

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan

Perencanaan adalah tulang punggung atau pondasi seluruh kegiatan proyek. Perencanaan dilakukan berdasar tujuan proyek yang ingin dicapai. (Johan, 1998)

Dengan adanya perencanaan yang tepat :

- a. Seluruh kegiatan proyek dimulai dan selesai pada waktu yang paling cocok (sesuai)
- b. Tiap kegiatan mendapatkan alokasi waktu yang cukup.
- c. Sumber daya proyek yang dibutuhkan pada setiap kegiatan tersedia dalam jumlah yang cukup, dengan kualitas yang sesuai dan pada waktu yang tepat.
- d. Pemilihan dan penetapan kegiatan (kelompok tugas dan kegiatan kerja) yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek.
- e. Identifikasi hubungan atau interaksi kegiatan-kegiatan yang telah diterapkan.
- f. Pemilihan dan penetapan metoda dan teknologi konstruksi.
- g. Estimasi sumber daya yang dibutuhkan dan durasi setiap pekerjaan .

Didalam perencanaan konstruksi terdapat dua pendekatan/orientasi yaitu yang berorientasi pada biaya dan yang berorientasi pada waktu.

3.1.1 Perencanaan Biaya

Perencanaan biaya berupa penyusunan anggaran biaya pada setiap pekerjaan. Menyusun anggaran biaya berarti menaksir atau mengira-ngirakan harga dari suatu barang, bangunan atau benda yang akan dibuat dengan teliti dan secermat mungkin. Pada taraf pertama dipergunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek selanjutnya memiliki fungsi dengan spektrum yang lebih luas yaitu merencanakan dan mengendalikan sumber daya seperti material, tenaga kerja maupun waktu.

Untuk mempermudah penyusunan rencana anggaran biaya, maka digunakan suatu analisis harga satuan pekerjaan tiap unitnya.

Estimasi biaya konstruksi merupakan penaksiran biaya aktual proyek. Beberapa besarnya biaya yang nyata dari suatu proyek hanya dapat diketahui setelah proyek selesai dan setiap komponen biaya dijumlah total. Kesuksesan estimasi biaya adalah ketepatan penaksiran biaya aktual proyek. Ketepatan estimasi biaya tergantung pada pengetahuan, ketrampilan dan pengalaman estimator. Pengetahuan dan ketrampilan estimator diperlukan untuk memilih metode konstruksi yang dipakai dan pengalaman seorang estimator akan sangat menentukan keputusan-keputusan yang akan diambil dalam penyelesaian proyek. Ketepatan estimasi juga sangat tergantung pada kesediaan informasi yang diperlukan, semakin lengkap informasi didapatkan, semakin akurat estimasi yang dilakukan.

Berdasarkan tujuan dari pihak yang melakukan estimasi, maka masing-masing estimator melakukan pendekatan estimasi yang berbeda,

Setiap estimasi, apakah akan digunakan dalam tahap konseptual proyek atau pada waktu penawaran, harus mempertimbangkan masalah dasar yang sama. Harga proyek dipengaruhi oleh ukuran proyek, mutu pekerjaan, lokasi, waktu mulai pelaksanaan darusi, serta kondisi pasar umum yang lain. Keakuratan suatu estimasi secara langsung dipengaruhi oleh kemampuan estimator untuk menganalisa dengan tepat masalah-masalah dasar ini. (Gould, F.E. 1997)

a. Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan merupakan perumusan guna mendapatkan harga dan upah masing-masing pekerjaan dalam bentuk satuan, dimana dari dinas Pekerjaan Umum dan instansi pemerintah lain yang telah menetapkan buku analisa sebagai pedoman dalam menentukan harga satuan pekerjaan, adapun analisa ini dapat dilihat dari buku "B.O.W" atau buku-buku analisa yang telah diterjemahkan dalam Bahasa Indonesia dan nantinya akan dipergunakan dalam menentukan harga pekerjaan per unitnya

b. Harga pekerjaan

Untuk menentukan harga pekerjaan, dipakai harga satuan pekerjaan yang telah dijelaskan diatas dan data-data berupa gambar-gambar dan daftar-daftar sebagai berikut :

- a. Bestek (rencana pekerjaan) dan gambar-gambar bestek
- b. Daftar upah
- c. Daftar harga bahan-bahan (Barang)

Dari data diatas dapat ditentukan volume pekerjaan per unitnya dan dengan bantuan harga pekerjaan didapatkan harga pekerjaan tiap itemnya dan rencana anggaran biaya secara keseluruhan.

