

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Metode PDM (*Precedence Diagram Method*)

3.1.1 Pendahuluan

PDM adalah metode penjadwalan *Activity On Node* (AON), dimana kegiatan digambarkan pada *node* (biasanya berbentuk kotak) dan hubungan kegiatan digambarkan dalam *arrow* (anak panah). Pada PDM terdapat 4 hubungan ketergantungan (konstrain), yaitu :

1. *Finish to Start* (FS)
2. *Finish to Finish* (FF)
3. *Start to Start* (SS)
4. *Start to Finish* (SF)



3.1.2 Perhitungan PDM

Perhitungan PDM ada 2 macam yaitu perhitungan maju (*forward pass*) untuk menentukan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF) dan perhitungan mundur (*backward pass*) untuk menentukan *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF). Perhitungan didasarkan pada hubungan ketergantungan / konstrain yang ada antara tiap-tiap kegiatan.

Perhitungan Maju :

1. Hubungan *Finish to Start* (FS)

$$ES_j = EF_i + FS_{ij} \quad (1)$$

$$EF_j = ES_j + D_j \quad (2)$$

2. Hubungan *Finish to Finish* (FF)

$$EF_j = EF_i + FF_{ij} \quad (3)$$

$$ES_j = EF_j - D_j \quad (4)$$

3. Hubungan *Start to Start* (SS)

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \quad (5)$$

$$EF_j = ES_j + D_j \quad (6)$$

4. Hubungan *Start to Finish* (FF)

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \quad (7)$$

$$ES_j = EF_j - D_j \quad (8)$$

Perhitungan Mundur :

1. Hubungan *Finish to Start* (FS)

$$LS_i = LS_j + FS_{ij} \quad (9)$$

$$LF_i = LF_j + D_i \quad (10)$$

2. Hubungan *Finish to Finish* (FF)

$$LF_i = LF_j + FF_{ij} \quad (11)$$

$$LS_i = LF_i - D_j \quad (12)$$

3. Hubungan *Start to Start* (SS)

$$LS_i = LS_j + SS_{ij} \quad (13)$$

$$LF_i = LS_i + D_j \quad (14)$$

4. Hubungan *Start to Finish* (FF)

$$LF_i = LF_j + SF_{ij} \quad (15)$$

$$LS_i = LF_i - D_j \quad (16)$$



Apabila waktu tenggang / waktu tunda untuk kegiatan berikutnya bernilai positif maka disebut *lag time* dan apabila bernilai negatif maka disebut *lead time*.

3.1.3 Penentuan Kegiatan Kritis

Kegiatan kritis pada PDM memiliki sifat sebagai berikut :

1. Waktu mulai paling awal dan paling akhir harus sama ($ES = LS$).
2. Waktu selesai paling awal dan paling akhir harus sama ($EF = LF$).
3. Durasi kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal ($LF - ES = D$).
4. Bila hanya sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.

Kegiatan kritis diperoleh dengan cara melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur seluruh kegunaan yang saling berkaitan dalam jaringan PDM. Pada perhitungan maju, jika suatu kegiatan memiliki *precedessor* lebih dari satu, maka diambil waktu yang terbesar. Sedangkan pada perhitungan mundur, jika suatu kegiatan memiliki *successor* lebih dari satu, maka diambil waktu yang terkecil. Jika pelaksanaan kegiatan kritis mengalami keterlambatan, maka akan mengakibatkan keterlambatan pada waktu proyek secara keseluruhan.

3.2 Perhitungan Produktivitas

Pada umumnya proyek berlangsung pada kondisi yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya, sehingga dalam merencanakan tenaga kerja hendaknya dilengkapi dengan analisa produktivitas dan indikasi variable yang mempengaruhi, misalnya yang disebabkan oleh lokasi geografis, iklim,

keterampilan, pengalaman maupun peraturan-peraturan yang berlaku. Dimana produktivitas tenaga kerja merupakan factor utama yang mempengaruhi jumlah tenaga kerja.

Secara umum produktivitas merupakan tingkat produksi yang dinyatakan dengan perbandingan antara hasil kerja akhir dan usaha yang dilakukan.

