

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Proyek konstruksi memiliki karakteristik unik yang tidak berulang. Proses yang terjadi pada suatu proyek tidak akan berulang pada proyek lainnya. Hal ini disebabkan oleh kondisi yang mempengaruhi proses suatu proyek konstruksi berbeda satu sama lain. Misalkan kondisi alam seperti perbedaan letak geografis, hujan, gempa dan keadaan tanah merupakan faktor yang turut mempengaruhi keunikan proyek konstruksi. (Wulfram, 2004).

Pengendalian (kontrol) diperlukan untuk menjaga kesesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan. Tiap pekerjaan yang dilaksanakan harus benar-benar diinspeksi dan dicek oleh pengawas lapangan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi atau belum. Misalnya pengangkutan bahan harus diatur dengan baik dan bahan-bahan yang dipesan harus diuji terlebih dahulu di masing-masing pabriknya. Dengan perencanaan dan pengendalian yang baik terhadap kegiatan-kegiatan yang ada, maka terjadinya keterlambatan jadwal yang mengakibatkan pembengkakan biaya proyek dapat dihindari. (Wulfram, 2004).

Untuk mengantisipasi terjadinya perubahan kondisi lapangan yang tidak pasti dan mengatasi kendala terbatasnya waktu manajemen dalam mengendalikan seluruh unsur pekerjaan proyek, maka diperlukan suatu konsep pengendalian yang efektif yang dikenal dengan nama *Management By Exeption* (MBE). Teknik yang diterapkan MBE adalah dengan membandingkan antara perencanaan terhadap parameter proyek yang dapat diukur setiap saat. Laporan hanya dilakukan pada saat-saat tertentu jika terdapat kejanggalan atau performa tidak memenuhi standar.

Ada tiga penilaian terhadap mutu suatu proyek konstruksi, yaitu penilaian atas mutu fisik konstruksi, biaya, dan waktu. Divisi pengendalian mutu fisik konstruksi terpisah dengan divisi pengendalian jadwal dan biaya. Pengendalian terhadap mutu fisik konstruksi dilakukan secara tersendiri oleh pengawas teknik melalui gambar-gambar rencana dan spesifikasi teknis. Pengendalian jadwal dan

biaya dimasukkan dalam divisi manajemen proyek yang mencakup pemantauan kemajuan pekerjaan (*progress*), reduksi biaya, optimasi, model, dan analisis. (Wulfram, 2004).

3.2 Penjadwalan Proyek (*Time Schedule*)

Penjadwalan proyek adalah kegiatan hasil perencanaan, yang memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek ke dalam suatu diagram-diagram yang berskala waktu. Penjadwalan menentukan kapan kegiatan-kegiatan akan dimulai, ditunda, dan diselesaikan, sehingga tercipta hubungan antar kegiatan atau pekerjaan dalam suatu proyek. (Nurhayati, 2010).

Menyusun jadwal proyek biasanya menggunakan metoda analisis jaringan kerja (*network*), karena jaringan berisi tampilan grafis dari aliran dan urutan tiap pekerjaan, yang menguraikan dan menentukan hubungan-hubungan antara berbagai kegiatan dan berbagai penafsiran waktu yang diperlukan untuk setiap kegiatan dalam rencana proyek secara menyeluruh. (Nurhayati, 2010).

3.2.1 Manfaat Penjadwalan Proyek (*Time Schedule*)

Adapun manfaat penjadwalan proyek adalah sebagai berikut :

1. Pedoman waktu untuk pengadaan sumber daya manusia yang dibutuhkan
2. Pedoman waktu untuk kedatangan material yang sesuai dengan item pekerjaan yang akan dilaksanakan
3. Pedoman waktu untuk pengadaan alat-alat kerja
4. *Time Schedule* juga berfungsi sebagai alat untuk mengendalikan waktu pelaksanaan proyek
5. Sebagai tolak ukur pencapaian target waktu pelaksanaan pekerjaan
6. *Time Schedule* sebagai acuan untuk memulai dan mengakhiri sebuah kontrak kerja proyek konstruksi
7. Sebagai pedoman pencapaian *progress* pekerjaan setiap waktu tertentu
8. Sebagai pedoman untuk penentuan batas waktu denda atas keterlambatan proyek atau bonus atas percepatan proyek
9. Sebagai pedoman untuk mengukur nilai suatu investasi. (Nurhayati, 2010).

