

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Menurut penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Purnomo dkk. (2017), percepatan waktu 16 hari dari waktu jadwal normal proyek 144 hari menjadi 128 hari dan penghematan biaya yaitu sebesar Rp 4.237.996,- atau 0,11 % dari biaya kontrak sebesar Rp 3.788.803.879,-. Penelitian lain yang dilakukan oleh Kustamar dkk. (2010) menemukan beberapa alternatif namun diambil alternatif III dengan percepatan 19 hari dan biaya Rp 1.512.567.531,40 dari total waktu rencana proyek 120 hari dengan biaya rencana sebesar Rp 1.567.808.00,-

Frederika (2010) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penambahan jam kerja 1 jam pada jam kerja normal dapat mengurangi biaya dan waktu masing-masing sebesar Rp784.104,16 dan 8 hari, sedangkan dari analisis untuk waktu yang optimum didapatkan penambahan waktu 2 jam dari jam kerja normal dengan pengurangan waktu selama 14 hari dan biaya sebesar Rp.700.377,35 yang artinya percepatan dengan biaya optimum dengan menambah waktu 1 jam kerja dan percepatan dengan waktu yang optimum dengan penambahan waktu 2 jam kerja. Penelitian yang dilakukan oleh Abdullah dkk. (2014) menyebutkan bahwa hasil biaya optimal jika memilih durasi normal 430 hari dengan total biaya Rp 26.457.738.538 dan waktu akan optimal jika memilih biaya Rp 29.926.478.323 (setelah *crashing*) dengan total durasi 331 hari.

Menurut Wowor dkk. (2013), suatu kegiatan pengawasan proyek yang dilakukan supaya proyek bisa berjalan lancar dan mendapatkan mutu yang baik, penggunaan biaya dan waktu serta evaluasi pada saat pelaksanaan agar proyek dapat selesai sesuai dengan rencana. Dengan melakukan evaluasi proyek dengan memperhatikan mutu, waktu dan biaya serta diselesaikan secara efektif dan efisien akan menghasilkan keuntungan tanpa harus mereduksi mutu produk pekerjaan.

Penelitian tentang analisis biaya dan waktu terhadap penambahan jam kerja lembur dibandingkan penambahan tenaga pada proyek konstruksi,

sebelumnya telah dilakukan oleh Chusairi (2015). Hasil dari analisa percepatan optimum proyek adalah 291 hari dengan biaya optimum sebesar Rp.5.789.862.276,72. Kondisi tersebut berbeda dengan kondisi normal proyek, dimana durasi normal proyek adalah 315 hari dengan biaya normal sebesar Rp5.803.458.076,72. Saat kondisi percepatan optimum, biaya langsung menambah dari Rp 5.495.106.342,48 menjadi Rp 5.504.458.076,72 dan biaya tidak langsung berkurang dari Rp 307.953.000,00 menjadi Rp 285.404.200,00.

Sugiyarto dkk. (2013) menyebutkan bahwa penggunaan metode CPM menghasilkan satu jalur kritis dengan 18 kegiatan dan dua kurva S yaitu untuk jadwal kegiatan paling awal dan paling lambat. Hasil perhitungan dengan metode CPM membutuhkan waktu 135 hari dengan biaya Rp. 979.239.000,- sedangkan perhitungan yang dilakukan oleh CV. Catur Tunggal membutuhkan waktu 150 hari dengan biaya Rp. 1.001.454.000,-. Berdasarkan metode CPM menghemat waktu penyelesaian proyek 15 hari (10%) dan biaya sebesar Rp. 22.215.000,-.

