

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 UMUM

Pengelola proyek selalu ingin mencari metode yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan waktu dan jadwal untuk menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah. Usaha tersebut membuahkan hasil dengan ditemukannya bagan balok (*Bar Chart*) dan analisis jaringan (*Network Analysis*), yaitu penyajian perencanaan dan pengendalian, khususnya jadwal kegiatan proyek secara sistematis dan analitis.

3.2 PENJADWALAN DENGAN MENGGUNAKAN JARINGAN KERJA (NETWORK PLANNING)

Network planning pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan dalam *diagram network*, sehingga diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan yang harus menunggu selesainya pekerjaan yang lain (Badri, 1997).

3.2.1 Penjadwalan

Penjadwalan adalah perencanaan pembagian waktu dan hubungan antara pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Karena kompleksnya permasalahan dalam suatu proyek, maka pengelola proyek selalu ingin meningkatkan kualitas perencanaan proyek. Perencanaan waktu (*time scheduling*) proyek didasarkan pada durasi (waktu) normal setiap kegiatan atau pekerjaan. Teknik penjadwalan dibuat untuk mencapai efektifitas dan efisiensi yang tinggi dari sumber daya yang akan digunakan selama masa pelaksanaan proyek konstruksi. Instrumen yang digunakan untuk perencanaan produktivitas dan biaya antara lain; tenaga kerja, material dan peralatan. Sumber daya tersebut harus direncanakan seefisien mungkin, agar diperoleh biaya pelaksanaan yang minimum

tetapi kualitas tetap terjaga. Manfaat dari perencanaan antara lain; mengorganisir kegiatan-kegiatan yang terkait dalam proyek, menentukan pembagian tugas, waktu dan pelaksanaan tugas, memperkirakan jumlah sumber daya yang dibutuhkan, mengalokasikan tanggung jawab pelaksanaan proyek, mempermudah dalam pengendalian kemajuan proyek, dan mengantisipasi kondisi yang tidak diharapkan dalam perubahan rencana yang mungkin terjadi selama proyek berlangsung. Penjadwalan memiliki dua fungsi yaitu fungsi pengorganisaian dan fungsi pengendalian. Dalam melaksanakan proyek konstruksi, ada tiga faktor yang akan menjadi tolok ukur keberhasilan proyek konstruksi tersebut, yaitu mutu, biaya dan waktu. Selama ini pengalaman menunjukkan bahwa pemborosan biaya saat pelaksanaan lebih disebabkan oleh ketidaktepatan dalam pengambilan keputusan pada tahap penjadwalan. Oleh karena itu merencanakan waktu/jadwal pelaksanaan sangat penting dalam suatu proyek konstruksi (Soeharto,1997).

3.3 METODE DALAM PENJADWALAN

Ada beberapa jenis penjadwalan diantaranya : Diagram batang & kurva S (*Bart chart & S Curve*). Analisis jaringan (*Network Diagram Analysis*) terdiri atas; CPM (*Critical Part Method*), PDM (*Precedence Diagram Method*), PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), LSM (*Linear Scheduling Method*). Pada penelitian tugas akhir ini hanya digunakan PDM pada saat untuk menganalisis data.

3.3.1 *Precedence Diagram Method* (PDM)

Precedence Diagram Method (PDM) dalah jaringan kerja dengan aktivitas pada node AON (*activity on node*). Disini aktivitas ditulis dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian *Dummy* yang dalam CPM dan PERT merupakan tanda yang penting untuk menunjukkan hubungan ketergantungan, didalam PDM tidak diperlukan. Aturan dasar CPM dan AOA mengatakan bahwa suatu kegiatan dapat dimulai setelah pekerjaan terdahulu (*Predecessor*) selesai. Maka untuk proyek dengan rangkaian kegiatan yang tumpang tindih dan berulang-ulang akan memerlukan garis *dummy* yang bayak

sekali, sehingga tidak praktis dan kompleks. Kegiatan dan peristiwa pada PDM dalam node yang berbentuk segi empat. Kotak tersebut menandai suatu kegiatan, dengan demikian harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktunya. Sedangkan peristiwa (*event*) merupakan ujung-ujung kegiatan. Setiap *node* mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan akhir. Ruangan dalam *node* dibagi-bagi menjadi beberapa bagian yang berisi keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan yang dinamakan atribut. Beberapa atribut yang sering dicantumkan diantaranya adalah kurun waktu kegiatan (durasi), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan (ES,LS,EF,LF), dan lain-lain.

Menurut Ervianto (2005) kelebihan *Precedence Diagram Method* (PDM) dibandingkan dengan CPM adalah PDM tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana. Hal ini dikarenakan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

ES	JENIS	EF
LS	KEGIATAN	LF
NO.KEG	DURASI	

Gambar 3.1 Node dan Identitas

Keterangan Notasi :

ES = *Earliest*

Start LS = *Lastest Start*

EF = *Earliest Finish*

LF = *Lastest Finish*

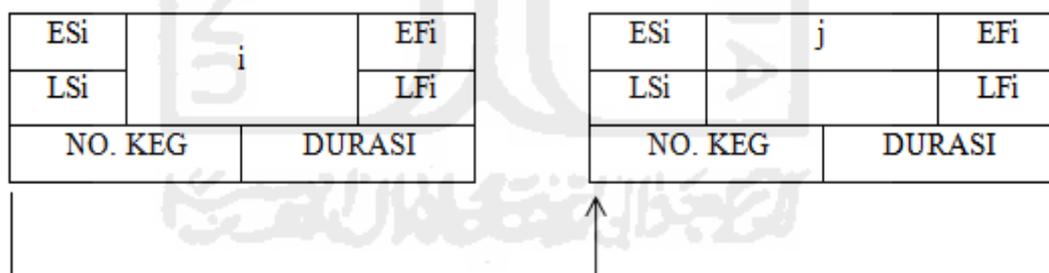
Berikut merupakan pengertian konstrain dan hubungan antar kegiatan pada proyek adalah sebagai berikut ini.

