

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Manajemen Proyek

3.1.1. Umum

Proyek adalah suatu urutan dan peristiwa yang dirancang dengan baik dengan suatu permulaan dan suatu akhir, yang diarahkan untuk mencapai suatu tujuan yang jelas. Proyek berbeda dengan yang dilakukan sehari-hari karena tujuan proyek adalah tertentu, bukan peristiwa yang rutin. Karena tidak rutin, proyek memerlukan perencanaan, pelaksanaan dan pemanfaatan.

Manajemen proyek lebih menekankan pada penjadwalan dan pengendalian dibandingkan dengan manajemen dan departemen fungsional. Untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan secara cepat, tepat dan efektif maka penjadwalan dan pengendalian proyek harus dilakukan dengan seteliti dan seoptimal mungkin. Permasalahan utama yang sering timbul dalam menangani suatu proyek adalah :

1. sulitnya menyelesaikan proyek tepat waktu,
2. seringnya pelaksanaan proyek membutuhkan biaya yang lebih besar dari rencana, dan
3. sulitnya menggunakan sumberdaya se-efisien mungkin.

3.1.2. Penjadwalan Proyek

Dalam banyak hal dari kasus yang ada, penjadwalan merupakan alat yang diperlukan guna menyelesaikan suatu proyek. Untuk proyek kecil dengan beberapa kegiatan, tahap pelaksanaan umumnya dapat dibayangkan sehingga penjadwalan

tidak begitu mutlak dilakukan. Akan tetapi berbeda masalahnya pada proyek besar dimana selain jumlah kegiatan yang sangat besar dan rumitnya ketergantungan antar kegiatan tidak mungkin lagi hanya diolah didalam pikiran. Penjadwalan dan kontrol menjadi rumit dan sangat penting agar kegiatan dapat dilaksanakan dengan efisien.

Unsur utama dari penjadwalan adalah peramalan (*forecasting*), walaupun perlu disadari bahwa perubahan-perubahan dapat saja terjadi di masa mendatang dan akan mempengaruhi pola rencananya sendiri. Penjadwalan itu sendiri adalah berfikir secara mendalam melalui berbagai persoalan-persoalan, menguji jalur-jalur yang logis, menyusun berbagai macam tugas yang menghasilkan suatu kegiatan lengkap dan menuliskan macam-macam kegiatan dalam kerangka yang logis dan rangkaian waktu yang tepat.

3.1.3. Tujuan dan Manfaat Perencanaan Jadwal Proyek

Jadwal bagi proyek bagaikan peta dalam perjalanan. Tanpa peta yang baik perjalanan dapat menyasar ke sana-sini sehingga menghabiskan banyak waktu, biaya bahan bakar, atau bahkan tidak sampai dengan tujuan karena habisnya bahan bakar (proyek gagal).

Untuk itu sebelum proyek dimulai sebaiknya seorang manajer yang baik terlebih dahulu merencanakan jadwal proyek. Tujuan perencanaan jadwal adalah :

1. Mempermudah perumusan masalah proyek,
2. Menentukan metode atau cara yang sesuai,
3. Agar lebih terorganisirnya kelancaran kegiatan, dan
4. Mendapatkan hasil yang optimum

Manfaat dari hasil perencanaan tersebut bagi proyek adalah :

1. Diketuainya keterkaitan antar kegiatan,
2. Kegiatan yang perlu menjadi perhatian (kegiatan kritis), dan
3. Kapan memulai dan harus selesainya kegiatan dapat diketahui dengan jelas.

3.2. Rencana Kerja

3.2.1. Pengertian

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

3.2.2. Diagram Jaringan Kerja

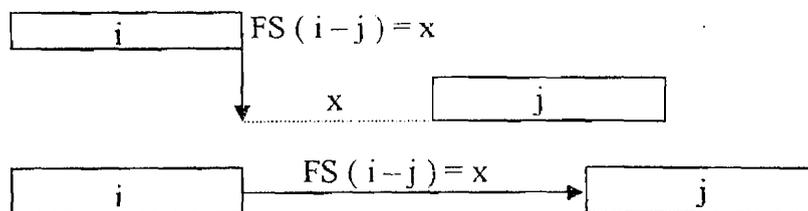
Rencana kerja disusun berdasarkan urutan-urutan kegiatan dari semua pekerjaan sedemikian rupa sehingga tampak keterkaitan pekerjaan yang satu dengan pekerjaan yang lain. Rencana kerja dengan diagram jaringan kerja ini biasanya digunakan pada proyek-proyek besar yang mempunyai aktivitas pekerjaan yang cukup banyak dan rumit. Ada tiga macam diagram jaringan kerja yang biasa dipakai, yaitu : PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*), CPM (*Critical Path Method*), dan PDM (*Precedence Diagram Method*).