Penelitian yang dilakukan oleh Witjaksana dan Hepiyanto (2014) bertujuan untuk mendapatkan perbedaan produktivitas tenaga kerja pasangan dinding bata yang dibayar borongan dengan yang dibayar harian di Proyek Hotel Ciputra World Surabaya. Disamping itu diteliti pula faktor yang paling berpengaruh terhadap produktivitas dari 5 variabel: pendidikan, pengalaman, usia, disiplin kerja dan motivasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem upah borongan memberikan produktivitas lebih besar dari produktivitas upah harian tetapi dengan perbedaan upah borongan sebesar 49,8% lebih besar dari harian, perbedaan produktivitas pekerja borongan hanya lebih besar 33,9% dari pada produktivitas pekerja harian. Dari hasil analisa regresi linier berganda dapat disimpulkan bahwa variabel yang paling dominan terhadap produktivitas tenaga kerja harian dan borongan adalah motivasi kerja.

Proyek pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland mengalami keterlambatan. Durasi normal untuk struktur Lantai 7 hingga Lantai Roof Level (Lantai RL) adalah 203 hari, dengan biaya Rp 36.718.664.136. Proses percepatan dibagi menjadi 3 (tiga) skenario. Skenario 1 Pekerjaan Kolom dengan durasi crashing 191 hari dan biaya Rp 36.907.386.256, Skenario 2 Pekerjaan Pelat Lantai dan Balok dengan durasi 188 hari dan biaya Rp 37.759.094.653, Skenario 3

Pekerjaan Kolom, Pelat Lantai dan Balok dengan durasi 176 hari dan biaya Rp 37.930.808.077. Dari nilai cost slope dan grafik hubungan biaya dan waktu, didapat titik optimum percepatan adalah Skenario 1 (Adi dkk., 2016).

Menurut Pinori dkk. (2015), keterlambatan adalah durasi pelaksanaan yang tidak dimanfaatkan sesuai dengan rencana kegiatan awal, sehingga menyebabkan beberapa kegiatan yang mengikuti tidak terselesaikan sesuai jadwal rencana awal. Terjadinya keterlambatan disebabkan oleh beberapa faktor yaitu perencanaan yang tidak tepat, volume material yang dikirim ke lokasi tidak cukup, pelaksanaan proyek pada triwulan ketiga, kesalahan dalam perencanaan, keadaan cuaca yang buruk dan kesalahan dalam menginterpretasikan gambar.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Manajemen Proyek**

Manajemen ialah suatu ilmu pengetahuan tentang seni memimpin organisasi yang terdiri atas kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pengendalian terhadap sumber-sumber daya yang terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien (Husen, 2009).

Sedangkan proyek itu sendiri adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, peralatan dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek merupakan penerapan ilmu pengetahuan, keahlian, dan teknik yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja (Husen, 2009).

Dalam manajemen proyek, yang perlu dipertimbangkan agar sesuai sasaran dan tujuan yang direncanakan membutuhkan penanganan yang cermat. Beberapa aspek dan sering menjadi masalah ketika proyek dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- a) Aspek Keuangan: Masalah ini berkaitan dengan pembelanjaan dan pembiayaan proyek. Pembiayaan proyek ini sangat krusial bila proyek berskala besar dengan tingkat kompleksitas yang rumit dan membutuhkan analisis keuangan yang cermat.

