

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan hanya satu kali dan umumnya memiliki waktu yang terbatas (Ervianto, 2002). Didalam proses penyelesaiannya proyek konstruksi memiliki 3 kendala yang harus diselesaikan, yaitu spesifikasi harus sesuai, pelaksanaan terselesaikan dalam waktu jatuh tempo, dan pembiayaannya sesuai rencana. Oleh karena itu dibutuhkan manajemen proyek untuk mengolah sumber daya proyek tersebut.

3.2 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu ilmu pengetahuan tentang seni memimpin organisasi yang terdiri atas kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pengendalian terhadap sumber-sumber daya yang terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien di dalam proyek (Husen, 2010). Adapun manajemen proyek bertujuan untuk mendapatkan metode atau cara teknis yang paling baik agar dengan sumber-sumber daya yang terbatas diperoleh hasil maksimal dalam hal ketepatan, kecepatan, penghematan dan keselamatan kerja secara komprehensif.

3.2.1 Unsur-unsur Manajemen Proyek

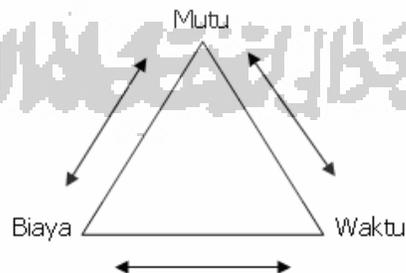
Berikut adalah beberapa unsur dari manajemen proyek (Husen, 2010), yaitu :

1. Unsur Perencanaan (*Planning*) -
2. Unsur pengorganisasian(*Organizing*)
3. Unsur Pelaksanaan (*Actuating*)
4. Unsur Pengendalian (*Controlling*)

3.2.2 Sasaran Manajemen Proyek

Berikut adalah parameter sasaran utama dalam manajemen proyek menurut (Soeharto, 1997).

1. Anggaran proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah yang besar dan jadwal bertahun-tahun, anggarannya bukan hanya ditentukan untuk total proyek tetapi dipecah bagi komponen-komponennya, atau per periode tertentu (misalnya per kwartal) yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Dengan demikian, penyelesaian bagian-bagian proyek pun harus memenuhi sasaran anggaran per periode.
2. Jadwal proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan. Bila hasil akhir adalah produk baru, maka penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang ditentukan.
3. Mutu produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Sebagai contoh, bila hasil kegiatan proyek tersebut berupa instalasi pabrik, maka kriteria yang harus dipenuhi adalah pabrik harus mampu beroperasi secara memuaskan dalam kurun waktu yang telah ditentukan. Jadi, memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang dimaksudkan atau sering disebut sebagai *fit for the intended use*.



Gambar 3.1 Sasaran proyek

(sumber: Soeharto (1997))

3.3 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan atau *scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada.

3.3.1 Manfaat Penjadwalan

Secara umum penjadwalan mempunyai manfaat-manfaat seperti berikut:

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu ditetapkan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

3.3.2 Metode Penjadwalan Proyek

Metode penjadwalan proyek dapat digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek, berikut adalah 3 metode yang dituliskan oleh Husen (2010):

1. Waktu dan Durasi Kegiatan

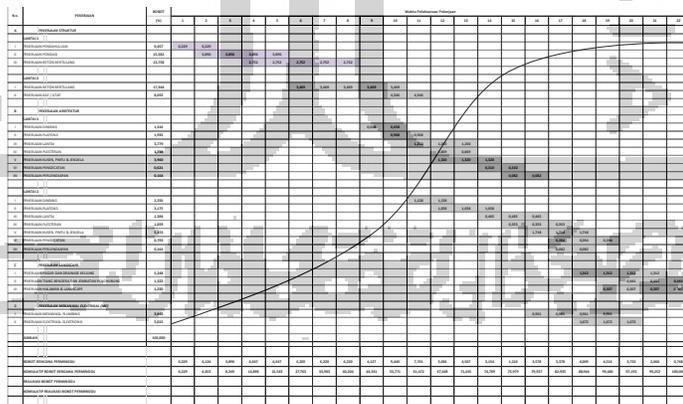
Dalam konteks penjadwalan, terdapat dua perbedaan, yaitu waktu (*time*) dan kurun waktu (*duration*). Bila waktu menyatakan siang/malam, sedangkan kurun waktu atau durasi menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan dalam melakukan suatu kegiatan, seperti lamanya waktu kerja dalam satu hari adalah 8 jam. Menentukan durasi suatu kegiatan biasanya dilandasi volume pekerjaan dan produktivitas *crew*/kelompok