3.2.3. PDM (*Precedence Diagram Method*)

Konsep dasar ini diperkenalkan oleh Prof. John W. Fondahl dari Universitas Stanford Amerika Serikat pada tahun 1961. Pada Metode Preceden Diagram (PDM) yang digunakan adalah *Activity On Node* (AON) dimana tanda panah menyatakan keterkaitan antar kegiatan. Kegiatan dari peristiwa pada PDM ditulis dalam bentuk *node* yang berbentuk kotak segi empat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan, dengan demikian *dummy* (kegiatan semu) tidak diperlukan. Definisi kegiatan dan peristiwa sama seperti CPM.

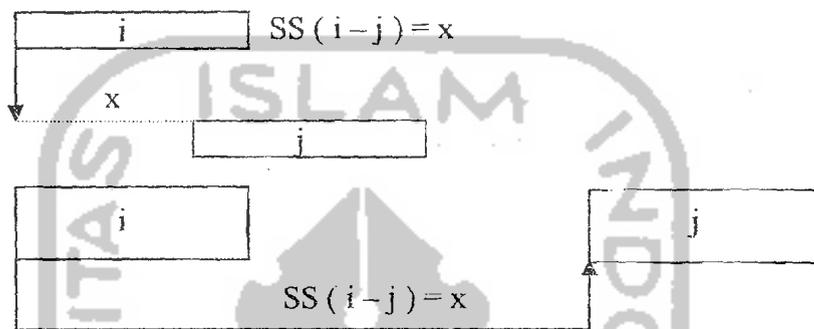
Pada PERT dan CPM suatu kegiatan baru dapat dimulai setelah kegiatan pendahulunya selesai. Pada PDM sebuah kegiatan dapat dikerjakan tanpa menunggu kegiatan pendahulunya selesai 100%, hal ini dengan cara tumpang tindih (*overlapping*). Metode ini memungkinkan hubungan yang lebih rinci jika dibandingkan dengan CPM. Ada empat bentuk hubungan (*constraint*) dalam PDM, yaitu :

1. *Finish to Start* (FS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya kegiatan berikutnya tergantung pada kegiatan sebelumnya. Selang waktu menunggu kegiatan berikutnya disebut *lag* (terlambat tertunda). Jika $FS(i,j) = 0$ berarti kegiatan j dapat langsung dimulai setelah kegiatan i selesai dan jika $FS(i,j) = x$ hari berarti kegiatan j boleh dimulai setelah x hari selesainya kegiatan i.



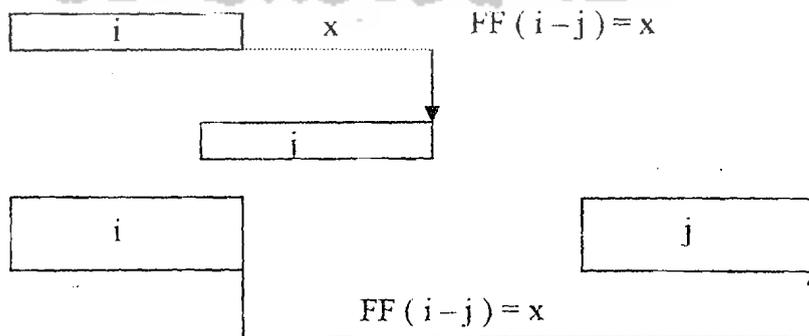
Gambar 3.1. Konstrains FS

2. *Start to Start* (SS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya kegiatan berikutnya tergantung pada mulainya kegiatan sebelumnya. Selang waktu antara kedua kegiatan tersebut disebut *lead* (mendahului). Jika $SS(i,j) = 0$ artinya kegiatan (i dan j) dapat dimulai bersama-sama dan jika $SS(i,j) = x$ hari berarti kegiatan j boleh dimulai setelah kegiatan i berlangsung x hari.