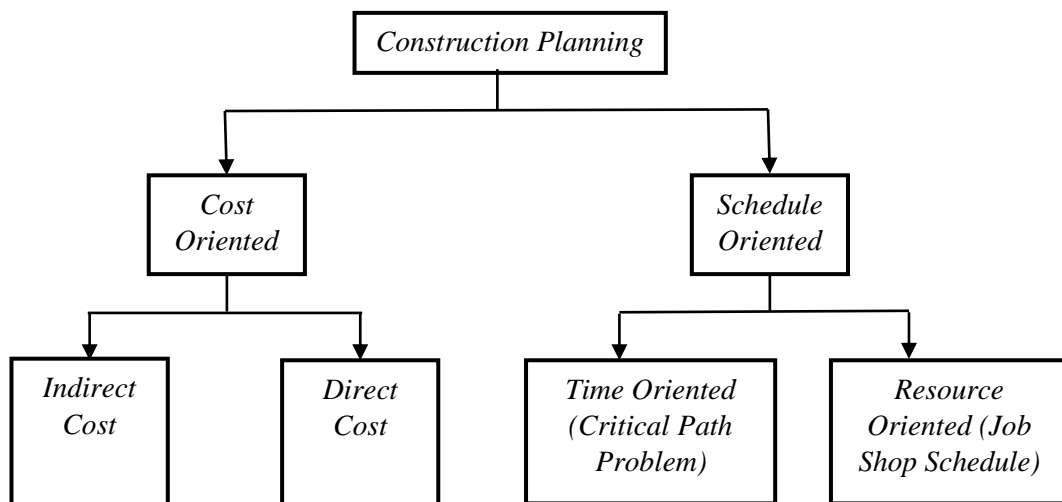
- b) Aspek Anggaran Biaya: Masalah ini berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proyek berlangsung. Perencanaan yang matang dan terperinci memudahkan proses pengendalian biaya, sehingga biaya yang dikeluarkan sesuai anggaran rencana.
- c) Aspek Manajemen Sumber Daya Manusia: Masalah ini berkaitan dengan kebutuhan dan alokasi SDM selama proyek berlangsung. Agar tidak menimbulkan masalah, SDM harus dilakukan penyeleksian, deskripsi kerja, beban kerja, deskripsi wewenang dan tanggung jawab, serta penjelasan tentang sasaran dan tujuan proyek.
- d) Aspek Mutu: Masalah ini berkaitan dengan kualitas produk akhir yang nantinya dapat meningkatkan daya saing dan memberikan kepuasan bagi pelanggan.
- e) Aspek Waktu: Masalah waktu dapat menimbulkan kerugian biaya bila terlambat dari yang direncanakan, sebaliknya akan menguntungkan bila dapat dipercepat.

### **2.2.2. Perencanaan dan Penjadwalan Proyek**

#### **1. Perencanaan Pelaksanaan Proyek Konstruksi**

Perencanaan dapat didefinisikan sebagai suatu tahapan yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran berikut penyiapan langkah-langkah kegiatan termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapai tujuan tersebut (Hermansyah, 2005).

Perencanaan pelaksanaan proyek konstruksi mencakup proses penetapan lingkup proyek, perumusan struktur dan hirarki proyek, pemilihan jenis teknologi dan metode pelaksanaan konstruksi, perumusan kegiatan, perkiraan sumber daya yang dibutuhkan berikut durasi untuk setiap kegiatan dan identifikasi keterkaitan diantara kegiatan-kegiatan. Dalam kaitan ini dapat dikatakan bahwa penjadwalan merupakan penjabaran operasional dari pada rencana, sehingga dengan demikian rencana harus dibuat terlebih dahulu sebelum melakukan penjadwalan (Hermansyah, 2005).



Gambar 2.1. Pilihan Penekanan pada Perencanaan Konstruksi (Hermansyah, 2005)

Dalam perencanaan konstruksi ditekankan pada salah satu aspek yaitu *cost control* atau *schedule control*. Beberapa proyek menekankan pada aspek biaya yang dibagi menjadi biaya langsung dan biaya tidak langsung. Pada proyek lainnya, penjadwalan setiap pekerjaan merupakan hal utama dalam proses perencanaan. Penjadwalan terdiri dari penjadwalan pelaksanaan dan penjadwalan sumber daya.

## 2. Penjadwalan Pelaksanaan Proyek Konstruksi

Penjadwalan adalah perhitungan pengalokasian waktu yang tersedia kepada pelaksanaan masing-masing bagian pekerjaan atau kegiatan, dalam rangka penyelesaian suatu proyek sedemikian rupa, sehingga tercapai hasil yang optimal, dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Hermansyah, 2005).

