

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab Tinjauan Pustaka berisikan tentang paparan dasar-dasar teori dan referensi yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir “*Analisis Time Cost Trade Off Pada Pekerjaan Konstruksi*”. Dasar teori yang digunakan antara lain mengenai definisi dan jenis-jenis proyek, penjadwalan proyek, kurva S, Rencana Anggaran Biaya, jaringan kerja CPM dan PDM, *cost slope*, serta teori mengenai *time cost trade off*.

#### **2.1 Proyek**

##### **2.1.1 Definisi Proyek**

Sebuah proyek merupakan suatu 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. (Nurhayati, 2010)

Dari definisi proyek di atas, terlihat bahwa ciri pokok proyek adalah :

- a. Memiliki tujuan yang khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir.
- b. Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan telah ditentukan.
- c. Bersifat sementara, dalam arti umurnya dibatasi oleh selesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
- d. Nonrutin, tidak berulang-ulang. Jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

### 2.1.2 Jenis-Jenis Proyek

Terdapat berbagai jenis kegiatan proyek, yakni kegiatan-kegiatan yang terkait dengan pengkajian aspek ekonomi, masalah lingkungan, desain *engineering*, *marketing*, dan lain-lain.

Secara realita, proyek dapat dibagi menjadi satu jenis tertentu, karena umumnya merupakan kombinasi dari beberapa jenis kegiatan sekaligus. Namun berdasarkan aktivitas yang paling dominan dilakukan pada sebuah proyek, maka jenis-jenis proyek dapat dikategorikan pada :

a. Proyek *Engineering* Konstruksi

Aktivitas utama jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain *engineering*, pengadaan, dan konstruksi

b. Proyek *Engineering* Manufaktur

Aktivitas proyek ini adalah untuk menghasilkan produk baru. Jadi proyek manufaktur merupakan proses untuk menghasilkan produk baru.

c. Proyek Pelayanan Manajemen

Aktivitas utama proyek ini adalah merancang program efisiensi dan penghematan, diversifikasi, penggabungan dan pengambilalihan, memberikan bantuan emergency untuk daerah yang terkena musibah, serta merancang strategi untuk mengurangi kriminalitas dan penggunaan obat-obatan terlarang.

d. Proyek Penelitian dan Pengembangan

Aktivitas utama proyek penelitian dan pengembangan adalah melakukan penelitian dan pengembangan suatu produk tertentu.

e. Proyek Kapital

Proyek kapital biasanya digunakan oleh sebuah badan usaha atau pemerintah meliputi pembebasan tanah, penyiapan lahan, pembelian material dan peralatan, manufaktur dan konstruksi pembangunan fasilitas produksi.

## 2.2 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan merupakan tahapan menerjemahkan suatu perencanaan ke dalam suatu diagram-diagram yang sesuai dengan skala waktu. Penjadwalan menentukan kapan kegiatan-kegiatan akan dimulai, ditunda, dan diselesaikan, sehingga pengendalian sumber-sumber daya akan disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang ditentukan. Dalam proyek, penjadwalan sangat penting dalam memproyeksikan keperluan tenaga kerja, material, dan peralatan.

Menjadwalkan adalah berpikir secara mendalam melalui berbagai persoalan-persoalan, menguji jalur-jalur yang logis, serta menyusun berbagai macam tugas, yang menghasilkan suatu kegiatan lengkap, dan menuliskan bermacam-macam kegiatan dalam kerangka yang logis dan rangkaian waktu yang tepat. (Luthan & Syafriandi, 2006)

Adapun tujuan penjadwalan adalah sebagai berikut :

- Mempermudah perumusan masalah proyek.
- Menentukan metode atau cara yang sesuai.
- Kelancaran kegiatan lebih terorganisir.
- Mendapatkan hasil yang optimum.

Sedangkan fungsi penjadwalan dalam suatu proyek konstruksi antara lain :

- Menentukan durasi total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek.
- Menentukan waktu pelaksanaan dari masing-masing kegiatan.
- Menentukan kegiatan-kegiatan yang tidak boleh terlambat atau tertunda pelaksanaannya dan menentukan jalur kritis.
- Menentukan kemajuan pelaksanaan proyek.
- Sebagai dasar perhitungan *cashflow* proyek.
- Sebagai dasar bagi penjadwalan sumber daya proyek, seperti tenaga kerja, material, dan peralatan.
- Sebagai alat pengendalian proyek.

Mengingat perubahan-perubahan yang selalu terjadi pada saat pelaksanaan, maka beberapa faktor harus diperhatikan untuk membuat jadwal proyek yang cukup efektif, yaitu :

- a. Secara teknis, jadwal tersebut bisa dipertanggungjawabkan (*technically feasible*).
- b. Disusun berdasarkan perkiraan/ramalan yang akurat (*reliable estimate*) dimana perkiraan waktu, sumber daya, serta biayanya berdasarkan kegiatan pada proyek sebelumnya.
- c. Sesuai sumber daya yang sesuai.
- d. Sesuai penjadwalan proyek lainnya yang menggunakan sumber daya yang sama.
- e. *Fleksible* terhadap perubahan-perubahan, misalnya perubahan pada spesifikasi proyek.
- f. Mendetail yang dipakai sebagai alat pengukur hasil yang dicapai dan pengendalian kemajuan proyek.
- g. Dapat menampilkan kegiatan pokok kritis.

### **2.2.1 Construction Method**

Metode adalah suatu hal yang penting untuk diperhatikan dalam proses konstruksi bangunan. Dengan penentuan metode yang tepat, suatu proyek konstruksi dapat mengejar target keuntungan dari sisi biaya dan waktu dengan tanpa meninggalkan kualitas.

Bila dikaitkan dengan *cost and time reduction*, metode pun bisa menjadi suatu stimulus atau bahkan dapat diibaratkan seperti katalisator dari beberapa komponen di dalam suatu proyek.

Terdapat beberapa metode efektif untuk melakukan *time reduction* dengan biaya yang optimal serta kualitas yang tidak dikurangi pada kegiatan proyek tertentu apabila diasumsikan sumber daya yang dimiliki tidak terbatas. Metode-metode tersebut antara lain : (Nurhayati, 2010)

a. Penambahan sumber daya

Merupakan metode yang paling umum untuk memperpendek waktu proyek, yaitu dengan melakukan penambahan staf dan peralatan untuk kegiatan. Tetapi perlu diperhatikan bahwa hubungan antara ukuran staf dan perkembangan proyek bukanlah hal yang bersifat linear. Oleh karena itu alternatif ini juga harus dipertimbangkan dengan baik sebelum menjadi keputusan yang akan diambil.

b. Melakukan *outsourcing* pekerjaan

Metode umum lainnya dalam memperpendek waktu proyek adalah dengan subkontrak sebuah kegiatan. Subkontraktor yang memiliki akses terhadap teknologi yang lebih baik atau keahlian yang lebih baik akan dapat mempercepat penyelesaian kegiatan.

c. Melakukan lembur

Cara yang paling mudah untuk menambah tenaga kerja untuk sebuah proyek bukanlah hanya dengan menambah personil, tetapi dapat juga dengan menjadwalkan kegiatan lembur. Dalam melakukan lembur juga perlu dilakukan pertimbangan terhadap batasan kemampuan yang dapat dilakukan manusia, karena ketika tingkat kelelahan yang dirasakan karyawan sudah cukup tinggi, maka akan dapat mengurangi produktivitasnya.

d. Membangun tim proyek inti

Para profesional diizinkan untuk memusatkan perhatian mereka hanya pada suatu proyek tertentu, sehingga diharapkan dengan fokus yang tunggal ini akan dapat meningkatkan kekompakan timnya dan yang paling penting adalah mempercepat penyelesaian proyek.