3.1.2 Perencanaan Waktu/Penjadwalan

Perencanaan waktu/penjadwalan, selanjutnya dalam penyelesaian disebut dengan *scheduling*. Merupakan bagian yang sangat penting dalam menyelesaikan dan pengendalian proyek. *Scheduling* adalah proses identifikasi dan penyusun sejumlah tugas atau kegiatan dalam urutan kejadian tertentu sesuai dengan tujuan. *Scheduling* telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang, tidak hanya digunakan dalam konstruksi. Kadang-kadang tenaga kerja, peralatan, material dan organisasi digabungkan bersama sesuai dengan tujuan *schedule*.

Hasil dari *scheduling* yaitu *time schedule* minimal menunjukkan adanya :

- a. Item pekerjaan/kegiatan
- b. Durasi (waktu) setiap kegiatan
- c. Waktu mulai dan waktu akhir setiap kegiatan
- d. Hubungan logis antar masing-masing kegiatan

Hal yang menarik saat ini adalah digunakannya *schedule* sebagai alat atau senjata dalam klaim proyek

Estimasi detail/rinci adalah estimasi biaya yang didasarkan pada hitungan rinci tiap item pekerjaan yang ada pada proyek dan biasanya menggunakan analisa harga satuan untuk setiap item pekerjaan. Estimasi detail ini baru dapat dilakukan jika gambar rencana, spesifikasi dan data lain sudah tersedia (pekerjaan desain sudah selesai)

Durasi didapatkan berdasarkan kuantitas pekerjaan dan produktivitas sumber daya yang digunakan :

$$t = \frac{\text{Kuantitas pekerjaan}}{\text{Produktivitas}}$$

Produktivitas merupakan fungsi dari tenaga kerja, peralatan, metode dan efisiensi. Karena CPM dari kontraktor tidak ada, maka durasi kegiatan secara garis besar didapatkan dengan mengacu pada diagram balok. Sedang durasi kegiatan yang lebih rinci diperoleh dari pengalaman pembuat jadwal atau durasi estimator

3.2 *Time-Cost Trade-Off* dalam proyek

Kerzner (1998), menjelaskan bahwa manajemen proyek selalu berupa mengontrol sumber daya perusahaan di dalam batas-batas waktu, biaya dan mutu yang telah ditetapkan. Sumber daya yang dimaksud adalah setiap komoditas yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan seperti tenaga kerja, material, peralatan dan modal. Hampir semua proyek selalu menemui situasi krisis ketika kinerja tidak mungkin dicapai dalam batas-batas waktu dan biaya yang telah direncanakan. Jika proyek berjalan lancar sesuai dengan rencana, *Time-Cost Trade-Off* mungkin tidak diperlukan. Dua proyek tidak mungkin sama, dan karena itu *Time-Cost Trade-Off* merupakan sebuah usaha terus menerus sepanjang siklus hidup proyek yang berkesinambungan dipengaruhi oleh lingkungan internal dan eksternal.

Ada faktor yang cenderung mendorong *Time-Cost Trade-Off*, misal dokumen yang tertulis secara ceroboh, menyangkut lingkungan pekerjaan,

kontrak, dan spesifikasi akan menjadi sumber konflik, sehingga manajemen proyek cenderung memperoleh keringanan dalam kinerja. Reputasi perusahaan, kondisi pasar serta keuntungan yang diharapkan menjadi pertimbangan perlu dilakukan *Time-Cost Trade-Off* sebelum pihak manajemen mengambil keputusan untuk mengatasi kondisi kritis dilapangan.

Kontraktor dapat memutuskan untuk melakukan pembatasan biaya pada suatu proyek apabila hal-hal antara lain (Johan, 1998) :

1. Terjadi negoisasi dengan alasan tetap sehingga sanksi denda tidak berlaku.
2. Telah dibuat analisis bahwa biaya proyek dengan kemajuan proyek yang sedang dilaksanakan lebih kecil dari pada melakukan percepatan waktu.
3. Kontraktor mengalokasikan sumber daya yang dimilikinya pada proyek lain merupakan prioritas, sehingga harus dilakukan negoisasi agar didapat keputusan-keputusan yang terbaik bagi kontraktor dan pemilik proyek tersebut.