3.2.2 Jenis-jenis *Time Schedule*

Menurut Nurhayati (2010), berikut ini adalah jenis-jenis time schedule, diantaranya :

1. *Bar-Chart*
2. *S Curve*
3. *Line Balance Diagram*
4. *Network Planning Diagram*:
 - a. *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*
 - b. *Critical Path Method (CPM)*
 - c. *Precedence Diagram Method (PDM)*

3.2.3 Data Untuk Membuat *Time Schedule*

Menurut Nurhayati (2010), adapun data-data untuk membuat time schedule adalah sebagai berikut:

1. Gambar kerja proyek.
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek.
3. *Bill of Quantity (BQ)* atau daftar volume pekerjaan.
4. Data lokasi proyek berada.
5. Data sumberdaya meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
6. Data sumber daya material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang di butuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
8. Data cuaca atau musim di lokasi pekerjaan proyek.
9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek.
10. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing *item* pekerjaan.
11. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material.

12. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran *progress*.

3.2.4 Langkah-langkah Pembuatan *Time Schedule*

Menurut Nurhayati (2010), langkah-langkah membuat *time schedule* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jenis pekerjaan, durasi waktu pelaksanaan pekerjaan, dan alur pekerjaan.
2. Membuat tabel pekerjaan (tabel *kurva s*) yang berisi *item* pekerjaan dan waktu pelaksanaan.
3. Masukkan item pekerjaan pada kolom waktu rencana.

3.3 Biaya Proyek

3.3.1 Perkiraan Biaya Proyek

Menurut Soeharto (1995), perkiraan biaya merupakan unsur penting dalam pengelolaan biaya proyek secara keseluruhan. Sebagai taraf pertama dipergunakan tahap konseptual untuk mengetahui besarnya yang diperlukan untuk membangun proyek atau investasi. Selanjutnya perkiraan biaya memiliki fungsi dengan spektrum yang amat luas, yaitu merencanakan dan mengendalikan sumber daya, seperti material, tenaga kerja jasa, maupun waktu.

1. Perkiraan biaya dan anggaran

Perkiraan biaya dibedakan dari anggaran dimana perkiraan biaya terbatas pada tabulasi biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan tertentu proyek atau proyek secara keseluruhan. Sedangkan anggaran merupakan perencanaan terperinci atas perkiraan biaya dari sebagian atau keseluruhan kegiatan proyek yang dikaitkan dengan waktu (*time-phased*). Definisi perkiraan biaya menurut *National Estimating Society-USA* adalah seni memperkirakan (*the art of approximating*) kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia waktu itu. (Soeharto, 1995)

2. Perkiraan biaya dan *Cost Engineering*

Association of International Cost Management (AACE) memberi definisi *cost engineering* adalah bidang kegiatan engineering di mana pengalaman serta pertimbangan engineering dipakai dalam menerapkan prinsip-prinsip teknik dan ilmu pengetahuan pada masalah perkiraan biaya, pengendalian biaya, dan *profitabilitas*. (Soeharto, 1995)

3.3.2 Modal Tetap (*Fixed capital*)

Menurut Soeharto (1995), modal tetap adalah bagian dari biaya proyek yang dipakai untuk membangun instalasi atau menghasilkan produk proyek yang diinginkan, mulai dari pengeluaran untuk studi kelayakan, *design-engineering*, pengadaan, pabrikasi, konstruksi, sampai instalasi, atau produk tersebut berfungsi penuh. Selanjutnya modal tetap dibagi menjadi biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*), yang perinciannya adalah sebagai berikut:

1. Biaya langsung (*Direct cost*)

Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Biaya langsung terdiri dari:

- a. Penyiapan lahan (*site preparation*). Pekerjaan ini mencakup clearing, grubbing, menimbun dan memotong tanah, mengeraskan tanah, dan lain-lain, disamping pekerjaan-pekerjaan seperti membuat pagar jalan dan jembatan.
- b. Pengadaan peralatan utama. Semua peralatan utama yang tertera dalam gambar *desain engineering*, seperti kolom destilasi, reaktor, regenerator, dan lain-lain.
- c. Biaya merakit dan memasang peralatan utama. Biaya ini terdiri dari pondasi struktur penyangga, isolasi, dan pengecatan.
- d. Pipa. Terdiri dari pipa transfer, pipa penghubung antara peralatan, dan lain-lain.
- e. Alat-alat listrik dan instrumen. Peralatan ini terdiri dari gardu listrik, motor listrik, jaringan distribusi, dan instrumen.

