

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Proyek merupakan sekumpulan aktivitas yang saling berhubungan dimana ada titik awal dan titik akhir serta hasil tertentu, proyek biasanya bersifat lintas fungsi organisasi sehingga membutuhkan bermacam keahlian (*skills*) dari berbagai profesi dan organisasi. Setiap proyek adalah unik, bahkan tidak ada dua proyek yang persis sama. Dipohusodo (1995) menyatakan bahwa suatu proyek merupakan upaya yang mengerahkan sumber daya yang tersedia, yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan penting tertentu serta harus diselesaikan dalam jangka waktu terbatas sesuai dengan kesepakatan.

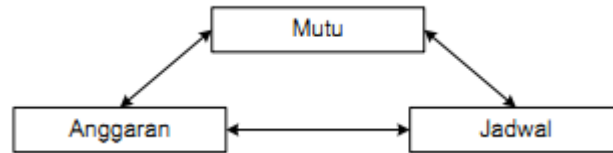
Proyek adalah aktivitas sementara dari personil, material, serta sarana untuk menjadikan/mewujudkan sasaran-sasaran (*goals*) proyek dalam kurun waktu tertentu yang kemudian berakhir.

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Proyek konstruksi selalu memerlukan resources (sumber daya) yaitu *man* (manusia), *material* (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *method* (metode pelaksanaan), *money* (uang), *information* (informasi), dan *time* (waktu).

Menurut Soeharto (1995) ketiga batasan tersebut disebut tiga kendala (*triple constraint*). Menurutnya ini merupakan parameter penting bagi penyelenggaraan proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek.

1. Anggaran, proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran,
2. Jadwal, proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan, dan
3. Mutu, produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Memenuhi persyaratan mutu berarti mampu

memenuhi tugas yang dimaksudkan atau sering disebut *fit for the intended use*.



Gambar 3. 1: Hubungan Anggaran, Jadwal, Mutu
(Sumber :Iman Soeharto, 1995)

3.2 Penjadwalan Proyek (*Time Schedule*)

Jadwal adalah penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan untuk mencapai sasaran. Pada jadwal telah dimasukkan faktor waktu. (Soeharto, 1995). Menurutny, metode menyusun jadwal yang terkenal adalah analisis jaringan kerja (*network*), yang menggambarkan dalam suatu grafik hubungan urutan pekerjaan proyek. Pekerjaan yang harus mendahului atau didahului oleh pekerjaan lain diidentifikasi dalam kaitannya dengan waktu. Jaringan kerja ini sangat berfaedah untuk perencanaan dan pengendalian proyek.

3.2.1 Manfaat Penjadwalan (*Time Schedule*)

Adapun manfaat penjadwalan (*time schedule*) menurut Husen (2010) ialah sebagai berikut.

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai 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 yang ditetapkan,
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan, dan
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

3.2.2 Jenis-Jenis *Time Schedule*

Jenis-jenis *time schedule* ialah metode penjadwalan yang akan dipilih untuk membuat *time schedule*, jenis-jenis *time schedule* itu diantaranya.

1. *Bar-chart*,
2. *S curve*,
3. *Line Balanced Diagram*, dan
4. *Network Planning Diagram*, antara lain.
 - a. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT),
 - b. *Critical Path Method* (CPM), dan
 - c. *Precedence Diagram Method* (PDM).

3.2.3 Data untuk Membuat *Time Schedule*

Adapun data-data yang dibutuhkan untuk membuat *time schedule* menurut Nugraheni (2009) ialah.

1. Data tenaga kerja: Jenis dan produktivitas tenaga kerja,
2. Data peralatan: Jenis dan produktivitas peralatan konstruksi,
3. Data material: Jenis dan *supply* material yang dibutuhkan,
4. Gambar teknis dan spesifikasinya, dan
5. Data hubungan antar pekerjaan.