- e. Lakukan 2 kali, kerjakan dengan cepat, dan perbaiki  
Ketika dihadapkan pada pekerjaan yang mendesak, mencoba mengerjakan pekerjaan dengan cepat walaupun kurang sempurna dapat menjadi solusi untuk jangka pendek, kemudian dilakukan peninjauan kembali dan pengerjaan kembali dengan lebih baik.  
Biaya tambahan yang dikeluarkan akibat pengerjaan dua kali ini biasanya akan digantikan dengan manfaat yang diperoleh akibat memenuhi *deadline* penyelesaian proyek.
- f. *Fast tracking*  
Terkadang dimungkinkan untuk melakukan penyusunan ulang logika jaringan kerja sehingga kegiatan-kegiatan kritis dilakukan secara paralel menggantikan cara pengerjaan yang seri.  
Salah satu metode yang paling umum dalam melakukan penyusunan ulang hubungan kegiatan-kegiatan ini adalah dengan mengganti hubungan *finish-to-start* menjadi hubungan *start-to-start*.
- g. Rantai kritis (*critical chain*)  
*Critical chain* membutuhkan adanya pelatihan dan adanya perubahan kebiasaan dan sudut pandang sehingga membutuhkan waktu untuk diadopsi.
- h. Melakukan *brainstorming*  
Manajer proyek harus menggali pengetahuan dan pengalaman dari para karyawannya dengan mengadakan sesi *brainstorming* yakni saat semua anggota tim proyek akan memberikan usul yang akan dapat menghemat waktu penyelesaian.
- i. Fase *delivery* proyek  
Dalam situasi dimana keseluruhan proyek tidak dapat diselesaikan pada saat *deadline*, akan masih mungkin untuk melakukan pengiriman beberapa bagian yang bermanfaat dari proyek tersebut.

### **2.2.2 Work Breakdown Structure (WBS)**

WBS adalah peta proyek. Penggunaan WBS membantu meyakinkan manajer proyek bahwa semua produk dan elemen pekerjaan telah diidentifikasi, untuk mengintegrasikan proyek dengan organisasi saat ini, dan untuk membangun basis pengendalian. Pada dasarnya, WBS adalah garis besar proyek dengan tingkat detail yang berbeda. (Gray & Larson, 2007)

Ketika ruang lingkup dan sasaran telah diidentifikasi, pekerjaan proyek dapat dibagi dalam unsur-unsur pekerjaan yang lebih kecil dan lebih kecil lagi. Hasil dari akhir proses hierarki ini disebut dengan *Work Breakdown Structure (WBS)*.

WBS menggambarkan semua unsur-unsur dari proyek dalam suatu kerangka hierarkis dan menetapkan hubungannya hingga akhir proyek. Kegunaan WBS di dalam pelaksanaan proyek adalah sebagai berikut :

- a. Pemecahan pekerjaan-pekerjaan besar menjadi pekerjaan-pekerjaan kecil. Kemudian pekerjaan kecil tersebut lalu dipecah lagi menjadi paket pekerjaan sehingga memudahkan dalam pengawasan pekerjaan.
- b. Struktur hierarkis ini memudahkan untuk melakukan evaluasi biaya, waktu, dan pencapaian teknis pada semua tingkat organisasi selama proyek berlangsung.
- c. Tersedianya manajemen dengan informasi yang sesuai bagi masing-masing tingkatan.

### **2.2.3 Penentuan Asumsi Durasi Kegiatan**

Durasi kegiatan dalam metode jaringan kerja adalah lama waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir. (Soeharto, 1995)

Ketepatan atau akurasi asumsi durasi kegiatan akan banyak tergantung dari siapa yang membuat perkiraan tersebut. Durasi ini lazimnya dinyatakan dengan jam, hari atau minggu.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam memperkirakan durasi kegiatan adalah :

- a. Angka perkiraan hendaknya bebas dari pertimbangan pengaruh durasi kegiatan yang mendahului atau yang terjadi sesudahnya.
- b. Angka perkiraan durasi kegiatan dihasilkan dari asumsi bahwa sumber daya tersedia dalam jumlah yang normal.
- c. Pada tahap awal analisis angka perkiraan ini, dianggap tidak ada keterbatasan jumlah sumber daya, sehingga memungkinkan kegiatan dilaksanakan dalam waktu yang bersamaan atau paralel. Sehingga penyelesaian proyek lebih cepat dibanding bila dilaksanakan secara berurutan atau berseri.
- d. Gunakan hari kerja normal, jangan dipakai asumsi kerja lembur, kecuali kalau hal tersebut telah direncanakan khusus untuk proyek yang bersangkutan, sehingga diklasifikasi sebagai hal yang normal.
- e. Bebas dari pertimbangan mencapai target jadwal penyelesaian proyek, karena dikhawatirkan mendorong untuk menentukan angka yang disesuaikan dengan target tersebut. Tidak memasukkan angka kontingensi untuk hal-hal seperti adanya bencana alam (gempa bumi, banjir, badai, dan lain-lain), pemogokan dan kebakaran.

#### **2.2.4 Penentuan Biaya**

Biaya yang digunakan di proyek adalah biaya total. Total biaya untuk setiap durasi waktu adalah jumlah biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya tidak langsung bersifat kontinu selama proyek, sehingga pengurangan durasi proyek berarti pengurangan dalam biaya tidak langsung. Biaya langsung dalam grafik akan meningkat jika durasi proyek dikurangi dari awalnya yang direncanakan. Dengan informasi dari grafik, manajer dapat dengan cepat menimbang alternatif-alternatif yang mungkin diambil dalam memenuhi *deadline* waktu yang ditentukan.

### 2.3 Kurva S

Kurva S pertama kali dikembangkan atas dasar pengamatan terhadap pelaksanaan sejumlah proyek dari awal hingga selesai. (<http://hansenkammer.wordpress.com/2011/05/05/metode-penjadwalan-proyek/>)

Kurva S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Bobot kegiatan adalah nilai persentase proyek dimana penggunaannya dipakai untuk mengetahui kemajuan proyek tersebut. Kemajuan kegiatan biasanya diukur terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan oleh proyek. Perbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan. (Luthan & Syafriandi, 2006)

Adapun fungsi kurva S adalah sebagai berikut :

- Menentukan waktu penyelesaian proyek.
- Menentukan waktu penyelesaian bagian proyek.
- Menentukan besarnya biaya pelaksanaan proyek.
- Menentukan waktu untuk mendatangkan material dan alat yang akan dipakai.

NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						grafik
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	100
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64		6.82	6.82				80
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18		9.09	9.09				60
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64			13.64				40
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36			12.12	12.12	12.12		20
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09					9.09		0
Jumlah		Rp1,100,000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	13.64	22.73	1.52	
jumlah akumulatif					1	2	3	4	5	6	
					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

Gambar 2.1 Kurva S

## 2.4 Rencana Anggaran Biaya

Sebelum proyek dimulai, terlebih dahulu diperkirakan secara cermat biaya yang akan dikeluarkan dalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang memuat *real cost* dari proyek yang dikerjakan. Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. RAB memuat keseluruhan *item* pekerjaan yang menjadi tanggung jawab kontraktor dan diperinci lagi sehingga RAB juga berisi volume pekerjaan, kebutuhan bahan bangunan dan peralatan, alokasi dan upah tenaga kerja serta pengeluaran lainnya. Dari *real cost* ini kemudian ditentukan harga borongan untuk lelang. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

RAB merupakan jumlah dari RAP (Rencana Anggaran Pelaksanaan) dan keuntungan. RAP terdiri dari biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

Setelah proyek berjalan, setiap pengeluaran yang terjadi dicatat sesuai dengan butir-butir yang ada dalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan dijadikan Realisasi Biaya Pekerjaan (RBP). Jumlah penggunaan dana proyek dalam RBP ini seharusnya lebih kecil atau paling tidak sama dengan yang tercantum dalam RAB, agar didapat keuntungan perusahaan. Namun dalam usaha memperoleh keuntungan ini mestinya tidak mengurangi kualitas dan kuantitas hasil kerja. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pengendalian biaya untuk mencapai tujuan tersebut.