1. Konstrain, LEAD dan LAG

Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari satu node ke node berikutnya. Karena setiap *node* memiliki dua ujung yaitu awal atau mulai (*Start*) dan ujung akhir atau selesai (*Finish*), maka ada 4 macam konstrain yaitu awal ke awal (*Start to Start*), awal ke akhir (*Start to Finish*), akhir ke awal (*Finish to Start*), dan akhir ke akhir (*Finish to Finish*), pada garis konstrain dibutuhkan penjelasan mengenai waktu mendahului (*Lead*) dan waktu terlambat atau tertunda (*Lag*).

2. Konstrain Awal ke Awal (*Start To Start*)

Konstrain awal ke awal memberi penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Konstrain seperti ini digunakan bila sebelum kegiatan (i) selesai 100%, maka kegiatan (j) boleh dimulai. Atau kegiatan (j) boleh dimulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Hubungan dapat digambarkan seperti berikut.



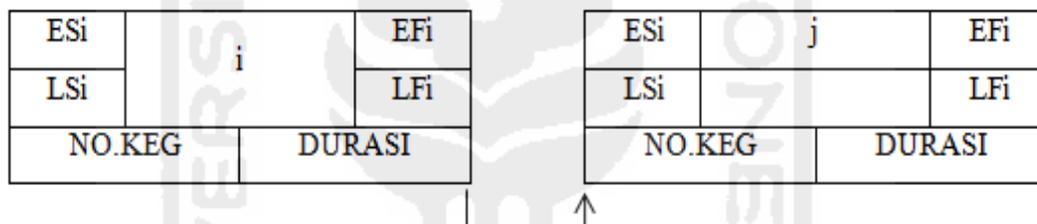
Gambar 3.2 Hubungan *Start to Start*

3. Konstrain Awal ke Akhir (*Start To Finish* (SF))

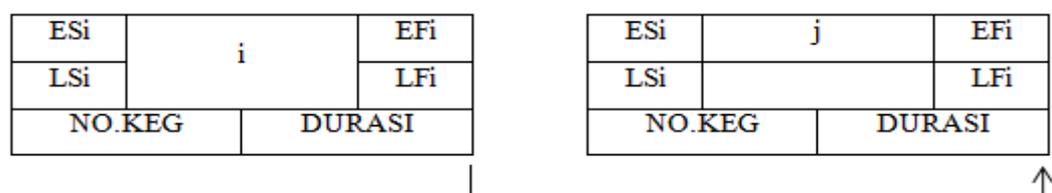
Konstrain awal ke akhir menjelaskan hubungan antara selesainya suatu kegiatan tergantung dari mulainya kegiatan sebelumnya. Yang berarti kegiatan (j) selesai setelah beberapa hari kegiatan (i) dimulai. Hubungan dapat digambarkan seperti berikut.

Gambar 3.3 Hubungan *Start to Finish*4. Konstrain Akhir ke Awal (*Finish To Start (FS)*)

Konstrain ini menjelaskan hubungan mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Artinya kegiatan (j) dapat dilaksanakan setelah kegiatan (i) selesai dikerjakan. Hubungan dapat digambarkan seperti berikut.

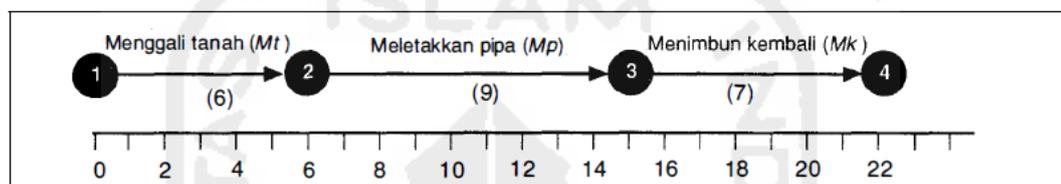
Gambar 3.4 Hubungan *Finish to Start*5. Konstrain Akhir ke Akhir (*Finish to Finish (FF)*)

Konstrain akhir ke akhir menjelaskan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Yang artinya kegiatan (j) tidak dapat diselesaikan sebelum kegiatan (i) selesai. Hubungan dapat digambarkan seperti berikut.