Kondisi yang paling sering terjadi pada suatu proyek konstruksi adalah membatasi waktu pelaksanaan dan biaya yang dihasilkan, sehingga *Time-Cost Trade-Off* yang dilakukan waktu dan biayanya, dengan membatasi lama pelaksanaan proyek *Time-cost Trade-Off* ini juga disebut percepatan waktu.

Pelaksana proyek dalam hal ini kontraktor, dapat memutuskan untuk melakukan percepatan waktu apabila memiliki alasan-alasan khusus antara lain :

1. Pelaksanaan proyek sudah tidak sesuai dengan jadwal perencanaan semula atau terlambat, sehingga dilakukan percepatan waktu agar terhindar dari sanksi denda.

2. Permintaan dari pemilik proyek untuk menyelesaikan proyek tersebut sebelum jadwal perencanaan semula agar investasi untuk proyek tersebut dapat segera kembali.
3. Kontraktor juga menangani proyek lain, sedangkan sumber daya tersedia antara lain tenaga kerja dan peralatan terbatas, sehingga kontraktor harus memikirkan kemungkinan untuk mempercepat proyek yang sedang berjalan tersebut dibandingkan dengan sumber daya yang lain untuk proyek yang lalu.

Langkah yang dapat diambil dalam mempersingkat waktu pelaksanaan proyek adalah dengan menyempurnakan logika ketergantungan dari kegiatan-kegiatan pada jaringan kerja. Apabila usaha ini sudah dilakukan namun belum dapat tercapai target waktu yang diharapkan, maka dilakukan pengurangan durasi dari kegiatan-kegiatan yang merupakan kegiatan kritis. Pengurangan durasi kegiatan ini dapat dilaksanakan dengan cara penambahan yang lebih produktif, penggantian material dengan material yang pengerjaan lebih cepat tanpa mengurangi mutu serta penyempurnaan metode pelaksanaan konstruksi.

3.3 Rencana Kerja

Yang dimaksud dengan rencana kerja (*time Schedule*) adalah suatu pembagian waktu yang terperinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan, mulai dari bagian-bagian pekerjaan permulaan sampai dengan bagian-bagian pekerjaan akhir. Rencana kerja dan jadwal waktu suatu proyek merupakan tulang punggung keseluruhan proses konstruksi sehingga harus dibuat berdasarkan pada sasaran dan pencapaian target yang jelas. Dengan memakai

jadwal rencana kerja yang tepat, sumber daya yang memadai dapat tersedia pada saat yang tepat. Setiap tahap proses mendapatkan alokasi waktu yang cukup dengan berbagai kegiatan dapat dimulai pada saat yang tepat pula. Bahan-bahan yang diperlukan untuk menyusun rencana kerja, antara lain :

1. Daftar volume pekerjaan

Daftar volume pekerjaan diperoleh dari hitungan pisture-pisture rencana atau pisture bestek. Hasil perhitungan berupa jumlah atau volume dari jenis atau macam pekerjaan menurut masing-masing aturan kerja.

2. Buku analisa

Untuk pekerjaan-pekerjaan sederhana atau kecil dengan konstruksi ringan dapat digunakan dengan buku BOW

3. Tenaga kerja dan peralatan

Kebutuhan dan kemampuan tenaga kerja untuk mengerjakan masing-masing jenis pekerjaan perlu dipertimbangkan baik mengenai jumlah maupun kualitas cukup atau tidak persediaan tenaga kerja dari luar daerah. Demikian juga mengenai kebutuhan alat pembangunan perlu tindakan inventarisasi dengan teliti.

4. Data lapangan

Penelitian dan pengumpulan data lapangan dari keadaan lapangan secara terperinci sangat diperlukan, dari data ini dapat diperhitungkan waktu menurut kenyataan yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan.

3.3.1 Diagram Balok (Gantt Chart)

Diagram batang dikembangkan oleh Henry L. Gantt merupakan rencana kerja yang paling sederhana dan yang sering digunakan pada proyek konstruksi karena tidak terlalu rumit dan mudah dipahami. Diagram batang secara grafis menguraikan suatu proyek yang terdiri dari kumpulan tugas atau kegiatan yang telah dirumuskan dengan baik.

Bentuk rencana kerja ini terdiri dari arah vertikal yang menunjukkan jenis pekerjaan dan arah horizontal yang menunjukkan jangka waktu yang dibutuhkan oleh setiap pekerjaan yaitu waktu awal dan waktu akhir, juga tidak langsung menunjukkan besarnya bobot atau nilai dari suatu kegiatan tersebut. Kemajuan pekerjaan yang sering diungkapkan sebagai prestasi pekerjaan pada suatu saat adalah ditunjukkan oleh besarnya bobot aktual kumulatif dari kegiatan atau beberapa kegiatan.