### 2.4.1 Perhitungan Volume

Perhitungan volume pekerjaan adalah bagian paling esensial dalam tahap perencanaan proyek konstruksi. Pengukuran kuantitas/volume pekerjaan konstruksi merupakan suatu proses pengukuran/perhitungan terhadap kuantitas item-item pekerjaan berdasarkan pada gambar atau aktualisasi pekerjaan di lapangan. Dengan mengetahui jumlah volume

pekerjaan maka akan diketahui berapa banyak biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek konstruksi tersebut.

#### **2.4.2 Analisa Harga Satuan**

Analisa harga satuan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya yang didalamnya terdapat angka yang menunjukkan jumlah material, tenaga dan biaya persatuan pekerjaan.

Untuk mendapatkan daftar harga baik bahan maupun upah dapat diperoleh melalui berbagai media antara lain :

- Daftar harga yang dikeluarkan oleh Pemerintah Daerah setempat.
- Daftar harga yang dikeluarkan oleh instansi tertentu.
- Jurnal-jurnal harga bahan dan upah.
- Bapenas
- Survei harga di lokasi proyek.

Setelah daftar harga diperoleh kemudian dilakukan analisa harga satuan pekerjaan yang dapat dilakukan dengan perhitungan ataupun dengan menggunakan buku analisa BOW ataupun SNI untuk mendapatkan harga koefisien masing-masing pekerjaan, sehingga kemudian akan dapat dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

#### **2.4.3 Direct Cost**

Biaya langsung secara umum menunjukkan biaya tenaga kerja, bahan, peralatan, dan kadang-kadang juga biaya subkontraktor. Biaya langsung akan bersifat sebagai biaya normal apabila dilakukan dengan metode yang efisien, dan dalam waktu normal proyek. Biaya untuk durasi waktu yang dibebankan (*imposed duration date*) akan lebih besar dari biaya untuk durasi waktu yang normal, karena biaya langsung diasumsikan dikembangkan dari metode dan waktu yang normal sehingga pengurangan waktu akan menambah biaya dari kegiatan proyek. Total waktu dari semua paket kegiatan dalam proyek menunjukkan total biaya langsung untuk

keseluruhan proyek. Proses ini membutuhkan pemilihan beberapa kegiatan kritis yang mempunyai biaya percepatan terkecil.

#### 2.4.4 *Indirect Cost*

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. (Frederika, 2010)

Biaya tidak langsung secara umum menunjukkan biaya-biaya overhead seperti pengawasan, administrasi, konsultan, bunga, dan biaya lain-lain/biaya tak terduga. Biaya tidak langsung tidak dapat dihubungkan dengan paket kegiatan dalam proyek. Biaya tidak langsung secara langsung bervariasi dengan waktu, oleh karena itu pengurangan waktu akan menghasilkan pengurangan dalam biaya tidak langsung.

Berikut ini contoh biaya yang merupakan *direct cost* dan *indirect cost* :

**Tabel 2.1** Contoh alokasi *direct cost* dan *indirect cost*

A. <i>Direct Cost</i>	
1. Pekerjaan Persiapan	Rp 30,-
2. Pekerjaan Tanah	Rp 75,-
3. Pekerjaan Pasangan	Rp 200,-
4. Pekerjaan Beton Bertulang	Rp 1750,-
5. Pekerjaan Penutup Atap	Rp 300,-
6. Pekerjaan Kusen	Rp 660,-
7. Pekerjaan Lantai&Dinding	Rp 470,-
8. Pekerjaan Sanitair	Rp 130,-
9. Pekerjaan Listrik	Rp 200,-

10. Pekerjaan Pengecatan	Rp 100,-
11. Pekerjaan Lain-Lain	Rp 320,-
<b>Total Direct Cost</b>	Rp 4.235,-
<b>B. Indirect Cost</b>	
1. Biaya K3 & Lingkungan	Rp 50,-
2. BBM Alat Ringan, Umum & Kendaraan	Rp 75,-
3. Cost Koordinasi	Rp 50,-
4. Biaya Pemeliharaan	Rp 100,-
5. House Keeping	Rp 30,-
6. Biaya Keamanan Lingkungan	Rp 30,-
7. Asuransi	Rp 50,-
8. Bunga Bank	Rp 150,-
<b>Total Indirect Cost</b>	Rp 535,-
<b>Total Cost = Direct Cost + Indirect Cost</b>	Rp 4.770,-

## 2.5 Critical Path Methode (CPM)

Pada tahun 1958, perusahaan bahan-bahan kimia Du Pon Company (USA) memecahkan kesulitan-kesulitan dalam proses fabrikasi dengan menemukan metode *Critical Path Methode* (CPM). Dalam penentuan waktu, CPM dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap kegiatan dan dapat menentukan prioritas kegiatan yang harus mendapat perhatian pengawasan yang cermat agar kegiatan dapat selesai sesuai rencana. Metode CPM lebih terkenal dengan istilah

lintasan kritis. Metode tersebut memungkinkan terbentuknya suatu jalur atau lintasan yang memerlukan perhatian khusus (kritis). Tujuan lintasan kritis adalah untuk mengetahui dengan cepat kegiatan-kegiatan yang tingkat kepekaannya tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan penyelenggara proyek apabila kegiatan tersebut terlambat.

Metode ini sangat bermanfaat dalam perencanaan dan pelaksanaan pengawasan pembangunan suatu proyek. Banyak masalah yang dapat diatasi dengan penggunaan metode lintasan kritis, sehingga sistem ini merupakan metode yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem yang memakai prinsip pembentukan jaringan.

Dengan teknik CPM penyusunan jaringan kerja diidentifikasi ke arah kegiatan serta menggunakan "*simple time estimates*" sebagai waktu pelaksanaan. Para pemakai teknik CPM dianggap mempunyai dasar yang kuat sebagai landasan untuk melaksanakan setiap kegiatan. Di samping itu di dalam proses perencanaan dan pengawasan dengan sistem ini turut diperhitungkan dan dimasukkan konsep biaya yang lebih mendetail sehingga memungkinkan pelaksanaan pembangunan proyek lebih singkat dan ekonomis. (Nurhayati, 2010)

Manfaat dari penerapan CPM pada perencanaan adalah sebagai berikut :

- Dalam merencanakan dan menganalisa suatu kegiatan proyek dengan metode CPM, perencana proyek harus memiliki pengetahuan yang luas sehingga dapat mengantisipasi kesulitan dalam pelaksanaan kegiatan.
- Dalam penyelesaian jalur kritis dan yang bukan kritis ditunjukkan dengan jelas dengan diagram CPM, sehingga dapat mengatur pelaksanaan kegiatan.
- Adanya komunikasi antara pelaksana konstruksi dengan lebih jelas.

### 2.5.1 Penyusunan Jaringan Kerja CPM

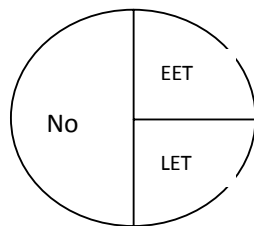
Untuk membuat jaringan kerja, harus diketahui dahulu semua kegiatan yang terjadi pada suatu proyek, waktu (durasi) setiap kegiatan, dan ketergantungan antar kegiatan (kegiatan pendahulu/*predecessors* dan kegiatan pengikut/*successors*). Urutan-urutan logis seluruh proyek harus diketahui secara baik. Setiap kegiatan harus diketahui kegiatan pendahulu serta kegiatan pengikutnya. Dengan demikian, jaringan kerja dapat terbentuk sejak awal proyek sampai dengan akhir proyek.