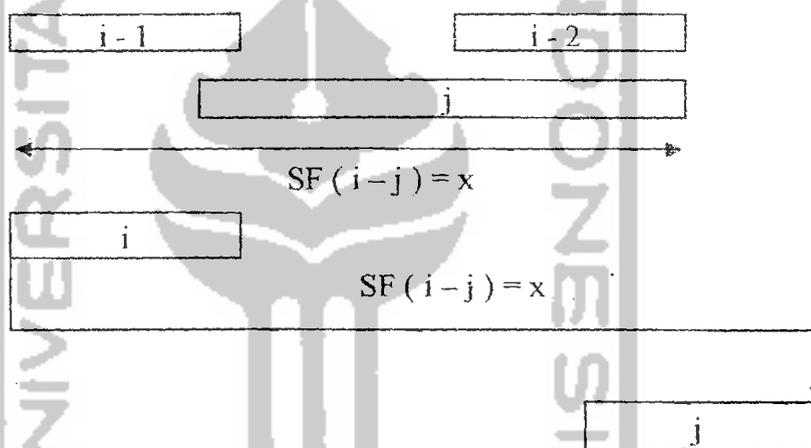
Gambar 3.2. Konstrain SS

3. *Finish to Finish* (FF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya kegiatan berikutnya tergantung pada selesainya kegiatan sebelumnya. Selang waktu antara dimulainya kedua kegiatan tersebut disebut *lag*. Jika $FF(i,j) = 0$ artinya kedua kegiatan (i dan j) dapat selesai secara bersamaan, jika $FF(i,j) = x$ hari berarti kegiatan j selesai setelah x hari kegiatan i selesai dan jika $FF(i,j) = -x$ hari berarti kegiatan j selesai x hari lebih dahulu dari kegiatan i.



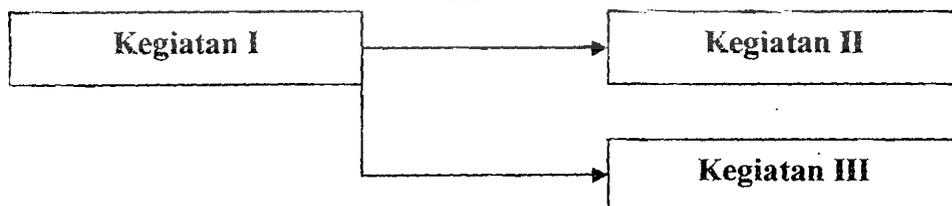
Gambar 3.3. Konstrain FF

4. *Start to Finish* (SF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya kegiatan berikutnya tergantung pada mulainya kegiatan sebelumnya. Selang waktu antara dimulainya kedua aktivitas tersebut disebut *lead*. Jika $SF(i,j) = x$ hari berarti kegiatan j akan selesai setelah x hari dari saat dimulainya kegiatan i. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan. Misalnya kegiatan pembuangan sampah kedalam lubang diakhiri bila kegiatan penimbunan lubang akan dimulai.



Gambar 3.4. Konstrain SF

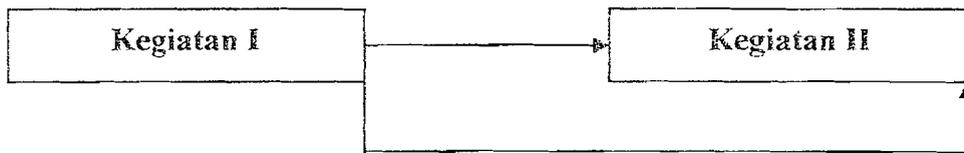
Kadang-kadang dijumpai satu kegiatan memiliki hubungan konstrain dengan lebih dari satu kegiatan seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Satu kegiatan mempunyai hubungan konstrain dengan lebih dari satu kegiatan yang berbeda.

(Sumber : Iman Soeharto, 1995)

Selain itu dapat juga dijumpai suatu multikonstrain, yaitu dua kegiatan dihubungkan oleh lebih dari satu konstrain seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Multikonstrain antar kegiatan.

(Sumber : Iman Soeharto, 1995)

3.2.3.1. Perhitungan ke Muka (*Forward pass Computation*)

Hitungan ke muka ini pada dasarnya adalah untuk menghitung waktu tercepat (*earliest start time*) dan waktu selesai tercepat (*earliest finish time*). Hitungan ke muka dimulai dari ujung kiri, merupakan peristiwa pertama menandai dimulainya proyek. Berlaku untuk hal-hal sebagai berikut :

1. menghasilkan ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek,
2. diambil angka ES terbesar bila lebih dari satu kegiatan bergabung,
3. notasi (i) bagi kegiatan pendahulu dan (j) kegiatan,
4. waktu awal dianggap nol,
5. 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 ada 4 konstrain maka terdapat rumus :

$$\text{ES (j)} = \left. \begin{array}{l} \text{ES (i) + SS (i-j) atau} \\ \text{ES (i) + SF (i-j) - D (j) atau} \\ \text{EF (i) + FS (i-j) atau} \\ \text{EF (i) + FF (i-j) - D (j)} \end{array} \right\} \text{ Jika kegiatan multikonstrain,} \\ \text{maka dipakai angka terbesar}$$

dimana :

D (Durasi) = waktu yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan,

ES (*Earliest Start*) = saat paling cepat kegiatan tersebut dilaksanakan,

EF (*Earliest Finish*) = saat paling cepat kegiatan tersebut diselesaikan.