3.2.4 Langkah-Langkah Pembuatan *Time Schedule*

Langkah-langkah pembuatan *time schedule* menurut Nugraheni (2009) adalah sebagai berikut.

1. Menentukan durasi waktu masing-masing pekerjaan (berdasarkan data jenis dan produktivitas sumber daya),
2. Menentukan hubungan ketergantungan antar pekerjaan, dan
3. Membuat grafik *time schedule* (disesuaikan dengan jenis *time schedule* yang digunakan).

3.3 Biaya Proyek

3.3.1 Perkiraan Biaya Proyek

Perkiraan biaya proyek memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek. Pada taraf pertama dipergunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek atau investasi, selanjutnya memiliki fungsi untuk merencanakan dan mengendalikan sumber daya seperti material, tenaga kerja, pelayanan maupun waktu (Soeharto, 1995).

1. Perkiraan biaya dan anggaran

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 pada waktu itu. Sementara anggaran merupakan perencanaan terinci perkiraan biaya dari bagian atau keseluruhan kegiatan proyek yang dikaitkan dengan waktu (*time-phased*). (Soeharto, 1995).

2. Perkiraan biaya dan *Cost Engineering*

Menurut *AACE (The American Association of Cost Engineer)* *cost engineering* adalah area dari kegiatan engineering dimana pengalaman dan pertimbangan engineering dipakai pada aplikasi prinsip-prinsip teknik dan ilmu pengetahuan didalam masalah perkiraan biaya, dan pengendalian biaya (Soeharto, 1995).

3.3.2 Modal Tetap

Menurut Soeharto (1995) modal tetap adalah bagian dari biaya proyek yang dipakai untuk membangun instalasi atau menghasilkan produk proyek yang diinginkan, mulai dari pengeluaran 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*).

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 terdiri dari *clearing*, *grubbing*, menimbun dan memotong tanah, memadatkan tanah, membuat pagar, jalan, dan jembatan,
- b. Alat-alat listrik dan instrument terdiri dari gardu listrik, motor listrik, jaringan distribusi dan instrument,
- c. Pembangunan gedung, pusat pengendalian operasi (*control room*), gudang, dan bangunan sipil lainnya, dan
- d. Fasilitas pendukung seperti utility dan *off site*.
- e. Pembebasan tanah.

2. Biaya tidak langsung (*Indirect cost*)

Biaya tidak langsung adalah pengeluarannya untuk manajemen, *supervise*, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek. Biaya tidak langsung meliputi.

- a. Gaji dan pengeluaran lain bagi tenaga administrasi, tim penyelia, dan manajemen proyek,
- b. Biaya pengadaan fasilitas sementara untuk pekerja, seperti perumahan,
- c. Sewa atau membeli alat alat berat untuk konstruksi,
- d. Ongkos menyewa kantor, termasuk keperluan utility seperti listrik dan air,
- e. Bunga dari dana yang diperlukan proyek,
- f. Kontigensi laba atau *fee*. Dimaksudkan untuk menutupi hal-hal yang belum pasti, dan
- g. Pajak, pungutan/sumbangan, biaya izin, dan asuransi.

3.3.3 Modal Kerja

Menurut Soeharto (1995) Modal kerja diperlukan untuk menutupi kebutuhan pada tahap awal operasi, yang meliputi.

1. Biaya pembelian bahan kimia, minyak pelumas dan material, serta bahan lain untuk operasi,
2. Biaya persediaan (*inventory*) bahan mentah dan produk serta upah tenaga kerja pada masa awal operasi, dan
3. Pembelian suku cadang untuk keperluan operasi selama kurang lebih satu tahun

Perbandingan jumlah modal kerja terhadap total investasi berkisar antara 5-10%.

3.3.4 Unsur-Unsur Biaya

Suatu perkiraan biaya akan lengkap bila mengandung unsur-unsur biaya. Menurut Soeharto (1995) unsur-unsur biaya ialah.