Untuk dapat menjadwalkan dengan metode CPM, ada beberapa hal yang perlu diketahui, yaitu elemen-elemen CPM.

a. Anak panah (*arrow*), kegiatan (*activity*), *job*

- Anak panah menunjukkan hubungan antara kegiatan, dan juga dicantumkan durasi.
- Sebuah anak panah mewakili satu kegiatan.
- Awal busur panah dinyatakan sebagai permulaan kegiatan dan mata panah sebagai akhir kegiatan.
- Terdapat tiga jenis anak panah :
  - ▶ Anak panah biasa menunjukkan suatu kegiatan yang dapat dikerjakan secara normal
  - ▶ Anak panah tebal menunjukkan suatu kegiatan yang harus menjadi perhatian (kritis)
  - ▶ Anak panah putus-putus menunjukkan kegiatan *dummy*

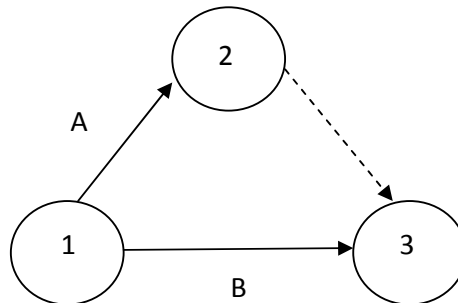
b. Lingkaran kecil (*node*), kegiatan/peristiwa, *event*



*Node* pada CPM terbagi menjadi tiga bagian yang terdiri dari nomor node, EET (*Earliest Event Time*), dan LET (*Latest Event Time*)

## 2.5.2 Kegiatan Semu (*dummy*)

Kegiatan semu berfungsi sebagai penghubung, tidak membutuhkan sumber daya maupun waktu penyelesaian. Aktivitas semu diperlukan karena tidak boleh ada dua aktivitas mulai dari simpul yang sama dan berakhir pada simpul lain yang sama juga. Aktivitas semu digambarkan sebagai anak panah putus-putus. (Santosa, 2009)



**Gambar 2.2** Aktivitas semu dalam jaringan kerja

## 2.5.3 Prosedur Perhitungan

### 2.5.3.1 Hitungan Maju

Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju. Perhitungan maju digunakan untuk menghitung EET (*Earliest Even Time*). EET adalah peristiwa paling awal atau waktu yang cepat dari *event*. (Soeharto, 1995)

$$EET_j = (EET_i + D_{ij}) \max$$

Dimana :

$EET_i$  = waktu mulai paling cepat dari *event* i

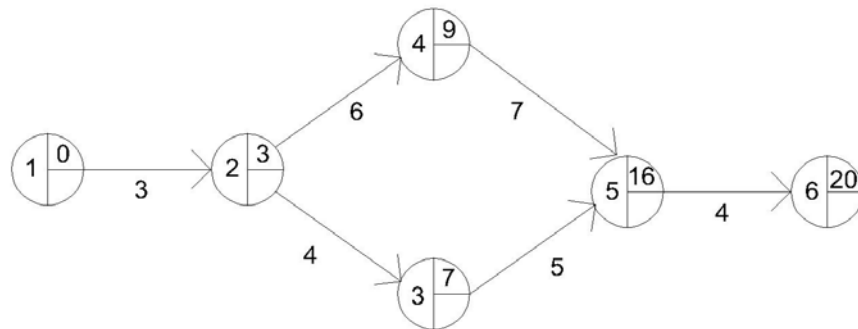
$EET_j$  = waktu mulai paling cepat dari *event* j

$D_{ij}$  = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara *event* i dan *event* j

Prosedur menghitung EET :

- Tentukan nomor dari peristiwa dari kiri ke kanan, mulai dari peristiwa nomor 1 berturut-turut sampai nomor maksimal.
- Tentukan nilai EET<sub>i</sub> untuk peristiwa nomor 1 (paling kiri) sama dengan nol.
- Dapat dihitung nilai EET<sub>j</sub> peristiwa berikutnya dengan rumus di atas. Apabila terdapat beberapa kegiatan (termasuk *dummy*) menuju atau dibatasi oleh peristiwa yang sama, maka diambil nilai EET<sub>j</sub> yang maksimum.

Contoh :



**Gambar 2.3** Perhitungan EET

Peristiwa 1 menandai dimulainya proyek, berarti waktu paling awal peristiwa terjadi adalah 0 atau  $EET_1 = 0$ , selanjutnya untuk hitungan maju adalah seperti berikut ini. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan.

Untuk kegiatan 1-2 :

$$EET_2 = EET_1 + D = 0 + 3 = 3$$

Untuk kegiatan 2-3 :

$$EET_3 = EET_2 + D = 3 + 4 = 7$$

Untuk kegiatan 2-4 :

$$EET_4 = EET_2 + D = 3 + 6 = 9$$

Untuk kegiatan 3-5 :

$$EET_5 = EET_3 + D = 7 + 5 = 12$$

Untuk kegiatan 4-5 :

$$EET_5 = EET_4 + D = 9 + 7 = 16$$

Kemudian pada kegiatan 5-6 dimana sebelumnya didahului oleh 2 kegiatan, yaitu kegiatan 3-5 dan kegiatan 4-5, dimana dasar jaringan kerja menyatakan bahwa suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya telah selesai. Maka untuk waktu mulai paling awal kegiatan 5-6 adalah sama dengan waktu selesai paling awal yang terbesar dari kegiatan sebelumnya, yaitu 16.

Jadi untuk kegiatan 5-6 :

$$EET_6 = EET_5 + D = 16 + 4 = 20$$

**Tabel 2.2** Hasil perhitungan EET

Kegiatan		Durasi	Paling Awal	
i	j		Mulai	Selesai
1	2	3	0	3
2	3	4	3	7
2	4	6	3	9
3	5	5	7	12
4	5	7	9	16
5	6	4	16	20

### 2.5.3.2 Hitungan Mundur

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan, tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari hitungan maju. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Perhitungan mundur ini digunakan untuk menghitung LET (*Latest Event Time*). LET adalah peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari *event*. (Soeharto, 1995)

$$LET_i = (LET_j - D_{ij}) \min$$

Dimana :

$LET_i$  = waktu mulai paling lambat dari *event* i

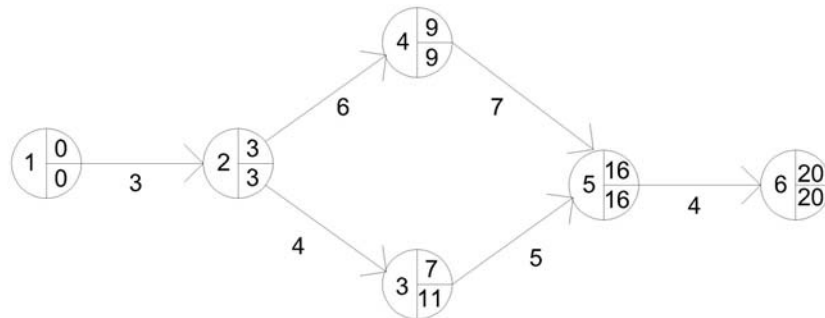
$LET_j$  = waktu mulai paling lambat dari *event* j

$D_{ij}$  = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara *event* i dan *event* j

Prosedur perhitungan LET :

- Tentukan nilai LET peristiwa terakhir (paling kanan) sesuai dengan nilai EET kegiatan terakhir.
- Dapat dihitung nilai LET dari kanan ke kiri dengan rumus di atas.
- Bila terdapat lebih dari satu kegiatan (termasuk *dummy*) maka dipilih LET yang minimum.

