

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen Proyek

Manajemen proyek terdiri dari dua kata yaitu “Manajemen” dan “Proyek”. Husen (2009) menyatakan “manajemen 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. Proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan.”

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Ervianto, 2005).

Dari berbagai pengertian menurut para ahli yang telah disebutkan diatas mengenai manajemen proyek dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek adalah suatu usaha atau proses kegiatan yang dilakukan untuk mencapai tujuannya secara efisien dan efektif guna memanfaatkan sumber daya yang telah diperoleh. Usaha tersebut merupakan bagian dari proses atau rangkaian yang dilakukan secara berurutan.

3.1.1 Unsur-unsur Manajemen Proyek

Husen (2009) terdapat beberapa unsur dalam manajemen proyek dengan tujuan memenuhi sasaran yang hendak dicapai dalam optimasi biaya, mutu, waktu, dan keselamatan. Unsur-unsur tersebut adalah sebagai berikut.

1. Perencanaan (*Planning*)

Pada kegiatan yang dilakukan untukantisipasi tugas dan kondisi yang ada dengan menetapkan sasaran dan tujuan yang harus dicapai serta menentukan kebijakan pelaksanaan, program yang akan dilakukan, jadwal

waktu pelaksanaan, prosedur pelaksanaan secara administratif dan operasional serta alokasi anggaran biaya dan sumber daya.

Perencanaan harus dibuat dengan cermat, lengkap, terpadu dan dengan meminimalisir tingkat kesalahan. Namun hasil perencanaan bukanlah dokumen yang bebas dari koreksi karena sebagai acuan bagi tahapan pelaksanaan dan pengendalian harus terus disempurnakan.

2. Pergorganisasian (*Organizing*)

Tahap ini merupakan tahapan identifikasi dan pengelompokan jenis-jenis pekerjaan, menentukan pendelegasian dan tanggung jawab personel dan dasar bagi hubungan masing-masing unsur organisasi. Struktur organisasi yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan kerangka penjabaran tugas personel penanggung jawab yang jelas, serta kemampuan personel yang sesuai keahliannya, akan diperoleh hasil positif bagi organisasi.

3. Pelaksanaan (*Actuating*)

Unsur pada tahap ini merupakan implementasi dari perencanaan yang telah ditetapkan dengan melakukan tahapan pekerjaan yang sesungguhnya secara fisik atau nonfisik sehingga produk akhir sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan. Dalam tahap ini sering ditemukan adalahnya perubahan pada perencanaan dari yang telah ditetapkan.

4. Pengendalian (*Controlling*)

Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa program dan aturan kerja yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan penyimpangan paling minimal dan hasil paling memuaskan. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini dapat berupa pengawasan, pemeriksaan dan koreksi yang dilakukan selama proses implementasi.

3.1.2 Aspek-aspek Dalam Manajemen Proyek

Menurut Dimiyati & Nurjaman (2014), Dalam manajemen proyek hal yang perlu dipertimbangkan agar *output* proyek sesuai dengan sasaran dan tujuan yang direncanakan adalah mengidentifikasi berbagai masalah dalam manajemen proyek serta membutuhkan penanganan yang cermat adalah sebagai berikut.

1. Keuangan

Masalah ini berkaitan dengan pengeluaran pembiayaan proyek. Keuangan dapat berasal dari modal sendiri, pinjaman dari bank atau investor dalam jangka pendek dan jangka panjang.

2. Anggaran biaya

Masalah ini berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proyek berlangsung. Perencanaan yang matang dan terperinci akan memudahkan proses pengendalian biaya sehingga biaya yang dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang direncanakan.

3. Manajemen Sumber Daya Manusia

Masalah ini berkaitan dengan kebutuhan dan alokasi SDM selama proyek berlangsung. Agar tidak menimbulkan masalah yang kompleks, perencanaan SDM didasarkan atas organisasi proyek yang dibentuk sebelumnya dengan melakukan langkah proses *staffing* SDM, deskripsi kerja, perhitungan beban kerja, deskripsi wewenang dan tanggung jawab SDM, serta penjelasan tentang sasaran dan tujuan proyek.

4. Manajemen Produksi

Masalah ini berkaitan dengan hasil akhir proyek. Hasil akhir proyek negatif apabila proses perencanaan dan pengendaliannya tidak baik. Agar hal ini tidak terjadi, diperlukan usaha untuk meningkatkan produktivitas SDM, meningkatkan efisiensi proses produksi dan kerja, serta meningkatkan kualitas produksi melalui jaminan dan pengendalian mutu.

5. Harga

Masalah ini timbul karena kondisi eksternal dalam hal persaingan harga yang dapat merugikan perusahaan, misalnya karena produk yang dihasilkan membutuhkan biaya produksi yang lebih tinggi dan kalah bersaing dengan produk lain.

6. Efektivitas dan efisiensi

Masalah ini dapat merugikan apabila fungsi produk yang dihasilkan tidak terpenuhi atau tidak efektif atau faktor efisiensi tidak terpenuhi sehingga usaha produksi membutuhkan biaya besar.

7. Pemasaran

Masalah ini berkaitan dengan perkembangan faktor eksternal sehubungan dengan persaingan harga, strategi promosi, mutu produk, serta analisis pasar yang salah terhadap produksi yang dihasilkan.

8. Mutu

Masalah ini berkaitan dengan kualitas produk akhir yang akan meningkatkan daya saing serta memberikan kepuasan pelanggan.