Produktivitas dari sumber daya proyek mempunyai peranan yang sangat penting karena berpengaruh terhadap waktu, biaya, dan kualitas proyek, dimana ketiga komponen ini merupakan sasaran utama didalam manajemen proyek.

Dalam penelitian ini, produktivitas dianggap hanya mempengaruhi biaya dan waktu, sedangkan kualitas pekerjaan dianggap sebagai suatu variable yang tetap. Produktivitas pekerja dalam proyek nyata diterjemahkan sebagai batasan jam lembur maupun batas jumlah pekerja yang ideal untuk menyelesaikan suatu aktivitas.

Kerja lembur untuk mengantisipasi keterlambatan proyek seringkali tidak dapat dihindari, namun hal ini akan menurunkan produktivitas dari pekerja.

Pada suatu proyek pembangunan ada suatu korelasi antara jumlah tenaga kerja konstruksi, luas area tempat kerja, dan produktivitas. Korelasi ini dinyatakan sebagai kepadatan tenaga kerja (*labour density*), yaitu jumlah area tenaga kerja bagi setiap tenaga kerja. Jika kepadatan ini melewati titik jenuh maka kelancaran pekerjaan terganggu dan produktivitas tenaga kerja menunjukkan tanda-tanda menurun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk proyek-proyek yang berukuran sedang keatas di Amerika, produktivitas tertinggi dicapai dengan luas area 250-300 ft² per tenaga kerja. Acuan ini dapat dijadikan acuan dalam

menentukan jumlah tenaga kerja optimal suatu aktivitas proyek, dimana dalam penelitian ini sangat berguna untuk meningkatkan bisa tidaknya aktivitas tersebut dipercepat dengan menambah sejumlah tenaga kerja.

Banyak variable yang mempengaruhi produktivitas kerja. Dari penelitian yang pernah dilakukan, variable-variabel tersebut antara lain :

1. Kondisi fisik lapangan
2. Iklim/cuaca
3. Pengalaman
4. Kepadatan Tenaga Kerja
5. Kerja lembur
6. Ukuran besar proyek
7. Motivasi,dsb

Untuk mengatur produktivitas kerja, sebagai pendekatan digunakan parameter Indeks Produktivitas, yaitu :

$$\text{Indeks Produktivitas} = \frac{\text{Jumlah jam-orang yang sesungguhnya digunakan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan}}{\text{Jumlah jam-orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan identik pada kondisi standar}}$$

Nilai standar didasarkan pada pengamatan yang kontinyu terhadap produktivitas suatu pekerjaan pada suatu daerah. Jika belum diketahui, sebagai pendekatan awal dapat digunakan nilai produktivitas relatif yang didasarkan pada Standaar Gulf Coast USA atau nilai standar lain yang sudah ada.

Jika indeks produktivitas :

- <1: artinya jam-orang untuk mengerjakan suatu pekerjaan lebih kecil dari standar (lebih cepat dan nilai produktivitas lebih besar)
- >1: artinya jam-orang untuk mengerjakan suatu pekerjaan lebih besar dari standar (lebih lambat dan nilai produktivitas lebih rendah)

Berdasarkan penelitian, jam kerja lembur mempunyai indikasi penurunan produktivitas. Tapi kadang-kadang masih dilakukan demi mengejar waktu proyek yang mungkin sudah terlambat.

3.3 Perhitungan Durasi Percepatan Proyek

Perencana telah menetapkan bahwa proyek akan dilaksanakan dalam kondisi normal. Dalam kondisi tersebut, produktivitas yang digunakan dalam perhitungan adalah berdasarkan jam kerja normal tanpa penambahan jam lembur, sehingga durasi yang didapatkan adalah durasi normal.

