai dengan tepat waktu diperlukan suatu perencanaan waktu yang baik.

Penjadwalan proyek merupakan salah satu hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek, dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Dimana dengan taraf desain, dikembangkan pada waktu pemberian kontrak, kemudian digunakan sebagai dasar pengendalian sewaktu pemberian subkontrak diadakan atau sampai dengan tahap konstruksi.

2.2.2 Bobot Pekerjaan

Bobot pekerjaan merupakan besarnya nilai persentase tiap item-item pekerjaan, berdasarkan perbandingan antara anggaran biaya pekerjaan dengan harga bangunan. Rumus yang dipakai untuk mencari persentase bobot (%) adalah:

$$\text{Bobot (\%)} = \frac{\text{Jumlah Harga Satuan Pekerjaan}}{\text{Nilai Proyek}} \times 100\% \quad (2.1)$$

2.2.3 Bar Chart

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *Barchart* atau diagram batang atau diagram balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal.

Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas tersebut disusun berdasarkan urutan pekerjaannya.(Asnudin, 2010)

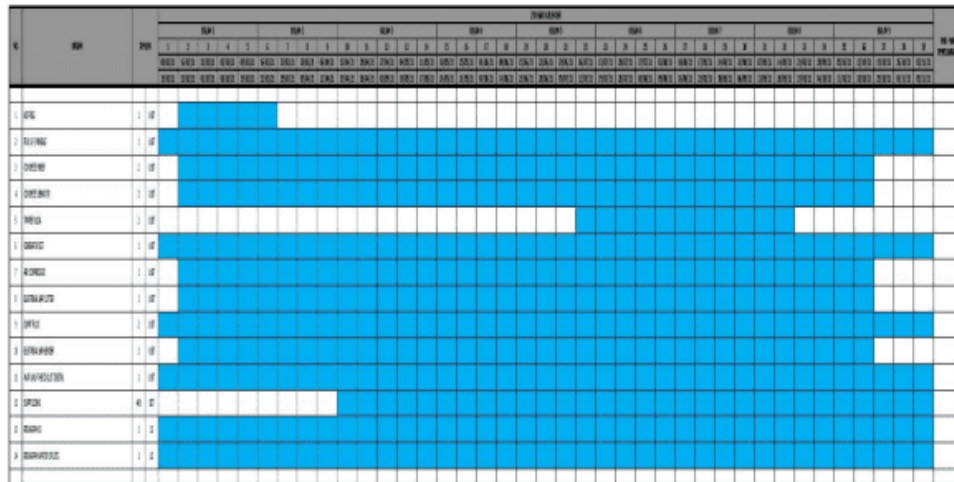
Barchart ini dibuat pertama kali oleh Henry L. Gant pada masa perang dunia I, sehingga sering juga disebut sebagai Ganttchart, *Barchart* atau Ganttchart digunakan secara luas sebagai teknik penjadwalan dalam konstruksi. Hal ini karena *Barchart* memiliki keuntungan sebagai berikut:

1. Mudah dalam pembuatan dan persiapannya.
2. Memiliki bentuk yang mudah dimengerti.
3. Bila digabungkan dengan metode lain, seperti Kurva S, dapat dipakai lebih jauh sebagai pengendalian biaya

Namun penggunaan metode bagan balok terbatas karena kendala-kendala berikut:

1. Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan yang lain, sehingga sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.
2. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaruan, karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan balok baru, padahal tanpa adanya pembaruan segera menjadi kuno dan menurun daya gunanya.
3. Untuk proyek berukuran sedang dan besar atau yang bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan menghadapi kesulitan. Aturan umum

penggunaan penjadwalan dengan *Barchart* menyatakan bahwa metode ini hanya digunakan untuk proyek yang kurang dari 100 kegiatan, karena jika lebih dari 100, maka akan menjadi sulit untuk dibaca dan digunakan.