Contoh :



**Gambar 2.4** Perhitungan LET

Pada perhitungan maju didapat waktu penyelesaian proyek adalah 20 hari ( $LET_6 = 20$ ), maka hari ke-20 harus merupakan waktu paling akhir dari kegiatan proyek.

Untuk kegiatan 5-6 :

$$LET_5 = LET_6 - D = 20 - 4 = 16$$

Untuk kegiatan 4-5 :

$$LET_4 = LET_5 - D = 16 - 7 = 9$$

Untuk kegiatan 3-5 :

$$LET_3 = LET_5 - D = 16 - 5 = 11$$

Untuk kegiatan 2-4 :

$$LET_2 = LET_4 - D = 9 - 6 = 3$$

Untuk kegiatan 2-3 :

$$LET_2 = LET_3 - D = 11 - 4 = 7$$

Pada peristiwa 2 terdapat kegiatan yang memecah menjadi dua maka waktu selesai paling akhir kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir kegiatan berikutnya yang terkecil.

Jadi untuk kegiatan 1-2 :

$$LET_1 = LET_2 - D = 3 - 3 = 0$$

**Tabel 2.3** Hasil perhitungan LET

Kegiatan		Durasi	Paling Awal		Paling Akhir	
i	j		Mulai	Selesai	Mulai	Selesai
1	2	3	0	3	0	3
2	3	4	3	7	7	11
2	4	6	3	9	3	9
3	5	5	7	12	11	16
4	5	7	9	16	9	16
5	6	4	16	20	16	20

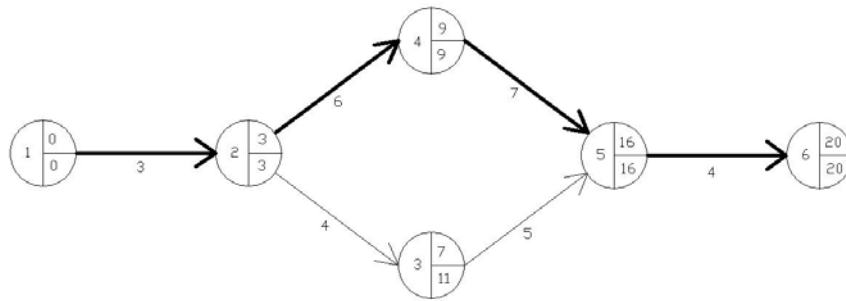
#### 2.5.4 Lintasan Kritis dan *Float*

Lintasan kritis adalah lintasan sepanjang diagram jaring yang mempunyai waktu terpanjang (durasi proyek). Lintasan kritis merupakan lintasan yang melalui kegiatan-kegiatan yang tidak mempunyai *float* (waktu jeda).

Untuk menentukan lintasan kritis dari jaringan kerja dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

- Lintasan kritis adalah lintasan yang melalui kegiatan-kegiatan yang mempunyai jumlah durasi terbesar.
- Dengan menghitung kegiatan-kegiatan yang mempunyai nilai *Total Float* = 0

Pada contoh di atas, setelah didapat waktu penyelesaian proyek paling cepat (EF) adalah 20 hari. Maka dapat diketahui jalur kritis yang menghubungkan kegiatan-kegiatan kritis, dimana terdiri dari urutan kegiatan yang mengikuti jalur 1-2-4-5-6.



**Gambar 2.5** Jalur kritis

❖ **Total Float (TF)**

*Total float* adalah jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. (Soeharto, 1995)

Nilai *Total Float* adalah :

$$TF = LET(j) - EET(i) - D(i-j)$$

Dapat juga dinyatakan sebagai berikut :

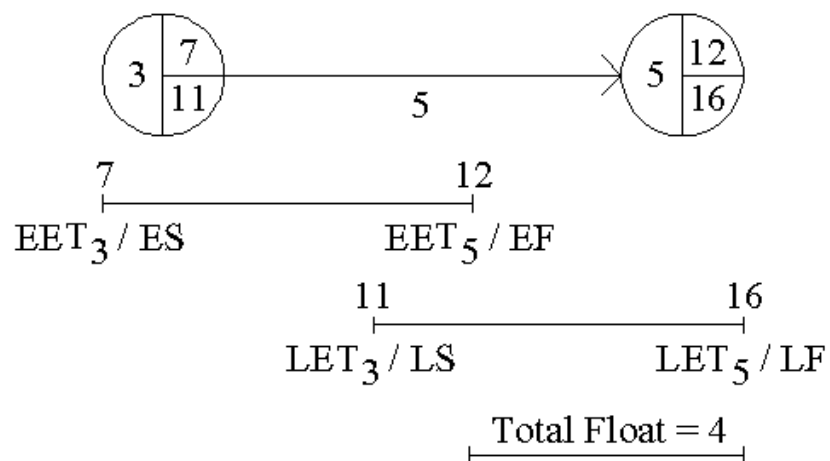
$$TF = LF - EF = LS - ES$$

Contoh perhitungan *Total Float* pada contoh proyek di atas adalah :

**Tabel 2.4** Perhitungan *Total Float*

Kegiatan		Durasi	Paling Awal		Paling Akhir		Total Float (TF)
i	j		Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	
1	2	3	0	3	0	3	0
2	3	4	3	7	7	11	4
2	4	6	3	9	3	9	0
3	5	5	7	12	11	16	4
4	5	7	9	16	9	16	0
5	6	4	16	20	16	20	0

Ilustrasi *Total Float* untuk kegiatan 3-5 pada contoh di atas adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.6** Ilustrasi *Total Float*

❖ **Free Float (FF)**

*Free float* adalah sama dengan sejumlah waktu dimana penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya ataupun semua peristiwa yang lain pada jaringan kerja. (Soeharto, 1995)

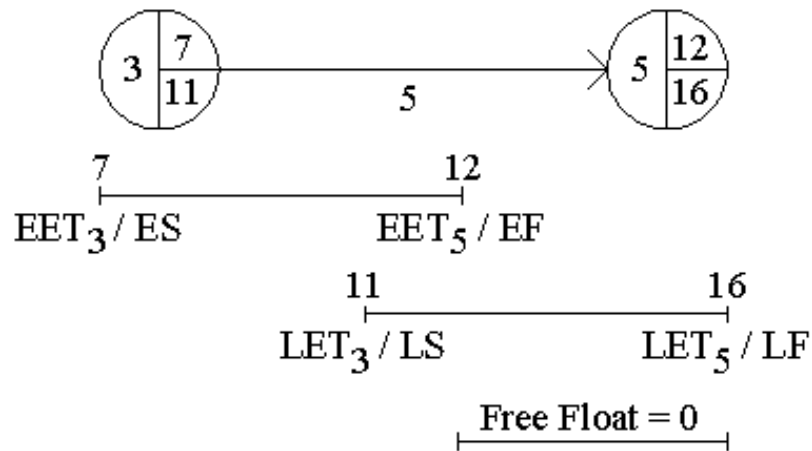
Nilai *Free Float* adalah :

$$FF = EF - ES - D$$

Dapat juga dinyatakan sebagai berikut :

$$FF = EET(j) - EET(i) - D(j-i)$$

Contoh :



**Gambar 2.7** Ilustrasi *Free Float*

*Free Float* pada kegiatan 3 adalah :

$$FF = EF - ES - D = 12 - 7 - 5 = 0 \text{ atau,}$$

$$FF = EET_5 - EET_3 - D = 12 - 7 - 5 = 0$$

Nilai  $FF = 0$ , hal ini berarti bahwa kegiatan 3 tidak boleh ditunda pelaksanaannya karena apabila ditunda akan menyebabkan keterlambatan pada kegiatan berikutnya (kegiatan 5).