Dalam melakukan analisis percepatan waktu proyek, durasi normal setiap kegiatan yang akan ditinjau dapat diambil dari *time schedule* kondisi normal yang sudah ada. Produktivitas normalnya dapat ditentukan dengan cara :

$$P_n = V / D_n \quad (17)$$

dimana :

P_n = produktivitas normal

V = volume

D_n = durasi normal

Setelah didapatkan produktivitas normal, produktivitas percepatan dapat dihitung dengan cara :

$$P_p \text{ perhari} = P_n \text{ perhari} + P \text{ akibat penambahan jam kerja} \quad (18)$$

dimana :

P_p = produktivitas percepatan

P_n = produktivitas normal

P = produktivitas

Dengan produktivitas percepatan tersebut dapat ditentukan durasi percepatannya :

$$D_p = V / P_p \quad (19)$$

dimana :

D_p = durasi percepatan

V = volume

P_p = produktivitas percepatan

Dengan cara tersebut diatas, untuk setiap kegiatan yang termasuk kritis akan didapatkan durasi percepatannya, yang kemudian akan dipergunakan untuk membuat *time schedule* baru dalam kondisi percepatan.

3.4 Konsep Nilai Hasil

Suatu sistem pemantauan dan pengendalian disamping memerlukan perencanaan yang realistis sebagai tolok ukur pencapaian sasaran, juga harus dilengkapi dengan teknik dan metode yang dapat segera mengungkapkan tanda-tanda terjadinya penyimpangan. Untuk pengendalian biaya dan jadwal terdapat dua macam teknik dan metode yaitu identifikasi varians dan konsep nilai hasil.

Metode nilai hasil digunakan untuk :

1. Mengetahui kinerja proyek dari sisi biaya pada suatu waktu
 - a) biaya pelaksanaan > biaya rencana
 - b) biaya pelaksanaan < biaya rencana
 - c) biaya pelaksanaan = biaya rencana
2. Mengetahui kinerja proyek dari sisi jadwal / waktu pada suatu waktu
 - a) waktu pelaksanaan lebih cepat dari waktu rencana
 - b) waktu pelaksanaan lebih lambat dari waktu rencana
 - c) waktu pelaksanaan sama dengan waktu rencana
3. Prediksi biaya untuk menyelesaikan proyek setelah waktu evaluasi
 - a) proyek untung
 - b) proyek rugi
4. Prediksi waktu untuk menyelesaikan proyek setelah evaluasi
 - a) proyek lebih cepat
 - b) proyek terlambat

Prediksi didasarkan pada asumsi pada waktu evaluasi / pelaporan pada waktu tertentu. Konsep nilai hasil didasarkan pada :

1. waktu dan biaya rencana menggunakan kurva S dan *Barchart*
2. prestasi penyelesaian setiap pekerjaan setiap satuan waktu
3. laporan akuntansi aktual untuk setiap jenis pekerjaan

Konsep nilai hasil digunakan untuk menganalisis kinerja proyek dan prakiraan pencapaian sasaran dengan menggunakan 3 indikator yaitu :

1. ACWP (*Actual Cost Work Performed*), yaitu jumlah biaya aktual yang sesungguhnya untuk suatu pekerjaan yang telah terlaksana dalam kurun waktu tertentu
2. BCWP (*Budgeted Cost of Work Performed*), yaitu jumlah nilai hasil pekerjaan yang telah diselesaikan untuk suatu pekerjaan dalam kurun waktu tertentu.
3. BCWS (*Budgeted Cost of Work Scheduled*), yaitu biaya yang direncanakan untuk menyelesaikan suatu proyek.