Gambar 2.3 Contoh Bagan *Bar Chart*

2.2.4 Kurva-S

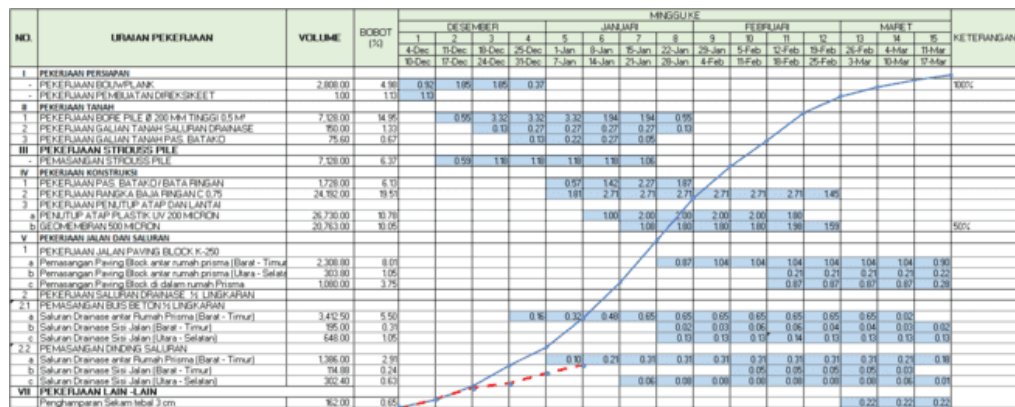
Kurva S adalah hasil plot dari *Barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek. Definisi lain, Kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (progres) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu.

Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi Kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana. (Lestalu & Musyafa, 2017)

Dari beberapa definisi di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa kegunaan dari Kurva S adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis kemajuan/progres suatu proyek secara keseluruhan.
2. Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek.

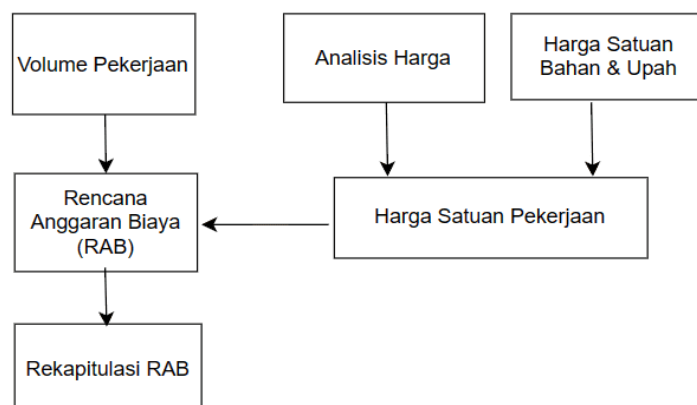
3. Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan Kurva S rencana dengan Kurva S actual.



Gambar 2.4 Contoh Kurva-s

2.3 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah atau bahan material dalam sebuah proyek konstruksi. Daftar ini berisi volume, harga satuan, serta total harga dari berbagai macam jenis bahan material dan upah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pelaksanaan proyek tersebut. Jadi dapat disimpulkan bahwa rencana anggaran biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan dalam suatu proyek konstruksi yang terdiri dari biaya bahan material, upah tenaga kerja, serta biaya lain yang berhubungan dengan proyek tersebut berdasarkan perhitungan volume pekerjaan yang telah dilakukan sebelumnya. (Reista, 2022)



Gambar 2.5 Tahapan Penyusunan RAB

(Sumber: Huzaini, 2021)

Dalam menyusun anggaran biaya suatu bangunan, terlebih dahulu perlu diketahui untuk apa anggaran biaya tersebut dibuat. Hal ini akan berpengaruh terhadap cara/sistem penyusunan dan hasil yang diharapkan. Juga faktor waktu anggaran itu di butuhkan, berikut menentukan bagaimana cara penyusunan anggaran biaya tersebut. Secara garis besar ada 2 jenis anggaran biaya, yaitu:

1. Anggaran biaya raba/perkiraan (*Cost Estimate*).
2. Anggaran biaya pasti/definitif.

Dalam penyusunan rencana anggaran biaya (RAB) membutuhkan 5 hal yang mendasar, yaitu:

1. Bestek.
2. Gambar-gambar bestek.
3. Daftar harga upah dan bahan material.
4. Daftar analisis.
5. Daftar volume tiap jenis pekerjaan.

Daftar tersebut dapat saling memberikan gambaran dan petunjuk dalam penyusunan rencana anggaran biaya (RAB). Di dalam rencana anggaran biaya bangunan terdapat analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) yang mana merupakan analisa bahan dan upah untuk membuat suatu satuan jenis pekerjaan tertentu. Semuanya diatur dalam aturan BOW (*Burgeslijke Openbare Werken*) maupun SNI (Standar nasional Indonesia) yang masing-masing mempunyai cara perhitungan yang berbeda tapi dengan tujuan yang sama (Juansyah et al., 2017).

