

BAB II

LANDASAN TEORI

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.

2.1 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).

2.1.1 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 (*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,I.,1997).

2.2 Metode-metode 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, ada 3 jenis metode yang penting untuk diperhatikan dan dipakai pada saat menganalisis data.

2.2.1 Critical Path Method (CPM)

Metode CPM dikenal juga dengan metode jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jadi, jalur kritis dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek.

2.2.2 Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Bila CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan *deterministic* satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), yaitu yang memakai tiga angka estimasi.

2.2.3 Precedence Diagram Method (PDM)

Precedence Diagram Method (PDM) adalah 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 banyak 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.

ES	JENIS	EF
LS	KEGIATAN	LF
NO.KEG	DURASI	

Gambar 2.1 *Node* dan Identitas

Keterangan Notasi :

ES = *Earliest Start*

LS = *Lastest Start*

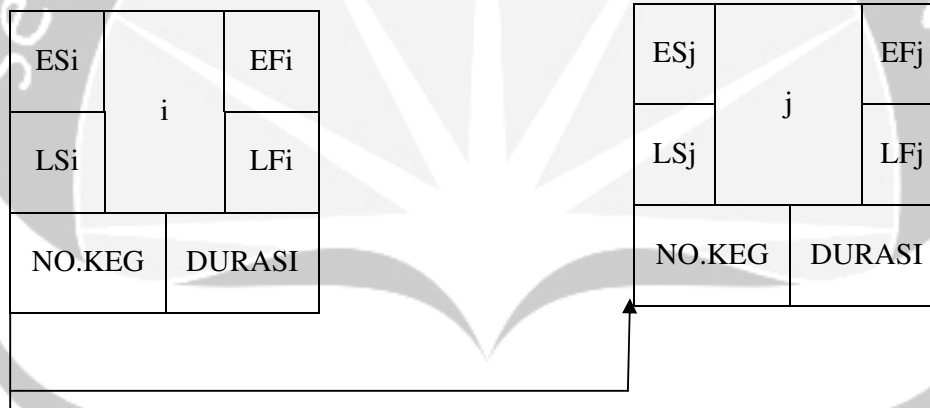
EF = *Earliest Finish*

LF = *Lastest Finish*

2.2.3.1 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*).

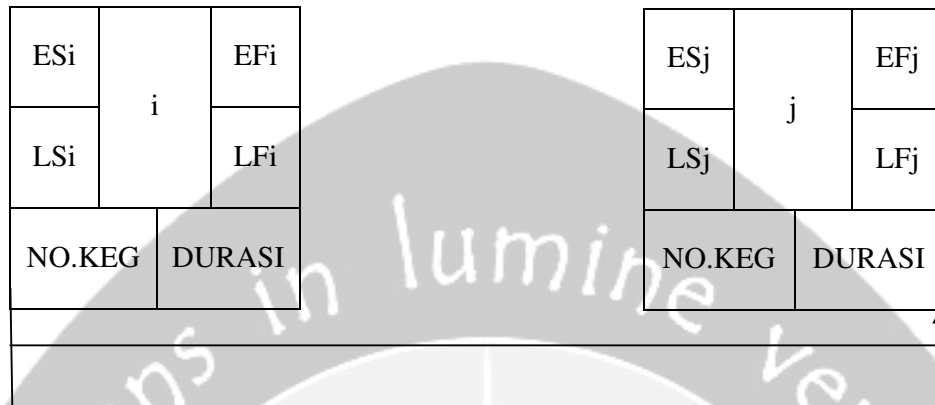
2.2.3.2 Konstrain awal ke awal (*Start to Start/ SS*)



Gambar 2.2 Hubungan 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.

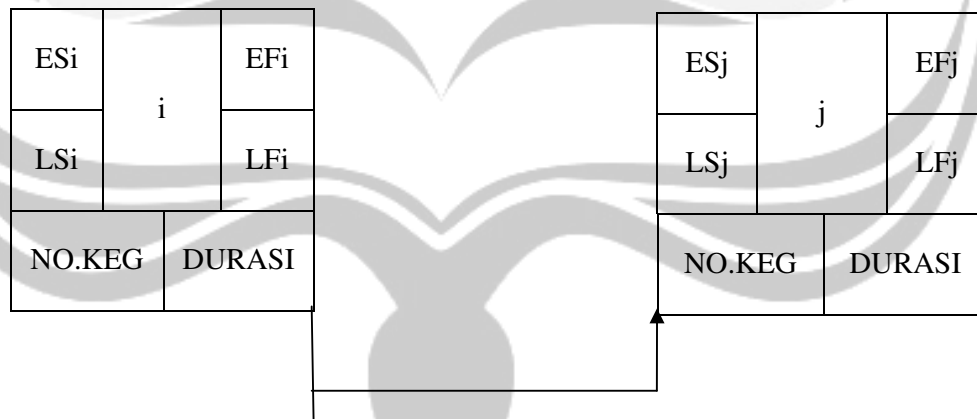
2.2.3.3 Konstrain awal ke akhir (*Start to Finish/ SF*)