NO	Pekerjaan	Waktu (Minggu)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Persiapan	■	■							
2	Pelaksanaan			■	■	■	■	■		
3	Penyelesaian						■	■	■	■

Gambar 3.1
Contoh Diagram Balok

Beberapa keuntungan dan kelemahan pemakaian diagram batang adalah sebagai berikut ini:

Keuntungan pemakaian diagram batang :

1. Mudah pembuatannya.
2. Mudah pembacaannya.
3. Sangat cocok untuk kegiatan yang sederhana.

Kelemahan pemakaian diagram batang :

1. Kurang memberikan gambaran dari ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lain
2. Tidak dapat diketahui kegiatan mana yang kritis
3. Sulit dimonitor penyimpangan pada pertengahan kegiatan.
4. Tidak dapat mengetahui adanya tenggang waktu untuk kegiatan yang tidak kritis

Ada beberapa cara untuk membuat diagram batang, tetapi dalam pembuatan tugas akhir ini tahapan digunakan adalah sebagai berikut :

1. Intensitas jenis pekerjaan yang berupa daftar semua bagian pekerjaan pokok yang dilaksanakan dilapangan
2. Menyusun urutan masing-masing kegiatan. Dari daftar bagian-bagian pekerjaan pokok disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan pekerjaan yang harus dilaksanakan terlebih dahulu dan bagian pekerjaan yang dilaksanakan kemudian. Dalam hal ini tidak mengesampingkan adanya kemungkinan adanya bagian pekerjaan yang dilaksanakan dalam waktu bersamaan.
3. Menghitung anggaran tiap jenis pekerjaan.
4. Menghitung bobot tiap pekerjaan.
5. Menyusun kolom-kolom waktu (durasi).

6. Melakukan pembobotan pada tiap-tiap durasi pekerjaan.
7. Menyusun atau menghitung jumlah pembobotan kumulatifnya.

3.3.2 Kurva-S

Kurva-S adalah pengembangan dan penggabungan dari diagram batang dan *hunnun Curve*. Kurva-S digunakan untuk menggambarkan dan mengungkapkan nilai-nilai kuantitas dalam hubungannya dengan waktu. Kurva-S menggambarkan secara kumulatif kemajuan pelaksanaan proyek, kriteria ataupun ukuran kemajuan proyek yang dapat berupa bobot prestasi pelaksanaan, atau produksi, nilai uang yang dibelanjakan, jumlah kualitas atau volume pekerjaan, penggunaan sumber daya, jam, tenaga kerja masih banyak lagi.

Kurva dapat dibuat dengan sumbu-x menunjukkan parameter waktu sedang sumbu-y sebagai kumulatif (%) bobot pekerjaan. Kurva ini disebut sebagai kurva-S karena berbentuk huruf S hal ini disebabkan oleh :

1. Pada setiap awal kurva agak landai, hal ini dikarenakan pada tahap awal kegiatan proyek relatif sedikit dan kemajuan pada awalnya bergerak lambat.
2. Diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu lebih yang lama. Pada tahap ini terdapat banyak kegiatan proyek yang dikerjakan dengan volume kegiatan yang lebih banyak.
3. Pada tahap akhir kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir dimana semua kegiatan proyek telah selesai dikerjakan.

Penggunaan kurva-S dapat digunakan dalam hal :

1. Analisis kemajuan proyek secara keseluruhan.
2. Analisis kemajuan untuk satu unit pekerjaan atau elemen-elemennya

3. Untuk menyiapkan rancangan produksi gambar, menyusun pengajian pembelian bahan material, menyiapkan alat maupun tenaga kerja.
4. Analisis dana proyek.

Tahapan-tahapan dalam pembuatan kurva-S adalah sebagai berikut :

1. Menghitung biaya tiap pekerjaan dan total proyek.
2. Menyusun pembobotan untuk tiap pekerjaan.
3. Menyusun bobot kumulatif dari keseluruhan pekerjaan.
5. Memplotkan kurva-S ke dalam diagram batang.