Tabel 2.1 Rencana Anggaran Biaya

NO	Jenis Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
	Pekerjaan Struktur		Rp 10,067,754,085.94
A	Basement	Rp 5,962,977,389.59	
B	Ground	Rp 1,716,647,229.39	
C	Lantai 2	Rp 1,522,613,443.82	
D	Lantai 3	Rp 865,516,023.14	
	Pekerjaan Arsitektur		Rp 6,684,779,322.24
E	Pekerjaan Pasangan	Rp 1,976,065,461.24	
F	Pekerjaan Finishing Lantai, Keramik Dinding & Granit	Rp 2,138,785,754.17	
G	Pekerjaan Aluminium Kaca & Pintu Jendela	Rp 1,343,559,056.39	
H	Pekerjaan Sanitari	Rp 186,129,729.82	
I	Pekerjaan Plafon & Partisi Gypsum	Rp 250,647,303.18	
J	Pekerjaan Cat & Aksesoris Arsitektural	Rp 365,884,357.67	
K	Pekerjaan Atap	Rp 331,985,678.71	
L	Pekerjaan Non Standar Arsitektural	Rp 91,721,981.06	
	Pekerjaan Mekanikal & Elektrikal		Rp 7,455,425,100.00
M	Pekerjaan Elektrikal	Rp 2,638,335,800.00	
N	Pekerjaan Mekanikal Pumbing	Rp 4,817,089,300.00	
	Pekerjaan Landscape		Rp 1,837,877,154.57
O	Pekerjaan Beton & Perkerasan	Rp 1,338,494,103.37	
P	Pekerjaan Tanaman	Rp 499,383,051.20	
	Pekerjaan SMKK		Rp 222,368,008.00
Q	Penyiapan RK3K	Rp 2,700,000.00	
R	Sosialisasi dan Promosi K3	Rp 8,200,000.00	
S	Alat Pelindung Kerja	Rp 17,000,000.00	
T	Alat Pelindung Diri	Rp 52,700,000.00	
U	Asuransi Dan Perijinan	Rp 29,443,008.00	
V	Personil K3	Rp 90,000,000.00	
W	Fasilitas sarana Kesehatan	Rp 13,270,000.00	
X	Rambu-rambu	Rp 3,375,000.00	
Y	Lain Lain terkait pengendalian risiko K3	Rp 5,680,000.00	

NO	Jenis Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
	BIAYA KONSTRUKSI :		Rp 26,913,028,494
	PAJAK 10 % :		Rp 2,691,302,849
	TOTAL BIAYA KONSTRUKSI DAN PAJAK 10 % :		Rp 29,604,331,343

2.4 *Work Breakdown Structure (WBS)*

Work Breakdown Structure (WBS) adalah suatu metode pengorganisasian proyek menjadi struktur pelaporan. WBS digunakan untuk melakukan *breakdown* atau memecahkan tiap proses pekerjaan menjadi lebih detail. Hal ini dimaksudkan agar proses perencanaan proyek memiliki tingkat yang lebih baik.

Work Breakdown Structure (WBS) disusun berdasarkan pembelajaran seluruh dokumen proyek yang meliputi kontrak, gambar-gambar, dan spesifikasi. Proyek kemudian diuraikan menjadi bagian-bagian dengan mengikuti pola struktur dan hirarki tertentu menjadi item-item pekerjaan yang cukup terperinci.

Pada prinsipnya *Work Breakdown Structure (WBS)* adalah pemecah atau pembagian pekerjaan ke dalam bagian yang lebih kecil (sub-kegiatan), alasan perlunya WBS adalah:

1. Pengembangan WBS di awal *Project Life Cycle* memungkinkan diperolehnya pengertian cakupan proyek dengan jelas, dan proses pengembangan WBS ini membantu semua anggota untuk lebih mengerti tentang proyek selama tahap awal.
2. WBS membantu dalam pengawasan dan peramalan biaya, jadwal, dan informasi mengenai produktifitas yang meyakinkan anggota manajemen proyek sebagai dasar untuk membuat perundingan.