Gambar 2.3 Hubungan Start to Finish

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.

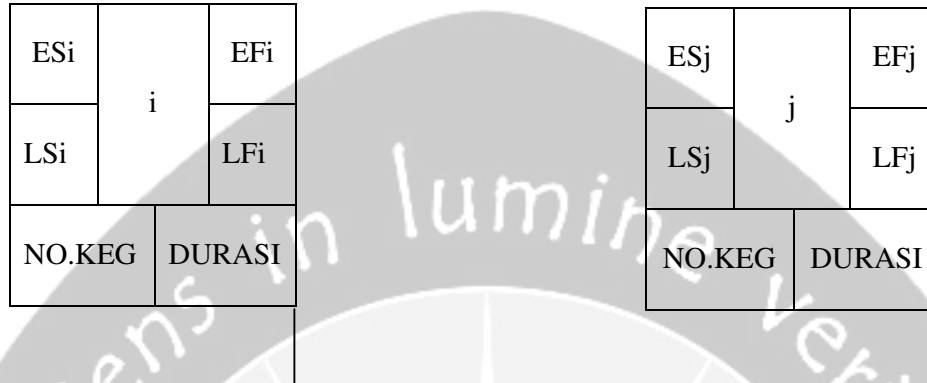
2.2.3.4 Konstrain akhir ke awal (*Finish to Start/ FS*)



Gambar 2.4 Hubungan Finish to Start

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

2.2.3.5 Konstrain akhir ke akhir (*Finish to Finish/ FS*)



Gambar 2.5 Hubungan Finish to Finish

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.

2.3 Mempercepat waktu penyelesaian proyek (*Akselerasi / Crashing*)

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. 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.

2.3.1 Optimasi 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.

Pelaksanaan 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 kegiatan-kegiatan 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.

2.3.2 Langkah-Langkah Dalam 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) Menetapkan durasi normal dan durasi yang dipercepat serta semua biaya untuk semua kegiatan.
- 4) Menghitung dan menetapkan *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 *slope cost* 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, periksa 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) Lanjutkan sampai tidak ada lagi kemungkinan percepatan yang dapat dilakukan hal ini disebut dengan titik percepatan.
- 10) Plot biaya tidak langsung proyek ke dalam grafik biaya dan waktu yang sama.
- 11) Jumlahkan biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk biaya total proyek pada setiap durasi waktu.
- 12) Gunakan kurva biaya total proyek tersebut 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

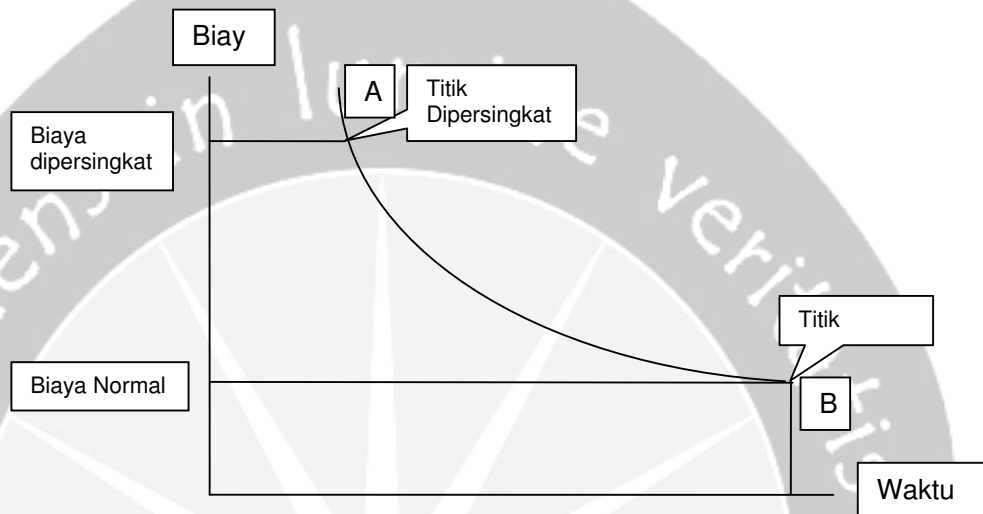
Biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.