9. Waktu

Masalah waktu dapat menimbulkan kerugian biaya apabila pengerjaan proyek lebih lambat dari yang direncanakan dan sebaliknya akan menguntungkan apabila dapat dipercepat.

3.2 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek progres waktu untuk penyelesaian proyek (Husen, 2009). 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.

Husen (2009) Dalam penjadwalan proyek, terdapat manfaat-manfaat yang bisa diperoleh secara umum seperti berikut.

1. Memberikan pedoman terhadap pekerjaan/kegiatan mengenai batasan waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing pekerjaan.
2. Memberikan sarana kepada manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan saran untuk dapat menilai kemajuan dari suatu pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum atau tepat waktu yang telah direncanakan.

5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan saran penting dalam pengendalian suatu proyek.

Dalam manajemen konstruksi terdapat beberapa perangkat yang dapat digunakan untuk memantau jalannya kegiatan suatu proyek dan memperoleh informasi yang diperlukan. Soeharto (1997) Jenis-jenis pada penjadwalan yaitu sebagai berikut.

1. Penjadwalan Deterministik: Jaringan yang saling terhubung dengan dependensi yang menggambarkan pekerjaan yang akan dilakukan, masa kerja dan rencana penyelesaian proyek dalam kata lain estimasi waktu aktivitas tersebut dianggap diketahui dengan pasti. Adapun metode penjadwalan deterministik antara lain CPM (*Critical Path Method*), *Arrow Diagram*, *Time Scale Diagram*, dan *Precedence Diagram Method (PDM)*, *Bar/Gantt Chart*, *Line Diagram*.
2. Penjadwalan Probabilistik: Jaringan dengan semua elemen dari rencana deterministik, tetapi jangka waktu adalah variabel-variabel acak atau dengan mempertimbangkan ketidakpastian (kemungkinan). Adapun contoh dari penjadwalan probabilistik adalah PERT, dan Montecarlo.

3.3 Metode Penjadwalan Proyek

Terdapat beberapa metode penjadwalan yang dapat digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek. Setiap metode terdapat kelebihan dan kekurangannya masing-masing yang didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan. Variabel yang mempengaruhi kinerja proyek juga perlu dimonitor seperti mutu, keselamatan kerja, ketersediaan peralatan dan material.

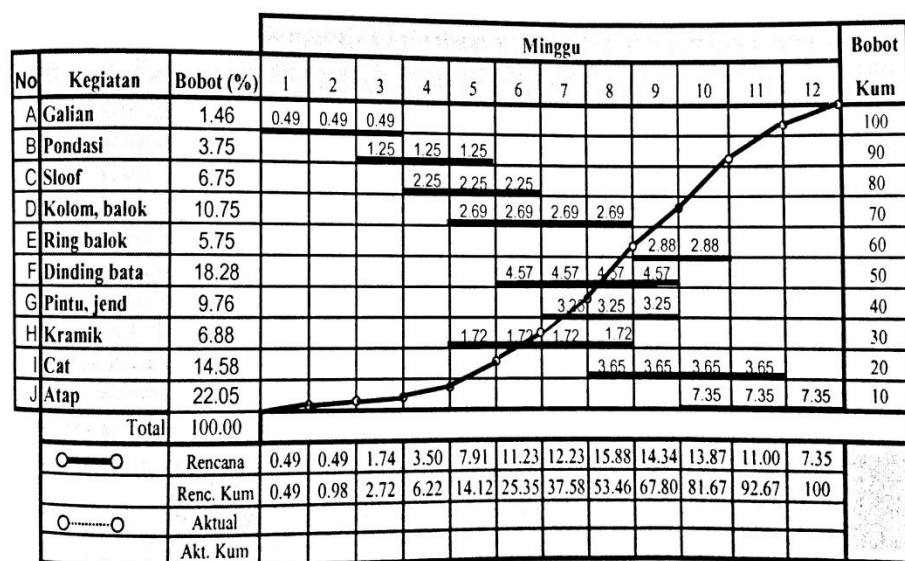
3.3.1 Bar Chart

Bar chart atau bagan balok yang diperkenalkan oleh H.L. Gantt pada tahun 1917 dianggap belum pernah ada prosedur yang sistematis dan analitis dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek. Bagan balok disusun dengan tujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan kegiatan dalam

merencanaakan suatu aktivitas yang terdiri dari waktu mulai dan penyelesaian. Dikareanakan bagan balok mudah dibuat dan dipahami, maka masih digunakan secara luas baik berdiri sendiri atau dikombinasikan dengan metode lain sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek. Soeharto (1997) metode bagan balok mudah dibuat dan dipahami dan sangat berfaedah sebagai alat perencanaan dan komunikasi bila digabungkan dengan grafik “S”. Namun metode ini terbatas karena kendala-kendala sebagai berikut.

1. Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan yang lain, sehingga akan sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.
2. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaharuan karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan baru.
3. Untuk proyek yang berukuran sedang dan besar, terlebih bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan menghadapi kesulitan menyusun sedemikian besar jumlah kegiatan yang mencapai puluhan irbu, dan memiliki keterkaitan tersendiri.

Untuk contoh metode bagan balok (*bar chart*) yang dikombinasikan oleh kurva s dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Bagan Balok (*Bar chart*)

Sumber: (Husen, 2009)

3.3.2 Metode *Network Planning*

Network Planning diperkenalkan sekitar tahun 50-an oleh tim perusahaan Du-pont dan Rand Corporation untuk mengembangkan suatu sistem kontrol manajemen (Husen, 2009). *Network Planning* atau jaringan kerja adalah salah satu metode berbentuk *diagram network* yang dapat digunakan untuk membantu mengetahui berbagai masalah, khususnya dalam perencanaan penjadwalan dan pengendalian proyek seperti jalur kritis yang dimana harus diutamakan. Metode ini relatif lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis. Husen (2009) Adapun manfaat penerapan *Network Scheduling* yang diperoleh sebagai berikut.

