BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perencanaan Penjadwalan

3.1.1 Umum

Karena kompleksnya suatu proyek, para pengelola proyek selalu ingin meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian. Banyak metode yang akhirnya diketemukan, mulai dari bagan balok (*bar chart*) sampai analisis jaringan kerja (*network diagram analysis*) yang sistematis.

3.1.2 Ruang Lingkup, Manfaat, dan Fungsi Perencanaan

Perencanaan Jaringan Kerja (*network planning*) dibuat untuk mencapai efektifitas dan efisiensi yang tinggi dari sumberdaya yang akan digunakan selama masa pelaksanaan proyek konstruksi. Instrumen yang harus direncanakan untuk pengendalian sumberdaya adalah :

- Waktu
- Biaya
- Tenaga kerja
- Material
- Peralatan

Sumberdaya tersebut harus direncanakan seefisien dan seefektif mungkin agar diperoleh biaya pelaksanaan yang minimum tetapi kualitas tetap terjaga.

Manfaat dari perencanaan adalah :

- mengorganisir kegiatan-kegiatan yang terkait dalam proyek.
- menentukan pembagian tugas, waktu dan cara pelaksanaan tugas.
- memperkirakan jumlah sumberdaya yang dibutuhkan
- mengalokasikan tanggung jawab pelaksanaan proyek.
- mempermudah komunikasi antara unsur-unsur yang terkait.
- memudahkan dalam pengendalian kemajuan proyek.
- mengantisipasi kondisi-kondisi yang tidak diharapkan dalam perubahan rencana yang mungkin terjadi selama proyek berlangsung.

Perencanaan memiliki dua fungsi yaitu :

a. *Fungsi Pengorganisasian (tahap permulaan)*

Pada tahap permulaan proyek perencanaan berfungsi untuk pengambilan keputusan mengenai teknik yang harus dilaksanakan dan pengalokasian sumberdaya. Perencanaan organisasi proyek, alokasi tenaga kerja, penjadwalan dan penganggaran dikerjakan pada tahap ini. Perencanmaan menjadi landasan atau bahan acuan pengendalian proyek.

b. *Fungsi Pengendalian (tahap pelaksanaan)*

Fungsi ini berjalan bersama-sama dengan kegiatan pelaksanaan. Perencanaan dilakukan untuk mengalokasikan ulang sumberdaya, mengambil keputusan lebih lanjut atau merubah keputusan yang telah dibuat bila selama proyek berlangsung terjadi kondisi yang tidak diharapkan. Fungsi kegiatan ini

sifatnya dinamis karena mengikuti kondisi yang terjadi dan dalam operasionalnya mendapatkan data dan informasi dari pengawasan.

3.1.3 PDM (*Precedence Diagram Methods*)

PDM adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON, dimana kegiatan ditulis dalam node dan anak panah sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dalam PDM diperkenankan adanya hubungan tumpang tindih (*overlaping*) yaitu suatu pekerjaan berikutnya bisa dikerjakan tanpa harus menunggu pekerjaan terdahulu (*predecessor*) selesai, sehingga dalam PDM tidak mengenal istilah kegiatan semu antara dua kegiatan yang tidak membutuhkan waktu dan sumberdaya (*dummy*).

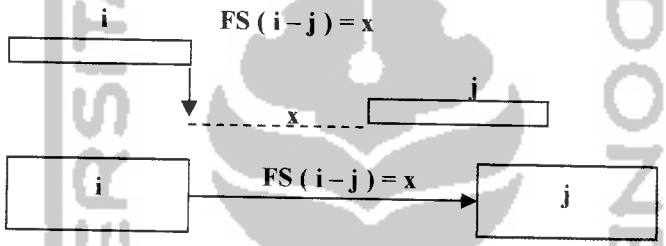
Dalam PDM, kotak (*node*) menandai suatu kegiatan sehingga harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktu (durasi), sedangkan peristiwa merupakan ujung setiap kegiatan. Setiap node mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan akhir. Ruangan dalam node dibagi menjadi bagian-bagian kecil yang berisi keterangan dari kegiatan antara lain : kurun waktu kegiatan (D), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan (*Earlist Start–ES, Latest Start–LS, Earlist Finish–EF, Latest Finish–LF*).