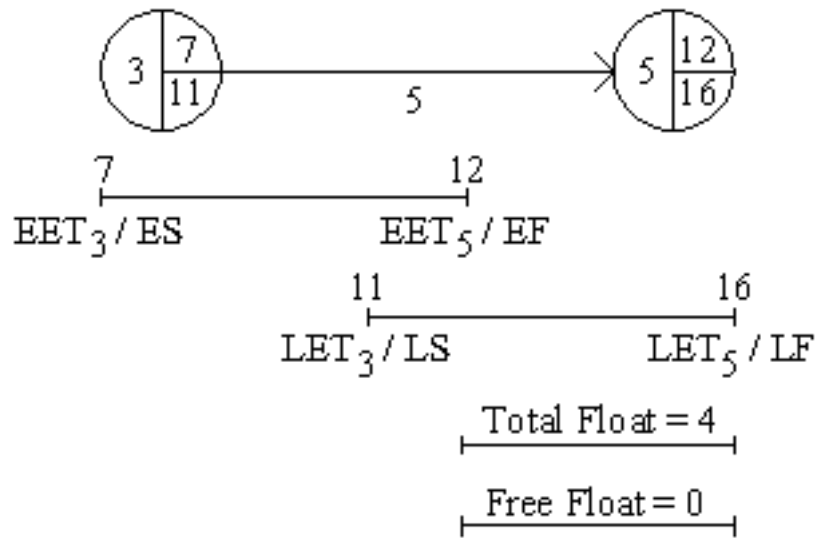
### ***Interferent Float (IF)***

*Interferent float* adalah suatu kegiatan yang boleh digeser atau dijadwalkan dan merupakan selisih dari *Total Float* (TF) dengan *Free Float* (FF), serta sedikitpun tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan. (Soeharto, 1995)

Nilai *Interferent Float* adalah :

$$IF = TF - FF$$

Contoh :



**Gambar 2.8** Ilustrasi *Interferent Float*

*Interferent Float* pada kegiatan 3 adalah :

$$IF = TF - FF = 4 - 0 = 4$$

Nilai  $IF = 4$ , berarti bahwa kegiatan 3 boleh mengalami penundaan selama 4 minggu.

## 2.6 *Precedence Diagram Methode*

Metode Preseden Diagram (PDM) diperkenalkan oleh J. W. Fondahl dari Universitas Stanford USA pada awal decade 60-an. Selanjutnya, metode tersebut dikembangkan oleh perusahaan IBM dalam rangka penggunaan komputer untuk memproses hitungan-hitungan yang berkaitan dengan metode PDM.

PDM adalah jaringan kerja yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian, dummy pada PDM tidak diperlukan. (Luthan & Syafrandi, 2006)

Pada PDM sebuah kegiatan dapat dikerjakan tanpa menunggu kegiatan pendahulunya selesai 100%. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara tumpang tindih (*overlapping*). Cara tersebut dapat mempercepat waktu selesainya pelaksanaan proyek.

### 2.6.1 **Penyusunan Jaringan Kerja PDM**

Pada CPM, metode yang dipakai adalah *Activity on Arrow* (AOA) dimana kegiatan dan durasi diletakkan pada tanda panah. Pada PDM, yang digunakan adalah *Activity on Node* (AON) dimana tanda panah hanya menyatakan keterkaitan antara kegiatan. Kegiatan dari peristiwa pada PDM ditulis dalam bentuk node yang berbentuk kotak segi empat. Definisi kegiatan dan peristiwa sama seperti CPM.

Berikut ini adalah sebagian contoh node yang dipakai pada PDM :

ES	No. Urut		EF
LS	Nama Kegiatan	Durasi	LF

No.Urut & Nama Kegiatan	
ES/LS	FF
EF/LF	TF
Durasi	

**Gambar 2.9** Node kegiatan PDM

### 2.6.2 *Konstrain, Lead, dan Lag*

*Konstrain* menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari *node* terdahulu ke *node* berikutnya. 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 ada 4 macam *konstrain* yaitu :

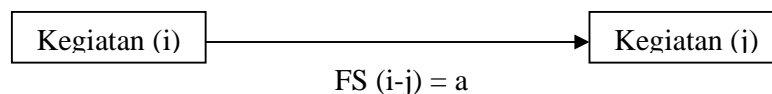
- awal ke awal (SS)
- awal ke akhir (SF)
- akhir ke akhir (FF)
- akhir ke awal (FS)

Pada garis *konstrain* dibubuhkan penjelasan mengenai waktu mendahului (*lead*) atau terlambat tertunda (*lag*). Bila kegiatan (i) mendahului (j) dan satuan waktu adalah hari, maka penjelasan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

a. *Konstrain* Selesai ke Mulai – 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. Proyek selalu menginginkan besar angka a sama dengan 0 kecuali bila dijumpai hal-hal tertentu, misalnya akibat iklim yang tidak dapat dicegah, proses kimia atau fisika seperti waktu pengeringan adukan semen, dan mengurus perizinan.

Jenis *konstrain* ini identik dengan kaidah utama jaringan kerja CPM, yaitu suatu kegiatan dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (*predecessor*) telah selesai.



**Gambar 2.10** *Konstrain* FS

b. *Konstrain* Mulai ke Mulai – SS

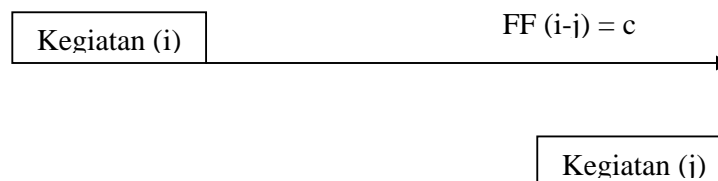
*Konstrain* ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan yang mendahului (*predecessor*). Atau SS (i-j) = b yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. *Konstrain* semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100%, maka kegiatan (j) boleh mulai. Atau kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi disini terjadi kegiatan tumpang tindih.



**Gambar 2.11** *Konstrain* SS

c. *Konstrain* Selesai ke Selesai – FF

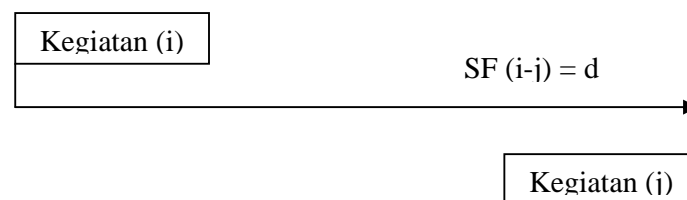
*Konstrain* FF memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau FF (i-j) = c yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Besar angka c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j).



**Gambar 2.12** *Konstrain* FF

d. *Konstrain* Mulai ke Selesai – SF

*Konstrain* SF menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan  $SF(i-j) = d$ , yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu dimulai. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.



**Gambar 2.13** *Konstrain* SF

b dan d disebut *lead time*, sedangkan a dan c disebut *lag time*.

Jadi dalam menyusun jaringan PDM, khususnya menentukan urutan ketergantungan, mengingat adanya bermacam *konstrain* di atas, maka lebih banyak faktor harus diperhatikan dibanding CPM. (Soeharto, 1995)

## 2.6.3 Prosedur Perhitungan

### 2.6.3.1 Hitungan Maju

Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut :

- Menghasilkan ES, EF, dan waktu penyelesaian proyek.
- Diambil angka ES terbesar bila lebih satu kegiatan bergabung.
- Notasi (i) bagi kegiatan terdahulu (*predecessor*) dan (j) kegiatan yang sedang ditinjau.
- Waktu awal dianggap nol.