1. Penggambaran logika hubungan antar kegiatan serta membuat perencanaan proyek menjadi lebih rinci dan detail.
2. Dengan memperhitungkan dan mengetahui waktu terjadinya setiap kejadian yang ditimbulkan oleh satu atau beberapa kegiatan, kesukaran-kesukaran yang bakal timbul dapat diketahui jauh sebelum terjadi sehingga tindakan pencegahan yang diperlukan dapat dilakukan.
3. Dalam *network* dapat terlihat jelas waktu penyelesaian yang dapat ditunda atau ditepati.
4. Membantu mengomunikasikan hasil *network* yang ditampilkan.
5. Memungkinkan dicapainya hasil proyek yang lebih ekonomis dari segi biaya langsung (*direct cost*) serta penggunaan sumber daya.
6. Berguna untuk menyelesaikan *legal claim* yang diakibatkan pekerjaan, menganalisis *cashflow*, dan pengendalian biaya.
7. Menyediakan kemampuan analisis untuk mencoba mengubah sebagian dari proses, lalu mengamati efek terhadap proyek secara keseluruhan.
8. Terdiri atas metode *Activity On Arrow* dan *Activity On Node/Precedence Diagram Method*.

Didalam *network planning* terdapat beberapa metode yang sering dipergunakan dalam membuat penjadwalan proyek yang sering ditemui, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. *Program Evaluation Review Technique* (PERT)

Didalam suatu manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar atau tolak ukur dalam penyusunan jadwal, kebutuhan sumber daya, anggaran serta menjadi dasar bagi proses pengendalian proyek. *Program Evaluation Review Technique* (PERT) memiliki banyak kesamaan dengan metode CPM dan PDM. Seperti halnya CPM dan PDM, metode PERT menggunakan teknik diagram AOA (*Diagram On Arrow*), yang berarti *arrow* atau panah digunakan sebagai penggambaran kegiatan dan *node* menggambarkan *event*. PERT berorientasi pada *event* (*event-oriented technique*) yang berarti bahwa komputasi dilakukan terhadap waktu kejadian (*event times*), akan tetapi CPM dan PDM berorientasi terhadap waktu kegiatan (*task-oriented*) yang berarti bahwa komputasi dilakukan terhadap waktu kegiatan (*ask times*) (Ervianto, 2004).

Ervianto (2004) Dalam metode PERT, diperoleh tiga buah estimasi durasi setiap kegiatan, sedangkan pada CPM dan PDM hanya diperoleh satu estimasi durasi. Untuk ketiga estimasi tersebut adalah sebagai berikut.

a. *Optimistic Estimate* (to)

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan jika segala sesuatunya berjalan dengan baik. Waktu optimis juga sering disebut sebagai batas bawah dimana waktu tersingkat bagi penyelesaian kegiatan.

b. *Pessimistic Estimate* (tp)

Durasi yang duibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan jika segala sesuatunya dalam kondisi buruh (tidak mendukung). Waktu pesimis juga sering disebut sebagai batas atas dimana waktu terlama dalam penyelesaian kegiatan.

c. *Most Likely Estimate* (tm)

Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan diantara *optimistic estimate* dan *pessimistic estimate* atau yang dikenal dengan *median duration*. Dengan kata lain adalah waktu penyelesaian yang memiliki probabilitas tertinggi berdasarkan estimator.

Menurut Render & Haizer (2004), terdapat beberapa komponen PERT diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. Kegiatan (*Activity*)
Bagian dari keseluruhan pekerjaan yang dilaksanakan atau kegiatan waktu dan sumber daya serta mempunyai waktu mulai dan waktu berakhirnya kegiatan.
- b. Persitiwa (*Event*)
Tanda sebagai permulaan dan akhir dari suatu kegiatan. Biasanya peristiwa tersebut digambarkan dengan suatu lingkaran atau nodes yang kemudian diberi urutan kegiatan dengan nomor – nomor yang lebih kecil bagi peristiwa – peristiwa yang mendahuluinya dan dihubungkan dengan menggunakan anak panah.
- c. Waktu Kegiatan (*Activity Time*)
Suatu unsur yang merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang harus dilakukan.
- d. Waktu Mulai dan Waktu Berakhir
Sama halnya dengan CPM dan PDM, PERT juga memiliki waktu mulai dan waktu berakhir yang terdiri dari waktu mulai paling awal (ES), waktu mulai paling lambat (LS), waktu selesai paling awal (EF) dan waktu selesai paling lambat (LF).
- e. Kegiatan Semu (*Dummy*)
Suatu kegiatan yang tidak benar – benar ada dan biasanya ditunjukkan dengan garis putus – putus.