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, dan
7. *Fee*/laba dan kontigensi.

3.3.5 Kualitas Perkiraan Biaya

Menurut Soeharto (1995) Kualitas suatu perkiraan biaya yang berkaitan dengan akurasi dan kelengkapan unsur-unsurnya tergantung pada hal hal berikut.

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

Tersedianya data dan informasi memegang peranan penting dalam hal kualitas perkiraan biaya yang dihasilkan. Sebagai contoh, pada awal formulasi lingkup proyek karena sebagian data dan informasi belum tersedia atau belum ditentukan, maka perkiraan biaya yang dihasilkan masih berupa perkiraan kasar (*order of magnitude*) dengan akurasi diatas 50%. Untuk menghitung biaya total proyek hal yang harus dilakukan pertama kali adalah mengidentifikasi lingkup kegiatan yang akan dikerjakan, kemudian mengkalikannya dengan biaya masing-masing lingkup yang dimaksud. Hal ini memerlukan kecakapan, pengalaman serta *judgment* dari estimator. Pada masa awal proyek itulah dimana segala sesuatu masih dalam bentuk konseptual, kecakapan dan pengalaman estimator untuk mengambil *judgment* yang tepat amat menentukan hasil akhir suatu perkiraan biaya.

3.3.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Komponen-komponen yang perlu dihitung dalam RAB suatu konstruksi bangunan rumah ialah.

1. Biaya pokok yang berhubungan dengan material, upah kerja dan perlatan, dan
2. Biaya operasional termasuk biaya perizinan, fasilitas atau sarana.

Dalam perhitungan RAB suatu bangunan, semua komponen yang diperlukan dalam pekerjaan hingga selesai harus diperhitungkan mulai dari awal pekerjaan sampai selesainya seluruh aktifitas pekerjaan. Adapun langkah-langkah menghitung RAB sebagai berikut.

1. Persiapan dan pengecekan gambar kerja

Gambar kerja adalah dasar untuk menentukan pekerjaan apa saja yang ada dalam bangunan rumah yang akan dikerjakan, dari gambar akan didapatkan ukuran, bentuk, spesifikasi material yang akan digunakan, nantinya akan digunakan untuk mempermudah dalam menghitung volume pekerjaan,

2. Menghitung Volume

Menghitung volume pekerjaan berdasarkan gambar kerja yang telah diberikan, dan

3. Membuat Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Untuk menghitung Harga Satuan Pekerjaan yang perlu dipersiapkan ialah.

- a. Indeks (koefisien) analisa pekerjaan,
- b. Harga material/bahan sesuai satuan, dan
- c. Harga upah tenaga kerja per hari, termasuk mandor, kepala tukang, tukang dan pekerja.

Untuk indeks atau koefisien pekerjaan dapat menggunakan koefisien resmi yang dikeluarkan pemerintah, dapat melihatnya pada SNI 2013 yang sudah ada untuk masing-masing item pekerjaan. Dalam analisa harga satuan pekerjaan ini juga ditambahkan biaya overhead dan profit yang besarnya 15% dari jumlah biaya bahan ditambah tenaga dan peralatan.

A. 2.2.1.4. Pengukuran dan pemasangan 1 m' *Bouwplank*

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,10		
	Tukang Kayu	L.02	OH	0,10		
	Kepala Tukang	L.03	OH	0,01		
	Mandor	L.04	OH	0,005		
				JUMLAH TENAGA KERJA		
B	BAHAN					
	Kayu balok 5/7		m ³	0,12		
	Paku 2"-3"		Kg	0,02		
	Kayu papan 3/20		m ³	0,007		
				JUMLAH HARGA BAHAN		
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh 15 %)				15% x D	
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

Gambar 3. 2 Contoh Tabel Analisa Harga Pekerjaan

4. Perhitungan biaya tiap pekerjaan
Setelah didapatkan volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan, maka selanjutnya ialah mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan, sehingga didapat biaya untuk tiap pekerjaan, dan
5. Rekapitulasi
Rekapitulasi adalah jumlah masing-masing sub item pekerjaan dan kemudian ditotalkan sehingga didapatkan total biaya pekerjaan.