3. Kurva S atau *Hanumm Curve*

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentasi kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau *crashing* jadwal proyek.

Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis akan membentuk kurva S.

Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya per item/pekerjaan/kegiatan dibagi nilai anggaran, karena satuan biaya dapat dijadikan bentuk persentase sehingga lebih mudah untuk menghitungnya.



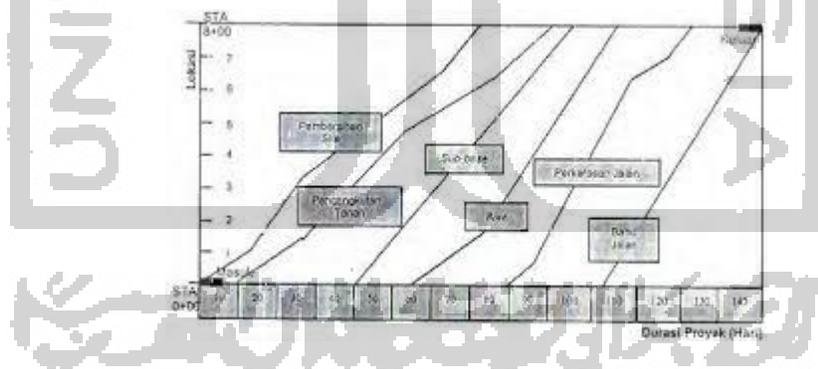
Gambar 3.3 Contoh Kurva S atau *Hanumm Curve*

(sumber: Data Proyek)

4. Metode Penjadwalan Linier (Diagram Vektor)

Metode ini biasanya sangat efektif dipakai untuk proyek dengan jumlah kegiatan relative sedikit dan banyak digunakan untuk penjadwalan dengan kegiatan yang berulang seperti pada proyek konstruksi jalan raya, *runway*, bandar udara, terowongan/*tunnel* atau proyek industry manufaktur. Metode ini sangat memuaskan untuk diterapkan pada proyek-proyek tersebut karena menggunakan sumber daya manusia yang relative lebih kecil dan variasi keterampilan pada suatu pekerjaan/kegiatan tidak sebanyak pada proyek yang lain.

Metode ini juga cukup efektif untuk digunakan pada proyek bangunan gedung bertingkat dengan keragaman masing-masing tingkat bangunan progress seberapa kegiatan tertentu berada dalam suatu penjadwalan keseluruhan proyek. Hal ini dapat dilakukan bila metode dikombinasikan dengan metode *network*, karena metode penjadwalan linier dapat memberikan informasi tentang kemajuan proyek yang tidak dapat ditampilkan oleh metode *network*.



Gambar 3.4 Contoh Penjadwalan Linier

(sumber: Soeharto (1997))

5. Metode Penjadwalan Network Planning

Network Planning diperkenalkan pada tahun 50-an oleh tim perusahaan Du-Pont dan Rand Corporation untuk mengembangkan system control manajemen.

Metode ini dikembangkan untuk mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang kompleks. Metode ini relatif lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis. Dari informasi *network planning*-lah *monitoring* serta tindakan koreksi kemudian dapat dilakukan, yakni dengan memperbarui jadwal. Akan tetapi, metode ini perlu dikombinasikan dengan metode lainnya agar lebih informatif.