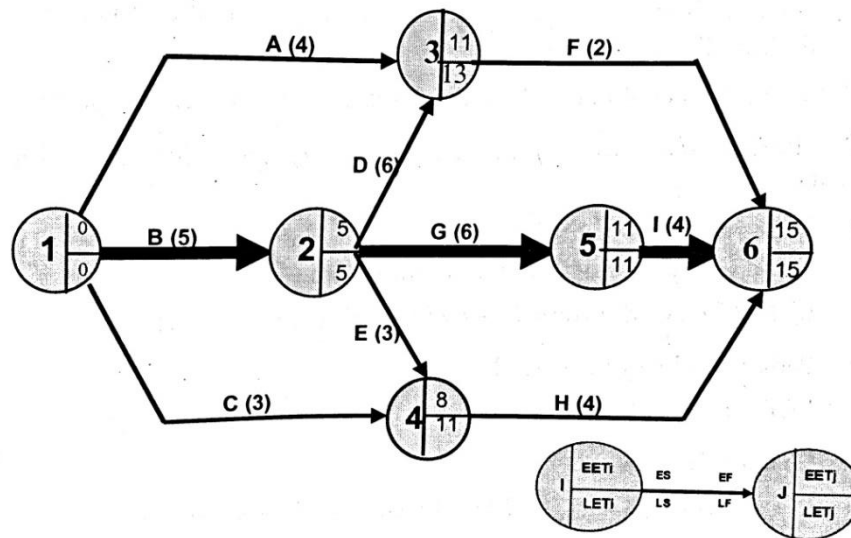
2. *Critical Path Method (CPM)*

Critical Path Metode (CPM) merupakan suatu metode dengan menggunakan diagram anak panah dalam menentukan lintasan kritis, sehingga disebut juga metode lintasan kritis. CPM atau *activity on arrow (AOA)* digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa (Soeharto 1997). Metode CPM sangat bermanfaat dalam perencanaan dan pelaksanaan pengawasan dikarenakan banyak permasalahan

yang dapat diatasi dengan penggunaan metode lintasan kritis. Dalam proses perencanaan dan pengawasan dengan sistem ini turut diperhitungkan dan dimasukkan konsep biaya yang lebih mendetail sehingga memungkinkan pelaksanaan pembangunan proyek lebih singkat dan ekonomis (Nurhayati, 2010).

Husen (2009) metode AOA atau CPM ini memiliki karakteristik sebagai berikut.

- a. Diagram *network* dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan node-nya menggambarkan peristiwa/event. Node pada awal anak panah ditentukan sebagai I-Node dan pada akhir anak panah ditentukan sebagai J-Node dengan hubungan keterkaitannya sebagai *Finish-Start*.
- b. Menggunakan perhitungan maju (*forward pass*) untuk memperoleh waktu mulai paling awal atau yang disebut EETi (*Earliest Event Time Node I*) pada I-Node dan waktu mulai paling awal EETj (*Earliest Event Time Node J*) pada J-Node dengan mengambil nilai maksimum. Begitu juga dengan nilai yang terdapat seperti dibawah ini.
 - 1) ES (*Earliest Start*) merupakan waktu paling cepat untuk memulai kegiatan.
 - 2) EF (*Earliest Finish*) merupakan waktu paling cepat untuk akhir kegiatan.
- c. Menggunakan perhitungan mundur (*backward pass*) untuk memperoleh waktu selesai paling lambat LETi (*Latest Event Time Node I*) pada I-Node dan waktu selesai paling lambat LETj (*Latest Event Time Node J*) pada J-Node dengan mengambil nilai minimum. Begitu juga dengan nilai yang terdapat seperti dibawah ini.
 - 1) LS (*Latest Start*) merupakan waktu paling lambat untuk memulai kegiatan.
 - 2) LF (*Latest Finish*) merupakan waktu paling lambat untuk akhir kegiatan.



Gambar 3.2 Diagram AOA Dengan Metode CPM

Sumber: (Husen, 2009)

- d. Tidak boleh ada 2 kegiatan dalam 2 peristiwa, sehingga untuk menghindari digunakannya kegiatan fiktif/*dummy* yang tidak memiliki durasi.
- e. Menggunakan satu pendekatan jenis durasi pada kegiatannya. Lintasan kritis merupakan lintasan dengan kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai total float, $TF = 0$.
- f. Float merupakan toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya.

1) TF (*Total Float*)

Waktu tenggang maksimum dimana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa adanya penundaan waktu pada penyelesaian proyek. TF berguna untuk menentukan lintasan kritis dimana lintasan kritis digunakan untuk mempercepat durasi proyek apabila $TF = 0$

$$Tf_{ij} = LET_j - EET_i - Durasi_{ij} \text{ (Event Oriented)}$$

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

2) FF (*Free Float*)

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling awal peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut. FF

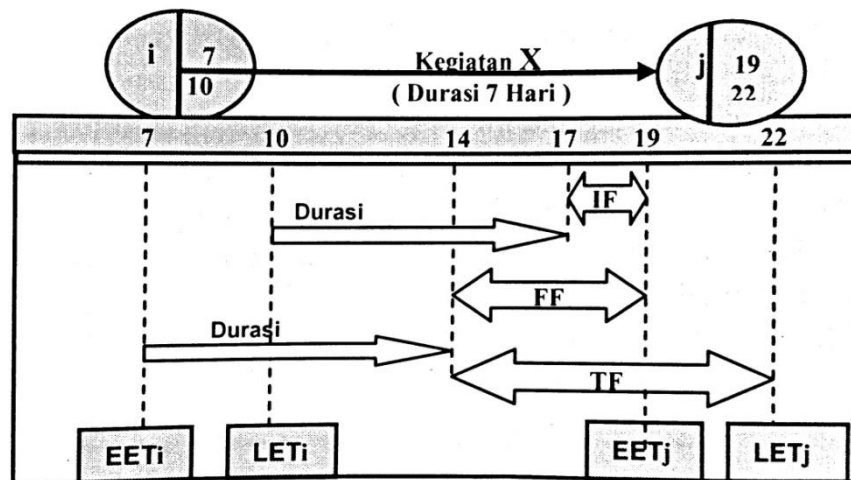
berguna untuk alokasi sumber data dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain.