3.3.7 Total Biaya Proyek

Total biaya proyek adalah jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Kedua-duanya berubah 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 (Soeharto, 1995).

3.4 Produktivitas Tenaga Kerja Dan Kebutuhan Tenaga Kerja

Menurut Husen (2010) produktivitas kelompok pekerja adalah kemampuan tenaga kerja dalam menyelesaikan pekerjaan (satuan volume pekerjaan) yang dibagi dalam satuan waktu, jam atau hari. Produktivitas dapat digunakan untuk menentukan jumlah tenaga kerja serta upah yang harus dibayarkan.

Untuk menentukan jumlah tenaga kerja (*resource*) yang akan ditambahkan dibutuhkan nilai produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan yang akan dilakukan percepatan (*crashing*). Produktivitas tenaga kerja bisa dicari dengan menggunakan rumus.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas tenaga kerja} &= \frac{1}{\text{koef.tenaga kerja}} \\ \text{Jumlah tenaga kerja} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Kapasitas Kerja} \times \text{Durasi Pekerjaan}} \end{aligned}$$

3.4.1 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja

Variabel-variabel yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan dapat dikelompokkan menjadi (Soeharto, 1995).

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. Pekerja langsung versus subkontraktor, dan
8. Kepadatan tenaga kerja.

3.4.2 Faktor yang dipertimbangkan dalam Merencanakan Tenaga Kerja

Menurut Husen (2010) faktor yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan tenaga kerja adalah.

1. Produktivitas tenaga kerja,
2. Jumlah tenaga kerja pada periode yang paling maksimal,
3. Jumlah tenaga kerja tetap dan tidak tetap.

3.5 Percepatan Durasi Proyek

Menurut Syah (2004) *crash program* atau percepatan pelaksanaan pekerjaan berarti memperpendek umur (pelaksanaan) proyek. Besarnya/jumlah umur proyek sama dengan besarnya/jumlah waktu yang ada pada suatu lintasan kritis. Percepatan pelaksanaan pekerjaan berarti upaya memperpendek lintasan kritis pada jaringan rencana kerja yang bersangkutan.

Sementara menurut Husen (2010) *project crashing* dilakukan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu dan biaya dan dengan menambah jumlah *shift* kerja, jumlah jam kerja, jumlah tenaga kerja, jumlah ketersediaan bahan, serta memakai peralatan yang lebih produktif dan metode instalasi yang lebih cepat sebagai komponen biaya *direct cost*. *Project crashing* atau *crash program* dilakukan dengan cara perbaikan jadwal menggunakan *network planning* yang berada pada lintasan kritis. Konsekuensi *project crashing* adalah meningkatnya biaya langsung (*direct cost*).

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

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 canggih,

2. Biaya normal

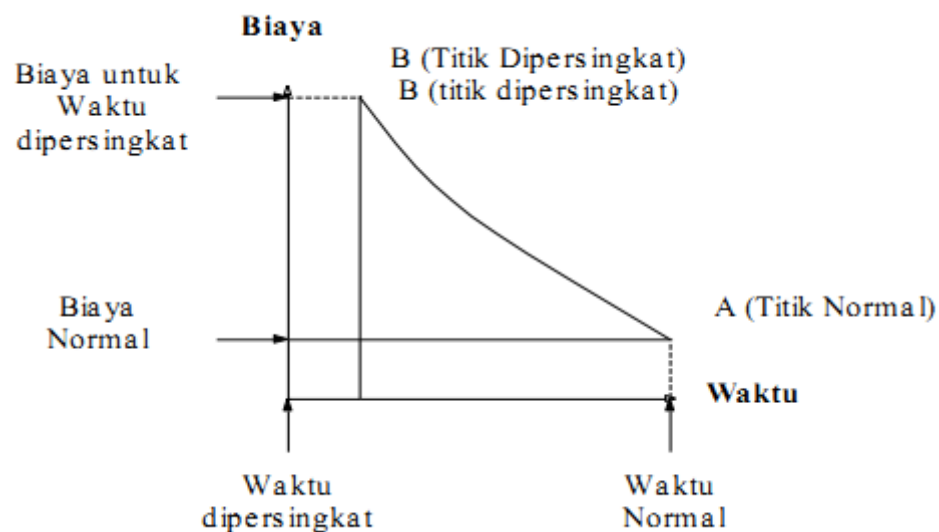
Adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal,