Tahapan penyusunan *Network Scheduling*:

- 1) Menginventarisasi kegiatan-kegiatan dari paket WBS berdasar item pekerjaan, lalu diberi kode kegiatan untuk memudahkan identifikasi.
- 2) Memperkirakan durasi setiap kegiatan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan, volume pekerjaan, jumlah sumber daya, lingkungan kerja, serta produktivitas pekerja.
- 3) Penentuan logika ketergantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan, yaitu kegiatan yang mendahului (*predecessor*), kegiatan yang didahului (*successor*), serta bebas.
- 4) Perhitungan analisis waktu serta alokasi sumber daya, dilakukan setelah langkah-langkah di atas dilakukan dengan akurat dan teliti.

5.1 *Activity On Arrow Diagram (AOA)*

Metode *Activity On Arrow Diagram* memiliki karakteristik, yang antara lain adalah (Husen, 2010):

1. Diagram jaringan dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan *node*-nya menggambarkan peristiwa/event. *Node* pada permulaan anak panah ditentukan sebagai *I-node*, sedangkan pada akhir anak panah ditentukan sebagai *J-node*, hubungan keterkaitannya adalah *Finish-start*.

2. Menggunakan perhitungan maju (*forward pass*) untuk memperoleh waktu mulai paling awal ($EET_i = \text{Earliest Event Time node } i$) pada I-node dan waktu mulai paling awal ($EET_j = \text{Earliest Event Time node } j$) pada J-node dari seluruh kegiatan, dengan mengambil nilai maksimumnya, begitu juga dengan nilai seperti di bawah ini.
 - a) ES (*Earliest Start*): Saat paling cepat untuk memulai kegiatan.
 - b) EF (*Earliest Finish*): Saat paling cepat untuk akhir kegiatan.
3. Menggunakan perhitungan mundur (*backward pass*) untuk memperoleh waktu selesai paling lambat ($LET_i = \text{Latest Event Time node } i$) pada I-node dan waktu selesai paling lambat ($LET_j = \text{Latest Event Time node } j$) pada J-node dari seluruh kegiatan, dengan mengambil nilai minimumnya, begitu juga dengan nilai seperti di bawah ini:
 - a) LF (*Latest Finish*): Saat paling cepat untuk mulai kegiatan.
 - b) LS (*Latest Start*): Saat paling cepat untuk akhir kegiatan.
4. Di antara 2 peristiwa tidak boleh ada dalam 2 kegiatan, sehingga untuk menghindarinya digunakan kegiatan semu atau *dummy* yang tidak mempunyai durasi.
5. Menggunakan CPM (*Critical Path Method*) atau metode lintasan kritis, dimana pendekatan yang dilakukan hanya menggunakan satu jenis pada durasi kegiatannya. Lintasan kritis adalah lintasan dengan kumpulan kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai *Total Float*, $TF = 0$.
6. *Float*: batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya. *Float* memiliki jenis-jenis nya tersendiri, yaitu:
 - a) TF (*Total Float*)

Waktu tenggang maksimum yang diperbolehkan pada suatu kegiatan tanpa berdampak memberikan penundaan waktu penyelesaian suatu proyek. TF dapat digunakan untuk *crashing* durasi proyek apabila $TF = 0$, *Total Float* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$TF_{ij} = LET_j - EET_i - \text{Durasi } ij \text{ (Event Oriented)} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$= LF - EF = LS - ES \text{ (Activity Oriented)} \dots\dots\dots (3.2)$$

b) *FF (Free Float)*

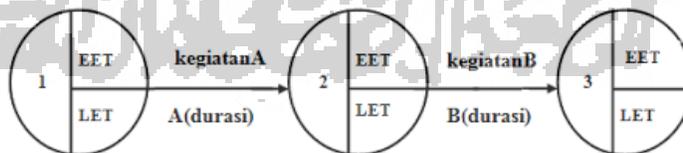
FF atau *Free Float* adalah waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal pada peristiwa j dan saat paling awal pada peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut. *FF* berguna untuk alokasi sumber daya dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain.