Pada dasarnya WBS merupakan suatu daftar yang bersifat top down dan secara hirarki menerangkan komponen-komponen yang harus dibangun dan pekerjaan yang berkaitan denganya. Dalam penentuan jumlah level detail WBS sebaiknya didasarkan:

1. Kebutuhan penggunaan *schedule*.
2. Tipe aktivitas (biaya, kemandirian, kualitas)
3. Ukuran, kompleksitas, dan tipe proyek.

4. Pengalaman.
5. Persediaan informasi yang didapat.
6. Karakteristik sumber daya.

Struktur dalam WBS mendefinisikan tugas-tugas yang dapat diselesaikan secara terpisah dari tugas-tugas lain, memudahkan alokasi sumber daya, penyerahan tanggung jawab, pengukuran dan pengendalian proyek. Pembagian tugas menjadi sub tugas yang lebih kecil tersebut dengan harapan menjadi lebih mudah untuk dikerjakan dan diestimasi lama waktunya. (Diharjo, 2016)

WBS juga memudahkan penjadwalan dan pengendalian karena merupakan elemen perencanaan yang terdiri atas kerangka-kerangka seperti dibawah ini:

1. Kerangka penjabaran program.
2. Kerangka perencanaan detail.
3. Kerangka pembiayaan.
4. Kerangka penjadwalan.
5. Kerangka cara pelaporan.
6. Kerangka penyusunan organisasi.



Gambar 2.6 Contoh *Work Breakdown Structure* (WBS)

2.5 Optimalisasi Waktu Proyek

Optimalisasi waktu proyek adalah suatu pendekatan yang bertujuan untuk memperbaiki efisiensi dan efektivitas dalam pelaksanaan proyek. Tujuan utamanya

adalah mengurangi durasi proyek tanpa mengorbankan kualitas atau memperbesar biaya. Dalam konteks manajemen proyek percepatan proyek dilakukan dengan memperpendek durasi proyek melalui penambahan sumberdaya, seperti tenaga kerja. Tujuannya adalah mengurangi waktu pelaksanaan tanpa mengorbankan kualitas.

Penting untuk memilih metode yang sesuai dengan karakteristik proyek dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti biaya, kualitas, dan risiko. Dengan optimalisasi waktu yang baik, proyek dapat diselesaikan lebih efisien dan menguntungkan.

2.6 *Network Planning*

Network Planning pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan. Dan merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas dan lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek.

Jaringan kerja pada dasarnya merupakan hubungan antar aktivitas yang diilustrasikan dalam diagram kerja. Dengan disusunnya jaringan kerja ini, pelaksana proyek dapat mengetahui aktivitas yang harus dilakukan terlebih dahulu, aktivitas yang dapat ditunda, dan aktivitas mana yang peralatannya dapat digunakan untuk aktivitas lain. Hal ini menjadi acuan dalam melakukan aktivitas selanjutnya.

Dalam jaringan kerja, terdapat beberapa simbol dan notasi yang dilakukan dalam jaringan kerja, diantaranya adalah:

1. Anak Panah

Suatu aktivitas dalam proyek digambarkan dengan anak panah sedangkan untuk arah aktivitas digambarkan dengan arah anak panah. Hal ini dapat digunakan untuk mengetahui aktivitas yang dapat didahului atau predecessor activity dan aktivitas yang mengikuti aktivitas sebelumnya atau successor activity. Tiap anak panah diberikan notasi untuk mengidentifikasi jenis aktivitas dan perkiraan waktu berakhir tiap aktivitas.

2. Node

Setiap peristiwa dalam aktivitas proyek digambarkan dengan node. Suatu peristiwa atau event dapat diartikan sebagai pangkal atau pertemuan dari satu atau beberapa aktivitas.