Gambar 3.5 Hubungan *Finish to Finish*

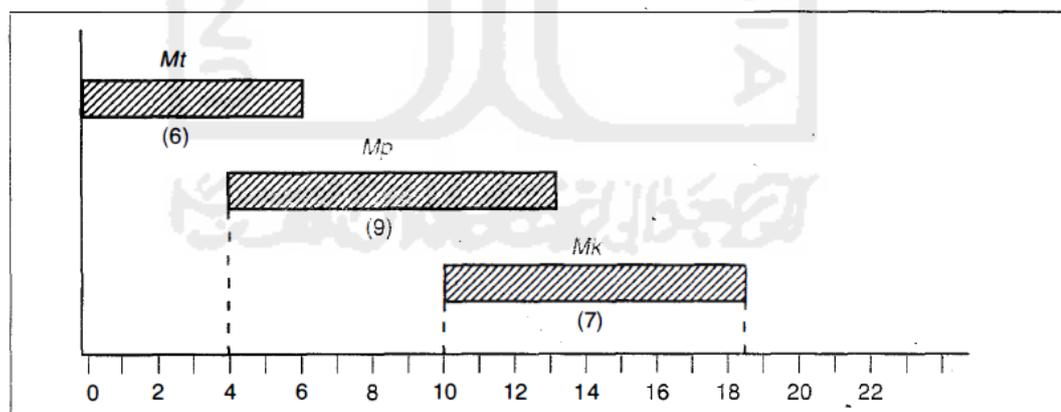
6. Menyusun Jaringan PDM

Dalam menyusun jaringan kerja khususnya menentukan urutan ketergantungan antar setiap pekerjaan dan dengan adanya bermacam pilihan konstrain, maka lebih banyak faktor harus diperhatikan. gambar 3.9 dibawah ini adalah contoh PDM suatu proyek terdiri dari tiga kegiatan lengkap dengan atribut dan parameter yang bersangkutan, yang semula disajikan dalam bentuk AOA. Kegiatan dikerjakan secara berurutan, dengan penyelesaian proyek total selama 22 hari.



Gambar 3. 6 Jadwal Proyek dalam Bentuk AOA.

Sedangkan potensi penghematan waktu dijelaskan dengan metode bagan balok berskala waktu yaitu pada gambar 3.7 dibawah ini.

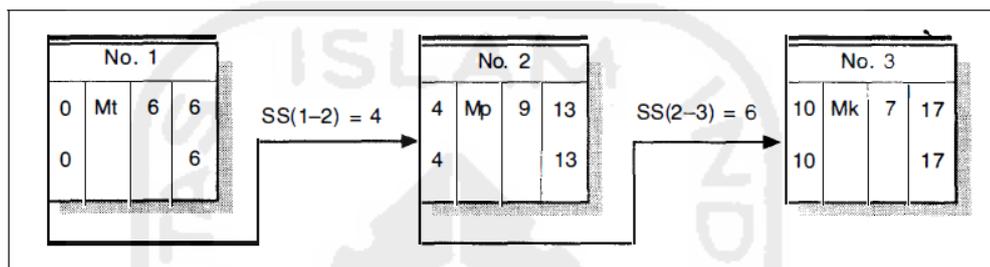


Gambar 3.7 Jadwal Proyek dengan Tumpang Tindih dalam Bentuk Bagan Balok.

Bila kegiatan diatas dikerjakan tumpang tindih, hasilnya akan mempersingkat waktu. Misalnya, seperti gambar diatas yang disajikan dengan bagan balok, terlihat bahwa penyelesaian proyek total berkurang menjadi 17 hari. Hal ini

disebabkan adanya tumpang tindih antara kegiatan Mt dengan Mp dan Mp dengan Mk, yaitu setelah Mt berjalan selama 4 hari maka kegiatan Mp mulai

Demikian halnya dengan Mk terhadap Mp, yaitu setelah Mp berjalan 6 hari, mulailah kegiatan Mk. Jadi mulainya kegiatan yang satu tidak menunggu kegiatan yang lain selesai 100%. Bila gambar diatas disajikan dengan PDM akan terlihat seperti gambar 3.8 dibawah ini.

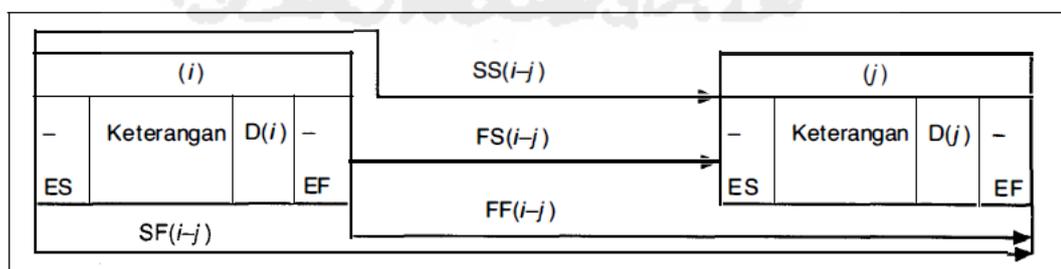


Gambar 3. 8 Jadwal Proyek Disajikan Dalam Bentuk PDM.

7. Identifikasi Jalur Kritis

Dengan adanya parameter yang bertambah banyak, perhitungan untuk mengidentifikasi kegiatan dan jalur kritis akan menjadi kompleks karena semakin banyak factor yang perlu diperhatikan.

Untuk hal tersebut, dikerjakan analisis serupa dengan metode CPM, dengan memperhatikan konstrain yang terkait, seperti terlihat pada gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3. 9 Konstrain Kegiatan (i) dan (j)

Berikut ini merupakan cara mencari mengidentifikasi jalur kritis pada suatu pekerjaan.

a. Hitung Maju

Berlaku dan ditunjukkan untuk hal – hal sebagai berikut ini.

- 1) Menghasilkan ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- 2) Diambil angka ES terbesar bila lebih satu kegiatan bergabung.
- 3) Notasi (i) bagi kegiatan terdahulu (*predecessor*) dan (j) kegiatan yang sedang ditinjau.
- 4) 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 terdapat empat konstrain, maka bila ditulis dengan rumus menjadi pada gambar 3.10 dibawah ini.

$$ES(j) = \begin{array}{l} \text{Pilih angka} \\ \text{terbesar dari} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} ES(i) + SS(i-j) \\ \text{atau} \\ ES(i) + SF(i-j) - D(j) \\ \text{atau} \\ EF(i) + FS(i-j) \\ \text{atau} \\ EF(i) + FF(i-j) - D(j) \end{array} \right.$$

Gambar 3. 10 Rumus menentukan ES (j)