6. waktu selesai paling awal kegiatan yang sedang ditinjau EF (j), adalah sama dengan waktu paling awal kegiatan tersebut ES (j) ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan D (j) atau ditulis dengan rumus menjadi

$$\boxed{EF (j) = ES (j) + D (j)}$$

3.2.3.2. Perhitungan ke Belakang (*Backward pass Computation*)

Hitungan ke belakang digunakan untuk menghitung waktu mulai paling lambat (*latest start time*) dan waktu selesai paling lambat (*latest finish time*). Berlaku untuk hal-hal berikut ini :

1. menentukan LS, LF dan kurun waktu *float*,
2. bila lebih dari satu kegiatan bergabung diambil angka LS terkecil,
3. notasi (i) bagi kegiatan yang ditinjau dan notasi (j) kegiatan berikutnya,
4. waktu selesai paling akhir dari kegiatan yang sedang ditinjau LF (i), adalah sama dengan angka terkecil dari jumlah angka kegiatan LS dan LF ditambah konstrain yang bersangkutan.

$$\left. \begin{array}{l} LF (i) = LF (j) - FF (i-j) \text{ atau} \\ LF (j) - SF (i-j) + D (j) \text{ atau} \\ LS (j) - FS (i-j) \text{ atau} \\ LS (j) - SS (i-j) + D (j) \end{array} \right\} \text{ Jika kegiatan multikonstrain,} \\ \text{maka dipakai angka terkecil}$$

dimana :

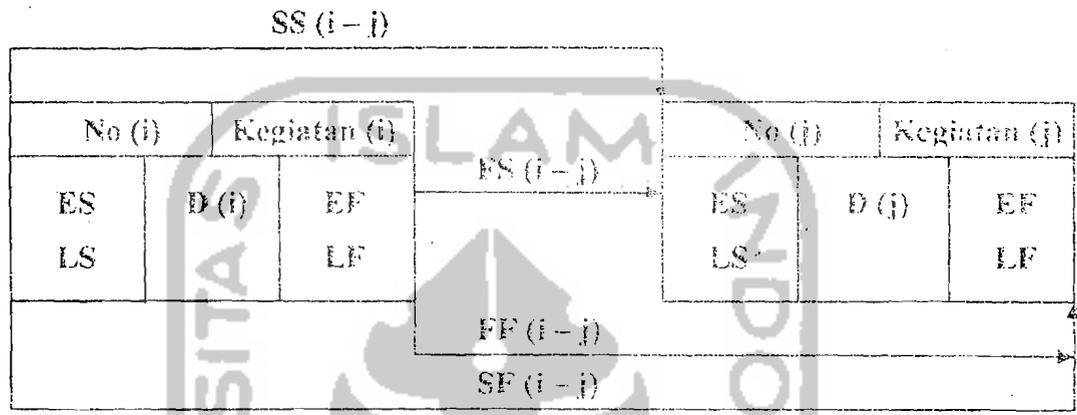
D (Durasi) = waktu yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan,

LF (*Latest Finish*) = saat paling lambat kegiatan tersebut diselesaikan,

LS (*Latest Start*) = saat mulai paling lambat kegiatan tersebut dilaksanakan.

5. waktu mulai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau LS (i), adalah sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan tersebut LF (i) dikurangi kurun waktu kegiatan yang bersangkutan D (i) atau ditulis dengan rumus menjadi

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



Gambar 3.7. Menghitung ES, EF, LS dan LF

(Sumber : Iman Soeharto, 1995)

Jalur kegiatan kritis pada PDM mempunyai sifat seperti *Activity On Arrow* (AOA), yaitu :

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

Tenggang waktu (*float*) adalah waktu yang diperkenankan untuk menggeser-geser kegiatan suatu proyek, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Ada dua macam tenggang waktu, yaitu :

1. *Total Float* (TF) adalah jumlah penundaan maksimum yang dapat diberikan pada suatu kegiatan tanpa menghambat penyelesaian keseluruhan proyek. *Total Float* dapat dihitung dengan rumus :

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

2. *Free Float* (FF) adalah penundaan yang masih dapat diberikan pada suatu kegiatan tanpa mengakibatkan penundaan kegiatan berikutnya atau sama dengan waktu mulai paling awal (ES) dari kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal (EF) kegiatan dimaksud.