3. Kurun waktu dipersingkat (*crash time*)

Adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Disini dianggap sumber daya bukan merupakan hambatan, dan

4. 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 : Iman Soeharto, 1995)

3.5.1 Cost Slope

Dengan adanya percepatan durasi pelaksanaan pada aktivitas tertentu, maka akan terjadi pertambahan biaya akibat percepatan durasi tersebut. Pertambahan biaya percepatan tersebut tergantung besarnya durasi percepatan yang direncanakan.

Cost slope (slope biaya) adalah penambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu (Soeharto, 1995).

3.5.2 Ringkasan Prosedur Mempersingkat Durasi Proyek

Prosedur untuk mempersingkat durasi proyek menurut Soeharto, (1995) adalah sebagai berikut.

1. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan identifikasi float dengan CPM, 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 mungkin dapat dipakai untuk mengulur waktu kegiatan yang bersangkutan untuk 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. Buat tabulasi biaya versus waktu,
10. Hitung biaya tidak langsung proyek, dan
11. Jumlahkan biaya langsung dan tidak langsung untuk mencari biaya total.

3.6 Jaringan Rencana Kerja

Jaringan Rencana Kerja (*Network Planning*) pada prinsipnya merupakan 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 pekerjaan lainnya selesai (Soeharto, 1995).

Proses penyusunan jaringan kerja dilakukan secara berulang-ulang sebelum sampai pada suatu perencanaan atau jadwal yang dianggap cukup realistis. Selain dapat mengetahui perkiraan waktu penyelesaian proyek, dengan jaringan kerja ini juga dapat diketahui sifat kegiatan kritis atau kegiatan tidak kritis. Untuk menyusun *network diagram* diperlukan tahapan-tahapan berikut ini (Herawati, 2013).

1. Menginventarisasi kegiatan proyek kedalam urutan-urutan kegiatan.
Beberapa kegiatan yang akan membantu dalam penyusunan urutan kegiatan pada *network planning* PDM yaitu.
 - a. kegiatan apa yang dimulai terlebih dahulu,
 - b. kegiatan apa yang selanjutnya dikerjakan,
 - c. adakah kegiatan yang dapat dikerjakan secara bersamaan, dan
 - d. perlukah mulainya kegiatan tertentu menunggu kegiatan yang lain.
2. Menentukan hubungan ketergantungan antar kegiatan yang logis menurut keterangan tersebut menggunakan empat konstrain yaitu : SS, FS,SF, dan FF,
3. Membuat denah *node* sesuai jumlah kegiatan dengan kurun waktu yang bersangkutan, menghubungkan *node-node* tersebut dengan anak panah sesuai dengan ketergantungan dan konstrain, selanjutnya menyelesaikan diagram PDM dengan melengkapi simbol yang diperlukan,
4. Mengalokasikan data-data tiap kegiatan, meliputi lama kegiatan(durasi), biaya dan sumber daya yang akan dikendalikan,
5. Analisis waktu untuk mengetahui saat mulai paling awal (ES), saat mulai paling akhir (LS), saat selesai paling awal (EF), dan saat selesai paling akhir (LF),
6. Analisis sumber daya manusia untuk mengetahui tingkat kebutuhan sumber daya manusia sehingga selalu siap digunakan dalam melaksanakan kegiatan,
7. Diinventarisasi batasan-batasan yang tidak boleh dilanggar, baik mengenai waktu maupun distribusi penggunaan sumber dayanya, dan
8. Memecahkan permasalahan yang timbul akibat tidak sesuainya kegiatan ideal dengan batasan yang masih berlaku.