3. Anak Panah dengan Garis Putus-Putus atau *Dummy*

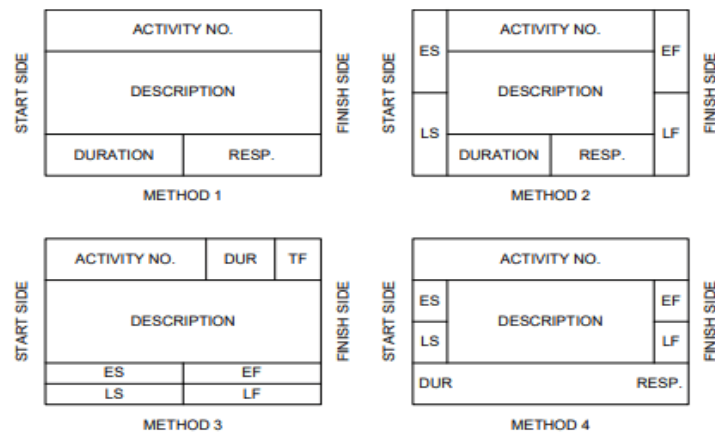
Aktivitas dummy adalah penggunaan aktivitas Ketika ada kasus-kasus yang menunjukkan kesulitan yang terjadi jika menggunakan hanya satu anak panah untuk beberapa kegiatan. Dummy membantu menjelaskan hubungan logis antar kegiatan dan memastikan bahwa setiap aktivitas memiliki nomor nodenya. Aktivitas dummy tidak memiliki durasi atau ketergantungan dengan kegiatan lain, dan selalu ditampilkan menggunakan anak panah dengan garis putus-putus. Salah satu cara untuk mengetahui apakah aktivitas dummy dibutuhkan adalah dengan melihat daftar aktivitas dan menemukan aktivitas-aktivitas yang berbagi, tetapi tidak seluruhnya dari kegiatan atau aktivitas sebelumnya.

4. Anak Panah dengan Garis Tebal

Anak panah ini memiliki fungsi untuk menunjukan aktivitas proyek yang berada pada jalur kritis.

2.6.1 *Precedence Diagram Method*

Precedence Diagram Method (PDM) merupakan salah satu teknik penjadwalan yang termasuk dalam teknik penjadwalan *Network Planning* atau Rencana Jaringan Kerja. PDM menitikberatkan kegiatan pada node sehingga terkadang disebut juga *Activity On Node*. Istilah *Precedence Diagram* pertama kali muncul di tahun 1964 pada perusahaan IBM. PDM merupakan versi yang lebih kompleks dari *Activity On Node* (AON). (Marchewka, 2015)



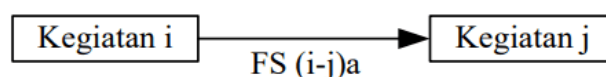
Gambar 2.7 Node Diagram PDM

(Sumber: Arianto, 2010)

Pada PDM juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Maka terdapat empat macam konstrain, yaitu:

1. *Finish to Start (FS)*

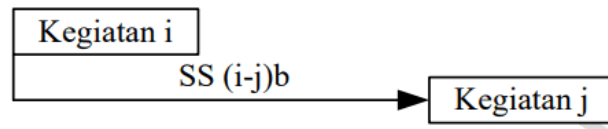
Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai FS (i-j) = a yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.

Gambar 2.8 Hubungan Aktivitas *Finish to Start*

(Sumber: Hafnidar A.Rani, 2016)

2. *Start to Start (SS)*

Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau SS (i-j) = b yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100% maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai.

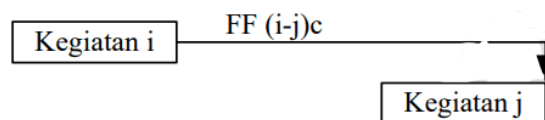


Gambar 2.9 Hubungan Aktivitas *Start to Start*

(Sumber: Hafnidar A.Rani, 2016)

3. *Finish to Finish* (FF)

Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau $FF (i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian ($=c$) hari selesai.

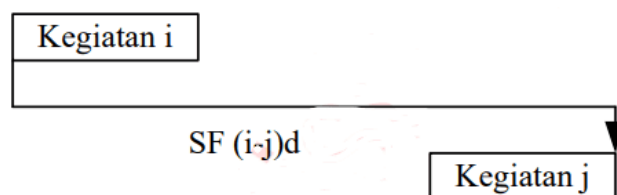


Gambar 2.10 Hubungan Aktivitas *Finish to Finish*

(Sumber: Hafnidar A.Rani, 2016)

4. *Start to Finish* (SF)

Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan $SF (i-j) = d$, yang berarti hari kegiatan (i) terdahulu mulai.