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

3.3. Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas merupakan besar volume pekerjaan yang dihasilkan oleh tenaga kerja atau regu tenaga kerja tertentu selama periode waktu tertentu. Dalam usaha memenuhi target waktu yang telah ditetapkan seringkali harus diberlakukan *crash program*, yaitu upaya yang dilakukan untuk mempercepat waktu penyelesaian suatu kegiatan guna mengejar ketertinggalan dari waktu yang telah ditetapkan. Kontraktor dapat melakukan *crash program* dengan alternatif :

1. Menambah kemampuan satuan pelaksanaan (tenaga kerja dan biaya).
2. Memberlakukan sistem kerja lembur dan *shift* malam.

Produktivitas tenaga kerja merupakan besarnya volume pekerjaan yang dihasilkan seorang tenaga kerja atau sekelompok tenaga kerja selama periode waktu tertentu, dapat dirumuskan seperti berikut ini :

$$\text{Produktivitas Tenaga Kerja} = \frac{\text{Volume hasil kegiatan (satuan volume)}}{\text{Durasi kegiatan (satuan waktu) x Jumlah pekerja}}$$

(Sumber : Iman Soeharto, 1995)

Untuk mengukur produktivitas tenaga kerja adalah dengan memakai parameter

Indeks Produktivitas :

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

Adapun yang dipakai sebagai kondisi standar adalah kondisi rata-rata di Gulf Coast USA (1962-1963) dan diberi angka = 1,0. Hal ini berarti bila indeks produktivitas di tempat lain lebih besar dari 1,0, maka tenaga kerja yang bersangkutan produktivitasnya kurang dari standar. Semakin tinggi jumlah tenaga kerja per area dan makin turun luas areanya maka makin sibuk kegiatan per area yang akhirnya akan mencapai titik jenuh dimana kelancaran pekerjaan terganggu dan mengakibatkan penurunan produktivitas.

3.4. *Crash Program* dan *Time-Cost Trade-Off* dalam proyek

Crash Program adalah suatu cara mempercepat pelaksanaan proyek dari waktu yang telah ditentukan secara normal dan biaya yang seminimal mungkin dengan cara menambah tenaga kerja, penggunaan kerja lembur dan *shift* malam. Hampir semua

proyek selalu menemui situasi krisis ketika kinerja tidak mungkin dicapai dalam batas-batas waktu dan biaya yang telah direncanakan.

Apabila *crash program* diterapkan pada suatu proyek konstruksi, kemungkinan akan terjadi kenaikan biaya. Kenaikan biaya tersebut disebabkan oleh adanya penambahan tenaga kerja, penggunaan kerja lembur dan *shift* malam. Untuk mendapatkan *crash program* dengan kenaikan biaya minimum, maka dapat dilakukan dengan meningkatkan produktivitas tenaga kerja. Selain itu *crash program* dapat juga menurunkan biaya proyek. Hal ini terjadi apabila pengurangan biaya tidak langsung (misalnya biaya telepon, konsumsi, biaya operasional dan lain-lain akan mengalami penurunan seiring dengan pengurangan waktu proyek) lebih besar dibandingkan dengan penambahan biaya langsung (material, upah dan peralatan).

Hampir semua proyek selalu menemui situasi krisis ketika kinerja tidak mungkin dicapai dalam batas-batas waktu dan biaya yang telah direncanakan. Jika proyek berjalan lancar sesuai dengan rencana, *Time-Cost Trade-Off* mungkin tidak diperlukan. Antara satu proyek dan proyek lainnya tidak mungkin sama, oleh karena itu *Time-Cost Trade-Off* merupakan sebuah usaha terus menerus sepanjang siklus hidup proyek yang berkesinambungan dipengaruhi oleh lingkungan internal dan eksternal. Kondisi yang paling sering terjadi pada suatu proyek konstruksi adalah membatasi waktu pelaksanaan dan biaya yang dihasilkan, sehingga *Time-Cost Trade-Off* yang dilakukan waktu dan biayanya, dengan membatasi lama pelaksanaan proyek *Time-Cost Trade-Off* ini juga disebut percepatan waktu.