Angka waktu selesai paling awal kegiatan yang sedang ditinjau $EF(j)$, adalah sama dengan angka waktu mulai paling awal kegiatan tersebut $ES(j)$, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan $D(j)$ atau ditulis dengan rumus, menjadi $EF(j) = ES(j) + D(j)$

b. Hitung Mundur

Berlaku dan ditunjukkan untuk hal – hal sebagai berikut :

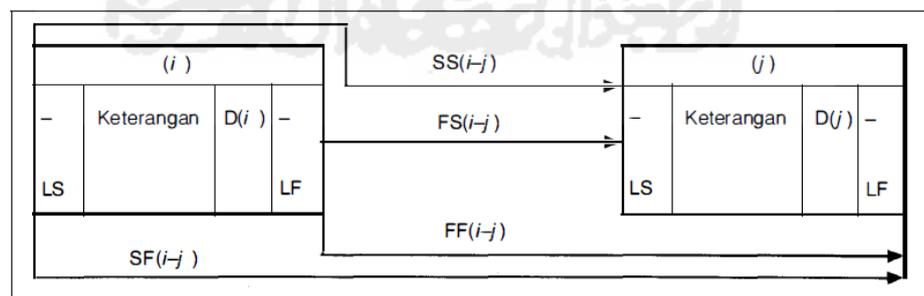
- 1) Menentukan LS, LF dan kurun waktu float.
- 2) Bila lebih dari satu kegiatan bergabung diambil angka LS terkecil.
- 3) Notasi (i) bagi kegiatan yang sedang ditinjau sedangkan (j) adalah kegiatan berikutnya.

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

$$LF(i) = \begin{array}{|l} \text{Pilih angka} \\ \text{terkecil dari} \\ \hline LF(j) - FF(i-j) \\ \text{atau} \\ LS(j) - FS(i-j) \\ \text{atau} \\ LF(j) - SF(i-j) + D(i) \\ \text{atau} \\ LS(j) - SS(i-j) + D(j) \end{array}$$

Gambar 3. 11 Rumus menentukan LF (i).

Waktu mulai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau LS(i), adalah sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan tersebut LF(i), dikurangi kurun waktu yang bersangkutan $LS(i) = LF(i) - D(i)$.



Gambar 3. 12 Konstrain kegiatan (i) dan (j).

3.4 MEMPERCEPAT WAKTU PENYELESAIAN PROYEK (AKSELERASI / CRASHING)

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Percepatan proyek hanya dilakukan pada kegiatan – kegiatan yang kritis yang berpengaruh pada lama penyelesaian proyek. Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan pada setiap kegiatan yang akan diadakan *crash program*.

Durasi *crashing* maksimum suatu aktivitas adalah durasi yang tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Soeharto, 1997). Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau luas kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan tenaga kerja, penjadwalan kerja lembur, penggunaan alat berat dan perubahan metode konstruksi di lapangan.

3.4.1 Optimalisasi Penjadwalan dengan Time Cost Trade Off (Crashing)

Proses percepatan proyek biasanya disebut dengan *Trade Off (Crashing)*. Istilah *Crashing* berhubungan dengan usaha mengurangi kegiatan-kegiatan mereduksi durasi proyek. Proses *Crashing* harus mempertimbangkan *systematic analytical process* termasuk pengujian dari seluruh kegiatan, khususnya kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Pada *Crashing project*, biaya sebagai variabel, sedangkan besarnya durasi sesuai dengan durasi yang dihitung untuk mereduksi durasi proyek. (Karzner, 1989) dan (Muslih, 2004) menguraikan tentang *Trade off* pada pelaksanaan konstruksi. Sebagian dari uraian tersebut menjelaskan bahwa manajemen proyek selalu berupaya mengontrol sumber daya perusahaan di dalam batas-batas waktu, biaya dan mutu yang telah ditetapkan. Sumber daya yang dimaksud adalah semua komoditas yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan seperti tenaga kerja, material, peralatan dan modal. Hampir semua proyek selalu menemui situasi kritis ketika kinerja tidak mungkin dicapai dalam batas-batas waktu dan biaya yang telah direncanakan, jika proyek berjalan sesuai

dengan rencana, *Trade Off* merupakan sebuah usaha terus menerus sepanjang siklus hidup proyek yang berkesinambungan dipengaruhi oleh faktor lingkungan internal dan eksternal.

Pelaksana proyek dalam hal ini kontraktor dapat memutuskan melakukan percepatan waktu apabila memiliki alasan-alasan khusus, antara lain;

1. Pelaksanaan proyek sudah tidak sesuai dengan jadwal perencanaan semula sehingga dilakukan percepatan waktu untuk menghindari denda.
2. Permintaan dari pemilik proyek untuk menyelesaikan proyek tersebut sebelum perencanaan semula agar investasi untuk proyek tersebut dapat segera kembali. Langkah yang diambil dalam mempersingkat pelaksanaan proyek adalah dengan menyempurnakan logika ketergantungan dari kegiatan-kegiatan pada jaringan kerja. Apabila usaha ini sudah dilakukan namun belum dapat mencapai target waktu yang diharapkan, maka dilakukan pengurangan durasi dari kegiatankegiatan yang bersifat kritis. Pengurangan durasi kegiatan ini dapat dilaksanakan dengan cara penambahan tenaga kerja, jam kerja (lembur), penambahan atau penggantian peralatan yang lebih produktif, dan penggantian material yang dapat membuat pekerjaan lebih cepat tanpa mengurangi mutu serta penyempurnaan metode pelaksanaan konstruksi.