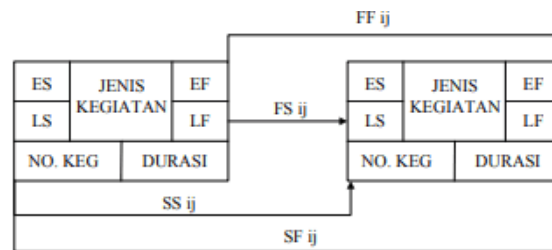


Gambar 2.11 Hubungan Aktivitas *Start to Finish*

(Sumber: Hafnidar A.Rani, 2016)

Metode PDM adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity On Noda* (AON). Kegiatan dituliskan dalam node yang umumnya berbentuk segi

empat, sedangkan anak panah hanya sebagai penunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan.(Fahrman et al., 2022)



Gambar 2.12 Hubungan Kegiatan PDM

(Sumber: Arianto, 2010)

Keterangan:

ES : *Earliest Start*

LS : *Latest Start*

EF : *Earliest Finish*

LF : *Latest Finish*

Berikut adalah rumus untuk perhitungan PDM adalah:

1. Perhitungan Maju
 - a. Hubungan kegiatan *finish to finish*

$$EF_j = EF_i + FF_{ij} \dots$$

$$ES_j = EF_j - D_j$$
 - b. Hubungan kegiatan *finish to start*

$$ES_j = EF_i + FS_{ij} \dots$$

$$EF_j = ES_j + D_j$$
 - c. Hubungan kegiatan *start to start*

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \dots$$

$$EF_j = ES_j + D_j$$
 - d. Hubungan kegiatan *start to finish*

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \dots$$

$$ES_j = EF_j - D_j$$

2. Perhitungan Mundur

a. Hubungan kegiatan *finish to finish*

$$LF_i = LF_j - FF_{ij}$$

$$LS_i = LF_i - D_i$$

b. Hubungan kegiatan *finish to start*

$$LF_i = LS_j - FS_{ij}$$

$$LS_i = LF_i + D_i$$

c. Hubungan kegiatan *start to start*

$$LS_i = LS_j - SS_{ij}$$

$$LF_i = LS_i + D_i$$

d. Hubungan kegiatan *start to finish*

$$LS_i = LF_{ji} - SF_{ij}$$

$$LF_i = LS_i + D_i$$

3. Suatu kegiatan dikatakan kritis, apabila:

a. Waktu mulai paling awal dan paling akhir sama $ES = LS$

b. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama $EF = LF$

c. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal $LF - ES = D$

d. Total *float* = 0 = $LF - EF = LS - ES$

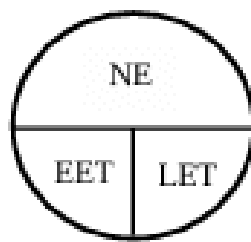
2.6.2 Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) merupakan dasar dari sistem perencanaan dan pengendalian pekerjaan yang didasarkan pada *network* atau jaringan kerja. Metode ini mampu mengidentifikasi jalur kritis pada sekumpulan aktifitas yang telah ditentukan ketergantungan antar aktifitasnya. (Febriana & Aziz, 2021)

Critical Path Method (CPM) adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik (pasti). Setiap kegiatan dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu normalnya dengan cara memintas kegiatan untuk sejumlah biaya tertentu. Dengan demikian, apabila waktu penyelesaian proyek tidak memuaskan, beberapa kegiatan tertentu dapat dipintas untuk dapat menyelesaikan proyek dengan waktu yang lebih sedikit. (Arrizal et al., 2024)

Dalam operasionalnya *Critical Path Method* (CPM) digambarkan dengan menggunakan diagram anak panah untuk menentukan lintasan kritis sehingga disebut juga metode lintasan kritis. Metode ini sangat bagus untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek serta paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. *Critical Path Method* (CPM) juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan. Komponen-komponen dalam metode *Critical Path Method* (CPM) adalah:

1. Diagram Network.
2. Hubungan antar simbol dan urutan kegiatan.
3. Jalur kritis.
4. Tenggang waktu kegiatan
5. Limit jadwal kegiatan.