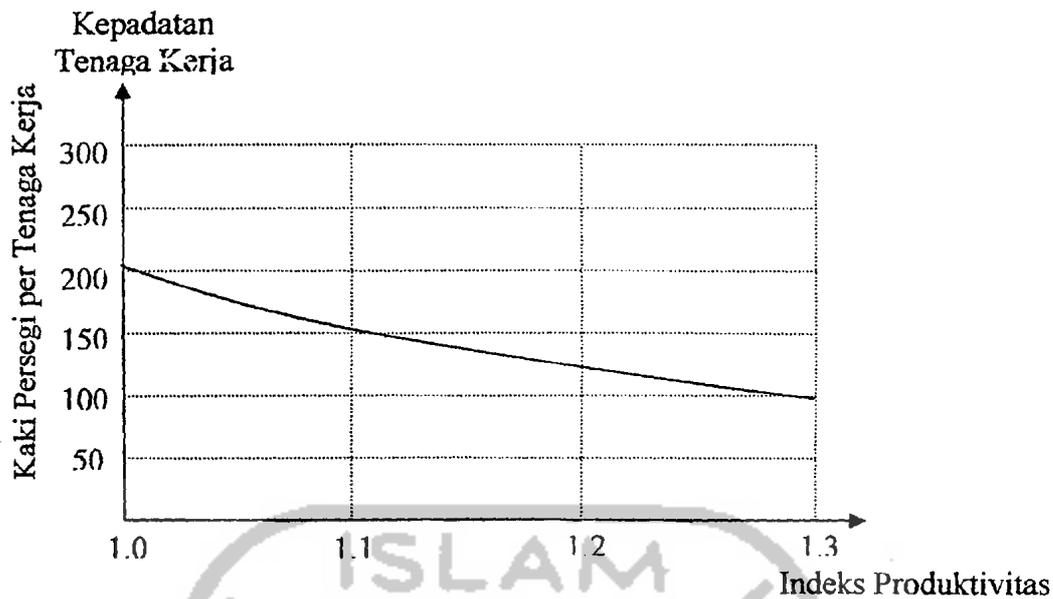
Langkah yang dapat diambil dalam mempersingkat waktu pelaksanaan proyek adalah dengan menyempurnakan logika ketergantungan dari kegiatan-kegiatan pada

jaringan kerja. Apabila usaha ini sudah dilakukan namun belum dapat tercapai target waktu yang diharapkan, maka dilakukan pengurangan waktu dari kegiatan-kegiatan yang merupakan kegiatan kritis. Pengurangan waktu kegiatan ini dapat dilaksanakan dengan cara penambahan tenaga kerja, penggunaan kerja lembur dan *shif* malam.

3.4.1. Pemakaian Sistem Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan jumlah tenaga kerja memang kadang-kadang tidak bisa dihindarkan oleh pihak kontraktor untuk menambah produktivitas guna mempercepat waktu pelaksanaan proyek pembangunan yang sedang dijalankan. Hal ini banyak dilakukan mengingat dari berbagai pengalaman, menunjukkan bahwa kerja lembur memiliki banyak kerugian antara lain kejenuhan tenaga kerja, mutu hasil yang kurang baik, keluhan tenaga kerja karena kurang istirahat dan lain-lain, sehingga penambahan tenaga kerja banyak diminati oleh para kontraktor.

Terdapat batasan praktis untuk menentukan banyaknya orang yang dapat bekerja secara serentak pada tiap pekerjaan dengan tidak saling bertabrakan satu dengan yang lain. Menurut Imam Suharto (1995), terdapat hubungan antara jumlah tenaga kerja konstruksi, luas tempat kerja dan produktivitas. Hubungan ini dinyatakan sebagai kepadatan tenaga kerja, yaitu jumlah luas tempat kerja bagi setiap tenaga kerja. Jika kepadatan ini melewati tingkat jenuh, maka produktivitas tenaga kerja akan menurun. Hal ini disebabkan di lokasi proyek terdapat sejumlah buruh bekerja, kesibukan manusia, pergerakan peralatan serta kebisingan yang ditimbulkannya. Angka kepadatan tenaga kerja juga dipengaruhi oleh faktor-faktor kompleksitas teknis dan jenis kontrak.



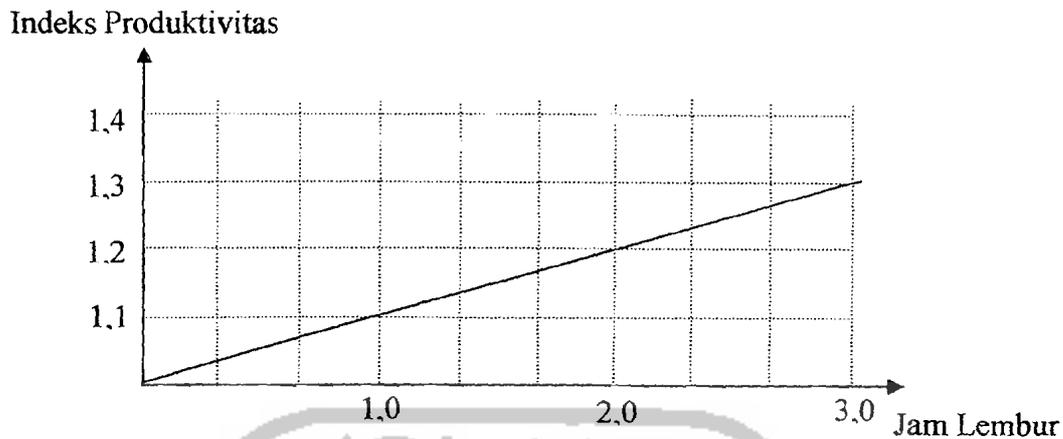
Gambar 3.8: Grafik kepadatan tenaga kerja vs Indeks Produktivitas.