Berbeda dengan CPM maupun PERT yang hanya mengenal satu pembatasan (*Constraint*) antar kegiatan yaitu *Finish to Start* (suatu pekerjaan bisa dilaksanakan apabila pekerjaan sebelumnya telah selesai dilaksanakan), pada PDM mengenal lebih dari satu pembatasan (*constraint*) antar kegiatan yaitu SS, SF, FS, FF. Oleh karena itu dalam PDM diperbolehkan suatu

kegiatan dimulai sebelum kegiatan yang mendahuluinya selesai 100 % (tumpang tindih).

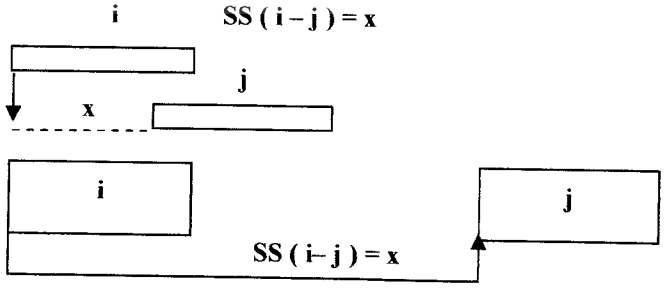
Pada PDM dikenal empat macam pembatasan (*constraint*), yaitu :

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



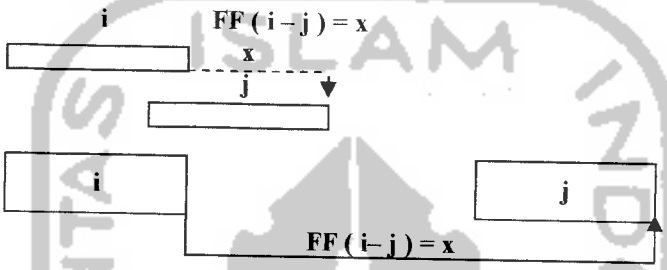
Gambar 3.1 Konstrain FS

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



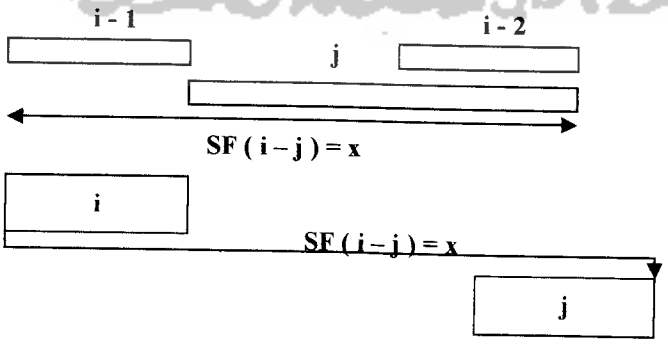
Gambar 3.2 Konstrain SS

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



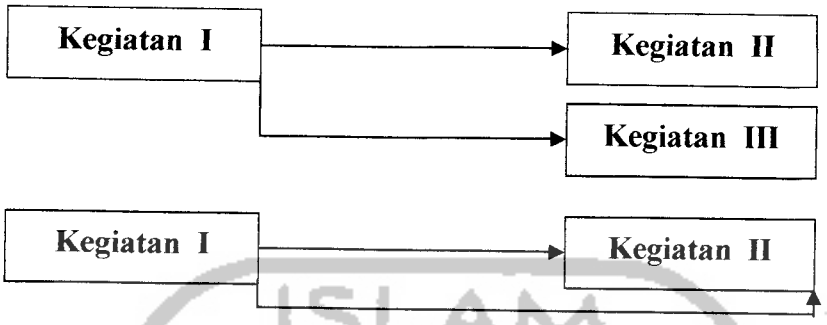
Gambar 3.3 Konstrain FF

4. **Start to Finish (SF)** Yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktifitas berikutnya tergantung pada mulainya aktifitas sebelumnya. Selang waktu antara dimulainya kedua aktifitas tersebut disebut *lead*. Jika SF (i,j) = x hari berarti aktifitas j akan selesai setelah x hari dari saat dimulainya aktifitas i. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.