Gambar 2.13 Lingkaran Kegiatan Critical Path Method (CPM)

Keterangan:

NE = *Number of event*

EET = *Earliest Event Time* (waktu paling awal)

LET = *Latest Event Time* (waktu paling akhir)

Manfaat yang diperoleh jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut:

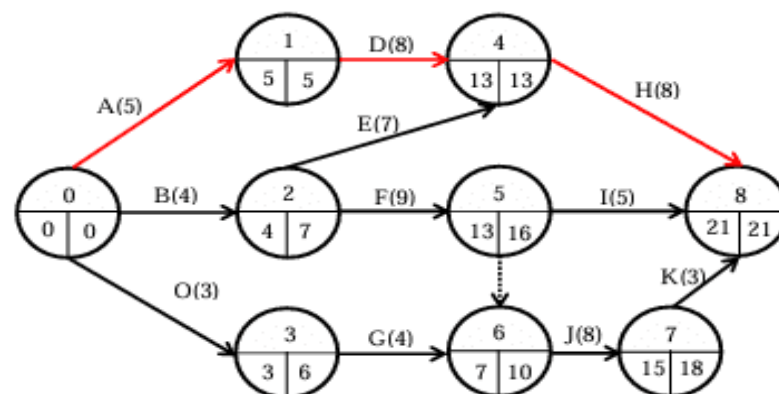
1. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh proyek tertunda penyelesaiannya.
2. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya bila pekerjaan-pekerjaan yang ada dilintasan kritis dapat dipercepat.

3. Pengawasan atau kontrol hanya diperketat pada lintasan kritis saja, sehingga pekerjaan-pekerjaan dilintasan kritis perlu pengawasan ketat agar tidak tertunda dan kemungkinan di trade off (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan crash program (diselesaikan dengan waktu yang optimal dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya atau lembur. (Ariana et al., 2021)

Secara teoritis yaitu perhitungan dengan metode *Critical Path Methode* (CPM) berdasarkan data pembangunan. Lima langkah dalam metode *Critical Path Method* (CPM), yaitu:

1. Identifikasi proyek dan semua aktifitas atau tugas yang signifikan.
2. Membuat keterkaitan antara aktivitas-aktivitasnya. Putuskan aktivitas mana yang harus mendahului dan mana yang harus mengikuti yang lain.
3. Menggambar jaringan yang menghubungkan semua aktifitas.
4. Hitung jalur kritis paling panjang melalui jaringan itu.
5. Gunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

Didalam suatu kegiatan yang besar, seperti penyelesaian suatu proyek, yang mencakup kegiatan-kegiatan yang terpisah tetapi berkaitan satu sama lainnya senantiasa ada sejumlah kegiatan yang dianggap “vital” bagi selesainya proyek waktu penyelesaiannya tidak dapat ditunda-tunda kalau kita tidak ingin terjadi keterlambatan secara menyeluruh dari penyelesaian proyek. (Aulia, 2021)



Gambar 2.14 Hubungan Aktifitas CPM

(Sumber: Iswendra & Noviarti, 2018)

Dalam proses perhitungan dengan metode *Critical Path Method* (CPM) dikenal adanya beberapa parameter sebagai berikut:

1. EET (*Earlist Event Time*), saat paling awal peristiwa / node / event mungkin terjadi, yang berarti waktu paling cepat suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai karena menurut aturan dasar suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan-kegiatan terdahulu diselesaikan.
 - a. *Early Start*, saat paling cepat peristiwa yang mungkin terjadi, maksudnya waktu mulai paling awal suatu kegiatan. Bila waktu kegiatan dinyatakan dalam hari, maka waktu ini merupakan hari pertama kegiatan dimulai.
 - b. *Early Finish*, saat paling cepat peristiwa terakhir mungkin terjadi, berarti waktu selesai paling awal suatu kegiatan. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka *Early Finish* kegiatan terdahulunya merupakan *Early Start* kegiatan berikutnya.
2. LET (*Latest Event Time*), saat paling lambat suatu peristiwa boleh terjadi, berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan.
 - a. *Latest Start*, saat paling lambat peristiwa awal boleh terjadi atau waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai, yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
 - b. *Latest Finish*, saat paling lambat peristiwa akhir boleh terjadi, berarti waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

2.7 Optimalisasi Biaya Proyek

Pada awal saat proyek direncanakan, durasi aktivitas direncanakan dengan sumber daya yang tersedia (sumber daya normal). Bila kemudian hari penyelesaian pekerjaan ingin dipercepat karena alasan tertentu seperti penambahan sumber daya yang mengakibatkan pertambahan biaya langsung, ada beberapa cara yang dapat dilakukan yaitu: (Safitri et al., 2019)