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



Gambar 2.6 Hubungan Waktu-Biaya pada keadaan normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan

2.4 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.

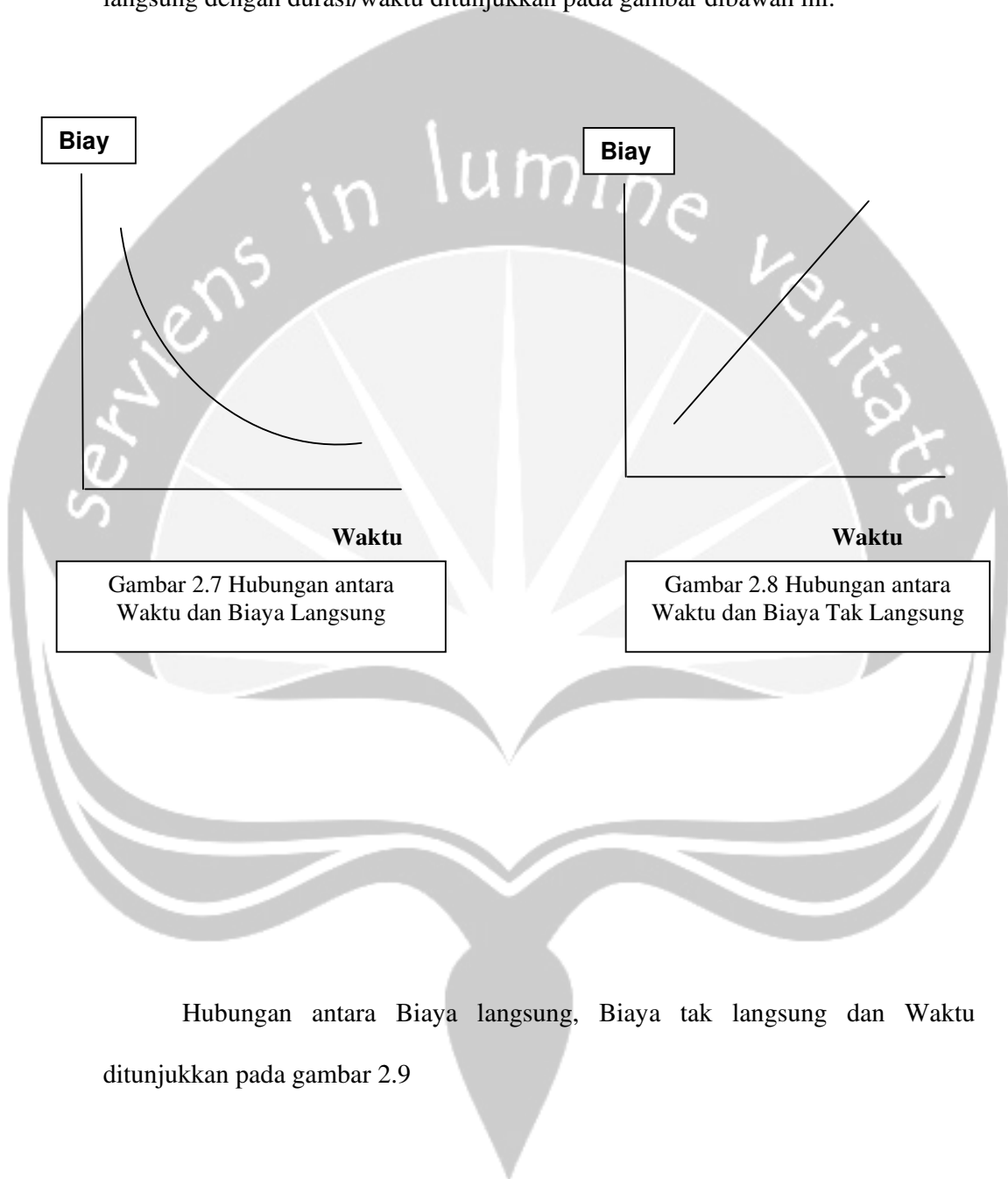
Biaya tak langsung (*Indirect Cost*) yaitu biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat lepas dari proyek tersebut. Yang termasuk biaya tak langsung adalah biaya *overhead*, biaya tak terduga dan profit.