Setelah terusun jaringan kerja selanjutnya menghitung waktu penyelesaian proyek. Pada umumnya, total waktu penyelesaian proyek tidak sama dengan total jumlah kurun waktu masing-masing komponen kegiatan karena bisa saja terjadi kegiatan yang dapat dilaksanakan secara bersamaan. Adanya *network diagram* ini dapat dapat melihat kaitan antar satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya, sehingga bila terjadi keterlambatan pada suatu kegiatan dapat segera dilihat kegiatan apa saja yang mempengaruhinya dan seberapa besar pengaruhnya terhadap pekerjaan yang lain. Diagram kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah PDM (*Precedence Diagram Method*).

3.7 Precedence Diagram Method (PDM)

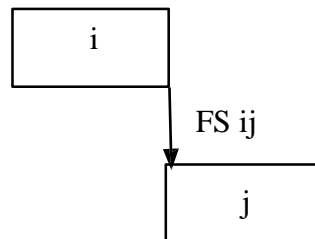
PDM merupakan jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON (*Activity On Node*), dimana kegiatan ditulis dengan noda dan anak panah sebagai penunjuk antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan dalam PDM terdapat pekerjaan tumpang tindih (*overlapping*), sehingga dalam PDM tidak mengenal istilah kegiatan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

Jalur kritis pada PDM mempunyai sifat AON (*Activity On Node*), yaitu sebagai berikut: (Soeharto, 1995).

1. Waktu mulai awal dan akhir harus sama ($ES=LS$),
2. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ($EF=LF$),
3. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal ($D=LF-ES$), dan
4. Bila hanya sebagian dari ketiga syarat diatas terpenuhi, maka kegiatan tersebut acara utuh dianggap kritis.

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

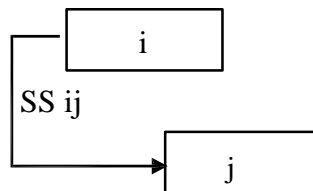
1. *Finish to Start* (FS), yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya.



Gambar 3. 4 Konstrain FS

2. *Start to Start* (SS)

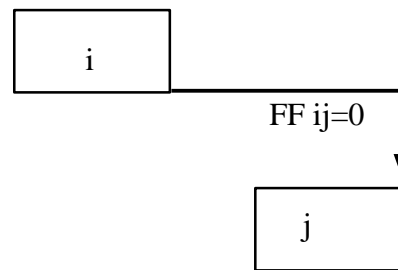
Start to Start yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas sesudahnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu antar kedua aktivitas tersebut disebut lag.



Gambar 3. 5 Konstrain SS

3. *Finish to Finish* (FF)

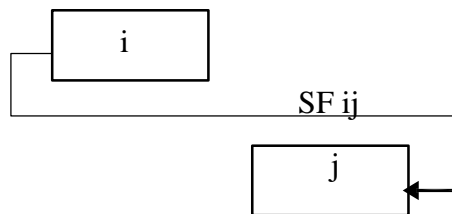
Finish to Finish yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya selesainya aktivitas sebelumnya. Selang waktu dimulainya kedua aktivitas tersebut disebut lag. Jika $FF(ij)=0$ artinya kedua aktivitas (i dan j) dapat selesai bersamaan. Selanjutnya dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3. 6 Konstrain 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 SF

Dalam menyusun jaringan PDM khususnya dalam menentukan urutan ketergantungan, terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan diantaranya.