$$FF_{ij} = EET_j - EET_i - \text{Durasi } ij \dots\dots\dots (3.3)$$

c) *IF (Independent Float)*

IF atau *Independent Float* diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling lambat peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut

$$IF_{ij} = EET_j - LET_i - \text{Durasi } ij \dots\dots\dots (3.4)$$



Gambar 3.5 Activity On Arrow

(sumber: Ervianto (2002))

3.4 Precedence Diagram Method (PDM)

Metode ini merupakan jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON (*Activity On Node*), kegiatan ditulis dengan *node* dan anak panah sebagai penunjuk antar kegiatan-kegiatan yang bersangkutan dalam PDM terdapat pekerjaan tumpang tindih (*overlapping*), sehingga dalam PDM tidak mengenal istilah kegiatan semu (*dummy*) (Ervianto, 2002). Dalam PDM kotak (*node*) menandai suatu kegiatan sehingga harus dicantumkan identitas kegiatan dan durasi, sedangkan peristiwa merupakan ujung setiap kegiatan. Setiap *node* mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan peristiwa akhir. Ruangan dalam noda 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 diberi identitas seperti ES (*Earliest Start*), LS (*Latest Start*), EF (*Earliest Finish*), dan LF (*Latest Finish*).

Critical Path pada PDM memiliki karakteristik seperti pada *Activity On Node* (AON) yaitu:

1. Waktu mulai awal dan waktu mulai akhir adalah sama ($ES = LS$)
2. Waktu selesai awal dan waktu selesai akhir adalah sama ($EF = LF$)
3. Durasi kegiatan sama dengan perbedaan waktu selesai akhir dengan waktu mulai awal ($D = LF - ES$)
4. Bila sebagian saja dari ketiga syarat diatas yang terpenuhi, aktifitas acara utuh dianggap sebagai aktifitas kritis.

ES	JENIS KEGIATAN	EF
EF		LF
NO KEG.		DURASI

Gambar 3.6 Precedence Diagram Method

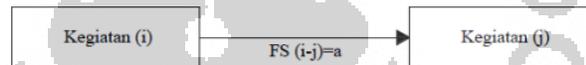
(sumber: Ervianto (2002))

3.4.1 Hubungan Antarkegiatan PDM

Didalam *Precedence Diagram Method* (PDM) terdapat keterkaitan pada setiap kegiatannya yang diberi kode (Husen, 2010), yaitu:

1. FS (*Finish to Start*)

FS adalah kegiatan yang bergantung pada selesainya kegiatan pendahulunya, dengan waktu mendahului (*lead*).

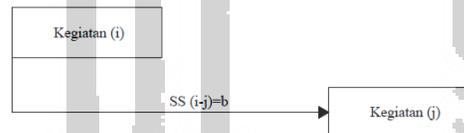


Gambar 3.7 Finish to Start (FS)

(sumber: Soekarno (1995))

2. SS (*Start to Start*)

SS adalah kegiatan yang bergantung pada mulainya kegiatan pendahulunya, dengan waktu tunggu (*lag*).

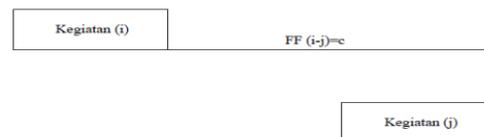


Gambar 3.8 Start to Start (SS)

(sumber: Soekarno (1995))

3. FF (*Finish to Finish*)

FS adalah kegiatan yang bergantung pada selesainya kegiatan pendahulunya, dengan waktu mendahului (*lead*).



Gambar 3.9 Finish to Finish (FF)

(sumber: Soekarno (1995))

4. SF (*Start to Finish*)

SF adalah selesainya kegiatan bergantung pada mulainya kegiatan pendahulunya, dengan waktu tunggu (*lag*).