Hitungan maju pada *Precedence Diagram Methode* (PDM) adalah sebagai berikut :

- a. Waktu mulai paling awal dari kegiatan yang sedang ditinjau  $ES(j)$ , adalah sama dengan angka terbesar dari jumlah angka kegiatan terdahulu  $ES(i)$  atau  $EF(i)$  ditambah konstrain yang bersangkutan. Karena terdapat empat konstrain, maka bila ditulis dengan rumus menjadi :

$$ES(j) = ES(i) + SS(i-j)$$

atau

$$ES(j) = ES(i) + SF(i-j) - D(j)$$

atau

$$ES(j) = EF(i) + FS(i-j)$$

atau

$$ES(j) = EF(i) + FF(i-j) - D(j)$$

Dari keempat rumus di atas, kemudian dipilih nilai yang terbesar.

- b. Angka waktu selesai paling awal kegiatan yang sedang ditinjau  $EF(j)$ , adalah sama dengan angka waktu mulai paling awal kegiatan tersebut  $ES(j)$ , ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan  $D(j)$ . Atau ditulis dengan rumus menjadi :

$$EF(j) = ES(j) + D(j)$$

### 2.6.3.2 Hitungan Mundur

Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut :

- Menentukan LS, LF, dan kurun waktu *float*.
- Bila lebih dari satu kegiatan bergabung diambil angka LS terkecil.
- Notasi (i) bagi kegiatan yang sedang ditinjau sedangkan (j) adalah kegiatan berikutnya.

Hitungan mundur pada *Precedence Diagram Methode* (PDM) adalah sebagai berikut :

- a. Hitung LF(i), waktu selesai paling akhir kegiatan (i) yang sedang ditinjau, yang merupakan angka terkecil dari jumlah kegiatan LS dan LF plus konstrain yang bersangkutan.

$$LF(i) = LF(j) - FF(i-j)$$

atau

$$LF(i) = LS(j) - FS(i-j)$$

atau

$$LF(i) = LF(j) - SF(i-j) + D(i)$$

atau

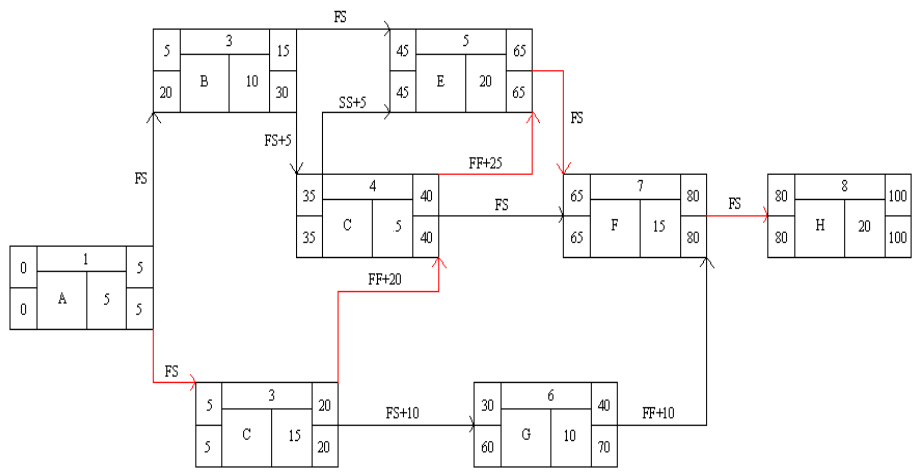
$$LF(i) = LS(j) - SS(i-j) + D(j)$$

Dari keempat rumus di atas, kemudian dipilih nilai yang terkecil.

- b. Waktu mulai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau  $LS(i)$ , adalah sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan tersebut  $LF(i)$ , dikurangi kurun waktu yang bersangkutan. Atau ditulis dengan rumus menjadi :

$$LS(i) = LF(i) - D(i)$$

Contoh :



**Gambar 2.14** Jaringan kerja PDM

Perhitungan :

Hitungan maju :

Dimulai dari kegiatan awal yaitu A :

- Kegiatan A  
 Mulai awal = 0  
 $ES(1) = 0$   
 $EF(1) = ES(1) + D(A) = 0 + 5 = 5$
- Kegiatan B  
 $ES(2) = EF(1) + FS(1-2) = 5 + 0 = 5$   
 $EF(2) = ES(2) + D(B) = 5 + 10 = 15$

- Kegiatan C  
 $ES(3) = EF(1) + FS(1-3) = 5 + 0 = 5$   
 $EF(3) = ES(3) + D(C) = 5 + 15 = 20$
- Kegiatan D  
 $ES(4) = \text{Maksimum} : EF(2) + FS(2-4) = 15 + 5 = 20$   
 $EF(4) = ES(4) + D(D) = 20 + 5 = 25$
- Kegiatan E  
 $ES(5) = \text{Maksimum} : EF(2) + FS(2-5) = 15 + 0 = 15$   
 $ES(4) + SS(4-5) = 20 + 5 = 25$   
 $EF(4) + FF(4-5) - D(B) = 25 + 20 - 20 = 25$
- Kegiatan F  
 $ES(7) = \text{Maksimum} : EF(4) + FS(4-7) = 25 + 0 = 25$   
 $EF(7) = ES(7) + D(F) = 25 + 15 = 40$
- Kegiatan G  
 $ES(6) = EF(3) + FS(3-6) = 20 + 10 = 30$   
 $EF(6) = ES(6) + D(G) = 30 + 10 = 40$
- Kegiatan H  
 $ES(8) = EF(6) + FS(6-8) = 40 + 0 = 40$   
 $EF(8) = ES(8) + D(H) = 40 + 20 = 60$

Hitungan mundur :

Dimulai dari kegiatan terakhir H dengan  $LF(8) = 60$  dan  $LS(8) = 40$

- Kegiatan F  
 $LF(7) = LS(8) - FS(7-8) = 60 - 0 = 60$   
 $LS(7) = LF(7) - D(F) = 60 - 15 = 45$
- Kegiatan G  
 $LF(6) = LF(7) - FF(6-7) = 60 - 10 = 50$   
 $LS(6) = LF(6) - D(G) = 50 - 10 = 40$
- Kegiatan E  
 $LF(5) = LS(6) - FS(5-6) = 45 - 0 = 45$   
 $LS(5) = LF(5) - D(E) = 45 - 20 = 25$

- Kegiatan D

$$LF(4) = \text{Minimal} : LF(5) - FF(4-5) = 65 - 25 = 40$$

$$LS(5) - SS(4-5) + D(D) = 45 - 5 + 5 = 45$$

$$LS(6) - FS(4-6) = 65 - 0 = 65$$

$$LS(4) = LF(4) - D(D) = 40 - 5 = 35$$

- Kegiatan C

$$LF(3) = \text{Minimal} : LF(4) - FF(3-4) = 40 - 20 = 20$$

$$LS(3) = LF(3) - D(C) = 20 - 15 = 5$$

- Kegiatan B

$$LF(2) = \text{Minimal} : LS(5) - FS(2-5) = 45 - 0 = 45$$

$$LS(4) - FS(2-4) = 35 - 5 = 30$$

$$LS(2) = LF(2) - D(B) = 30 - 10 = 20$$

- Kegiatan A

$$LF(1) = \text{Minimal} : LS(2) - FS(1-2) = 20 - 0 = 20$$

$$LS(3) - FS(1-3) = 5 - 0 = 5$$

$$LS(1) = LF(1) - D(A) = 5 - 5 = 0$$

Dari hasil perhitungan dapat diketahui waktu penyelesaian total adalah 100 hari.