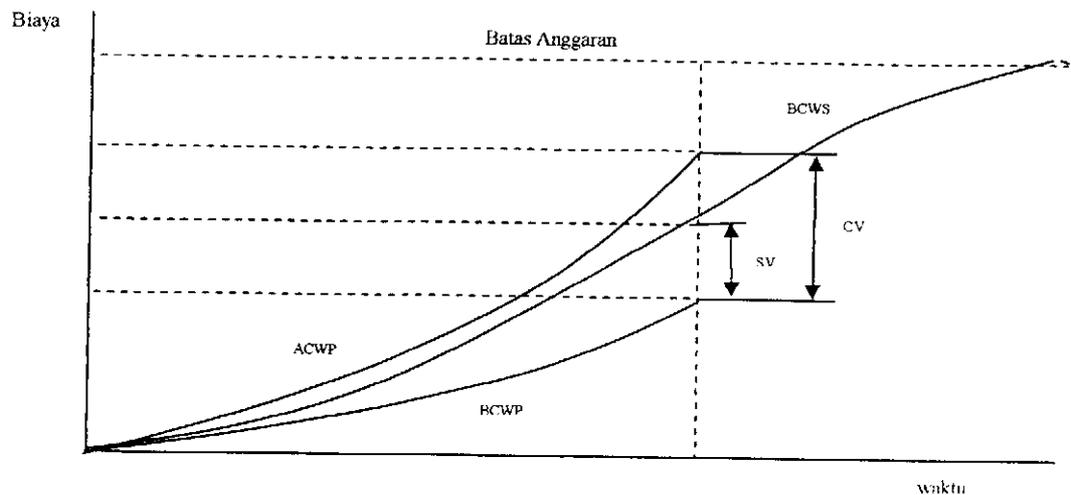
ACWP didapat dari laporan akuntansi

BCWP didapat dari laporan prestasi mingguan

BCWS didapat dari *time schedule bar chart* dan kurva S

Dengan menggunakan 3 indikator tersebut dapat ditentukan kinerja pelaksanaan proyek seperti berikut :

- a) Varian biaya (CV) dan jadwal (SV)
- b) Memantau perubahan varians terhadap angka standar
- c) Indek produktifitas dan kinerja
- d) Prakiraan biaya penyelesaian proyek



Gambar 3.1 Analisis varians terpadu

Rumus varians biaya dan varians jadwal adalah sebagai berikut

$$\text{Varians biaya, (CV) = BCWP - ACWP} \quad (20)$$

$$\text{Varians Jadwal, (SV) = BCWP - BCWS} \quad (21)$$

Rumus indeks produktivitas atau indeks kinerja adalah sebagai berikut

$$\text{Indeks Kinerja Biaya, (CPI) = BCWP/ACWP} \quad (22)$$

$$\text{Indeks Kinerja Jadwal, (SPI) = BCWP/BCWS} \quad (23)$$

3.5 Keterlambatan Proyek

Keterlambatan proyek terjadi apabila terjadi keterlambatan kerja pada satu aktivitas atau lebih. Keterlambatan kerja adalah hal tak terduga yang dapat mempengaruhi kelancaran pelaksanaan jadwal dan menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaan aktivitas.

Tiga kategori penyebab keterlambatan waktu pelaksanaan proyek adalah : *Compansable Delay* (keterlambatan yang layak mendapatkan ganti rugi); *Non*

Excusable Delay (keterlambatan yang tidak dapat dimaafkan); dan *Excusable Delay* (keterlambatan yang dapat dimaafkan). Dari ketiga kategori tersebut kategori *non excusable delay* menduduki peringkat pertama penyebab keterlambatan proyek. Kategori tersebut merupakan keterlambatan yang disebabkan oleh tindakan, kelalaian atau kesalahan pelaksanaan proyek/kontraktor. Hal ini menunjukkan bahwa keterlambatan perlu mendapatkan perhatian yang lebih atau perlu diantisipasi, karena kategori *non excusable delay* merupakan keterlambatan yang paling merugikan kontraktor. Kontraktor akan didenda sesuai dengan kontrak perjanjian kerja, disamping juga akan mengalami tambahan biaya .

Keterlambatan kerja dapat menimbulkan pengaruh-pengaruh sebagai berikut :

a. Penambahan biaya.

Penambahan biaya selalu timbul setiap kali terjadi keterlambatan kerja, baik hal tersebut diatasi ataupun tidak. Namun biasanya untuk meminimumkan biaya dilakukan suatu antisipasi, misalnya penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja dan pergantian tenaga kerja/*shif*.

a.1 Biaya langsung

Mengatasi keterlambatan kerja menyebabkan meningkatkan biaya langsung, yang seiring dengan peningkatan kebutuhan sumber daya, khususnya sumber daya manusia dan alat.

a.2 Biaya tidak langsung

Biaya tidak langsung meningkat seiring dengan penambahan waktu/durasi hari untuk menyelesaikan suatu aktivitas.

b. Penambahan Waktu

Keterlambatan aktivitas pasti menyebabkan perpanjangan waktu, dan pada akhirnya dapat menyebabkan perpanjangan waktu pada keseluruhan proyek. Dan lebih lanjut lagi, bila dihubungkan dengan jenis kontrak, hal ini berakibat dikenakannya penalty/denda pada kontraktor.

c. Citra Kontraktor

Apabila kontraktor tidak mampu menyelesaikan proyek tepat waktu, maka citranya akan menurun terhadap pihak pemilik.