Gambar 3.10 Start to Finish (SF)

(sumber: Soekarno (1995))

3.5 Pengendalian Proyek

Crashing proyek adalah upaya mempercepat durasi pekerjaan didalam proyek. Didalam perencanaan jadwal untuk pengerjaan proyek, seringkali terjadi keterlambatan antara waktu pelaksanaan dan waktu rencana awal, namun tidak selalu membutuhkan *crashing* karena ada toleransi waktu terlambat per pekerjaan (*float*). *Crashing* durasi dapat dilakukan dengan meningkatkan produktifitas pekerja, dapat dilakukan dengan menambah durasi pekerjaan atau lembur, maupun menyewa alat berat sebagai upaya peningkatan produktifitas. Upaya atau proses mempercepat durasi proyek disebut *crash program*. Durasi pengerjaan suatu proyek ditentukan dalam waktu akhir pekerjaan yang terselesaikan, yaitu pada Jalur Kritis. Menurut (Soeharto, 1997) *crashing* dapat dilakukan secara maksimal yang secara teknis dapat dilakukan di lapangan dengan mengasumsikan bahwa sumber daya bukan merupakan hambatan. Tujuan utama dari program mempersingkat waktu adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang minimal (Soeharto, 1995). Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara waktu dan biaya suatu kegiatan, maka dipakai definisi sebagai berikut (Soeharto, 1995):

1. Kurun Waktu Normal

Kurun waktu normal adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai, dengan cara yang efisien tetapi diluar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih baik.

2. Biaya Normal

Biaya normal adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal. Terdapat biaya Normal Bahan dan biaya Normal Upah yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut.

$$\text{Koefisien} = \frac{\text{Biaya Bahan /Upah}}{\text{Biaya Bahan dan Upah}} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$\text{Total Biaya Normal} = \text{Koefisien} \times \text{Biaya Normal} \times \text{Volume pekerjaan} \dots\dots\dots (3.6)$$

3. Kurun Waktu Dipersingkat (*Crash Time*)

Kurun waktu dipersingkat adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Disini dianggap sumber daya bukan merupakan hambatan. Durasi *crashing* dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut (Utiahman dan Hinely, 2013).

$$\text{Durasi crashing} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Kapasitas kerja shift} \times \text{Jumlah tenaga kerja}} \dots\dots\dots (3.7)$$

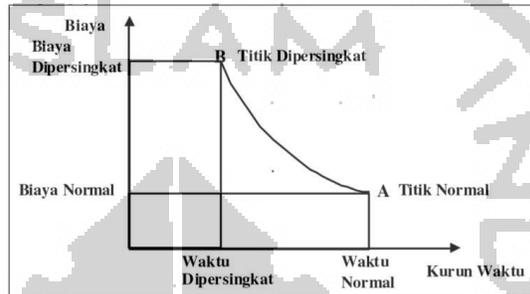
4. Biaya untuk waktu dipersingkat (crash cost)

Biaya untuk waktu dipersingkat adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.

3.6 Hubungan Antara Biaya Dan Waktu

Biaya total proyek didapat dari total biaya tidak langsung dan biaya langsung yang dijumlahkan selama berjalannya proyek tersebut. Waktu kurun atau durasi pada proyek sangat mempengaruhi besarnya total biaya yang dikeluarkan proyek. Meski tidak dapat dihitung dengan rumus, biaya proyek akan semakin naik seiring berjalan

atau bertambahnya waktu akibat biaya tidak langsung (Soeharto, 1995). Hubungan biaya langsung, tidak langsung dan biaya total proyek diproyeksikan dalam grafik seperti berikut:



Gambar 3.11 Grafik Hubungan Antara Biaya dan Waktu

(sumber: Soeharto (1995))

3.7 *Cost Slope*

Dengan dilakukannya *crashing* atau pemangkasan durasi pekerjaan tertentu mengakibatkan terjadinya penambahan biaya. Besarnya penambahan biaya bergantung pada lamanya durasi yang dipercepat dan total biaya setelah dilakukan *crashing*.