#### 2.6.4 Jalur dan Kegiatan Kritis

Jalur dan kegiatan kritis PDM mempunyai sifat sama seperti CPM/AOA, yaitu :

- Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama.

$$ES = LS$$

- Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama.

$$EF = LF$$

- Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal.

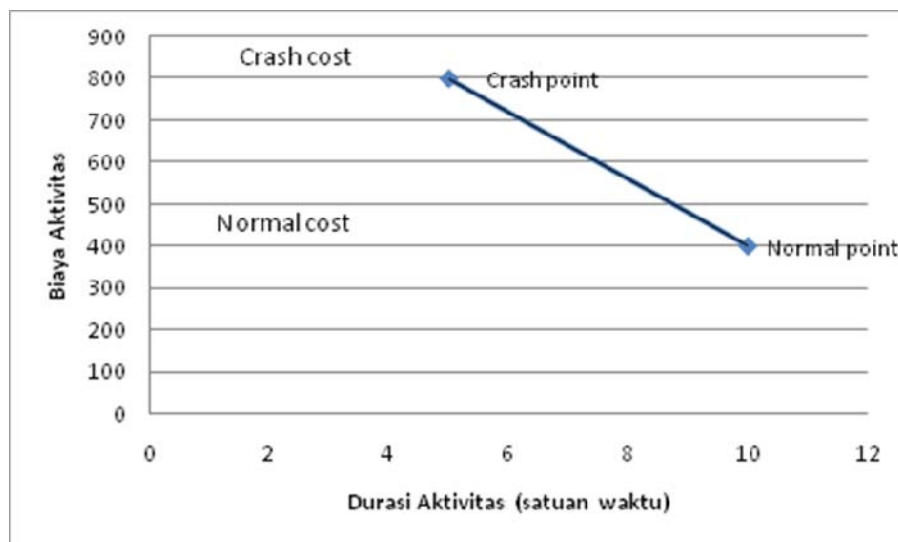
$$LF - ES = D$$

- Bila hanya sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.

Jalur kritis pada contoh di atas adalah : A-C-D-E-F-H

## 2.7 *Cost Slope*

Pada dasarnya perlu dicari kegiatan kritis yang akan dipercepat yang memiliki peningkatan biaya per satuan waktu yang terkecil. Alasan untuk pemilihan kegiatan kritis tergantung pada pengidentifikasian kegiatan-kegiatan dengan waktu normal dan waktu pacu (*crash time*) dan biaya yang berhubungan dengannya. Waktu normal untuk kegiatan menunjukkan biaya yang rendah, realistis, penggunaan metode penyelesaian yang efisien dalam kondisi yang normal. Percepatan waktu suatu kegiatan disebut *crashing*. Waktu penyelesaian kegiatan tercepat yang mungkin untuk dicapai disebut dengan *crash time* dan biayanya disebut dengan *crash cost*. Biaya yang berhubungan dengan waktu normal dan waktu pacu ini dikumpulkan dari personil yang familiar dengan penyelesaian kegiatan yang bersangkutan.



**Gambar 2.15** Grafik kegiatan yang dipercepat

Pada gambar 2.10 waktu normal untuk kegiatan adalah 10 satuan waktu dan waktu pacunya adalah 5 satuan waktu dengan biaya masing-

masing adalah 400 dan 800. Perpotongan antara waktu normal dan biayanya menunjukkan biaya dasar yang rendah, dan dimulainya jadwal. Titik pacu (*crash point*) menunjukkan waktu maksimum sebuah kegiatan dapat dipercepat. Garis tebal menunjukkan kemiringan (*slope*), yang mengasumsikan biaya pengurangan waktu kegiatan yang konstan tiap satuan waktu.

Dengan mengetahui kemiringan kegiatan, manajer akan dapat lebih mudah membandingkan kegiatan kritis mana yang akan dipercepat. Perbandingan kemiringan dari semua kegiatan kritis memudahkan kita untuk menentukan kegiatan mana yang akan dipercepat dalam rangka meminimalisasi total biaya langsung. (Nurhayati, 2010)

Slope dapat dihitung dengan rumus :

$$\textit{Slope} = \frac{\textit{Crash cost} - \textit{Normal cost}}{\textit{Normal time} - \textit{Crash time}}$$

## 2.8 *Time Cost Trade Off*

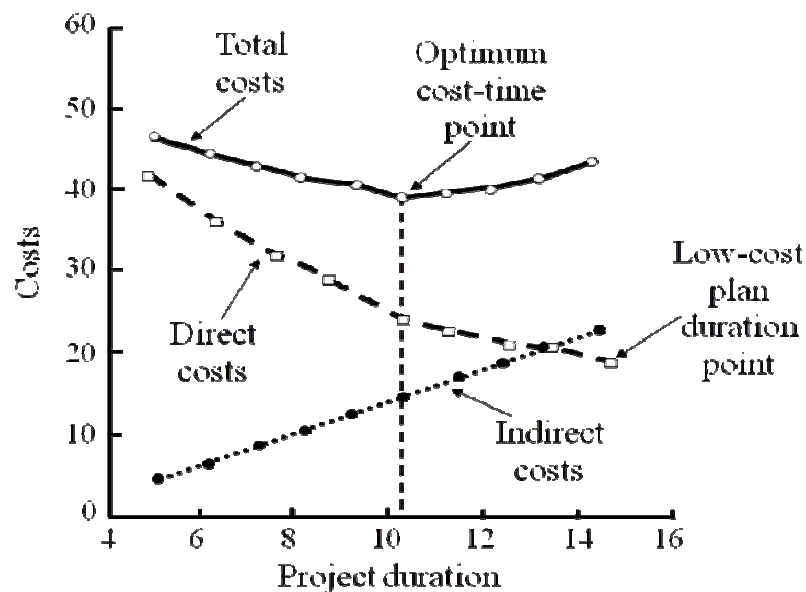
Dalam pelaksanaan sebuah proyek, ada beberapa alasan yang dapat menjadi dasar untuk melakukan pengurangan durasi waktu dari sebuah proyek. Salah satu alasan yang paling umum adalah adanya sesuatu yang dikenal sebagai “*Imposed Project Duration Date/Tanggal Waktu Proyek Terbebani*”. *Imposed Project Duration Date* ini terjadi karena adanya pernyataan dari manajer perusahaan ataupun pimpinan suatu pemerintahan kepada masyarakat bahwa proyek yang sedang dilaksanakan oleh timnya akan selesai pada suatu waktu yang ditentukan.

Disamping alasan *imposed project duration* di atas, alasan seperti adanya tekanan persaingan global, pemberian insentif kepada pelaksana proyek jika proyek selesai lebih cepat, dan kemungkinan terjadinya sebab-sebab yang tidak terduga seperti gangguan cuaca, kesalahan perancangan awal, serta kerusakan mesin dan peralatan dapat menjadi sebab mengapa durasi penyelesaian proyek harus dikurangi. Akan tetapi dalam upaya

pengurangan durasi proyek ini, manajer proyek akan dihadapkan pada kondisi *trade off* antara munculnya biaya yang lebih tinggi dari apa yang telah diperkirakan sebelumnya.

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktivitas, diusahakan agar pertambahan biaya yang ditimbulkan seminimal mungkin. Disamping itu harus diperhatikan pula bahwa penekanannya hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang ada pada lintasan kritis.

Apabila penekanan dapat dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang tidak berada di lintasan kritis, maka waktu penyelesaian keseluruhan tidak akan berkurang. Penekanan dilakukan lebih dahulu pada aktivitas-aktivitas yang mempunyai *cost slope* terendah pada lintasan kritis.



**Gambar 2.16** Grafik hubungan waktu dan biaya