- f. Pembangunan gedung perkantoran, pusat pengendalian operasi (*control room*), gudang, dan bangunan *civil* lainnya.
 - g. Fasilitas pendukung, seperti *utility* dan *off-site*, yang terdiri dari pembangkit uap, pembangkit listrik, fasilitas air pendingin, tangki, dan dermaga.
 - h. Pembebasan tanah. Biaya pembebasan tanah sering kali dimasukkan ke dalam biaya langsung.
2. Biaya tidak langsung (*Indirect cost*)
- Biaya tidak langsung (*indirect cost*) 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 rangka proses pembangunan proyek. Biaya tidak langsung meliputi antara lain:
- a. Gaji tetap dan tunjangan bagi tim manajemen, gaji dan tunjangan bagi tenaga bidang *engineering*, inspektor, penyedia konstruksi lapangan, dan lain-lain.
 - b. Kendaraan dan peralatan konstruksi, termasuk biaya pemeliharaan, pembelian bahan bakar, minyak pelumas, dan suku cadang.
 - c. Pembangunan fasilitas sementara, termasuk perumahan darurat, tenaga kerja, penyediaan air, listrik, fasilitas komunikasi sementara untuk konstruksi, dan lain-lain.
 - d. Pengeluaran umum. Katagori pengeluaran umum meliputi bermacam keperluan yang tidak dapat dimasukkan ke dalam katagori lainnya seperti *small tools*, dan pemakaian sekali lewat (*consumable*), misalnya kawat las.
 - e. Kontinjensi laba atau *free*. Kontinjensi dimaksudkan untuk menutupi hal-hal yang belum pasti.
 - f. *Overhead*. Biaya *overhead* meliputi biaya untuk operasi perusahaan secara keseluruhan, terlepas dari ada atau tidak adanya kontrak yang sedang ditangani. Misalnya, biaya pemasaran, advertensi, gaji eksekutif, sewa kantor, telepon, dan komputer.
 - g. Pajak, pungutan/sumbangan, biaya perizinan, dan asuransi serta berbagai macam pajak seperti PPN, PPh, dan lainnya, atas hasil operasi perusahaan.

3.3.3 Unsur-unsur Biaya

Unsur-unsur biaya proyek menurut Soeharto (1995), adalah:

1. Biaya pembelian material dan peralatan.
2. Biaya penyewaan atau pembelian peralatan konstruksi.
3. Upah tenaga kerja.
4. Biaya subkontrak.
5. Biaya transportasi.
6. *Overhead* dan administrasi.
7. *Free/laba* dan kontigensi.

3.3.4 Kualitas Perkiraan Biaya

Menurut Soeharto (1995), kualitas perkiraan biaya yang berkaitan dengan akurasi dan kelengkapan unsur-unsurnya tergantung pada hal-hal berikut:

1. Tersedianya data dan informasi.
2. Teknik dan metode yang digunakan.
3. Kecakapan dan pengendalian estimator.
4. Tujuan pemakaian perkiraan biaya.

3.3.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Menurut Soeharto (1995), rencana anggaran biaya (RAB) adalah perhitungan semua biaya bangunan proyek yang dapat dijadikan sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun.

Adapun langkah-langkah untuk menghitung RAB sebagai berikut :

1. Mempersiapkan Gambar Kerja

Pada RAB gambar kerja diperlukan untuk menentukan jenis pekerjaan, bentuk, spesifikasi dan ukuran material bangunan sehingga dapat mempermudah untuk menghitung setiap volume pekerjaan.

2. Menghitung Volume Pekerjaan

Menghitung volume pekerjaan dilakukan dengan cara menghitung banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan berdasarkan gambar kerja.