Cost Slope adalah bertambahnya biaya langsung akibat *crashing* pada suatu aktifitas per satuan waktu. (Soeharto, 1995)

$$Cost\ Slope = \frac{biaya\ setelah\ percepatan - biaya\ normal}{waktu\ normal - waktu\ percepatan} \dots \dots \dots (3.8)$$

3.8 *Sistem Shifting Pekerja*

Shift adalah metode dimana pekerja datang bergantian atau bergilir baik dalam waktu tertentu. Sistem *shift* dimaksudkan untuk memberikan manfaat untuk menggunakan seluruh waktu tersedia dalam pengoperasian pekerjaan agar kegiatan operasional tetap berjalan. Sistem *shift* dapat meningkatkan produktifitas pekerjaan bagi perusahaan yang menggunakannya (Muchinsky, 1997).

Metode *shifting* pekerja dapat mempercepat durasi pekerjaan hingga 38,59% (Nugraheni, 2017) , namun memiliki masalah dalam penggunaannya yang dipicu akibat kurangnya komunikasi saat *shift* malam, penurunan kesehatan mental dan fisik akibat perubahan jam istirahat yang tidak dalam siklus wajar atau tidak terbiasa oleh tubuh, hingga keamanan pekerja. Siklus tidur yang tidak normal yang dirasakan tubuh menyebabkan penurunan produktifitas dari pekerja, dibutuhkan waktu 7-12 hari bagi tubuh untuk menyesuaikan aktifitas baru dan waktu istirahat yang berubah, penyesuaian itu dapat berlanjut hingga 30 hari menurut pakar kesehatan .

Produktifitas pekerjaan pada saat *shift* akan dibedakan dengan produktifitas pada pekerjaan normal. Nilai penurunan produktifitas tenaga kerja pada saat *shift* diambil pada angka 11% yaitu penurunan produktifitas dari rentan 11%-17% dan pekerja yang bekerja saat *shift* malam akan ditambahkan sebesar 15% dari upah normal (Hanna, 2008). Produktifitas pekerja dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut (Utiarahman dan Hineho, 2013).

$$\text{Kapasitas Kerja} = \frac{1}{\text{Koefisien tenaga kerja}} \dots \dots \dots (3.9)$$

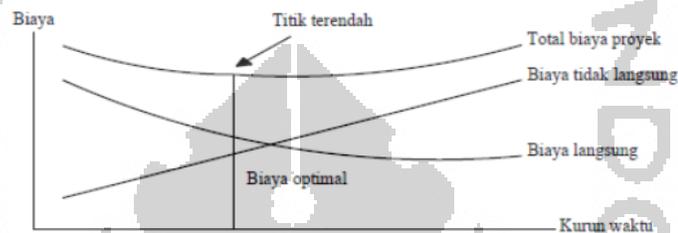
Setelah nilai produktifitas tenaga kerja didapatkan, selanjutnya adalah menghitung jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Tenaga Kerja} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Kapasitas kerja} \times \text{Durasi Pekerjaan}} \dots \dots \dots (3.10)$$

3.9 Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

Biaya proyek terdiri dari biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Sedangkan biaya tidak langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pengawasan, pengarahan kerja, dan pengeluaran umum diluar biaya konstruksi secara gaji pegawai, biaya umum perkantoran dan biaya sarana. Jadi biaya total proyek adalah sama dengan jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung (Soeharto, 1995). Kedua-duanya berubah sesuai dengan waktu dan

kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya, semakin lama proyek berjalan maka semakin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Grafik yang terdapat pada Gambar 3.12 menunjukkan hubungan ketiga macam biaya tersebut. Terlihat bahwa optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



Gambar 3.12 Grafik Hubungan Biaya Total, Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan Biaya Optimal

(Sumber: Soeharto, 1995)