Selama proses pengendalian proyek, penjadwalan mengikuti perkembangan proyek mengikuti berbagai permasalahan yang terjadi. Proses *monitoring* dan *updating* selalu dilakukan guna mendapatkan penjadwalan yang realistis serta penerapan durasi pekerjaan dapat mencapai sasaran dan tujuan.

Teknik penjadwalan terdapat beberapa metode yaitu: *Bar Chart*, Kurva S atau *Hanumm Curve*, *Metode Linier*, *Metode Network Planning*.

*Bar Chart* merupakan model visualisasi proyek dalam bentuk hubungan antara kegiatan dengan waktu. *Bar Chart* tersusun atas sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket pekerjaan dari lingkup proyek, sedangkan sumbu x menyatakan satuan waktu sebagai durasinya.

Kurva S atau *Hanumm Curve* adalah sebuah grafik yang menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan jadwal rencana, dari situlah dapat diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.

*Metode Linier* merupakan model visualisasi proyek dalam bentuk hubungan antara kegiatan – waktu – lokasi. Bentuk dasar diagram *metode linier* ini berupa diagram yang terdiri dari dua sumbu yang saling tegak lurus dengan satu sumbu menjelaskan waktu dan sumbu yang lain menggambarkan lokasi proyek, sedangkan kegiatan diplot diantara kedua sumbu tersebut sebagai garis diagonal dengan kemiringan yang menunjukkan kecepatan pelaksanaan kegiatan.

Metode Network Planning akan dibahas pada sub-bab 2.2.3. *Network Planning* (NWP),

### 3. Pengendalian Pelaksanaan Proyek Konstruksi

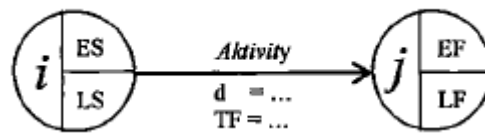
Pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran dan tujuan perencanaan, merancang system informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan penyimpangan, kemudian melakukan tindakan koreksi yang diperlukan agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2009).

Pengendalian dibagi menjadi dua yaitu pengawasan dan pengambilan tindak turun tangan. Pengawasan adalah usaha mengevaluasi data/fakta proyek dengan disertai kewenangan memberikan Petunjuk Tindak Turun Tangan (PT3). Sedangkan tindak turun tangan adalah tindak lanjut dari PT3 yang terdiri atas kedisiplinan kemajuan proyek baik dari segi keuangan, waktu maupun fisik dan

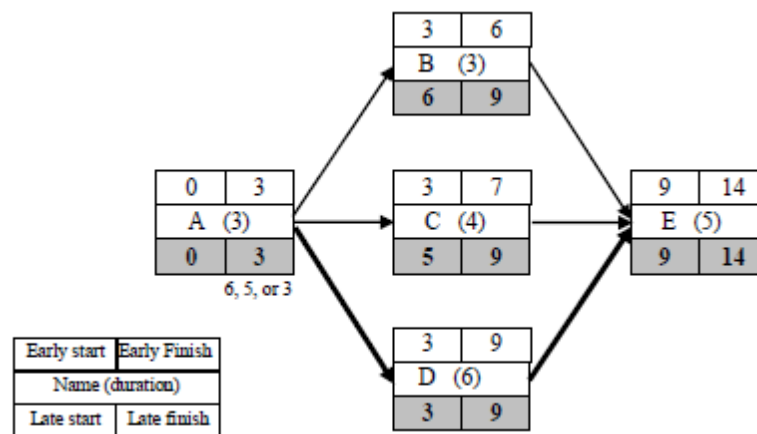
memberi ganjaran/sanksi kepada pelaksana berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku.

### 2.2.3. Network Planning (NWP)

Model NWP menyajikan model visualisasi proyek dalam bentuk jaringan yang tersusun dari simpul (*node*) dan anak panah (*arrow*). Terdapat dua macam model visualisasi proyek yaitu *Activity On Arrow* (AOA) atau *Arrow Diagramming* dan *Activity On Node* (AON) atau *Precedence Diagramming* (Hermansyah, 2005).