Gambar 3.4 Konstrain SF

Kadang-kadang dijumpai satu kegiatan memiliki hubungan konstrain dengan lebih dari satu kegiatan lain yang disebut multikonstrain.



Gambar 3.5. Multikonstrain

Jadi dalam menyusun jaringan PDM khususnya dalam menentukan urutan ketergantungan, maka akan lebih banyak faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

1. Kegiatan mana yang boleh dimulai sesudah kegiatan tertentu selesai dan berapa lama jarak waktu antaranya,
2. Kegiatan mana yang harus dimulai sesudah kegiatan tertentu mulai dan berapa lama jarak waktu antaranya,
3. Kegiatan mana yang harus diselesaikan sesudah kegiatan tertentu selesai dan berapa lama jarak waktu antaranya,
4. Kegiatan mana yang harus diselesaikan sesudah kegiatan tertentu boleh dimulai dan berapa lama jarak waktu antaranya.

3.1.4 Identifikasi Jalur Kritis

Bertambahnya parameter yang digunakan akan menyebabkan perhitungan untuk mengidentifikasi kegiatan pada jalur kritis menjadi lebih kompleks. Untuk maksud tersebut, dalam analisis perlu memperhatikan hubungan kegiatan dan konstrain yang terkait.

3.1.4.1 Hitungan Maju

Hitungan maju atau hitungan kemuka ini pada dasarnya adalah untuk menghitung waktu mulai tercepat (*earlest start time*) dan waktu selesai tercepat (*earlest finish time*). Hitungan maju dimulai dari ujung kiri, merupakan peristiwa pertama menandai dimulainya proyek. Berlaku untuk hal-hal sebagai berikut :

- menghasilkan ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- diambil angka ES terbesar bila lebih dari satu kegiatan bergabung.
- notasi (i) bagi kegiatan pendahulu dan (j) kegiatan.
- waktu awal dianggap nol.
- 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 :

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

- 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

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

3.1.4.2 Hitungan mundur

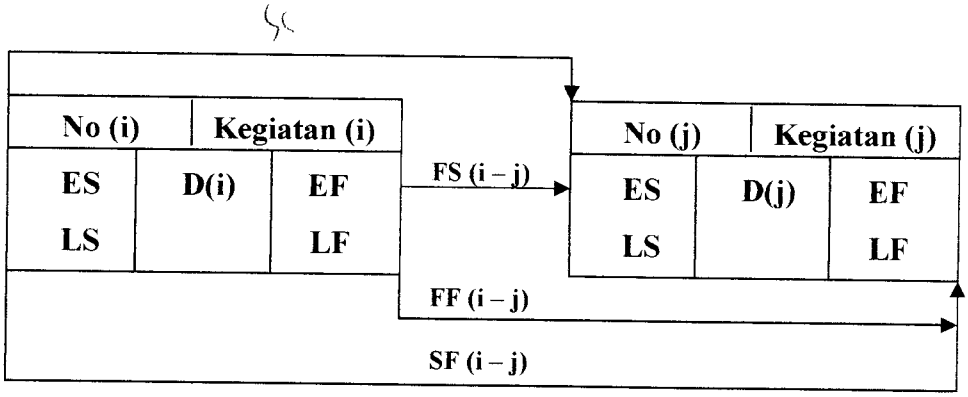
Hitungan mundur atau hitungan kebelakang ini digunakan untuk menghitung waktu mulai paling lambat (*latest start time*) dan waktu selesai paling lambat (*latest finish time*). Berlaku untuk hal-hal berikut ini :

- menentukan LS,LF dan kurun waktu *float*.
- bila lebih dari satu kegiatan bergabung diambil angka LS terkecil.
- notasi (i) bagi kegiatan yang ditinjau dan notasi (j) kegiatan berikutnya.
- 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.