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

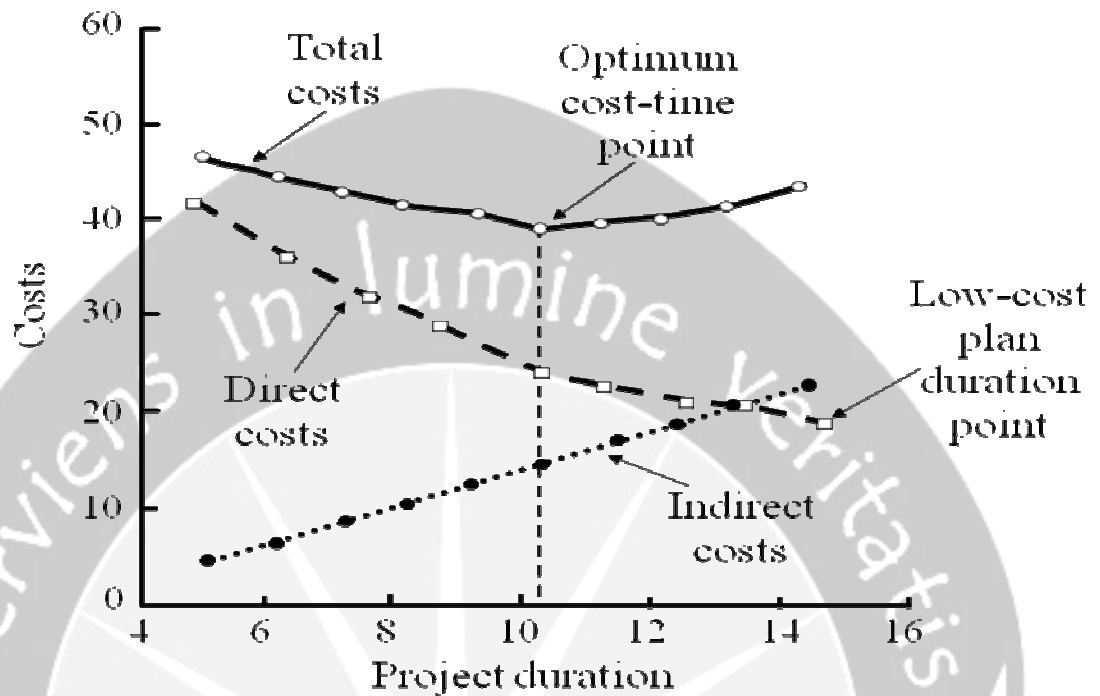
lebih rendah dari biaya tak langsung. Hubungan antara biaya langsung, biaya tak langsung dengan durasi/waktu ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 Hubungan antara Waktu dan Biaya Langsung

Gambar 2.8 Hubungan antara Waktu dan Biaya Tak Langsung

Hubungan antara Biaya langsung, Biaya tak langsung dan Waktu ditunjukkan pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Hubungan Biaya Total, Biaya Langsung, dan Biaya Optimal

Pada grafik tersebut 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.

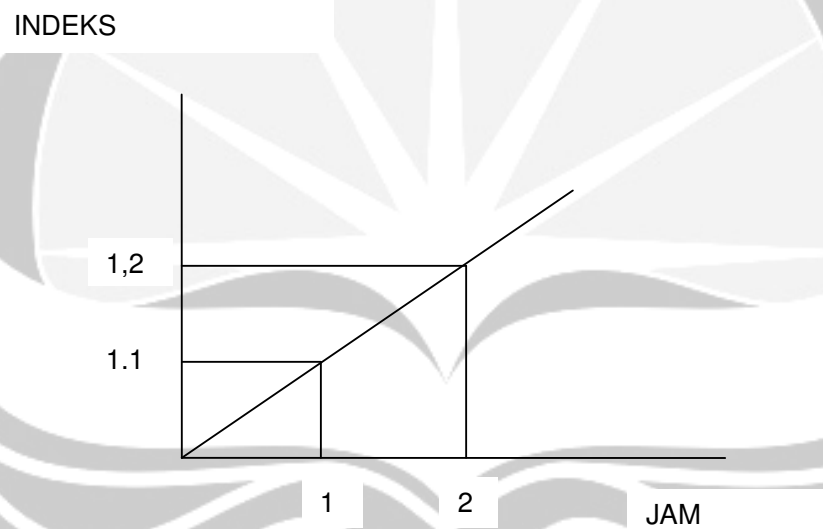
Waktu pelaksanaan sangat mempengaruhi jumlah biaya suatu proyek. Jika waktu suatu proyek bertambah, maka biaya juga akan meningkat, demikian pula dengan waktu yang dipercepat. sehubungan dengan itu perlu direncanakan waktu yang tepat sehingga dihasilkan biaya yang optimum.