Gambar 2.2. Model *Activity On Arrow* (AOA)



Gambar 2.3. Model *Activity On Node* (AON)

Pada awalnya CPM (*Critical Path Methode*) dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) memakai model AOA sedangkan PDM (*Precedence Diagramm Method*) memakai model AON. Namun dalam perkembangannya terdapat kerancuan dalam pemakaian istilah-istilah tersebut, mengingat CPM dan PERT juga memakai metode AON, walaupun pola keterkaitan antar kegiatan hanya terbatas pada hubungan *Finish to Start*. Pada dasarnya metode NWP, baik CPM, PERT maupun PDM memakai prinsip perhitungan waktunya berdasarkan *Critical Path Technique*.

Metode NWP dapat secara jelas menggambarkan hubungan dan ketergantungan antar kegiatan, serta dapat memberikan informasi mengenai kapan suatu kegiatan dapat dimulai paling cepat dan paling lambat, kapan suatu kegiatan dapat selesai paling cepat dan paling lambat, lintasan-lintasan berikut kegiatan-kegiatan kritisnya dan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Namun penyusunan jadwal proyek berdasarkan metode ini relatif lebih sulit jika dibandingkan *Bar Chart* dan Metode Linier.

Metode NWP memungkinkan aplikasi konsep *management by exception* karena metode tersebut dengan jelas mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang bersifat kritis bagi manajemen proyek, yaitu kegiatan-kegiatan yang memerlukan perhatian khusus untuk dapat menepati jadwal waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Metode NWP yang paling populer di dalam industri konstruksi adalah CPM. CPM memakai satu durasi kegiatan yang pasti (*fixed*), sehingga disebut metode dengan pendekatan deterministik. Pada CPM, anak panah di dalam network menggambarkan kegiatan sedangkan simpul menggambarkan peristiwa atau kejadian.

Metode NWP yang sering dipakai dalam studi dan *research* adalah PERT. PERT dimaksudkan terutama dalam perencanaan pelaksanaan proyek yang tidak mempunyai data historis baik untuk waktu maupun biaya, sehingga dipakai pendekatan probabilistic dalam perhitungan. PERT memerlukan tiga estimasi durasi kegiatan: durasi yang *optimistic*, *most likely*, dan *pessimistic*. Penggambaran diagram network sama dengan CPM, yang memiliki perbedaan bahwa PERT memfokuskan pada kejadian sedangkan CPM focus pada kegiatan.

Metode NWP sendiri merupakan pengembangan dari CPM dan yang memperoleh tanggapan positif dari kalangan *planner* dan *scheduler* adalah (PDM). Pembahasan PDM akan di bahas pada sub-bab lain dalam bab ini.

#### **2.2.4. Tahapan Penyusunan NWP**

Tahapan penyusunan NWP menurut Hermansyah (2005) adalah :

1. Inventarisasi kegiatan-kegiatan.



2. Penentuan logika keterkaitan antar kegiatan.
3. Memperkirakan durasi tiap kegiatan.
4. Perhitungan/analisis waktu.
5. Memperkirakan kebutuhan sumber daya untuk setiap kegiatan.
6. Pengalokasian/analisis sumber daya.

### **2.2.5. Estimasi Durasi**

Hermansyah (2005) menyebutkan bahwa masukan-masukan untuk melakukan estimasi durasi kegiatan dapat diperoleh dari:

- a. Data, catatan, dokumen proyek terdahulu.
- b. Standar-standar, *text book*, dan referensi tertulis lain.
- c. Para estimator, para pengawas/mandor atau juga para pekerja yang mengerjakan pekerjaan tersebut.
- d. Perkiraan-perkiraan yang masuk akal.