LF (i) = { **LF (j) - FF (i – j) atau**
LF (j) - SF (i – j) + D (i) atau
LS (j) - FS (i – j) atau
LS (j) - SS (i – j) + D (i) } **Jika kegiatan multikonstrain, maka dipakai angka terkecil**

- 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 :

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



Gambar 3.6 Menghitung ES,EF,LS dan LF

3.1.5 Jalur Kegiatan Kritis

Jalur kegiatan kritis pada PDM mempunyai sifat seperti 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.

3.1.6 Float

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 :

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

TF = LF – EF = LS - ES

b. ***Float Bebas (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 (FS) kegiatan dimaksud.
FF = ES (j) – FF (i)

3.2. Pengendalian dan Kemajuan Pekerjaan

3.2.1 Prinsip-prinsip pengendalian

Keterlambatan yang terjadi pada pelaksanaan proyek dapat berakibat pada beberapa hal, yakni dana yang membengkak, etos kerja dan waktu pelaksanaan yang makin panjang. Berbagai cara dapat dilakukan untuk menanggulangi keterlambatan berdasarkan pertimbangan kualitas, waktu, dan biaya.

Pengendalian adalah mekanisme kegiatan yang berfungsi sebagai bahan acuan dalam pengambilan tindakan korektif apabila prestasi (*performance*) berada dibawah standar. Tugas utama dari pengendali proyek adalah memutuskan sampai dimana titik prestasi minimum yang masih diperbolehkan dan pada titik mana harus diambil tindakan perbaikan.

Proses pengendalian merupakan suatu siklus yang terdiri dari empat kegiatan yaitu :

a. Mengumpulkan data.

b. Analisa data dan kemajuan prestasi.

c. Meramalkan hasil akhir.

d. Mengambil tindakan-tindakan perbaikan atau penyesuaian rencana.

3.2.2 Produktifitas Tenaga Kerja dan Efisiensi Kerja Alat

Secara umum produktifitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara hasil yang dicapai dengan berbagai sumberdaya yang digunakan dalam waktu tertentu. Dalam pencapaian suatu produktifitas, diperlukan adanya prestasi kerja yang selalu meningkat dari berbagai pihak disertai dengan adanya sistem kerja yang dapat membuat suatu kegiatan menjadi lebih produktif (Dewan Produktifitas Negara Republik Indonesi, 1983). Untuk meningkatkan produktifitas dapat dipilih beberapa alternatif, yaitu :

1. menambah kemampuan satuan pelaksanaan (tenaga kerja, alat, biaya).
2. memberlakukan sistem kerja lembur.

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

$$\text{Produktifitas pekerja} = \frac{\text{Volume hasil kegiatan (satuan volume)}}{\text{Durasi kegiatan (satuan waktu) x jumlah pekerja}}$$

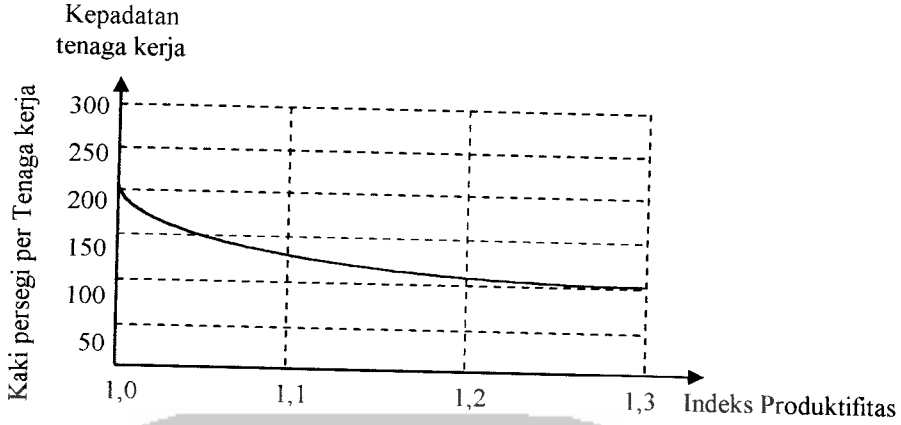
Mengingat bahwa pada umumnya proyek berlangsung dengan kondisi yang berbeda-beda, maka dalam merencanakan tenaga kerja hendaknya dilengkapi dengan analisis produktifitas dan indikasi variabel yang mempengaruhi seperti ; lokasi geografis, iklim, ketrampilan, pengalaman, atau peraturan-peraturan yang berlaku. Salah satu pendekatan untuk mencoba

mengukur produktifitas tenaga kerja adalah dengan memakai parameter Indeks Produktifitas.