$$FF_{ij} = EET_j - EET_i - \text{Durasi}_{ij}$$

3) IF (*Independent Float*)

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling lambat peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut.

$$IF_{ij} = EET_j - LET_i - \text{Durasi}_{ij}$$



Gambar 3.3 Variasi *Float* Dari Suatu Kegiatan

Sumber: (Husen, 2009)

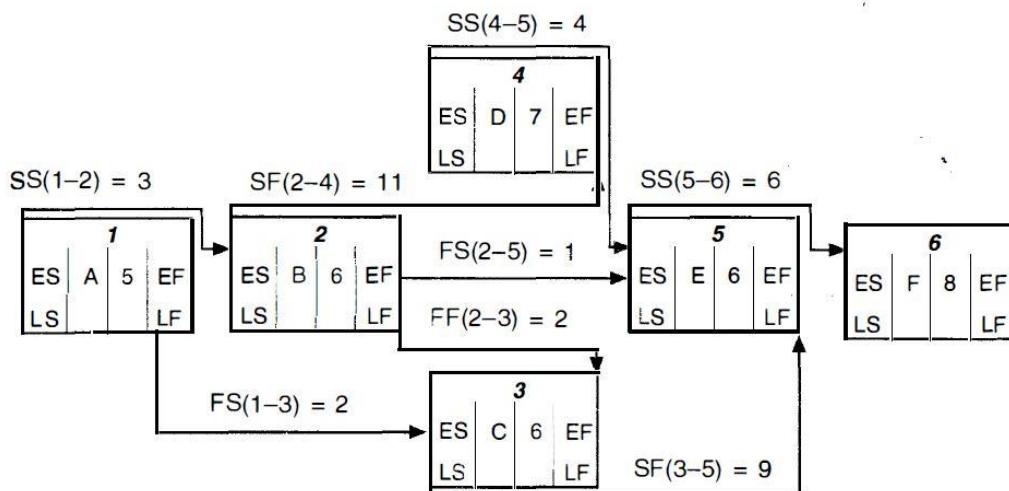
3. *Precedence Diagram Method* (PDM)

Precedence Diagram Method (PDM) adalah salah satu metode penjadwalan proyek dimana kegiatan tersebut dituliskan didalam *node* yang pada umumnya berbentuk segiempat dengan anak panah sebagai petunjuk untuk menghubungkan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto, 1997). PDM pada dasarnya menitikberatkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek. Selain itu, PDM juga mempertimbangkan antara hubungan ketergantungan antar aktivitas dan durasi setiap aktivitas. Dengan menggunakan metode jaringan PDM, dapat mengetahui dan menentukan jalur kritis dan kurun waktu penyelesaian suatu proyek.

Menurut Ervianto (2005), terdapat beberapa kelebihan PDM dibandingkan dengan *Arrow Diagram Method*, kelebihan tersebut adalah sebagai berikut.

- Tidak memerlukannya kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pada proses pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana.
- Hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa perlu menambahkan jumlah kegiatan.

Pada sebuah kegiatan dalam *precedence diagram method* diwakili oleh sebuah lambang atau yang sering disebut sebagai nodes yang mudah diidentifikasi. Untuk contoh nodes tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.4 Contoh Nodes Kegiatan

(Sumber: Soeharto, 1997)

Untuk menghubungkan antar kegiatan didalam metode ini ditunjukkan oleh sebuah garis penghubung (anak panah) yang dapat dimulai dari kegiatan kiri ke kanan ataupun dari kegiatan atas ke bawah. Namun pada umumnya tidak pernah dijumpai akhir dari garis penghubung kegiatan berada di sisi kiri atau atas sebuah kegiatan.

Seperti halnya metode jaringan lainnya, dalam penggunaan metode PDM juga memiliki bagian vital yaitu berupa jalur kritis atau *Critical Path Analysis*. Jalur kritis adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek, yang bila terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan sehingga kegiatan yang berada pada jalur tersebut dinamakan kegiatan kritis (Soeharto, 1997). Dengan kata lain, kegiatan kritis adalah kegiatan yang tidak

memiliki *float time*. *Float time* adalah tenggang waktu dari suatu kegiatan tertentu yang bukan merupakan kegiatan kritis (nonkritis) dari proyek.

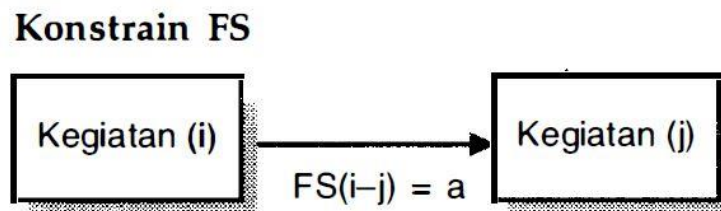
Langkah-langkah untuk penyusunan jaringan PDM tersebut adalah sebagai berikut.

- Membuat denah node sesuai dengan jumlah kegiatan.
- Menentukan urutan kegiatan, konstrain, dan melengkapi atribut pada node.
- Menghubungkan node-node tersebut dengan anak panah sesuai dengan ketergantungan dan konstrain.
- Menyelesaikan PDM dengan mengisi bagian dalam node.
- Menghitung ES, EF, LS, LF untuk mengidentifikasi kegiatan kritis, jalur kritis, *float* dan waktu kegiatan penyelesaian proyek.