2.5 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.

2.5.1 Produktivitas Kerja Lembur

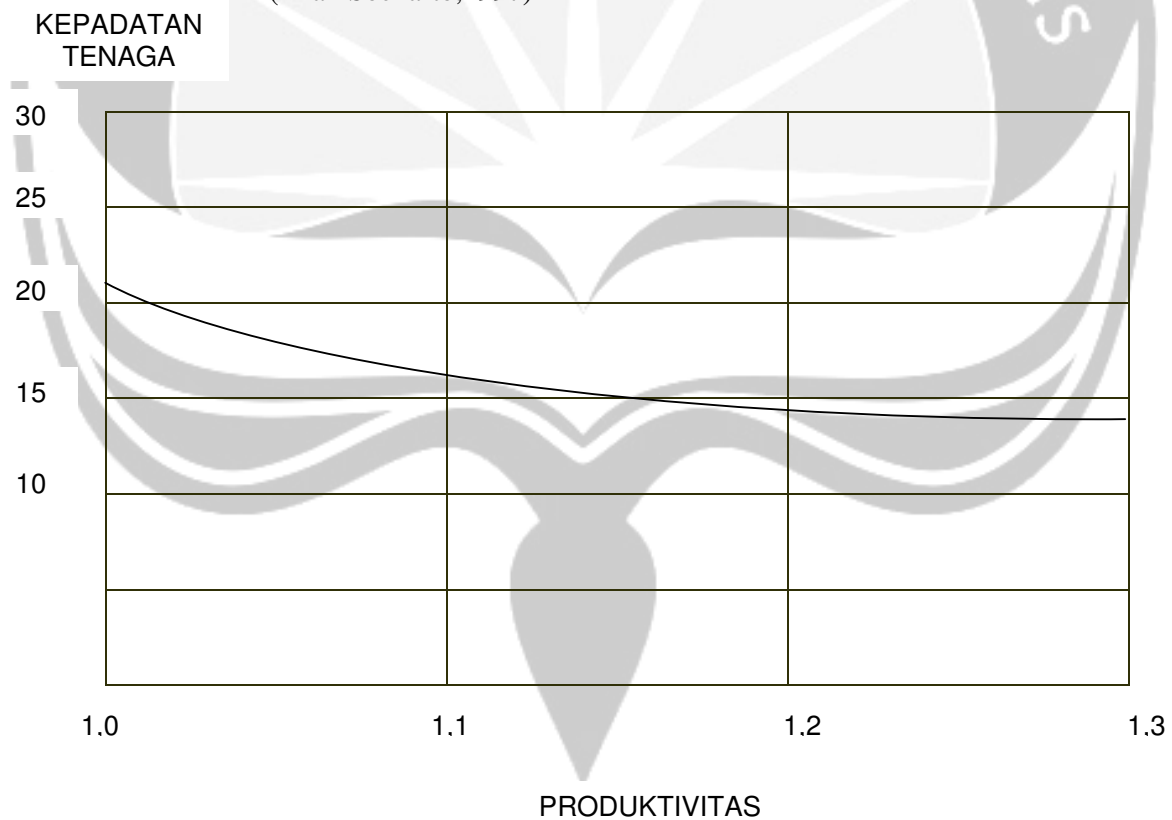
Seringkali pekerjaan tidak dapat dihindari, misalnya untuk mengejar sasaran jadwal. Kerja lembur dapat menurunkan efisiensi kerja/produktivitas seperti terlihat pada grafik dibawah ini (Soeharto,1997).



Gambar 2.10 Hubungan Jam Lembur dengan Indeks Produktivitas
(Sumber : Soeharto, 1997)

2.5.2 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 dibawah ini (Iman Soeharto,1997)



Gambar 2.11 Indeks Produktivitas
(Sumber : Soeharto, 1997)

$$\text{Indeks Produktivitas} = \frac{\text{jumlah jam – orang yang sesungguhnya digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan}}{\text{jumlah jam – orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan identik pd kondisi standar}}$$