3.3.3 Pembobotan Pekerjaan

Pembobotan pekerjaan atau *weight factor* adalah besarnya nilai harga satu unit pekerjaan dibandingkan biaya pekerjaan seluruhnya. Bobot faktor ini dapat dirumuskan dalam bentuk persen sebagai berikut :

$$\text{Persentase Bobot Pekerjaan (WF)} = \frac{\text{Anggaran Biaya Proyek}}{\text{Total Anggaran}} \times 100\%$$

(Sumber : Bachtiar Ibrahim, 1993)

Untuk menentukan bobot tiap pekerjaan maka harus dihitung terlebih dahulu volume pekerjaan dan biaya nominal dari seluruh pekerjaan tersebut. Volume pekerjaan dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan pada gambar rencana dan *shop drawing* yang ada. Biaya nominal atau anggaran biaya adalah jumlah masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan yang bersangkutan. Secara umum dapat dirumuskan :

$$\text{RAB} = \Sigma (\text{VOLUME} \times \text{HARGA SATUAN PEKERJAAN})$$

(Sumber : Bachtiar Ibrahim, 1993)

3.4 Diagram jaringan Kerja (Network Planing Diagram)

Diagram jaringan kerja ini digunakan untuk menggambarkan kegiatan yang disusun berdasarkan urutan-urutan dari semua pekerjaan sedemikian rupa sehingga tampak keterkaitan antar pekerjaan untuk mendapatkan waktu penyelesaian proyek secara efisien. Rencana kerja dengan diagram jaringan kerja ini biasanya digunakan pada proyek-proyek yang mempunyai aktivitas cukup banyak dan rumit, sehingga dibutuhkan pengetahuan yang cukup terhadap semua aspek proyek. Penyiapan penyusunan *schedule* ini memerlukan informasi yang cukup lengkap dan rinci. Untuk proyek yang besar dan dinamis, diperlukan perangkat komputer untuk merencanakan dan merevisi *schedule* untuk ketelitian serta efisiensi waktu dan biaya.

Ada tiga macam diagram jaringan kerja yang biasa digunakan, yaitu :

3.4.1 *PERT (Programme Evaluation and Review Technique)*

Metode ini hampir sama dengan CPM, namun ada perbedaan mendasar dimana PERT menempatkan kegiatan pada lingkaran (activity on node) sedangkan CPM menempatkan kegiatan pada anak panah (activity on arrow) PERT lebih berorientasi pada waktu, dengan mempertimbangkan probabilitas kedalam prosedur perhitungannya. PERT cocok digunakan pada perusahaan yang mempunyai data cukup banyak dan lengkap mengenai durasi proyek yang pernah dilaksanakan sehingga dapat diperoleh distribusi durasinya.

3.4.2 *PDM (Precedence Diagram Method)*

Konsep dasar ini diperkenalkan oleh Prof. John. W. Fondahl pada tahun 1961. Metode ini merupakan metode kegiatan pada lingkaran. Metode ini

memungkinkan hubungan yang lebih rinci jika dibandingkan dengan CPM. Ada empat bentuk hubungan dalam PDM, yaitu:

- a. *Finish to Start (FS)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada aktivitas sebelumnya. Selang waktu menunggu untuk dapat melanjutkan aktivitas berikutnya disebut *lag*.
- b. *Start to Start (SS)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu menunggu untuk dapat melanjutkan aktivitas berikutnya disebut *lag*.
- c. *Finish to Finish (FF)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu antara menunggu untuk dapat melanjutkan aktivitas berikutnya disebut *lag*.
- d. *Start to Finish (SF)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya.

3.4.3 CPM (Critical Path Method)

Metode jalur kritis atau CPM (*Critical Path Method*) merupakan suatu teknik perencanaan dengan analisis jaringan (*Network*) berdasarkan logika ketergantungan antar aktivitas yang ada. Hubungan antar aktivitas tersebut ditetapkan untuk menunjukkan apakah suatu aktivitas dapat dimulai tanpa tergantung aktivitas yang lain atau hanya dapat dimulai bila suatu aktivitas lain telah selesai. Jadi dasar analisis lintasan kritis ini adalah hubungan pendahulu pengikut (*predecessor-successor*)

Analisis lintasan kritis menghasilkan lama waktu yang diperlukan untuk penyelesaian proyek. Lintasan kritis adalah urutan aktivitas-aktivitas yang berhubungan, dengan durasi kumulatif terpanjang. Proyek tidak akan dapat diselesaikan sampai seluruh aktivitas kritis (*critical activities*) selesai.