3.6 Antisipasi Keterlambatan Proyek

Penambahan jam kerja (lembur). Penambahan jumlah tenaga kerja dan pergantian tenaga kerja (*shifit*) merupakan beberapa alternatif untuk mengantisipasi keterlambatan kerja dengan percepatan durasi aktivitas.

3.6.1 Penambahan Jam Kerja/Lembur

Lembur adalah penambahan jam kerja diluar jam kerja yang normal. Lembur merupakan alternatif yang paling sering digunakan untuk mengatasi keterlambatan kerja oleh kontraktor-kontraktor.

Seringkali suatu proyek perlu dipercepat dengan melakukan lembur ataupun penambahan alat tanpa adanya pertimbangan yang mendalam. Hal ini dinilai mahal karena ada dua alasan yaitu:

1. Lembur membutuhkan biaya lebih untuk upah lembur pekerja dan juga penambahan alat untuk bermacam-macam pekerjaan yang sebenarnya tidak perlu karena ada *float* pada masing-masing aktivitasnya.
2. Lembur pada umumnya dilakukan pada pertengahan proyek dimana pada tahap ini pada umumnya proyek menggunakan sumber daya dan jumlah pekerja yang maksimum/pada puncaknya, sehingga sumber daya dan pekerja untuk sepanjang proyek tidak sama.

Pengaruh dari kerja lembur ini adalah penurunan produktivitas pekerja karena penambahan jam kerja ini dilakukan oleh orang yang sama, dan adanya penambahan biaya proyek untuk uang lembur para pekerja.

3.6.2 Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja adalah menambah jumlah tenaga kerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, sebagai salah satu alternatifantisipasi keterlambatan proyek. Penambahan tenaga kerja ini dilakukan apabila memang tersedia sumber daya manusia pada daerah tersebut. Keterbatasan dari alternatif ini adalah pada suatu jumlah tertentu, penambahan tenaga kerja ini kadang kala tidak efektif untuk mempercepat durasi waktu, karena hal ini tergantung dari besar kecilnya bobot kegiatan/aktivitas yang dilakukan. Efek dari penambahan tenaga kerja ini adalah peningkatan biaya langsung.

3.6.3 Pergantian Tenaga Kerja

Pergantian tenaga kerja akan dilakukan dengan cara shift. Hal tersebut dilakukan untuk mempercepat durasi aktivitas suatu kegiatan. Namun hal tersebut akan meningkatkan biaya langsung yang besar.

Dari ketiga alternatif metode percepatan durasi ini perlu dilakukan perhitungan yang baik, sehingga didapat solusi yang benar-benar tepat dan efisien.

3.7 Peranan Float Pada Percepatan Durasi Aktivitas

Float/tenggang waktu pada tiap aktivitas sangat mempengaruhi keterlambatan proyek. Apabila terjadi keterlambatan pada suatu aktivitas yang disertai jumlah float yang lebih besar dari keterlambatan itu maka keterlambatan itu dapat dikerjakan pada *float* yang tersedia, sehingga tidak terjadi keterlambatan proyek. Namun apabila *float* yang ada pada aktivitas yang mengalami keterlambatan dan aktivitas-aktivitas pengikutnya tidak memadai, maka percepatan durasi tidak dapat dilakukan dan akan terjadi keterlambatan proyek. Keberadaan *float* pada suatu aktivitas dapat dianggap sebagai keuntungan dari pada sebagai waktu yang sia-sia pada pelaksanaan proyek karena hal tersebut.