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

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 produktifitas ditempat lain lebih besar dari 1,0, maka tenaga kerja yang bersangkutan produktifitasnya kurang dari standar.

Pada sistem lembur, produktifitas tenaga kerja akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti ; kelelahan yang mengakibatkan berkurangnya konsentrasi dalam bekerja atau hari yang mulai gelap dapat mempengaruhi pandangan dan ketelitian pekerja. Sedangkan pada sistem penambahan tenaga kerja, apabila area tempat pekerjaan masih mencukupi untuk pergerakan orang dan peralatan proyek, produktifitas tidak mengalami penurunan. Semakin tinggi jumlah pekerja per area atau makin turun luas area per pekerja, maka akan semakin sibuk kegiatan per area dan akhirnya akan mencapai titik dimana kelancaran pekerjaan menjadi terganggu dan mengakibatkan penurunan produktifitas (Laporan Tugas Akhir Agus dan Wiwik, 1999).



Gambar 3.7. Perbandingan antara produktifitas dan kepadatan tenaga kerja

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, tinjauan aspek alat berat merupakan hal yang tidak bisa dipisahkan. Peralatan dikatakan berdaya guna tinggi jika bisa menghasilkan produksi yang tinggi dengan biaya yang rendah.

Untuk mengatur jenis dan jumlah alat yang dipakai sehingga dapat diperoleh efisiensi yang tinggi, maka perlu mengetahui dan memperhitungkan hal-hal pokok sebagai berikut :

- Kapasitas alat sesuai dengan volume pekerjaan.
- Kapasitas alat sesuai dengan alat lain (karena merupakan tim).
- Sedapat mungkin dihindari ada alat menganggur karena harus menunggu.
- Jika terpaksa suatu alat harus menganggur, diusahakan alat yang paling murah biayanya atau alat multi fungsi, sehingga dapat melakukan pekerjaan lain.
- Alat yang paling berpengaruh terhadap alat lain dalam tim.

Untuk meningkatkan hasil pekerjaan dengan waktu penyelesaian tetap atau untuk mempercepat penyelesaian suatu pekerjaan dapat dilakukan dengan cara penambahan alat. Pada penambahan alat perlu dipertimbangkan tentang perbandingan kapasitas alat yang paling berpengaruh dengan kapasitas alat yang akan ditambah. Karena dengan melihat kapasitas alat yang paling berpengaruh dapat diketahui berapa batas maksimal jumlah alat dapat ditambah dengan efisiensi kerja alat tetap tinggi, misalnya : sebuah Loader berkapasitas 50 m^3/jam akan mengisi tanah pada 4 buah Dumptruck berkapasitas 7 m^3/jam, Efisiensi kerja dari Loader kurang maksimal karena kapasitas dari Loader jauh lebih besar dari kapasitas 4 Dumptruck. Untuk meningkatkan efisiensi Loader maka perlu adanya penambahan alat. Jumlah Dumptruck maksimal yang bisa dilayani oleh Loader adalah $50/7 = 7{,}1 \approx 7$ buah. Dengan penambahan Dumptruck tersebut, maka efisiensi dari Loader akan meningkat dan efisiensi dari Dumptruck tetap tinggi.

3.2.3 Sistem pengendalian dan kemajuan proyek

Kriteria yang dipakai untuk mengukur suatu kemajuan proyek adalah :

3.2.3.1 Waktu

Pengendalian waktu diperlukan untuk mengetahui secara dini setiap gejala yang menyimpang dari rencana, sehingga tindakan penyesuaian dapat segera diambil.