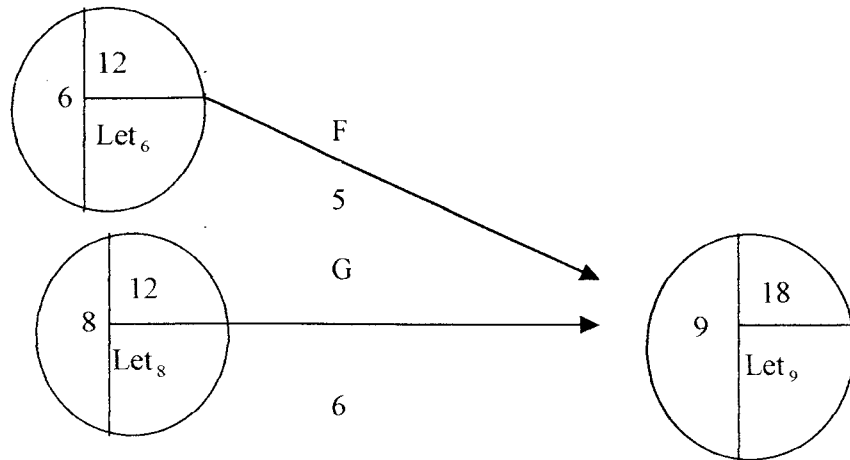
Beberapa pengertian dasar dalam CPM:

- *Aktivitas / kegiatan* adalah pekerjaan tunggal yang waktu mulai dan waktu berakhirnya diketahui. Aktivitas merupakan kegiatan yang menggunakan/memerlukan sumber daya dan memiliki durasi.
- *Events* adalah titik dalam yang merupakan tanda untuk penyelesaian atau akhir dari aktivitas sebelumnya dan awal dari kegiatan selanjutnya.
- *Durasi* adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas. Biasanya satuan durasi dibuat dalam hari, namun dapat juga dibuat dalam satuan jam, minggu bahkan dalam bulan.
- *Dummy* adalah kegiatan dengan durasi = 0. Kegunaannya yaitu untuk menyatakan keterkaitan antar kegiatan, jadi sebenarnya dummy bukanlah suatu bentuk kegiatan.
- *Logic* adalah urutan aktivitas. Mulainya suatu aktivitas tergantung pada selesainya aktivitas yang sebelumnya. Hampir tidak ada suatu proyek yang mempunyai *logic* yang sama dengan proyek lainnya, karena terdapat lebih dari satu cara dalam menyelesaikan suatu proyek.

- *Logic* diagram adalah penampilan secara grafis dari sekumpulan logic yang juga dapat disebut sebagai *network* (jaringan).
- *Network analysis* adalah perhitungan matematis untuk mendapatkan informasi suatu kegiatan atau proyek, misalnya waktu mulai, waktu selesai, jalur kritis dan informasi lainnya yang diperlukan.
- Jalur kritis adalah kombinasi urutan aktivitas-aktivitas dan berhubungan dari awal sampai akhir proyek yang mempunyai waktu penyelesaian terpanjang.
- Aktivitas pada jalur kritis disebut aktivitas kritis. Penundaan penyelesaian aktivitas kritis akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek.
- *Float* adalah waktu tunda yang diperoleh dari selisih perhitungan ke depan dan ke belakang dari suatu aktivitas. Aktivitas yang tidak memiliki float berarti aktivitas tersebut berada pada jalur kritis.

3.4.3.1 Perhitungan Maju

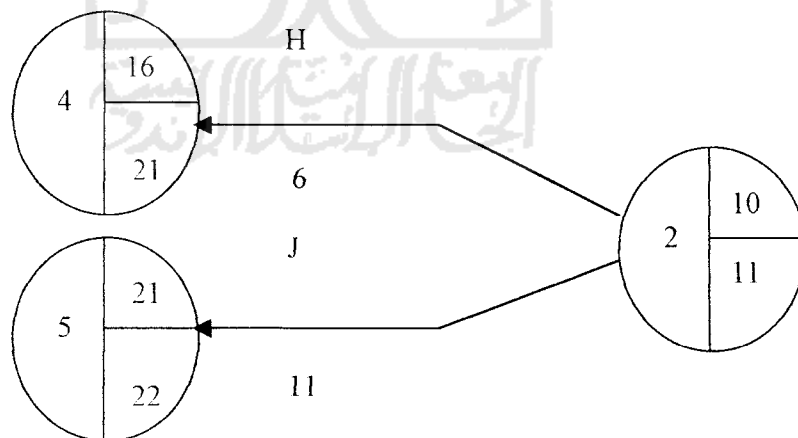
Perhitungan maju dilakukan untuk mendapatkan seluruh EET dari kejadian. Perhitungan ke depan dilakukan dari awal 0 dan seterusnya sampai akhir kegiatan. Jika ada dua atau lebih waktu kejadian maka yang diambil adalah harga kejadian yang terbesar.