Secara umum terdapat 4 macam hubungan atau konstrain antar pekerja untuk menghubungkan node, hubungan-hubungan tersebut diantaranya:

- FS = *Finish To Start*

Dimana pekerjaan 2 dapat dimulai setelah pekerjaan 1 selesai.

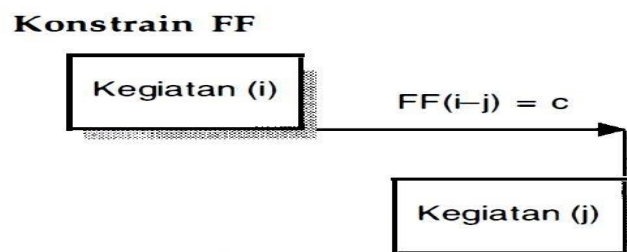


Gambar 3.5 Kegiatan *Finish To Start* (FS)

(Sumber: Soeharto, 1997)

- FF = *Finish To Finish*

Dimana pekerjaan 1 dan 2 selesai dalam waktu yang bersamaan.



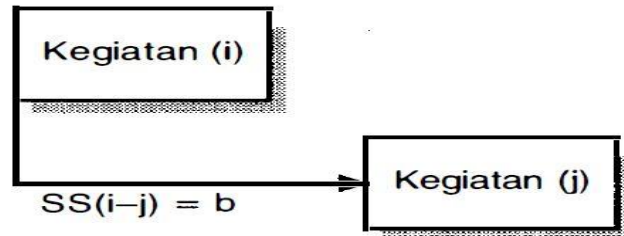
Gambar 3.6 Kegiatan *Finish To Finish* (FF)

(Sumber: Soeharto, 1997)

- c. $SS = \text{Start To Start}$

Dimana pekerjaan 1 dan 2 dimulai dalam waktu yang bersamaan.

Konstrain SS



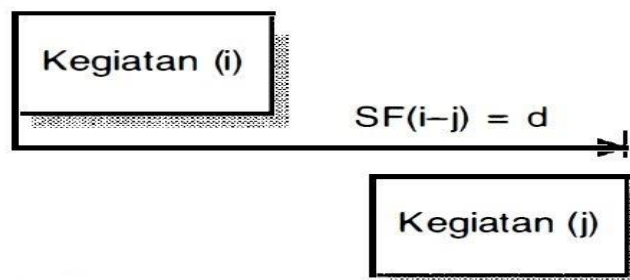
Gambar 3.7 Kegiatan Start To Start (SS)

(Sumber: Soeharto, 1997)

- d. $SF = \text{Start To Finish}$

Dimana pekerjaan 1 baru dapat selesai jika pekerjaan 2 sudah mulai.

Konstrain SF



Gambar 3.8 Kegiatan Start To Finish (SF)

(Sumber: Soeharto, 1997)

Selain keempat konstrain tersebut, terdapat beberapa variabel lainnya seperti ES, EF, LS, LF dan jalur atau kegiatan kritis. Untuk penjelasan tersebut adalah sebagai berikut.

- a. *Earliest Start* (ES)

Earliest Start adalah waktu yang paling cepat untuk memulai kegiatan. Untuk menghitung ES tersebut dapat menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menentukan ES, EF dan durasi waktu penyelesaian proyek.
- 2) ES diambil dari angka terbesar bila lebih dari satu kegiatan bergabung.
- 3) Mencari hitungan maju dari arah kiri ke kanan.

- 4) Notasi (i) untuk kegiatan terdahulu (*Predecessor*) dan (j) untuk kegiatan lanjutan (*Successor*).
- 5) Waktu awal kegiatan dianggap 0 (nol).

Dalam menghitung nilai ES dapat digunakan rumus sebagai berikut.

$$ES (j) = ES (i) + SS (i-j) \text{ atau} \quad (3.1)$$

$$ES (j) = ES (i) + SF (i-j) \text{ atau} \quad (3.2)$$

$$ES (j) = EF (i) + FS (i-j) \text{ atau} \quad (3.3)$$

$$ES (j) = EF (i) + FF (i) \quad (3.4)$$

Keterangan:

ES = *Earliest Start*

EF = *Earliest Finish*

FF = *Finish To Finish*

FS = *Finish To Start*

SF = *Start To Finish*

SS = *Start To Start*

(i) = Kegiatan terdahulu (*Predecessor*)

(j) = Kegiatan lanjutan (*Successor*)

b. *Earliest Finish (EF)*

Earliest Finish adalah waktu yang paling cepat selesainya suatu kegiatan.

Untuk menghitung EF tersebut dapat menggunakan langkah-langkah sama seperti menghitung ES, akan tetapi dengan menggunakan rumus yang berbeda. Rumus tersebut adalah sebagai berikut.

$$EF (j) = ES (j) + D (j) \quad (3.5)$$

Keterangan:

ES = *Earliest Start*

EF = *Earliest Finish*

D = Durasi Kegiatan

(j) = Kegiatan yang sudah ditinjau (*Successor*)

c. *Latest Finish (LF)*

Latest Finish adalah waktu yang paling lambat selesainya suatu kegiatan. Untuk menghitung LF tersebut dapat menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menentukan LS, LF dan kurun waktu *float*.
- 2) Bila terdapat lebih dari satu kegiatan maka LS diambil yang terkecil.
- 3) Nota (i) bagi kegiatan yang sedang ditinjau sedangkan (j) adalah kegiatan berikutnya.
- 4) Mencari hitungan mundur dari arah kanan ke kiri.