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

3.8 Perencanaan Waktu Dalam PDM

Parameter yang digunakan dalam perhitungan metode diagram akan dijelaskan sebagai berikut ini.

1. $TE=E$ adalah waktu paling awal peristiwa (*node/event*) dapat terjadi,

2. $TL=L$ adalah waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi,
3. ES, adalah waktu mulai paling awal suatu kegiatan,
4. LS, adalah waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai,
5. LF, adalah waktu paling akhir kegiatan boleh selesai,
6. D = Durasi, kurun waktu suatu kegiatan, umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan dan lain-lain.

Tenggang waktu total (total float) adalah jumlah waktu tenggang yang didapat bila semua kegiatan yang mendahuluinya dimulai pada waktu sedini mungkin dan semua kegiatan yang mengikutinya terlaksana pada waktu yang paling lambat.

Rumusan yang digunakan dalam perhitungan waktu pada penyusunan *network planning* dengan metode PDM adalah sebagai berikut .

1. Hitungan maju

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. Hitungan mundur

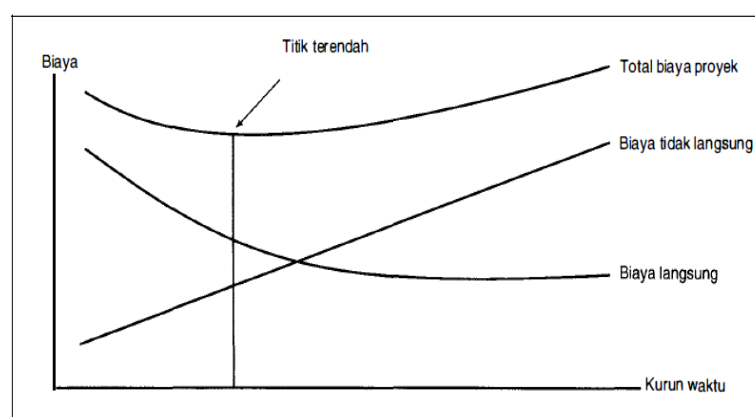
Rumusan perhitungan mundur adalah sebagai berikut.

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. 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 Biaya Dan Waktu

Biaya total proyek merupakan hasil dari penjumlahan biaya langsung dan tak langsung yang digunakan selama kegiatan proyek berlangsung. Besarnya biaya

proyek yang keluar sangat tergantung pada waktu (durasi) penyelesaian proyek. Pada umumnya semakin lama kegiatan proyek berlangsung maka semakin banyak pula biaya yang harus dikeluarkan. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tapi pada umumnya semakin lama proyek berjalan makin tinggi komulatif biaya tidak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1995). Hubungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total akan ditunjukkan pada suatu grafik.



Gambar 3. 8 Grafik hubungan waktu dan biaya total
(Sumber: Soeharto, 1995)

3.10 Microsoft Project

Microsoft Project merupakan alat bantu atau tools yang dapat membantu dalam penyusunan perencanaan dan pemantauan jadwal suatu proyek. Program ini akan memudahkan pengguna dalam merencanakan penjadwalan pada suatu proyek secara terperinci.

Untuk pekerjaan pengendalian waktu pada suatu proyek program ini memberikan kemudahan dalam penyimpanan data, mencatat data, dan masukan (*progress input*), sehingga memudahkan penilaian mengenai status proyek. Program ini juga mempermudah dalam melakukan peramalan serta perencanaan langkah-langkah penyelesaian pada proyek yang mengalami keterlambatan bahkan pelaksanaan proyek dapat dipercepat dari durasi yang direncanakan.

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*.

Pada pengelolaannya *microsoft project* menggabungkan tiga metode penjadwalan yang telah dikenal dalam manajemen konstruksi yaitu sebagai berikut.

1. PERT (*Program Evaluation Review Technique*),
2. PDM (*Precedence Diagram Method*), dan
3. *Gant Chart*