Gambar 3.2 Perhitungan maju pada CPM

3.4.3.2 Perhitungan mundur

Perhitungan mundur dilakukan untuk mendapatkan seluruh LET dari kejadian. Perhitungan mundur dilakukan dari akhir rangkaian kegiatan dengan mengambil harga LET kegiatan terakhir = Harga EET kegiatan terakhir dan selanjutnya bergerak mundur ke awal kegiatan proyek. Jika terdapat dua atau lebih waktu kejadian maka yang diambil adalah nilai terkecil.



Gambar 3.3 Perhitungan mundur pada CPM

Karena adanya hitungan maju dan mundur tersebut, sehingga didapat jalur kritis. Jalur kritis tersebut diperoleh jika:

$$EET_i = LET_i$$

$$EET_j = LET_j$$

$$Tf_{ij} = LET_j - EET_i - D_{ij} = 0$$

Ada beberapa float di dalam CPM, yaitu:

- a. Start Float (SF)

Yaitu float pada awal kegiatan, $Sf_i = Lsi - Esi$

- b. Finish Float (FF)

Yaitu float pada akhir kegiatan, $Ffi = Lfi - Efi$

- c. Total Float (TF)

Yaitu jumlah waktu dari suatu kegiatan yang dapat ditunda tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. TF dipakai untuk menempatkan prioritas suatu kegiatan. $Tf_{ij} = Lf_{ij} - Es_{ij} - D_{ij}$.

- d. Free Float (FF)

Adalah sejumlah waktu dimana suatu kegiatan dapat diperlambat tanpa mempengaruhi early start aktivitas sesudahnya $FF_{ij} = EF_{ij} - ES_{ij} - D_{ij}$.

- e. Independent Float (IF)

Yaitu sejumlah waktu dimana suatu kegiatan dapat diperlambat tanpa mempengaruhi TF aktivitas sebelum dan sesudahnya $If_{ij} = Ef_{ij} - Ls_{ij} - D_{ij}$.

Jika float bernilai negatif, maka harus diartikan float = 0.

3.4.3.3 Peristiwa Kritis, Kegiatan Kritis dan Lintasan Kritis

a. Peristiwa Kritis

Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak mempunyai tenggang waktu (*float*) atau saat paling awal sama dengan saat paling lambat.

$$ES = LS \text{ atau } EF = LF$$

Peristiwa kritis pada *network* diagram bisa dilihat atau dikenal dari bilangan pada ruang kanan atas sama dengan bilangan pada ruang kanan bawah dari peristiwa tersebut. Peristiwa kritis dapat ditandai dengan membuat lingkaran dua garis.

b. Kegiatan Kritis

Kegiatan kritis merupakan kegiatan yang sangat sensitif terhadap keterlambatan maupun percepatan kegiatan. Apabila terjadi perubahan selesainya kegiatan ini, maka secara langsung akan mempengaruhi umur proyek secara keseluruhan. Untuk kegiatan kritis berlaku rumus

$$ES + D = EF \text{ dan } LS + D = LF$$

Dimana,

D = duration atau lama kegiatan

ES = saat paling awal peristiwa awal

EF = saat paling awal peristiwa akhir

LS = saat paling lambat peristiwa awal

LF = saat paling lambat peristiwa akhir

c. Lintasan kritis

Lintasan kritis dengan *network* diagram adalah lintasan yang terdiri dari kegiatan-kegiatan kritis, peristiwa-peristiwa kritis dan *dummy* jika diperlukan.

Peristiwa kritis adalah lintasan yang paling lama umur pelaksanaannya dari semua lintasan yang ada. Jadi umur lintasan kritis sama dengan umur proyek.

3.5 Optimasi Durasi Proyek

Dalam persiapan pelaksanaan konstruksi, tim proyek memecah proyek dalam kegiatan-kegiatan/aktivitas dan menyatukan kembali dalam bentuk *schedule* dan estimasi biaya. Dalam persiapan ini, agar proyek mempunyai berbagai kemungkinan metode pelaksanaan beserta implikasi waktu serta biayanya. Untuk ini diperlukan usaha optimasi agar proyek dapat diselesaikan dengan durasi yang sesuai dengan disyaratkan dan dengan biaya yang minimum.