Dalam menghitung nilai LS dapat digunakan rumus sebagai berikut.

$$LF (i) = LF (j) - FF (i-j) \text{ atau} \quad (3.6)$$

$$LF (i) = LS (j) - FS (i-j) \text{ atau} \quad (3.7)$$

$$LF (i) = LF (j) - SF (i-j) + D (i) \text{ atau} \quad (3.8)$$

$$LF (i) = LS (j) - SS (i-j) + D (j) \quad (3.9)$$

Keterangan:

LS = *Latest Start*

LF = *Latest Finish*

D = Durasi Kegiatan

(i) = Kegiatan yang sedang ditinjau

d. *Latest Start (LS)*

Latest Start adalah waktu yang paling lambat untuk memulai suatu kegiatan. Untuk menghitung LS tersebut dapat menggunakan langkah-langkah sebagai berikut. Rumus tersebut adalah sebagai berikut.

$$LS (i) = LF (i) - D (i) \quad (3.10)$$

Keterangan:

LS = *Latest Start*

LF = *Latest Finish*

D = Durasi Kegiatan

(i) = Kegiatan yang sedang ditinjau

e. Jalur Dan Kegiatan Kritis

Waktu mulai kegiatan paling awal dan akhir harus sama antara nilai ES dan LS ($ES = LS$). Demikian juga dengan waktu selesai kegiatan paling awal dan akhir harus sama antara EF dan LF ($EF = LF$).

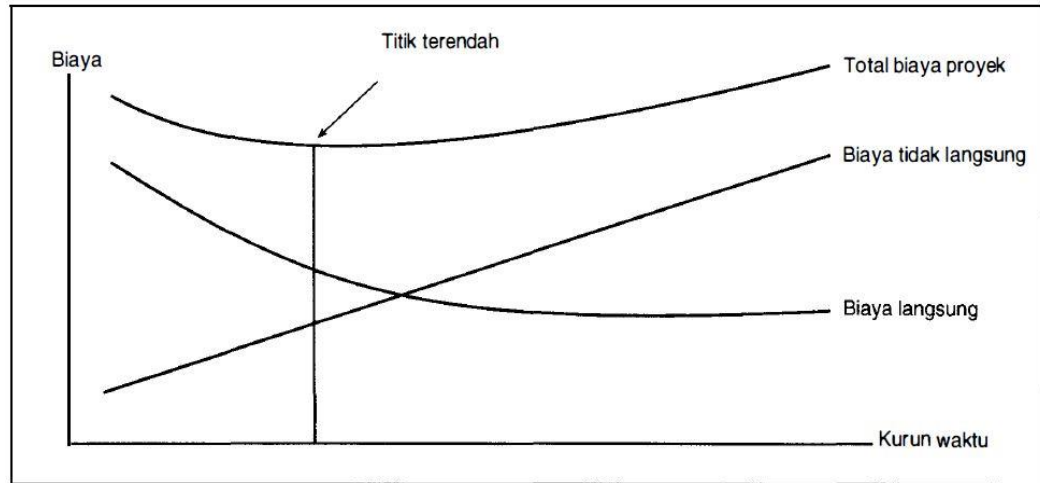
Untuk nilai durasi adalah sama dengan perbedaan waktu yang paling lambat selesai dengan waktu mulai paling cepat ($LF - ES = D$). Jika hanya terdapat sebagian dari kegiatan tersebut bersifat kritis, maka kegiatan tersebut dapat dikatakan kegiatan kritis secara utuh.

3.4 Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*)

Metode *Time cost trade off* ini diperuntukkan demi mengatasi permasalahan pada saat proses penjadwalan. Permasalahan tersebut seperti durasi proyek yang tidak sesuai dengan kontrak rencana, terjadinya keterlambatan pada pelaksanaan dilapangan, menghindari musim/cuaca buruk diakhir proyek, serta terkadang pihak kontraktor melakukan ini untuk mendapatkan bonus apabila penyelesaian proyek dapat selesai lebih cepat. Saat melakukan percepatan pada penjadwalan, sehingga harus menerima konsekuensi yang diterima seperti penambahan pada biaya berupa biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*).

Menurut Soeharto (1997), Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil proyek. Contohnya adalah penyiapan lahan (*site preparation*), biaya pengadaan, perakitan, dan pemasangan peralatan utama, perpipaan, peralatan listrik dan instrumen, fasilitas pendukung, dan pembebasan tanah. Menurut Soeharto (1997), Biaya tidak langsung adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisi, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek. Contohnya adalah gaji tetap dan tunjangan pegawai, kendaraan dan peralatan konstruksi, pengeluaran biaya umum, pembangunan fasilitas sementara, pajak, biaya *overhead*, dan biaya lainnya yang bersifat tidak permanen. Berikut adalah

hubungan antara biaya total, biaya langsung dan tidak langsung, serta biaya optimum.