1. Penambahan jam kerja

Bila bila dokumen kontrak menuntut jadwal kerja yang singkat, maka harus dipertimbangkan kemungkinan program kerja lembur dalam

upaya memenuhi target waktu. kerja lembur dapat dilakukan dengan menambah jam kerjatiap hari, tambah menambah jumlah tenaga kerja dan peralatan. Dengan adanya penambahan jam kerja (lembur), maka perlu dievaluasi dampak dari jadwal terhadap pembiayaan. Upah tenaga kerja untuk penambahan jam kerja lembur adalah sebesar 1,5 sampai 2 upah kerja normal. Hal ini disebabkan karena karena produktivitas kerja lembur tidak sama dengan produktivitas kerja normal.

2. Pembagian giliran kerja

Jika tenaga kerja cukup tersedia untuk memenuhi kebutuhan dapat diatur dengan cara bergantian yaitu unit pekerja giliran sore sampai malam. Untuk menjaga agar produktivitas ini tetap maka giliran kerja diprioritaskan dan diusahakan agar seorang pekerja dapat bekerja sama dengan timnya.

3. Penambahan tenaga kerja

Penambahan tenaga kerja dimaksud sebagai penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu aktivitas tanpa menambah jam kerja. Penambahan tenaga kerja yang optimum akan meningkatkan produktivitas kerja, tetapi penambahan yang terlalu banyak justru menurunkan produktivitas kerja.

4. Penambahan atau pergantian peralatan

Penambahan atau pergantian peralatan dimaksud untuk menambah produktivitas kerja, mencegah kelelahan kerja yang lebih dan mengurangi jumlah tenaga kerja manusia.

5. Penggantian atau perbaikan metode kerja

Penggantian atau perbaikan metode kerja dilakukan bila metode yang sudah dilakukan terlalu terlambat atau tidak efisien.

6. Konsentrasi pada aktivitas tertentu

Konsentrasi ini berarti penambahan/pemindahan tenaga kerja atau peralatan pada suatu aktivitas tertentu.

7. Kombinasi dari alternatif yang ada

Dalam perencanaan, percepatan durasi dapat dilakukan dengan mengkombinasikan alternatif-alternatif yang ada sehingga

menghasilkan suatu cara yang sesuai dengan proyek tersebut, terutama pada proyek yang berskala besar dan mempunyai banyak aktivitas. (Kareth, 2012)

2.8 Program Primavera 6.0

Primavera System Inc adalah perusahaan yang bergerak dibidang program (*software*) manajemen konstruksi. Perusahaan ini menyediakan produk-produk program dengan ruang lingkup yang lengkap, terukur dan terintegritas untuk perencanaan (*planning*), pengaturan (*organizing*), pengawasan (*controlling*) dan koordinasi (*coordinating*) proyek.

Primavera 6.0 adalah program untuk perencanaan dan pengawasan proyek tingkat tinggi. Memberikan perencanaan proyek, sumber daya, daftar kontrol biaya proyek secara luas.

Adapun keistimewaan dari program ini antara lain:

1. Pengoprasian

Dapat mengatur informasi proyek dengan menggunakan kode-kode aktivitas, sumber daya dan tanggal sebagai kerangka struktural. Dapat bekerja sama dengan program lainnya.

2. Pemakaian dalam proyek

Dapat dipakai pada proyek dengan 1 sampai 100.000 kegiatan per proyek. Dapat dipakai pada *single project* atau *multi project*. Dapat mengontrol dan membuat jadwal pekerjaan proyek yang kompleks.

3. Sumber daya

Dapat mengendalikan kegiatan pada setiap sumber daya dan durasi pada setiap sumber daya.

4. Biaya

Dapat menghitung biaya per jenis pekerjaan dan biaya total proyek. Dapat mengendalikan biaya dan jadwal.

Tahapan perencanaan pada sebuah proyek konstruksi yang dapat dibuat menggunakan program Primavera 6.0 adalah:

1. Membuat jadwal baru.
2. Input kalender kerja proyek.
3. Memasukan data kegiatan.
4. Input durasi kegiatan.
5. Mengatur hubungan ketergantungan antar aktivitas.
6. Melakukan *Schedule* pekerjaan.
7. Input daftar harga satuan bahan dan upah.
8. Alokasi sumber daya pada tiap pekerjaan.
9. Pengaturan kegiatan.