3.8 Biaya Proyek

Biaya merupakan salah satu aspek yang terpenting pada manajemen suatu proyek, dimana biaya yang mungkin timbul harus dikendalikan seminimal mungkin. Pengendalian biaya juga harus disertai dengan pengendalian waktu, Karena terdapat hubungan yang erat antara waktu dan biaya. Hubungan antara waktu dan biaya sangat penting dalam perencanaan suatu proyek konstruksi.

3.8.1 Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

Secara garis besar biaya proyek dapat dibagi menjadi :

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Biaya langsung terdiri dari biaya-biaya yang langsung berhubungan dengan konstruksi ataupun suatu proyek tertentu.

Biaya langsung antara lain terdiri dari :

- a. Biaya bahan/material
- b. Upah buruh
- c. Biaya peralatan
- d. Biaya sub kontraktor

2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah pengeluaran untuk manajemen, supervise, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam proses pembangunan proyek.

Biaya tidak langsung terdiri dari antara lain :

- a. Biaya Overhead
- b. Biaya tak terduga/contingencies
- c. Keuntungan/prifit
- d. Penalti dan bonus

Dalam suatu keadaan tertentu, penalty dan bonus dapat dianggap sebagai biaya tidak langsung yang dapat mempengaruhi biaya keseluruhan.

Biaya proyek dibagi menjadi dua yaitu :biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung dan biaya tidak langsung secara keseluruhan

membentuk biaya proyek, sehingga pada pengendalian dan estimasi biaya kedua jenis biaya ini perlu diperhatikan. Perbedaan sifat-sifat kedua jenis biaya ini sangat berpengaruh pada perencanaan.

Biaya langsung mendominasi pada perubahan biaya proyek yang mengalami perubahan jadwal atau keterlambatan, karena factor biaya langsung pada umumnya hanya dipengaruhi oleh besar kecil organisasi kontraktor/pelaksana proyek dan sifatnya yang sangat spesifik.

Baik biaya langsung maupun biaya tidak langsung akan berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan.

3.8.2 Hubungan Antara Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*)

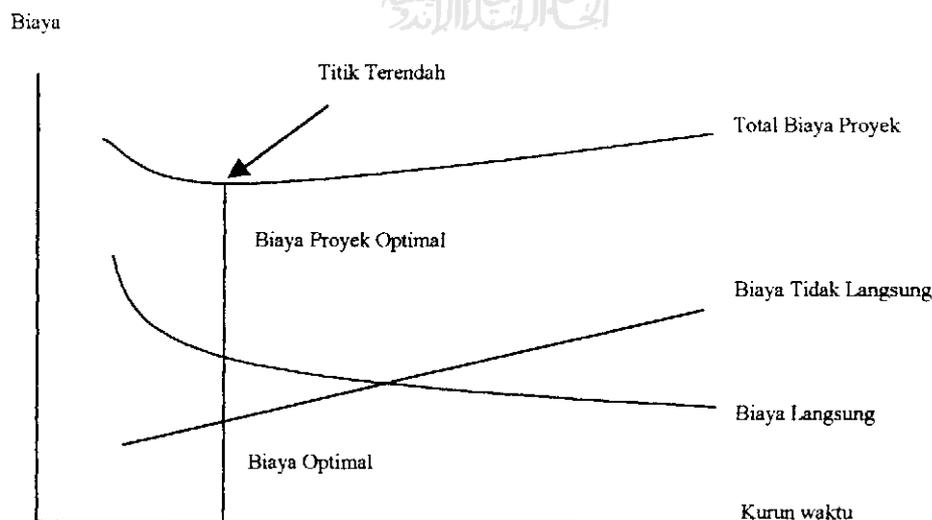
Time Cost Trade Off adalah analisis untuk mencari hasil yang optimum antara biaya dan waktu. Analisis *Time Cost Trade Off* ini sangat dipengaruhi oleh dua jenis biaya yang disebutkan diatas, yakni; biaya langsung dan biaya tidak langsung. Percepatan durasi mengakibatkan meningkatnya biaya langsung dan menurunnya biaya tidak langsung.