Menurut Hermansyah (2005) pada dasarnya durasi kegiatan bergantung pada :

- a. Jenis dan volume pekerjaan.
- b. Jenis dan jumlah tenaga kerja yang tersedia.
- c. Waktu pengerjaan (normal, lembur).
- d. Lingkungan yang mempengaruhi pelaksanaan kegiatan.
- e. Metode konstruksi.
- f. Batasan waktu proyek.
- g. Urutan pelaksanaannya.
- h. Cuaca dan efek lokasi pada produksi.
- i. Kegiatan yang bersamaan.
- j. Kualitas supervisi.
- k. Motivasi dan keterampilan pekerja.
- l. Tingkat kompleksitas pekerjaan.

Pertimbangan-pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam estimasi durasi kegiatan pada tahap awal adalah sebagai berikut:

- a. Perkiraan durasi kegiatan hendaknya bebas dari pengaruh durasi kegiatan yang mendahului atau sesudahnya.
- b. Perkiraan durasi kegiatan dihasilkan dari asumsi bahwa sumber daya tersedia dalam jumlah yang normal.
- c. Pada tahap perkiraan durasi, dianggap tidak ada keterbatasan jumlah sumber daya, sehingga memungkinkan kegiatan dilaksanakan dalam waktu yang bersamaan.
- d. Penggunaan hari kerja normal, jangan memakai asumsi lembur kecuali hal tersebut telah direncanakan khusus untuk proyek bersangkutan.
- e. Bebas dari pertimbangan mencapai target jadwal penyelesaian proyek, karena mendorong untuk menentukan durasi yang sesuai dengan target tersebut.

Pengaruh cuaca merupakan salah satu persoalan yang sulit untuk dijaga, untuk itu ada dua pendekatan khusus. Yang pertama adalah tidak memasukkan faktor cuaca kedalam perkiraan durasi masing-masing kegiatan, tetapi memperhitungkan ke dalam waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, misalnya suatu proyek akan selesai dalam waktu 100 hari, kemudian diperhitungkan pengaruh cuaca pada saat proyek berlangsung 15 hari, maka durasi proyek secara keseluruhan adalah 115 hari. Dan yang kedua adalah memasukkan faktor cuaca kedalam masing-masing kegiatan. Misalnya pekerjaan tanah sangat peka terhadap hujan, maka hanya khusus untuk pekerjaan tanah diberi alokasi waktu tambahan, kemudian dihitung waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Pada jadwal kegiatan konstruksi seharusnya mempunyai batasan durasi minimum dan maksimum untuk memungkinkan dapat dilakukannya *monitoring* yang efektif. Menetapkan durasi kegiatan sebagaimana besar tergantung pada bagaimana suatu kegiatan.

#### **2.2.6. Logika Keterkaitan**

Menurut Hermansyah (2005) logika keterkaitan merupakan hubungan yang menyatakan keterkaitan/saling mempengaruhi suatu kegiatan dengan kegiatan sebelum dan sesudahnya.

Penetapan logika keterkaitan berguna untuk menggambarkan rencana pelaksanaan proyek yang nyaris sama dengan pelaksanaan di lapangan dengan mempertimbangkan pembatasan yang ada. Mungkin terdapat lebih dari satu kemungkinan pola logika keterkaitan.

Pembatasan juga mempengaruhi dalam menetapkan logika keterkaitan antar kegiatan dapat berupa pembatasan dari segi fisik bangunan, cuaca, kepadatan lokasi kegiatan, kontarktual, pentahapan pekerjaan, ketersediaan sumber daya, teknis pelaksanaan dan pembatasan-pembatasan khusus lainnya. Dan pengalaman merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan logika keterkaitan, demikian pula pengetahuan mengenai teknologi berikut metode konstruksinya.