Crashing adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan proses percepatan suatu kegiatan atau banyaknya kegiatan untuk memperpendek durasi keseluruhan proyek. Ada berbagai asumsi yang digunakan dalam menganalisis proses tersebut, diantaranya:

1. Jumlah sumber daya yang tersedia bukan merupakan kendala, ini berarti dalam menganalisis *crashing program*, alternatif yang akan dipilih tidak dibatasi oleh tersedianya sumber daya.
2. Bila diinginkan waktu penyelesaian lebih cepat dengan lingkup yang sama, maka keperluan sumber daya akan bertambah. Sumber daya ini dapat berupa tenaga kerja, material, atau peralatan yang dapat dinyatakan dalam sejumlah dana.

3.4.2 Tahapan Metode *Crashing*

Untuk menganalisis percepatan durasi proyek menurut Ahuja (1994) terdapat langkah-langkah yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Menentukan durasi normal dengan menggunakan jaringan kerja dan biaya proyek normal.
2. Menentukan lintasan kritis durasi proyek normal
3. Mentabelkan durasi normal dan durasi yang dipercepat serta semua biaya untuk semua kegiatan.
4. Menghitung dan mentabelkan *cost slope* dari setiap kegiatan.
5. Mengurangi durasi kegiatan-kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi nilai *cost slope* terkecil. Setiap kegiatan kritis tersebut dipercepat sampai waktu percepatan yang dikehendaki tercapai atau terbentuk lintasan kritis yang baru.
6. Setelah terbentuk lintasan kritis yang baru waktu kegiatan kritis tersebut dipersingkat sehingga mempunyai nilai *cost slope* terkecil. Apa bila terdapat beberapa lintasan kritis, maka perlu dipersingkat kegiatan-kegiatan pada lintasan kritis secara bersamaan, jika hal tersebut dapat mengurangi durasi proyek secara keseluruhan.
7. Pada setiap langkah, diperiksa apakah terdapat waktu tenggang atau float dalam setiap kegiatan, jika ada maka kegiatan tersebut dapat diperlambat untuk mengurangi biaya proyek.
8. Pada setiap siklus percepatan waktu, dihitung biaya proyek dari durasi proyek yang baru, maentabelkan dan plot titik-titik tersebut ke grafik biaya-waktu proyek.
9. Dilanjutkan sampai tidak ada lagi kemungkinan percepatan yang dapat dilakukan hal ini disebut dengan titik percepatan.
10. Biaya tidak langsung proyek diplot kedalam grafik biaya dan waktu yang sama.
11. Biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk dijumlahkan biaya total proyek pada setiap durasi waktu.

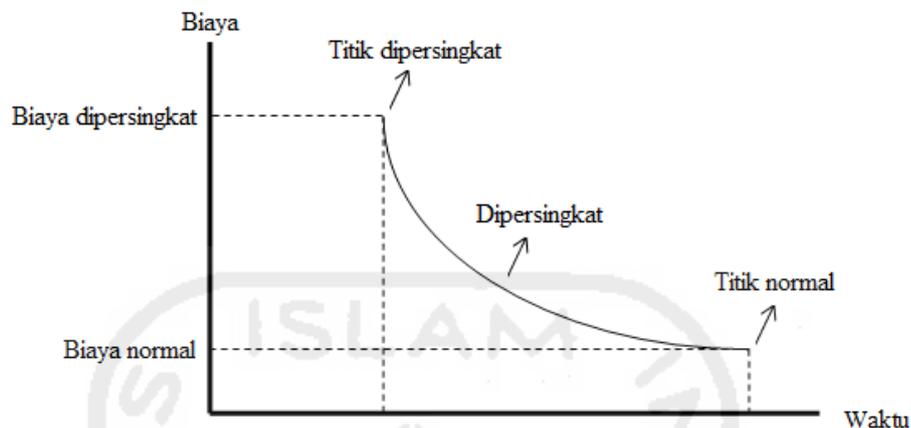
12. Kurva biaya total proyek tersebut digunakan untuk menentukan waktu optimum untuk (penyelesaian dengan biaya terendah), atau biaya proyek sesuai jadwal yang dikehendaki.

Hampir semua proyek selalu menemui situasi kritis ketika kinerja proyek tidak mungkin dicapai dalam batas-batas waktu dan biaya yang telah direncanakan, jika proyek berjalan lancar sesuai dengan rencana, trade-off mungkin tidak diperlukan. Trade-off merupakan sebuah usaha terus-menerus sepanjang siklus hidup proyek yang berkesimambungan dipengaruhi oleh lingkungan internal dan eksternal, reputasi perusahaan, kondisi pasar serta keuntungan yang diharapkan merupakan pertimbangan perlunya dilakukan trade-off sebelum pihak I manajemen mengambil keputusan untuk mengatasi kondisi kritis dilapangan.

Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara waktu dan biaya suatu kegiatan, dipakai beberapa defenisi sebagai berikut :

1. Kurun Waktu Normal 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 Biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
3. Kurun waktu dipersingkat (*crash time*) Waktu tersingkat untuk menyelesaikan pekerjaan yang secara teknis masih mungkin untuk dilakukan. Disini dianggap sumber daya bukan merupakan hambatan.
4. Biaya untuk waktu dipersingkat (*Crash Cost*) Jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat

Berikut ini gambar 3.13 hubungan waktu dan biaya pada keadaan normal dan dipersingkat suatu kegiatan dalam proyek.



Gambar 3. 13 Hubungan Waktu – Biaya pada keadaan normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan.

3.5 HUBUNGAN BIAYA TERHADAP WAKTU

Biaya langsung (*Direct Cost*) adalah biaya yang langsung berhubungan dengan pekerjaan konstruksi dilapangan. Biaya langsung dapat diperoleh dengan mengalikan volume suatu pekerjaan dengan harga satuan (*Unit Price*) pekerjaan tersebut.