(Sumber : Iman Soeharto, 1995)

3.4.2. Pemakaian Sistem Penggunaan Kerja Lembur

Apabila suatu proyek konstruksi bangunan gedung menuntut jadwal kerja yang singkat, kontraktor harus mempertimbangkan kemungkinan melaksanakan program lembur dalam upaya memenuhi target waktu yang telah ditetapkan. Jika jumlah tenaga kerja cukup tersedia untuk memenuhi kebutuhan, mungkin dapat diatur dengan cara kerja secara bergantian (sistem *shift*), akan tetapi bila tenaga kerja sulit didapatkan bisa dilakukan dengan cara lembur.

Seringkali kerja lembur atau jam kerja yang panjang lebih dari 40 jam per minggu tidak dapat dihindari, misalnya untuk mengejar sasaran jadwal, meskipun hal ini akan menurunkan efisiensi kerja. Memperkirakan waktu penyelesaian proyek dengan mempertimbangkan kerja lembur, perlu diperhatikan kemungkinan kenaikan total jam per orang. Grafik pada gambar 3.9 menunjukkan indikasi penurunan produktivitas, bila jumlah jam per hari dan hari per minggu bertambah.



Gambar 3.9. Indikasi menurunnya produktivitas karena kerja lembur.

(Sumber : Buku manajemen proyek Iman Soeharto hal 165, 1995)

3.4.3. Pemakaian Sistem Penggunaan *Shift* Malam

Penggunaan giliran kerja (*shift*) akan menyebabkan performa dari kegiatan-kegiatan tertentu akan menjadi lebih cepat. Pekerjaan pada *shift* malam hari akan mendapatkan upah lebih dari upah normal dan biasa produktivitas pekerja pada malam hari lebih rendah dari produktivitas pekerja pada siang hari. Jika giliran kerja tersebut dirotasikan secara teratur (tiap minggu atau tiap dua minggu), maka sifat alamiah dari tenaga kerja (bekerja pada siang hari dan pada malam hari istirahat) akan terganggu dan menyebabkan produktivitas tenaga kerja akan menurun. Dengan adanya faktor iklim atau cuaca dan penerangan yang berbeda dengan kondisi siang hari, sehingga produktivitasnya juga akan mengalami penurunan.

Selain itu terdapat faktor lain, yaitu bahwa beberapa orang memang benar-benar orang “siang hari” dan orang-orang lainnya memang orang “malam hari”. Mereka akan dapat berprestasi lebih baik bilamana pekerjaan mereka cocok dengan fisiologis mereka sendiri. Kesimpulan dari penggunaan giliran kerja akan lebih produktif bila giliran kerja tersebut tidak dirotasikan secara tetap dan dilakukan penyesuaian tenaga

kerja dengan regu giliran dimana dia akan berprestasi lebih baik (Barrie dan Poulson, 1990).

Untuk dapat melaksanakan program *shift* malam, harus terlebih dahulu memenuhi kriteria-kriteria antara lain ; bersedianya pekerja untuk *shift* malam, adanya izin dari pemilik (*owner*) proyek, keadaan alam/cuaca tidak menjadi hambatan, dan tersedianya sarana untuk melaksanakan *shift* malam seperti lampu dan lainnya.

3.5. Waktu *Crash* Proyek

Dalam melakukan analisis waktu *crash* proyek, waktu normal setiap kegiatan yang akan ditinjau dapat diambil dari *time schedule* kondisi normal yang sudah ada.

Produktivitas normalnya dapat ditentukan dengan cara :

$$P_n = V/D_n$$

dimana :

P_n = Produktivitas normal

V = Volume

D_n = Durasi/waktu normal

Setelah didapatkan produktivitas normal, produktivitas *crash* dapat dihitung dengan cara :

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

dimana :

P_p = Produktivitas percepatan (*crash*)

P_n = Produktivitas normal

P = Produktivitas

Dengan produktivitas *crash* tersebut dapat ditentukan waktu *crash*-nya :

$$Dp = V/Pp$$

Dimana :

Dp = Durasi percepatan/waktu *crash*

V = Volume

Pp = Produktivitas percepatan (*crash*)

Dengan cara tersebut diatas, untuk setiap kegiatan yang termasuk kritis akan didapatkan waktu *crash*-nya.