Tujuan dari para kontraktor adalah mencapai biaya langsung yang minimum. Biaya minimum ini tidak sejalan dengan kebutuhan waktu/durasi yang minimum. Kebutuhan akan kedua kepentingan diantara keduanya. Hal yang wajar apabila kontraktor menginginkan untuk mencapai total cost yang minimum., dan yang paling berpengaruh adalah direct cost sedang indirect cost hanya dapat berpengaruh dalam jumlah yang lebih kecil.

Normal Time/durasi normal pada optimisasi biaya-waktu didapat dari durasi yang memiliki biaya langsung minimal. Biaya langsung minimal ini disebut biaya minimal ataupun biaya normal.

Suatu pekerjaan memiliki waktu minimal untuk mengerjakan yang biasa disebut dengan crash time. Minimum time ini dapat dicapai dengan efisiensi yang maksimal, bukan hanya dengan menambahkan jumlah pekerja dan peralatan saja. Pembengkakan yang luar biasa akan timbul apabila terjadi efisiensi.

Percepatan durasi pada suatu proyek tidak dilakukan pada aktivitas mana saja yang dapat dimampatkan, namun harus dipilih pada aktivitas-aktivitas yang memiliki biaya percepatan yang paling minimum agar biaya tidak membengkak. Juga perlu dilakukan pengecekan bahwa percepatan dilakukan pada jalur-jalur kritis dan percepatan ini tidak menyebabkan jalur yang lainnya menjadi kritis atau terjadi pemindahan jalur kritis.



Gambar 3.2 Hubungan Biaya Total, Langsung, Tidak Langsung dan Optimal

3.9 Denda

Perubahan jadwal keseluruhan proyek secara lebih lanjut dapat mempengaruhi keuntungan yang diperoleh kontraktor/pelaksana proyek. Salah satu variasi dari jenis kontrak “*Cost Plus Fixed Fee*” adalah adanya denda/penalty. Biasanya kontrak ini dibuat untuk proyek-proyek yang mengutamakan penyelesaian dengan segera.

Denda dikenakan oleh owner/pemilik pada kontraktor apabila proyek mengalami keterlambatan atau tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya, sesuai dengan kerugian yang diperkirakan akan diterima apabila proyek tidak selesai tepat waktu. Pada umumnya denda yang akan dikenakan telah ditentukan sebelumnya dan dihitung per hari dari waktu yang telah ditetapkan dalam perjanjian kontrak sampai selesai.

Seorang kontraktor harus membandingkan antara biaya yang dikeluarkan untuk membayar denda dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan percepatan durasi akibat keterlambatan lebih besar daripada denda yang harus dibayar. Namun pada umumnya keputusan untuk menerima denda dihindari oleh kontraktor karena selain menyangkut masalah reputasi dari perusahaan kontraktor tersebut. Untuk itu perlu dilakukan antisipasi.

3.10 *Crash Program*

Crash Program adalah upaya optimasi dengan cara mempercepat pelaksanaan proyek dari waktu normal dengan biaya minimal. Crashing adalah cara mempersingkat waktu dari aktivitas pekerjaan dengan menambah sumber daya dan biaya. Menurut Gould, 1997, crashing adalah istilah yang digunakan

untuk menjelaskan proses percepatan suatu kegiatan atau banyak kegiatan untuk memperpendek waktu keseluruhan proyek. Karena adanya keterkaitan antar kegiatan maka tidak semua kegiatan perlu dipercepat, tetapi hanya kegiatan yang kritis saja. Mempercepat kegiatan yang tidak kritis hanya akan meningkatkan biaya, sedangkan waktu pelaksanaan keseluruhan proyek tidak akan berkurang.