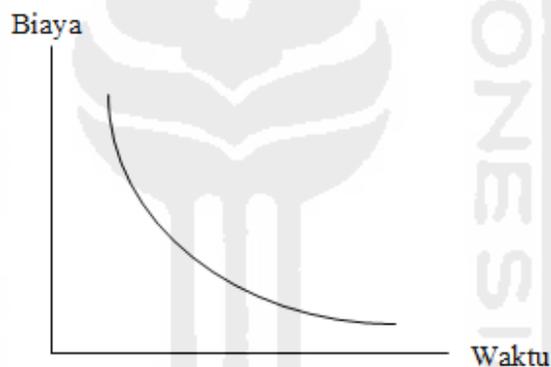
Biaya tak langsung (*Indirect Cost*) yaitu biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat lepas dari proyek tersebut. Yang termasuk biaya tak langsung adalah biaya overhead, biaya tak terduga dan profit.

Biaya total proyek adalah penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tak langsung. Besarnya biaya ini sangat tergantung oleh lamanya waktu (durasi) penyelesaian proyek. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Walaupun tidak dapat dihitung dengan rumus tertentu, akan tetapi umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi kumulatif biaya tak langsung yang dipergunakan (Soeharto, 1997)

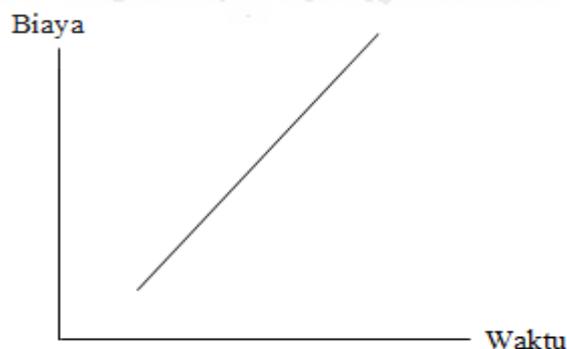
Dalam suatu proyek konstruksi, total biaya proyek terdiri dari dua jenis biaya yang berhubungan dengan waktu pelaksanaan proyek, yaitu biaya langsung dan biaya tak langsung. Biaya langsung adalah biaya yang akan menjadi

komponen permanen hasil akhir proyek, dan berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang dilaksanakan, antara lain terdiri dari biaya material dan upah tenaga kerja. Sedangkan biaya tidak langsung adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisi, dan pembayaran material serta jasa dalam pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam menjalankan proyek (Soeharto 1997).

Ketika suatu kegiatan dipercepat, maka biaya langsung untuk kegiatan tersebut akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh percepatan kerja pada tingkat yang lebih cepat dari biasanya. Tetapi kenaikan biaya langsung tersebut mungkin lebih rendah dari biaya tak langsung. Hubungan antara biaya langsung, biaya tak langsung dengan durasi/waktu ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

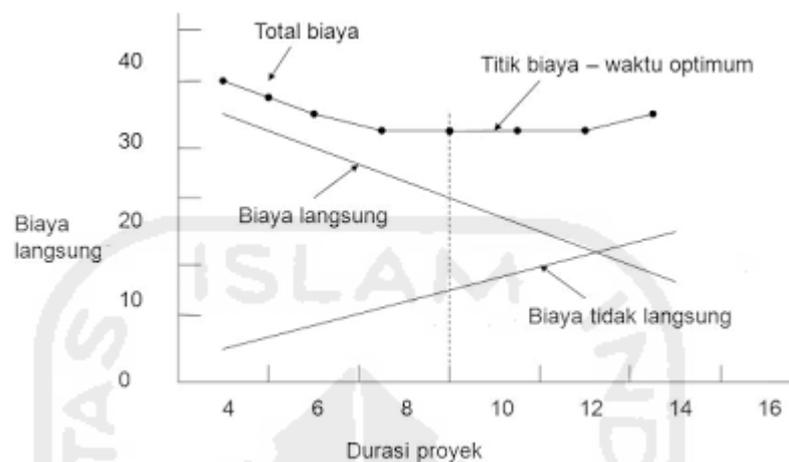


Gambar 3. 14 Hubungan antara Waktu dan Biaya Langsung



Gambar 3. 15 Hubungan antara Waktu dan Biaya Tak Langsung

Hubungan antara Biaya langsung, Biaya tak langsung dan Waktu ditunjukkan pada Gambar 3.12



Gambar 3. 16 Hubungan Biaya Total, Biaya Langsung dan Biaya Optimal.

(Soeharto,1997)

Pada grafik diatas terdapat titik optimum yang menunjukkan biaya proyek minimum dan waktu pelaksanaan proyek yang optimum. Titik optimum inilah yang berusaha dicapai oleh kontraktor dalam melaksanakan satu proyek.

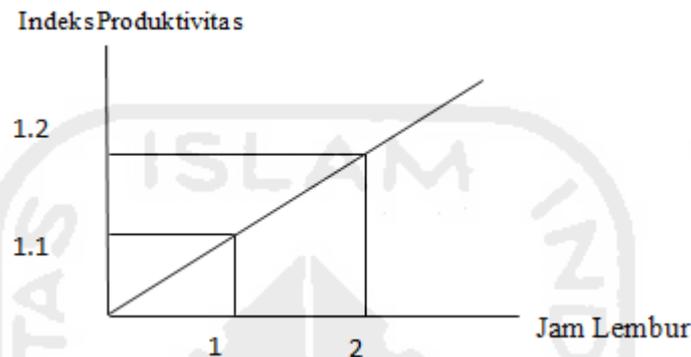
Waktu pelaksanaan sangat mempengaruhi jumlah biaya suatu proyek. Jika waktu suatu proyek bertambah, maka biaya juga akan meningkat, demikian pula dengan waktu yang dipercepat. sehubungan dengan itu perlu direncanakan waktu yang tepat sehingga dihasilkan biaya yang optimum.