Ada beberapa istilah yang perlu diketahui untuk melakukan penyusunan NWP. Adapun istilah-istilah tersebut adalah :

- a. Kegiatan (*Activity*)  
Ditandai dengan adanya durasi (waktu) untuk menyelesaikannya.
- b. Peristiwa (*Event*)  
Suatu peristiwa mengawali dan mengakhiri suatu kegiatan dan tidak memiliki durasi.
- c. Kegiatan Semu (*Dummy Activity*)  
Kegiatan yang tidak memerlukan waktu dan sumber daya, hanya diperlukan untuk membantu menyatakan logika ketergantungan antar kegiatan.
- d. Perhitungan Maju (*Forward Pass*)  
Proses perhitungan untuk memperoleh waktu mulai paling awal ( $ES=Earliest\ Start$ ) dan waktu selcsai paling awal ( $EF=Earliest\ Finish$ ) dari seluruh kegiatan.
- e. Perhitungan Mundur (*Backward Pass*)  
Proses perhitungan untuk memperoleh waktu mulai paling lambat ( $LS=Latest\ Start$ ) dan waktu selesai paling lambat ( $LF=Latest\ Finish$ ) dari seluruh kegiatan.
- f. Tenggang Waktu (*Float*)

Jangka waktu yang merupakan ukuran batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan atau dapat disebut waktu untuk dapat terlambat.

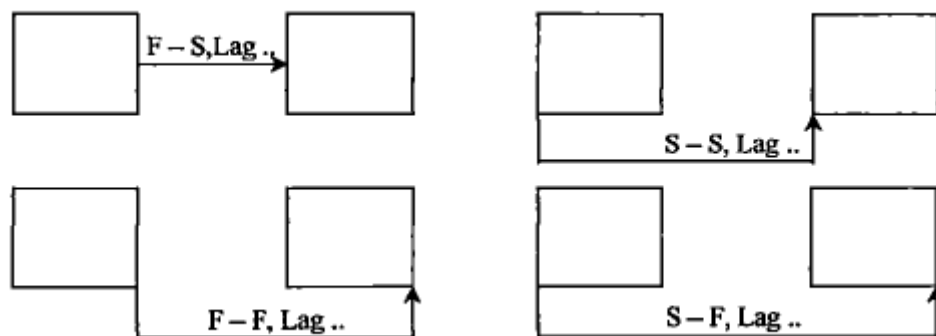
g. *Free Float (FF)*

Tenggang waktu maksimum dimana suatu kegiatan dapat terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek.

### 2.2.7. Precedence Diagram Method (PDM)

PDM dikembangkan awal tahun 1960-an oleh Prof. John Fondalh dari Stanford University. Diagram network dalam PDM menggunakan Simpul untuk menggambarkan kegiatan, sedangkan anak panah untuk menggambarkan logika hubungan antar kegiatan. Dengan PDM dimungkinkan adanya empat jenis hubungan keterkaitan antar kegiatan (*multiple logic relationship*) yang dilengkapi dengan fasilitas waktu antara (*lag/lead time*). Empat jenis hubungan keterkaitan tersebut menurut Callahan dkk. (1992) :

- Finish to Start, yaitu mulainya suatu kegiatan tergantung pada selesainya kegiatan sebelumnya.
- Start to Start, yaitu mulainya suatu kegiatan tergantung pada mulainya kegiatan sebelumnya.
- Finish to Finish, yaitu selesainya suatu kegiatan tergantung pada selesainya kegiatan sebelumnya.



Gambar 2.4. Jenis Hubungan.