3. Menentukan dan Membuat Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan perlu dipersiapkan harga upah pekerja, bahan material dan indeks (koefisien) analisa pekerjaan yang dapat dilihat pada SNI 2013 yang sudah ada untuk setiap item pekerjaan.

4. Menghitung Jumlah Biaya Pekerjaan

Setelah menghitung volume dan harga satuan pekerjaan maka selanjutnya adalah mengalikan volume dan harga satuan pekerjaan sehingga dapat ditentukan jumlah biaya dari setiap masing-masing pekerjaan.

No	MACAM PEKERJAAN	Volume	Harga Satuan		Jumlah Harga
			Rp	Rp	Rp
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pek. Pengukuran & Pemasangan Bowplank	36 m'	Rp	83.382,00	Rp 3.001.752,00
2	Membersihkan Lapangan dan Perataan	60 m2	Rp	5.912,00	Rp 354.720,00
3	Pembuatan Gudang Semen dan Alat - alat	4 m2	Rp	1.079.141,00	Rp 4.316.564,00
				Jumlah	Rp 7.673.036,00

Gambar 3.1 Contoh tabel Jumlah Biaya Pekerjaan

(sumber: data olahan ms. excel)

5. Rekapitulasi

Langkah terakhir dalam membuat RAB adalah membuat rekapitulasi. Rekapitulasi adalah menjumlahkan dari masing-masing setiap item pekerjaan yang selanjutnya ditotalkan sehingga didapatkan jumlah total pekerjaan.

No	Macam Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	7.673.036,00
II	PEKERJAAN TANAH	4.134.095,46
III	PEKERJAAN PONDASI	10.620.480,89
IV	PEKERJAAN DINDING	11.657.811,87
V	PEKERJAAN BETON	18.013.264,50
VI	PEKERJAAN PLESTERAN	13.911.458,60
VII	PEKERJAAN PENUTUP LANTAI DAN DINDING	7.629.290,00
VIII	PEKERJAAN CONBLOCK	209.484,00
IX	PEKERJAAN KAYU & LANGIT-LANGIT	39.380.787,98
X	PEKERJAAN PENUTUP ATAP	4.370.583,80
XI	PEKERJAAN PENGECATAN	7.431.678,31
XII	PEKERJAAN SANITASI	6.425.138,00
XIII	PEKERJAAN BESI DAN ALUMINIUM	1.719.288,00
XIV	PEKERJAAN KUNCI DAN KACA	2.085.062,00
XV	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	4.804.917,50
	JUMLAH TOTAL	140.066.376,92
	DIBULATKAN	140.100.000,00

Gambar 3.2 Contoh tabel Rekapitulasi

(sumber: data olahan ms. excel)

3.3.6 Total Biaya Proyek

Menurut Soeharto (1995), total biaya proyek adalah jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Kedua-duanya bertambah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan.

3.4 Produktivitas Tenaga Kerja

Menurut Soeharto (1995), produktivitas tenaga kerja merupakan salah satu faktor mendasar yang mempengaruhi mutu, waktu, dan biaya proyek atau mempengaruhi kemampuan bersaing pada industri konstruksi. Produktivitas tenaga kerja akan sangat berpengaruh terhadap besarnya kerugian dan keuntungan suatu proyek, oleh sebab itu bila tidak diatasi dengan baik maka pelaksanaan pekerjaan suatu proyek dapat mengalami keterlambatan dari waktu pekerjaan yang sudah diberikan.

3.4.1 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja

Menurut Soeharto (1995), variabel-variabel yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan adalah:

1. Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu.
2. Supervisi, perencanaan dan koordinasi.
3. Komposisi kelompok kerja.
4. Kerja lembur.
5. Ukuran besar proyek.
6. Kurva pengalaman.
7. Pekerjaan langsung versus subkontraktor.
8. Kepadatan tenaga kerja.

3.5 Percepatan Durasi Proyek

Menurut Soeharto (1995), proses mempercepat kurun waktu disebut sebagai *crash program* atau *project crashing*. Tujuan utama dari program mempersingkat

waktu adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan biaya yang minimal.

Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara waktu dan biaya suatu kegiatan, dipakai definisi sebagai berikut (Soeharto, 1995):

1. Kurun waktu normal

Kurun waktu normal adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai dan dengan cara yang efisien, tetapi tanpa mempertimbangkan kerja lembur dan usaha-usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih canggih.

2. Biaya normal

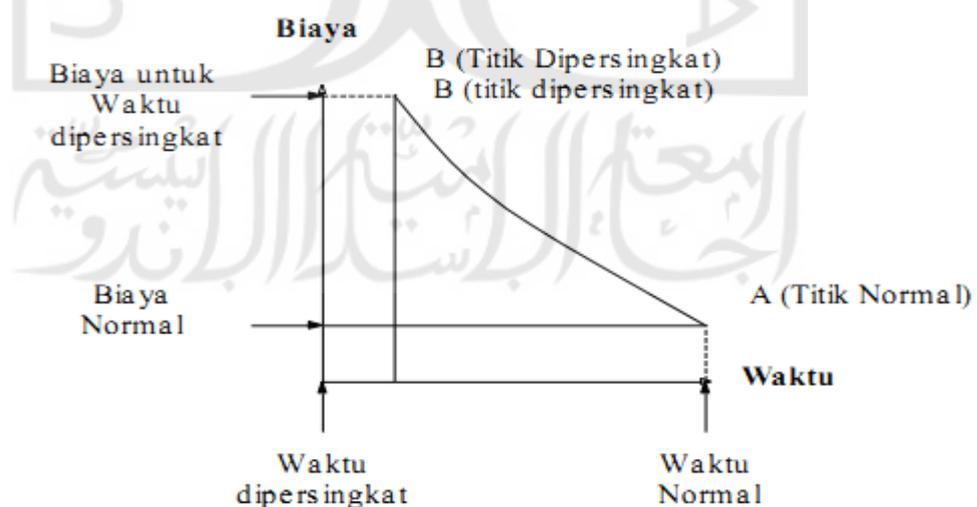
Biaya normal adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.

3. Kurun waktu dipersingkat (*crash time*)

Kurun mempersingkat waktu (*crash time*) adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Di sini dianggap sumber daya bukan merupakan hambatan.

4. Biaya untuk waktu dipersingkat (*crash cost*)

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



Gambar 3.3 Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipersingkat Untuk Satu Kegiatan

(Sumber: Imam Soeharto, 1995)

Kegiatan dalam suatu proyek dapat dipercepat dengan berbagai cara, yaitu (Ervianto, 2004):

1. Dengan mengadakan *shift* pekerjaan.
2. Dengan memperpanjang waktu kerja (lembur)
3. Dengan menggunakan alat bantu yang lebih produktif.
4. Menambah jumlah pekerja.
5. Dengan menggunakan material yang dapat lebih cepat pemasangannya.
6. Menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat.

3.5.1 Cost Slope

Cost slope (*slope* biaya) adalah perbandingan antara pertambahan biaya dengan percepatan waktu penyelesaian proyek.

Perumusan *cost slope* (*slope* biaya) sebagai berikut (Soeharto, 1995):

$$\text{Cost slope (slope biaya)} = \frac{\text{Biaya dipersingkat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipersingkat}}$$

3.5.2 Ringkasan Prosedur Mempersingkat Durasi Proyek

Menurut Soeharto (1995), garis besar prosedur mempersingkat waktu adalah:

1. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan mengisentififikasi *float* dengan PDM, atau memakai kurun waktu normal.
2. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
3. Menentukan biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
4. Menghitung *slope* biaya masing-masing komponen kegiatan.
5. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *slope* biaya terendah.
6. Setiap kali selesai mempercepat kegiatan, teliti kemungkinan adanya *float* yang dapat dipakai untuk mengatur waktu kegiatan yang bersangkutan guna memperkecil biaya.

7. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepat kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi slope biaya terendah.
8. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik TPD (Titik proyek dipersingkat).
9. Membuat tabulasi biaya versus waktu.
10. Hitung biaya tidak langsung proyek.
11. Jumlahkan biaya langsung dan tidak langsung untuk mencari total biaya sebelum kurun waktu yang diinginkan.
12. Periksa grafik total biaya untuk mencapai waktu optimal, yaitu kurun waktu penyelesaian proyek dengan biaya terendah.