3.6 PRODUKTIVITAS

Produktivitas tenaga kerja akan sangat besar pengaruhnya terhadap total biaya proyek, semakin tinggi produktivitas, maka biaya proyek akan lebih murah dan sebaliknya, semakin rendah produktivitas, maka biaya proyek akan semakin mahal.

3.6.1 Produktivitas Kerja Lembur

Seringkali pekerjaan tidak dapat dihindari, misalnya untuk mengejar sasaran jadwal. Kerja lembur dapat menurunkan efisiensi kerja/produktivitas seperti terlihat pada grafik dibawah ini (Soeharto,1997).



Gambar 3. 17 Hubungan Jam Lembur dengan Indeks Produktivitas
(Soeharto, 1997)

Dari uraian gambar grafik di atas dapat disimpulkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Durasi normal}}{\text{Valume}} \quad (3.1)$$

$$\text{Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{8 \text{ jam}} \quad (3.2)$$

$$\text{Produktivitas harian akibat kerja lembur} = (a \times b \times \text{prod.tiap jam}) \quad (3.3)$$

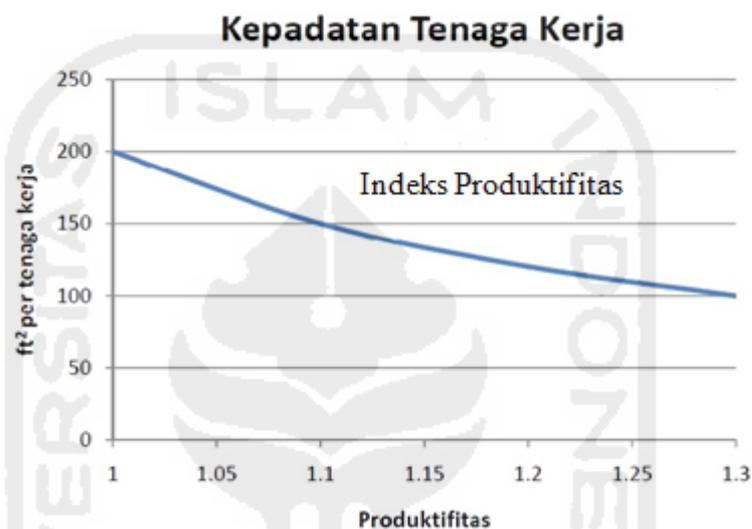
Keterangan : a = jumlah jam kerja lembur;

b = koefisien penurunan produktivitas kerjalembur

3.6.2 Produktivitas Penambahan Tenaga Kerja

Percepatan jadwal memerlukan penambahan tenaga kerja namun hal ini akan menimbulkan penurunan produktivitas kerja. Hal ini disebabkan karena dalam lokasi proyek sejumlah buruh bekerja, selalu ada kesibukan manusia pergerakan alat serta kebisingan yang menyertai. Semakin tinggi jumlah pekerja,

semakin sedikit luas area pekerja, maka semakin sibuk kegiatan per area kerja. Pada akhirnya akan mencapai titik kelancaran pekerjaan terganggu dan mengakibatkan penurunan produktivitas. Titik ini disebut titik jenuh, dalam pelaksanaan pekerjaan titik ini perlu diperhatikan agar jangan sampai terjadi, khususnya apabila mengejar jadwal penyelesaian pekerjaan, seperti pada Gambar 3.14 dibawah ini (Soeharto,1997).



Gambar 3. 18 Indeks Produktivitas (Soeharto, 1997)

3.7 RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan salah satu proses utama dalam suatu proyek karena merupakan dasar untuk membuat kerangka budget yang akan dikeluarkan. Rencana Anggaran Biaya diperlukan untuk memperhitungkan suatu bangunan atau proyek dengan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya - biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek. Untuk itu diperlukan perhitungan-perhitungan yang teliti. Baik dari jumlah biaya pembuatannya, volume pekerjaan, jenis pekerjaan, dan harga bahan. Semua itu bertujuan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek konstruksi sehingga lebih efisien dan terukur sesuai dengan keinginan.