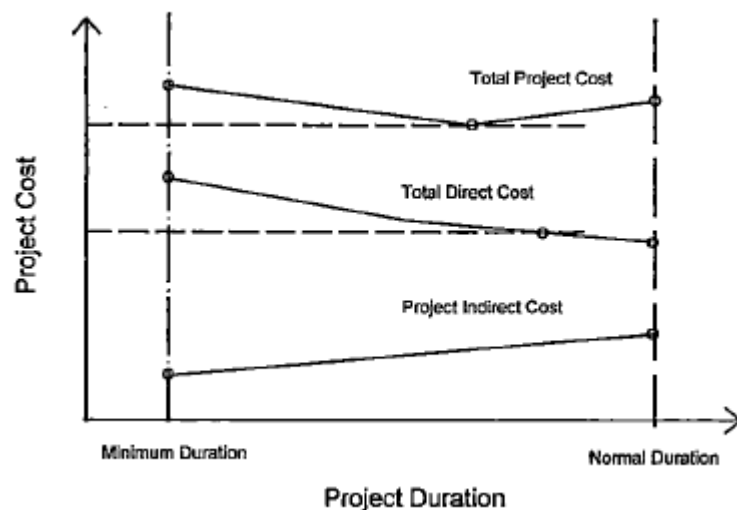
Pada CPM dan PERT hanya terdapat jenis hubungan keterkaitan, yaitu Finish to Start. Dengan PDM memungkinkan pengurangan jumlah kegiatan,

pengurangan dummy (kegiatan semu), dan dapat menyajikan model visualisasi pelaksanaan proyek lebih realistik.

### 2.2.8. Duration Cost Trade Off

*Duration-Cost Trade-Off* merupakan suatu metode untuk mengkonversikan durasi menjadi biaya atau dapat diartikan suatu metode untuk menentukan besarnya biaya yang harus dibayar untuk menggantikan durasi pekerjaan.

Total biaya proyek merupakan gabungan antara biaya langsung dan biaya tidak langsung. Total biaya proyek berhubungan dengan durasi proyek secara keseluruhan. Biaya langsung berkebalikan dengan durasi proyek, sedangkan biaya tidak langsung berbanding lurus dengan durasi proyek. Pada gambar 2.4. menampilkan hubungan antara biaya langsung dan biaya tidak langsung dengan durasi proyek yang akan membentuk kurva hubungan antara durasi dengan biaya total proyek.



Gambar 2.5. *Total Project Duration-Cost Relationship.*

Didalam praktek, sering harus dilakukan penyesuaian durasi proyek untuk mengatasi masalah-masalah yang ada menurut Callahan dkk. (1992):

1. Durasi proyek yang dihasilkan dari penjadwalan tidak sesuai dengan waktu yang tersedia (durasi kontrak).
2. Terjadi keterlambatan pada pelaksanaan kegiatan proyek.

3. Pemilik menjanjikan bonus apabila penyelesaian proyek dapat dipercepat.
4. Mempercepat penyelesaian proyek untuk menghindari cuaca jelek yang akan terjadi pada sisa waktu penyelesaian proyek.
5. Pemilik ingin menggunakan proyek tersebut dalam waktu cepat.

Penyesuaian durasi tersebut dapat dilakukan dengan pendekatan Duration-Cost Trade-Off, yang dilakukan dengan *Project Crashing*.

### **2.2.9. Project Crashing**

*Project Crashing* adalah suatu analisis untuk memperoleh biaya langsung yang minimal dari usaha mempersingkat waktu penyelesaian proyek menjadi durasi tertentu. Usaha mempersingkat waktu tersebut dapat dilakukan diantaranya :

1. Menambah jumlah shift kerja.
2. Menambah jumlah jam dan hari kerja (lembur).
3. Menambah jumlah tenaga kerja.
4. Memakai peralatan yang produktif.
5. Memakai bahan dengan metode instalasi yang lebih cepat.
6. Menambah ketersediaan bahan, dan lain sebagainya.

Untuk melakukan penyusunan Project Crashing dapat mengikuti tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan metode yang akan dipergunakan untuk crash durasi (satu metode atau lebih).
2. Menghitung pengurangan durasi maksimum setiap kegiatan yang mungkin dilaksanakan untuk metode *crashing* pada No 1.
3. Menghitung penambahan biaya langsung akibat pengurangan durasi pada No. 2 untuk setiap kegiatan.
4. Menghitung pertambahan biaya langsung tiap 1 hari pengurangan durasi pada No. 2 untuk setiap kegiatan.