3.6 Jaringan Kerja

Menurut Nurhayati (2010), jaringan kerja adalah suatu alat yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi kemajuan dari suatu proyek.

Tahapan Penyusunan jaringan kerja menurut Husen (2010) adalah:

1. Menginventerisasi kegiatan-kegiatan dari paket WBS berdasarkan 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.

Metode jaringan kerja yang amat luas pemakaiannya adalah Jalur Kritis (*Critical Path Method – CPM*), Teknik Evaluasi dan Review Proyek (*Project Evaluation and Review Technique – PERT*), dan Metode Preseden Diagram (*Preceden Diagram Method – PDM*). (Soeharto, 1995)

Jaringan kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Preseden Diagram (*Preceden Diagram Method – PDM*).

3.7 Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method – PDM*)

Menurut Soeharto (1995), metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method – PDM*) merupakan jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON (*Activity On Node*). Di sini kegiatan dituliskan di dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dalam PDM tidak mengenal kegiatan semu (*dummy*), oleh karena itu metode ini banyak dijumpai pada proyek-proyek yang kaya akan pekerjaan tumpang tindih (*overlapping*). Kotak (*node*) tersebut menandai suatu kegiatan, dengan demikian harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktunya, adasapun peristiwa merupakan ujung kegiatan. Setiap node mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan akhir. Ruangan dalam node dibagi menjadi bagian-bagian yang berisi keterangan dari kegiatan di antaranya adalah kurun waktu kegiatan (D), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan ES (*Earliest Start*), LS (*Latest Start*), EF (*Earliest Finish*), LF (*Latest Finish*), dan lain-lain.

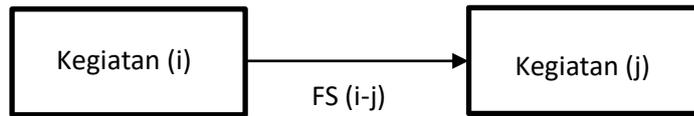
Menurut Soeharto (1995), PDM mempunyai sifat AON, antara lain:

1. Waktu mulai awal dan akhir harus sama.
2. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ($EF=LS$).
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.

Pada PDM dikenal 4 macam pembatasan (*constrain*), yaitu sebagai berikut:

1. *Finish to Start* (FS)

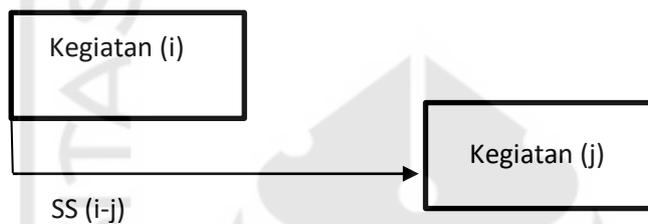
Finish to Start (FS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya.



Gambar 3.4 Konstrain *Finish to Start* (FS)

2. *Start to Start* (SS)

Start to Start yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas sesudahnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu antar kedua aktivitas tersebut disebut lag.



Gambar 3.5 Konstrain *Start to Start* (SS)

3. *Finish to Finish* (FF)

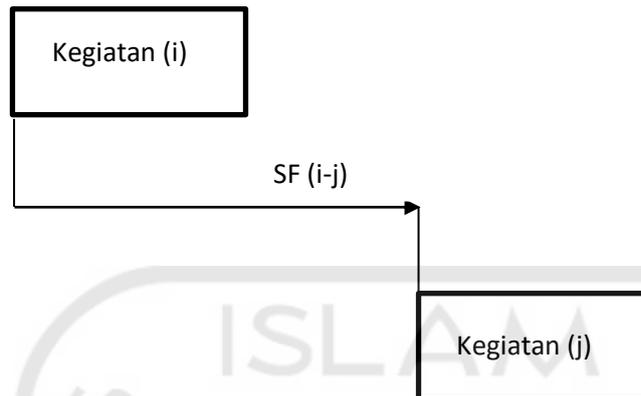
Finish to Finish yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya selesainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu dimulainya kedua aktivitas tersebut disebut lag. Jika $FF(i-j)=0$ artinya kedua aktivitas (i dan j) dapat selesai bersamaan.