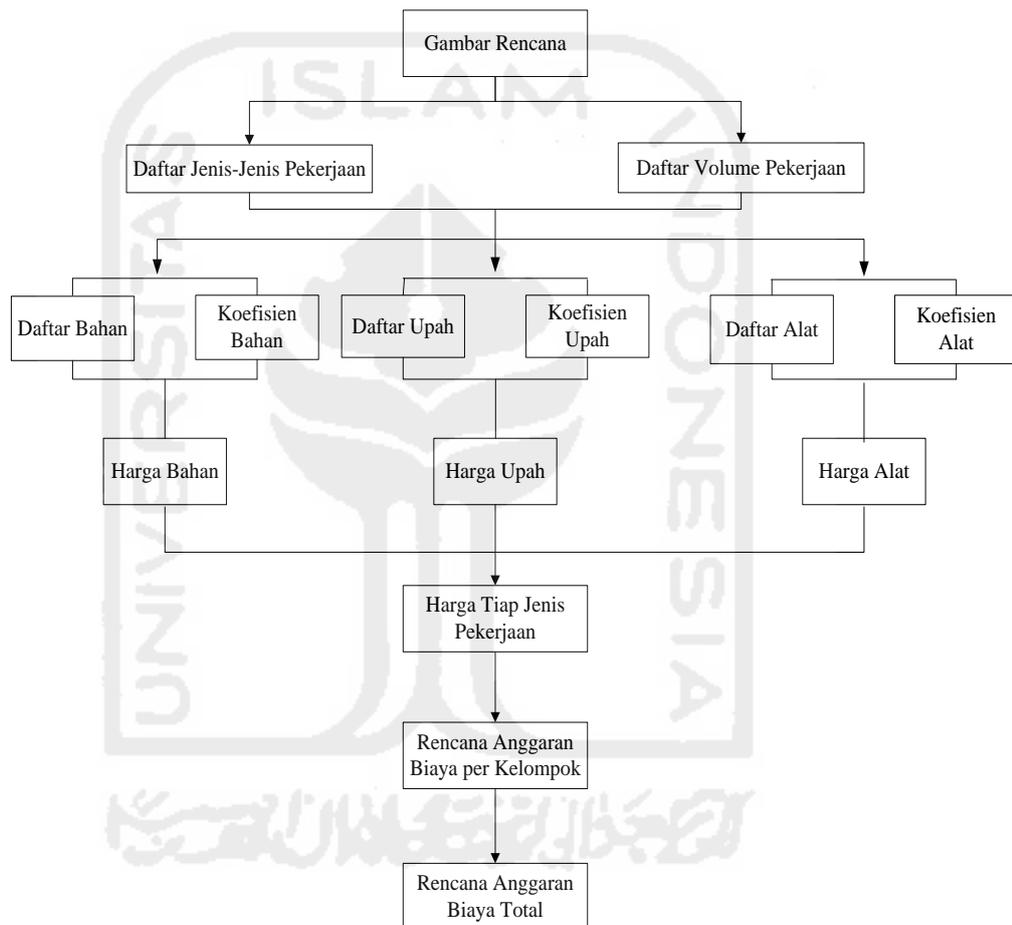
3.7.1 Fungsi Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Secara umum ada 4 fungsi utama dari Rencana Anggaran Biaya adalah sebagai berikut.

1. Menetapkan jumlah total biaya pekerjaan yang menguraikan masing masing item pekerjaan yang akan dibangun. RAB harus menguraikan jumlah semua biaya upah kerja, material dan peralatan termasuk biaya lainnya yang diperlukan misalnya perizinan, kantor atau gudang sementara, fasilitas pendukung misalnya air dan listrik sementara.
2. Menetapkan Daftar dan Jumlah Material yang dibutuhkan. Dalam RAB harus dipastikan jumlah masing masing material disetiap komponen pekerjaan. Jumlah material didasarkan dari volume pekerjaan, sehingga kesalahan perhitungan volume setiap komponen pekerjaan akan mempengaruhi jumlah material yang dibutuhkan. Daftar dan Jenis material yang tertuang dalam RAB menjadi dasar pembelian material ke *Supplier*.
3. Menjadi dasar untuk penunjukan/ pemilihan kontraktor pelaksana. Berdasarkan RAB yang ada , maka akan diketahui jenis dan besarnya pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dari RAB tersebut akan kelihatan pekerja dan kecakapan apa saja yang dibutuhkan. Berdasarkan RAB tersebut akan diketahui apakah cukup diperlukan satu kontraktor pelaksana saja atau apakah diperlukan untuk memberikan suatu pekerjaan kepada subkontraktor untuk menangani pekerjaan yang dianggap perlu dengan spesialis khusus.
4. Peralatan peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan akan diuraikan dalam estimasi biaya yang ada. Seorang estimator harus memikirkan bagaimana pekerjaan dapat berjalan secara mulus dengan menentukan peralatan apa saja yang dibutuhkan dalam pekerjaan tersebut. Dari RAB juga dapat diputuskan peralatan yang dibutuhkan apakah perlu dibeli langsung atau hanya perlu dengan sistem sewa. Kebutuhan peralatan dispesifikasikan berdasarkan jenis, jumlah dan lama pemakaian sehingga dapat diketahui berapa biaya yang diperlukan.

3.7.2 Tahapan Perhitungan RAB

Dalam Penyusunan RAB diperlukan jumlah volume per satuan pekerjaan dan analisa harga satuan pekerjaan berdasarkan gambar tahap pekerjaan serta syarat-syarat analisa pembangunan konstruksi yang berlaku. Adapun tahap analisis perhitungan RAB dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 3. 19 Tahapan Analisis Perhitungan RAB

3.8 PERKIRAAN BIAYA

Perkiraan biaya merupakan unsur penting dalam pengelolaan proyek keseluruhan. Pada taraf pertama, tahap konseptual dipergunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek. Selanjutnya, perkiraan biaya memiliki fungsi dengan *spectrum* yang amat luas, yaitu

merencanakan dan mengendalikan sumberdaya, seperti material, tenaga kerja pelayanan maupun waktu. Meskipun kegunaanya sama, namun penekanannya berbeda – beda untuk masing – masing organisasi proyek.

Perkiraan biaya erat hubungannya dengan analisis biaya, yaitu pekerjaan yang menyangkut pengkajian biaya kegiatan-kegiatan terdahulu yang akan dipakai sebagai bahan untuk menyusun perkiraan biaya. Dengan kata lain, menyusun perkiraan biaya berarti melihat masa depan, memperhitungkan dan mengadakan prakiraan atas hal-hal yang akan dan mungkin terjadi. Sedangkan analisis biaya menitik beratkan pada pengkajian dan pembahasan biaya kegiatan masa lalu yang akan dipakai sebagai masukan.

Estimasi analisis merupakan metode yang secara tradisional dipakai oleh estimator untuk menentukan setiap tarif komponen pekerjaan. Setiap komponen pekerjaan dianalisa kedalam komponen-komponen utama tenaga kerja, material, peralatan, dan lain-lain. Penekanan utamanya diberikan faktor-faktor proyek seperti jenis, ukuran, lokasi, bentuk dan tinggi yang merupakan faktor penting yang mempengaruhi biaya.