3.6. Biaya Proyek

Biaya proyek dapat dibedakan menjadi dua (Istimawan Dipohusodo, 1996), yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek, sedangkan biaya tidak langsung adalah biaya segala sesuatu yang tidak merupakan komponen hasil akhir proyek, tetapi dibutuhkan dalam rangka proses pembangunan proyek.

1. Biaya langsung meliputi :

- a. pembebasan tanah,
- b. penyiapan lahan dan pekerjaan tanah,
- c. komponen struktur (termasuk komponen arsitektural),
- d. komponen mekanikal dan elektrikal,
- e. komponen sementara, dan

- f. upah tenaga kerja.
2. Biaya tidak langsung meliputi :
- a. gaji staf / pegawai tetap tim manajemen,
 - b. biaya konsultan (perencana dan pengawas),
 - c. fasilitas sementara di lokasi proyek,
 - d. peralatan konstruksi,
 - e. pajak, pungutan, asuransi dan perijinan,
 - f. *overhead*,
 - g. biaya tak terduga, dan
 - h. laba.

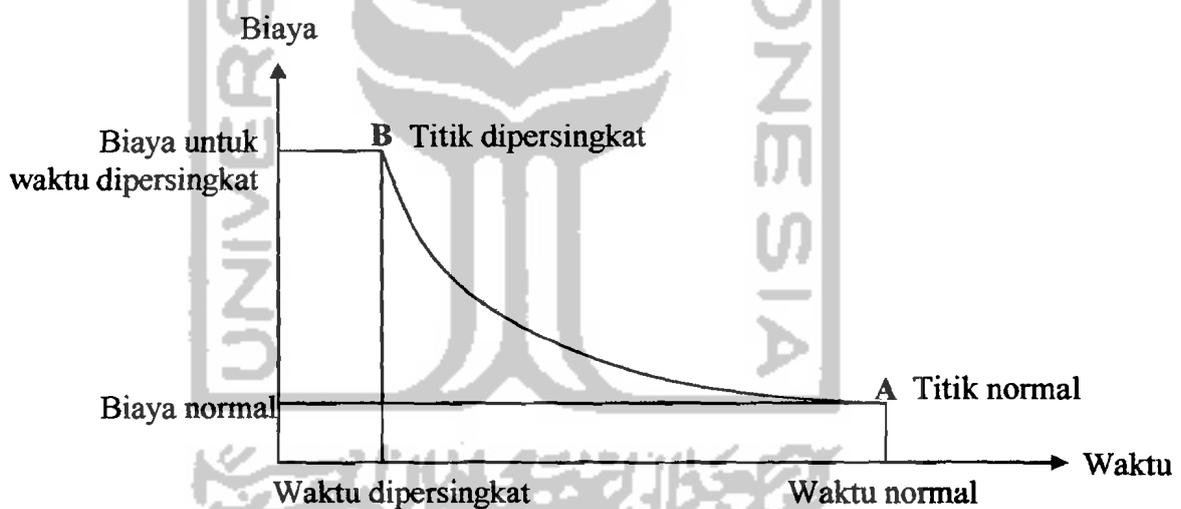
Biaya langsung yang diperhitungkan adalah biaya yang disebabkan penambahan biaya upah tenaga kerja pada kegiatan-kegiatan yang bersifat kritis ditambah dengan biaya pada kondisi normal seluruh kegiatan yang tidak kritis. Biaya tidak langsung yang diperhitungkan adalah penyusutan biaya *overhead* proyek akibat pemendekan waktu pelaksanaan.

3.7. Hubungan antara Waktu dan Biaya

Waktu pelaksanaan sangat mempengaruhi jumlah biaya suatu proyek. Jika waktu penyelesaian suatu proyek bertambah, maka biaya juga akan meningkat, demikian juga sebaliknya jika waktu dipercepat. Sehubungan dengan itu perlu direncanakan waktu yang tepat, sehingga dihasilkan biaya yang optimal.

Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan waktu dan biaya suatu kegiatan, dipakai definisi sebagai berikut :

1. Kurun waktu normal/durasi normal (D_n) adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai, dengan cara yang efisien tetapi diluar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha-usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih canggih.
2. Biaya normal/*cost* normal (C_n) adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
3. Kurun waktu dipersingkat/durasi *crash* (D_c) adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin.
4. Biaya untuk waktu dipersingkat/*cost crash* (C_c) adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu dipersingkat.



Gambar 3.10. Grafik hubungan waktu dan biaya.

(Sumber : Iman Soeharto, 1995)

Slope dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Slope (R_i) = \frac{\text{biaya dipercepat } (C_c) - \text{biaya normal } (C_n)}{\text{waktu normal } (D_n) - \text{waktu dipercepat } (D_c)}$$

(Sumber : Iman Soeharto, 1995)