Gambar 3.6 Konstrain *Finish to Finish* (FF)

4. *Start to Finish* (SF)

Start to Finish yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya.



Gambar 3.7 Konstrain *Start to Finish* (SF)

3.8 Perencanaan Waktu Dalam PDM

parameter yang digunakan dalam metode Preseden Diagram (*Preceden Diagram Method – PDM*) menurut Soeharto (1995), sebagai berikut ini:

1. TE = E adalah waktu paling awal peristiwa (*node / event*) dapat terjadi (*Earliest Time of Occurance*).
2. TL = L adalah waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable Event / Occurance Time*).
3. ES, adalah waktu mulai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Start Time*).
4. EF, adalah waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Finish Time*).
5. LS, adalah waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (*Latest Allowable Start Time*).
6. LF, adalah waktu paling akhir kegiatan boleh selesai dimulai (*Latest Allowable Finish Time*).
7. D, adalah kurun waktu dari suatu kegiatan, yang pada umumnya dinyatakan dalam satuan waktu hari, minggu, bulan, dan lain-lain.

Rumusan yang digunakan untuk perhitungan waktu pada penyusunan rencana jaringan kerja dengan metode Preseden Diagram (*Preceden Diagram Method – PDM*) adalah:

1. Perhitungan Maju

Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut:

- a. Menghasilkan ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek.

- b. Diambil angka ES terbesar bila lebih satu kegiatan bergabung.
- c. Notasi (i) bagi kegiatan terdahulu (*predecessor*) dan (j) kegiatan yang sedang ditinjau.
- d. Waktu awal dianggap nol.

Rumusan perhitungan maju adalah sebagai berikut :

- a. Waktu mulai paling awal kegiatan yang sedang ditinjau ES (j), adalah sama dengan angka terbesar dari jumlah angka kegiatan yang terdahulu ES (i) atau EF (i) ditambah konstrain yang bersangkutan.
- b. 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)

2. Perhitungan Mundur

Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut:

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

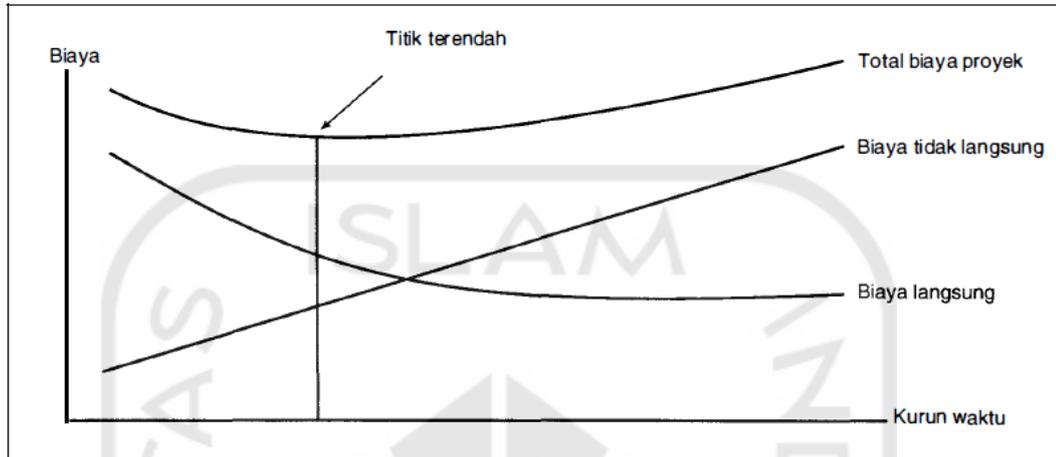
Rumusan perhitungan mundur adalah sebagai berikut :

- a. Hitung LF (i), waktu selesai paling akhir kegiatan (i) yang ditinjau, yang merupakan angka terkecil dari jumlah kegiatan LS dan LF ditambah konstrain yang bersangkutan.
- b. Waktu mulai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau LS (i), adalah sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan LF (i), dikurangi kurun waktu yang bersangkutan.