3.2.3.2 Biaya

Metode pengendalian biaya diperlukan untuk mengendalikan penggunaan sarana atas anggaran yang ada. Biasanya dalam anggaran dinyatakan pula rencana persentase pengeluaran per satuan waktu.

3.2.3.3 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 pula 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 :

a. ***Kurun waktu normal/durasi normal (Dn)***, 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.

b. ***Biaya normal/cost normal (Cn)*** adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.

c. ***Kurun waktu dipersingkat/crash time/durasi crash (Dc)*** adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Disini dianggap sumberdaya bukan merupakan hambatan.

d. ***Biaya untuk waktu dipersingkat/cost crash (Cc)*** adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu dipersingkat.

Keterangan :

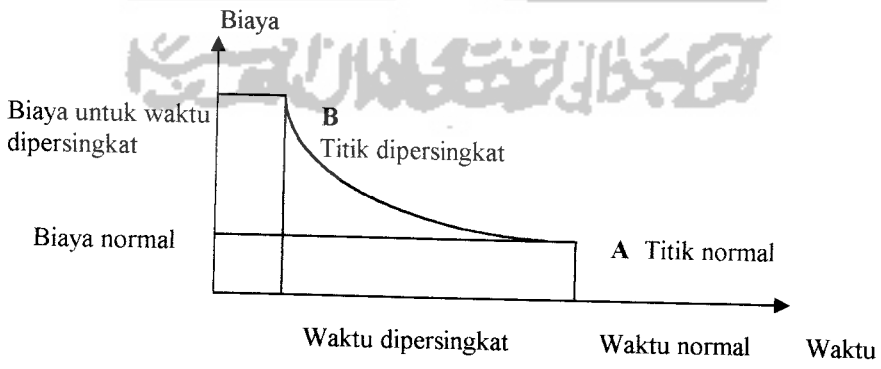
a. Waktu normal tersebut dapat dilihat pada *Time Schedule*.

b. Biaya normal dapat diketahui dari RAB (Rencana Anggaran Biaya).

c. Untuk menentukan waktu dipersingkat (*crash time*) perlu memperhatikan kondisi lapangan diantaranya adalah :

   - bila pekerjaan horizontal, maka dapat ditambahkan tenaga kerja, peralatan dan bahannya.
   - Sedangkan bila pekerjaannya berjalan secara vertikal, maka penambahan tenaga kerja tidak dapat diterapkan karena kondisi lapangan yang tidak memungkinkan, untuk itu diperlukan lembur.
   - Dalam satu item pekerjaan bisa dikombinasikan antara keduanya, yaitu penambahan tenaga, peralatan dan bahan dengan kerja lembur.

d. Biaya dipersingkat diperoleh dengan menambahkan biaya normal dengan biaya yang diperlukan untuk tenaga kerja yang ditambahkan dan peralatan/bahan maupun kerja lembur.



Gambar 3.8. Hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat

Dengan mengetahui slope atau sudut kemiringannya, maka bisa dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari dengan rumus :

$$\text{Slope biaya} = \frac{\text{Biaya dipersingkat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{waktu dipersingkat}}$$

Crash Program adalah proses mempersingkat waktu penyelesaian dalam suatu proyek. Apabila *crash program* diterapkan pada suatu proyek konstruksi, kemungkinan akan terjadi kenaikan biaya. Kenaikan biaya tersebut disebabkan oleh adanya penambahan tenaga kerja dan alat atau penggunaan kerja lembur. Untuk mendapatkan *crash program* dengan kenaikan biaya minimum, maka dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi alat dan produktifitas tenaga kerja. Selain itu *crash program* dapat juga menurunkan biaya proyek. Hal ini terjadi apabila pengurangan biaya tidak langsung (misalnya Biaya telpon, konsumsi, biaya operasional dan lain-lain akan mengalami penurunan seiring dengan pengurangan waktu proyek) lebih besar dibandingkan dengan penambahan biaya langsung (misalnya, penambahan tenaga kerja dan alat).