Ketika suatu kegiatan dipercepat, biaya langsungnya akan meningkat. Tetapi kenaikan biaya langsung tersebut mungkin lebih rendah dari biaya tidak langsung yang dapat dihemat. Alternatif yang dapat dilakukan dalam upaya mempercepat waktu proyek adalah dengan menambah jumlah tenaga kerja, menambah jam kerja seperti pada sistem lembur, membagi tenaga kerja menjadi beberapa kelompok yang bekerja secara bergiliran, menambah peralatan dari jumlah yang telah digunakan, atau dengan cara menyempurnakan metode pelaksanaan proyek tersebut. Adapun langkah-langkah perhitungan dengan *Crash Program* adalah sebagai berikut :

1. Menghitung maksimal durasi yang dapat di crash

$$d_i = D_i - D_i^c \quad (24)$$

dimana

i = aktivitas / kegiatan

D_i = durasi normal untuk aktivitas i (minggu)

D_i^c = durasi crash untuk aktivitas i (minggu)

d_i = maksimal durasi yang dapat di crash

2. Menghitung *Crash Slope*

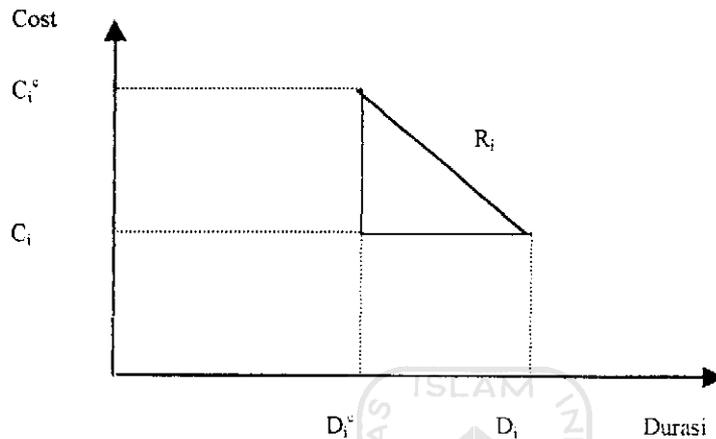
$$R_i = (C_i^c - C_i) / (D_i - D_i^c) \quad (25)$$

dimana

R_i = Crash Slope (Rp.juta / minggu)

C_i = Cost normal untuk aktivitas i (Rp.juta)

C_i^c = Cost crash untuk aktivitas i (Rp.juta)



Gambar 3.3 *Crash Slope*

3. Dibuat table R_i untuk aktivitas-aktivitas kritis
4. Pilih R_i terkecil pada aktivitas kritis dimana $d_i > 0$

Sebagai catatan dan pertimbangan, tentukan kemungkinan-kemungkinan aktivitas kritis pada proyek agar setelah di crash waktu berkurang walau dengan penambahan biaya minimal, sehingga tidak terjadi biaya bertambah tetapi waktu tidak berkurang.

5. Setelah didapat R_i terkecil berarti yang di crash adalah aktivitas tersebut.
6. Menentukan waktu aktivitas yang masih dapat di crash dengan melihat aktivitas-aktivitas yang parallel dengan aktivitas tersebut.
7. Menghitung pengurangan waktu yang terjadi

$$\alpha = (\text{Durasi}_i - \text{Durasi}_{\text{sebelumnya}}) \quad (26)$$

yang parallel dengan aktivitas yang di *crash*

8. Menghitung penambahan biaya yang terjadi

$$\text{Penambahan biaya} = d_i \times R_i \quad (\text{Rp.juta}) \quad (27)$$

9. Menghitung waktu proyek

$$\text{Waktu proyek} = \text{waktu semula} - \text{pengurangan waktu (minggu)} \quad (28)$$

10. Menghitung biaya proyek

$$\text{Biaya proyek} = \text{biaya semula} + \text{penambahan biaya} \quad (29)$$

Demikian sehingga didapat waktu proyek dan biaya proyek.

Namun apabila keterlambatan terjadi pada aktivitas tertentu setelah sekian minggu berjalan yang akan menyebabkan terlambatnya aktivitas pengikutnya sampai akhir maka dilakukan percepatan durasi aktivitas dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pada minggu tersebut dihitung berapa persen prestasi pekerjaan yang telah diselesaikan.
2. Dihitung durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.
3. Dibuat penjadwalan proyek yang baru.
4. Dari penjadwalan tersebut akan tampak aktivitas-aktivitas yang kritis dan akan tampak pula total waktu proyek dan keterlambatan proyek.
5. Dihitung percepatan pelaksanaan proyek seperti pada langkah-langkah sebelumnya.