3.9 Hubungan Antara Waktu Dan Biaya

Total biaya proyek adalah sama dengan jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung, di mana keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, namun pada umumnya semakin lama proyek berjalan, semakin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1995). Hubungan total biaya

langsung, tidak langsung, dan optimal akan ditunjukkan pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 3.8 Hubungan Antara Waktu dan Biaya

(Sumber: Soeharto, 1995)

3.10 *Microsoft Project*

Menurut Madcoms dalam Kupas Tuntas Microsoft Project 2010 (2011), microsoft project merupakan software administrasi proyek yang dapat membantu dalam perencanaan, pengelolaan, pengawasan, dan pelaporan data dari suatu proyek. Program ini sangat berguna untuk membuat perencanaan dan penjadwalan terhadap proyek yang mengalami keterlambatan bahkan pelaksanaan proyek dapat dipercepat dari durasi yang direncanakan sehingga akan dihasilkan suatu rencana proyek secara terperinci.

Pada pengelolaannya *microsoft project* menggabungkan tiga metode penjadwalan yang telah dikenal dalam manajemen konstruksi antara lain Teknik Evaluasi dan Review Proyek (*Project Evaluation and Review Technique – PERT*), Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method – PDM*), dan *Gant Chart*. Dalam mengoperasikan program ini berurutan dari tahap pemasukan data, *editing*, *checking* dan *printing* semua perintah pengoperasiannya dapat dilihat melalui menu bar, dengan input sederhana dan menghasilkan sebuah *output*.

Untuk membuat perencanaan dan penjadwalan proyek digunakan istilah-istilah dalam *microsoft project*, yaitu:

1. *Task* adalah jenis item atau kegiatan atau pekerjaan dalam proyek.

2. *Duration* merupakan lama waktu untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, misalnya 1 jam, 3 hari, 2 bulan, dan sebagainya.
3. *Start* adalah tanggal dimulainya suatu pekerjaan.
4. *Finish* adalah tanggal akhir pekerjaan.
5. *Predecessor* merupakan suatu hubungan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan yang lain.
6. *Resources* adalah sumber daya yang terlibat dalam proyek, baik sumber daya manusia maupun material.
7. *Cost* biaya yang dipergunakan untuk menjalankan sebuah proyek.
8. *Gantt Chart* adalah bentuk tampilan dari hasil kerja *microsoft project* dalam bentuk grafik batang horizontal 3 dimensi.
9. *Pert Chart* adalah grafik pekerjaan dalam bentuk kotak atau biasa disebut *node*. Dalam *node* ini akan ditampilkan keterangan nama pekerjaan, *start*, *finish*, serta hubungan pekerjaan lain.
10. *Baseline* adalah rancangan atau anggaran tetap proyek.
11. *Tracking* adalah peninjauan hasil kerja proyek di lapangan dengan rencana semula dalam *microsoft project*.
12. *Milestone* adalah pekerjaan dengan durasi 0 yang digunakan sebagai pekerjaan keterangan.

3.11 Jam Kerja Sistem Shift

Menurut Edward M dalam Ervianto (2004) untuk menerapkan penggunaan beberapa *shift* dalam suatu pekerjaan lebih cocok jika durasi yang ditetapkan oleh pemilik proyek sangat singkat. Namun supaya durasi yang ditetapkan cukup wajar, sebaiknya hal ini dihindarkan. Sebab jika dilakukan *shift*, maka harus mempertimbangkan berbagai hal, misalnya penerangan, layanan pendukung, keamanan, dan produktivitas. Biasanya dengan penggunaan sistem *shift*, biaya yang dikeluarkan akan melampaui rencana anggaran yang ditetapkan untuk penggunaan fasilitas guna layanan kerja serta menurunnya produktivitas pekerja. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan *shift* dalam suatu pekerjaan akan

menambah biaya yang harus dikeluarkan. Namun, secara dramatis dapat mereduksi durasi pekerjaan hingga mencapai 50% dari durasi yang ditetapkan.

Di Indonesia, sistem shift yang banyak digunakan adalah sistem shift dengan pengaturan jam kerja secara bergilir mengikuti pola 5-5-5 yaitu lima hari shift pagi (08.00-16.00), lima hari shift sore (16.00-24.00) dan lima hari shift malam (24.00-08.00) diikuti dengan dua hari libur pada setiap akhir shift.