Adakalanya dalam menyusun *schedule*, tim proyek mengasumsikan perhitungan durasi dan estimasi biaya dalam keadaan normal. Pada tahap ini masih diperoleh ada peluang untuk percepatan/perlambatan *schedule* sehingga diperoleh waktu dan biaya yang optimal. Dengan menambah tenaga kerja atau peralatan atau penambahan jam kerja, durasi suatu kegiatan dapat dipercepat dan jika kegiatan ini adalah kegiatan kritis, hal ini memperpendek durasi proyek.

Crashing adalah istilah yang digunakan untuk memperjelas proses percepatan suatu kegiatan atau banyak kegiatan untuk memperpendek durasi keseluruhan proyek (Gould 1997). Kegiatan dilakukan percepatan dengan berbagai alasan yang beda antara lain ;

- a. Suatu kegiatan mungkin perlu untuk diselesaikan pada waktu tertentu karena alasan kontraktor.
- b. Beberapa kegiatan dapat diselesaikan secara lebih ekonomis jika dilaksanakan selama waktu tertentu pada tahun tersebut sehingga perlu untuk dipercepat.

- c. Biaya untuk mempercepat suatu kegiatan yang memperpendek durasi proyek mungkin lebih murah dari biaya yang habis proyek untuk waktu yang sama.

3.6 Mempercepat Waktu pelaksanaan proyek

Dalam mempercepat waktu proyek diperlukan data durasi *crash program* suatu kegiatan (D_c) dan *Biaya Crash* (C_c) suatu kegiatan yang akan dipercepat. Setiap usaha mempercepat pelaksanaan proyek dari waktu normal biasanya akan memerlukan perubahan biaya yang lebih besar atau lebih kecil dikarenakan adanya perubahan penggunaan alat dan adanya inefisiensi karena adanya perubahan waktu kerja. Pendekatan dalam perhitungan waktu maupun biaya untuk mempercepat, mengikuti asumsi yang dibuat dalam tulisan pembeding yaitu :

Untuk perhitungan percepatan dengan asumsi kenaikan sebesar 20 % sampai 25 % dari biaya normal (untuk biaya alat dan tenaga kerja) menggunakan rumus :

$$C_c = C_n + \{ D_n/D_c \times (25 \% \times C_n) \} - (25 \% \times C_n)^1$$

Perhitungan ini digunakan untuk kegiatan-kegiatan yang hanya memiliki biaya untuk alat dan tenaga kerja

Dimana :

C_c = Crash Cost

C_n = Normal Cost

D_n = Normal Duration

D_c = Crash Duration

¹ Sumber : Teddy Refardian dan Chandra, 2001 "Optimasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung BRI Bantul Dengan Menggunakan Algoritma Genetik"

3.7 Optimalisasi kemampuan Excel

Microsoft Excel adalah suatu program komputer (perangkat lunak) yang mampu melakukan analisis secara matematis. Kelebihan program ini sangat banyak . Mulai dari melakukan perhitungan matematis sederhana sampai dengan melakukan perhitungan yang bersifat simulatif. Fasilitas yang dimiliki oleh *Excel* juga sangat banyak diantaranya adalah kemampuan untuk dijadikan database dan memungkinkan untuk membuat *link* antar lembar kerja (*Worksheet*), sehingga untuk sebuah kebutuhan perhitungan yang berdasar cara coba-coba kelebihan ini sangat menguntungkan.

Menurut Johar Arufin (2000) kehandalan *Microsoft Excel* untuk menyelesaikan dan menjawab persoalan bisnis dengan bantuan komputer telah teruji efektivitasnya dan efisiensi menggunakan *Excel* ditunjukkan dengan kemampuan dalam memadukan tiga fungsi aplikasi yaitu : *spreadsheet*, *data base* dan grafik. Beragam fasilitas dan fungsi yang dimiliki *Excel* makin memudahkan pemakai dalam memecahkan berbagai persoalan. Bekerja dengan *Excel* pada dasarnya adalah memasukan serangkaian data kedalam lembar kerja (*worksheet*), komputer memproses data masukan dan menghasilkan data keluar yang diinginkan oleh pemakai. Sebuah lembar kerja terdiri dari beberapa masukan data yang bertipe teks, angka, tanggal, formula/rumus dan fungsi. Berbagai macam data tersebut harus dimasukkan ke dalam sel-sel yang menyusun lembar kerja dalam buku kerja (*workbook*) sama atau buku kerja lain.