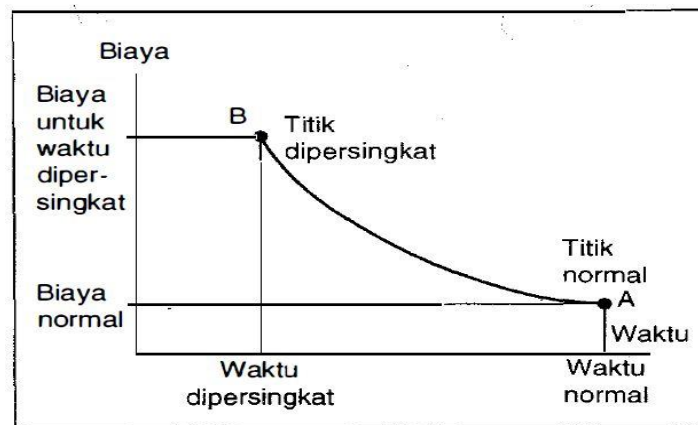


Gambar 3.9 Hubungan Antara Biaya Total, Biaya Langsung dan Tidak Langsung, Serta Biaya Optimum

(Sumber: Soeharto, 1997)

1. *Crashing Method*

Crashing method adalah suatu pertukaran silang antara waktu dan biaya dengan cara menambahkan jumlah jam kerja, *shift* kerja, tenaga kerja, ketersediaan sumber daya atau bahan, peralatan dan metode instalasi yang lebih cepat sebagai komponen biaya *direct cost*. Ervianto (2004) menyatakan “*crashing* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis”. Konsekuensi yang diperoleh adalah peningkatan pada biaya langsung (*direct cost*). Adapun pelaksanaan *Crashing method* dengan cara melakukan perbaikan pada penjadwalan yaitu pada jalur kritis kegiatan menggunakan *network planning*. Penerapan metode ini adalah dengan mengoptimalkan sumber daya yang berada pada lintasan non kritis dipindahkan ke jalur kritis, dengan begitu diharapkan dapat memberikan hasil yang efektif serta optimum (Soeharto, 1997). Berikut adalah gambar hubungan waktu dan biaya dengan *direct cost* dibawah ini.



Gambar 3.10 Hubungan Waktu dan Biaya Dengan Percepatan

(Sumber: Soeharto, 1997)

Jika waktu penyelesaian lebih lama dari waktu normal, maka proyek tersebut akan mengalami keterlambatan sehingga mengakibatkan penambahan biaya dan penggunaan sumber daya menjadi tidak efektif. Namun sebaliknya jika waktu penyelesaian kurang dari waktu normal, maka akan mengakibatkan peningkatan biaya dikarenakan penambahan sumber daya sesuai dengan kebutuhan yang telah dipercepat waktu penyelesaiannya. Sehingga diperlukan *crashing* terhadap kegiatan yang berada pada jalur kritis agar mendapatkan keadaan demikian. Demi melakukan perbaikan pada penjadwalan jaringan kerja di jalur kritis, maka digunakanlah *cost slope* terkecil. *Cost slope* merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu. Adapun rumus tersebut adalah sebagai berikut.

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash Time}} = \frac{\Delta \text{Cost}}{\Delta \text{Time}} \quad (3.11)$$

Pada metode ini terdapat beberapa cara yang dapat digunakan sebagai alternatif yaitu penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, pergantian atau penambahan peralatan, pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas, penggunaan metode konstruksi yang lebih efektif. Alternatif cara tersebut dapat digunakan secara terpisah atau secara kombinasi. Misalnya penambahan jam kerja dikombinasikan dengan penambahan jumlah tenaga kerja pada umumnya disebut giliran (*shift*), dimana pekerja saat pagi hingga sore berbeda dengan pekerja saat sore hingga malam. Untuk penjelasan mengenai penambahan jam kerja (lembur) adalah sebagai berikut.

2. Percepatan Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Penambahan jam kerja atau biasa disebut lembur (*working time*) dapat dilakukan dengan penambahan jam kerja perhari atau perminggu tanpa adanya penambahan pekerja. Memperpanjang waktu kerja dapat membantu mengurangi waktu keseluruhan dari suatu kegiatan sampai dengan 33% dengan memperkerjakan pekerja 10-12 jam/hari yang biasanya 7 jam/hari. (Ervianto, 2004). Tujuan dari adanya penambahan ini adalah untuk memperbesar tingkat produktifitas perhari atau perminggu sehingga penyelesaian pada suatu aktivitas pekerjaan diharapkan akan mengejar keterlambatan atau mepercepat penyelesaian proyek, dan mengatasi kekurangannya tenaga kerja. Akan tetapi ada yang perlu diperhatikan dalam penambahan jam kerja tersebut, diantaranya adalah lamanya penambahan jam kerja pada seseorang dalam satu hari. Karena jika seseorang terlalu lama bekerja pada satu hari, maka tingkat produktivitas pekerja tersebut akan menurun yang disebabkan terlalu lelah. Sehingga waktu aman penambahan jam kerja tersebut adalah diantara 1 hingga 4 jam perhari.

Strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian pada suatu proyek salah satunya dengan penambahan jam kerja (lembur). Strategi ini adalah strategi yang sering terjadi dan dipergunakan karena dapat mengefisienkan penambahan biaya yang akan dikeluarkan dan kemudian dapat memanfaatkan sumber daya yang ada dilapangan yang dianggap lebih efisien. Berdasarkan data `diprojek, jam kerja normal pekerja adalah 7 jam sehari yang dimulai pada pukul 08.00 s/d 16.00 dengan 1 jam istirahat. Kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal berakhir atau dapat dilakukan pada hari libur.

Penambahan jam kerja (lembur) dilakukan dengan beberapa opsi penambahan yaitu antara 1 jam hingga 4 jam sesuai dengan analisis yang dapat menghasilkan tingkat optimum yang lebih tinggi. Semakin besar penambahan jam kerja (lembur), maka dapat menimbulkan penurunan tingkat produktivitas.

3. Produktivitas Tenaga Kerja

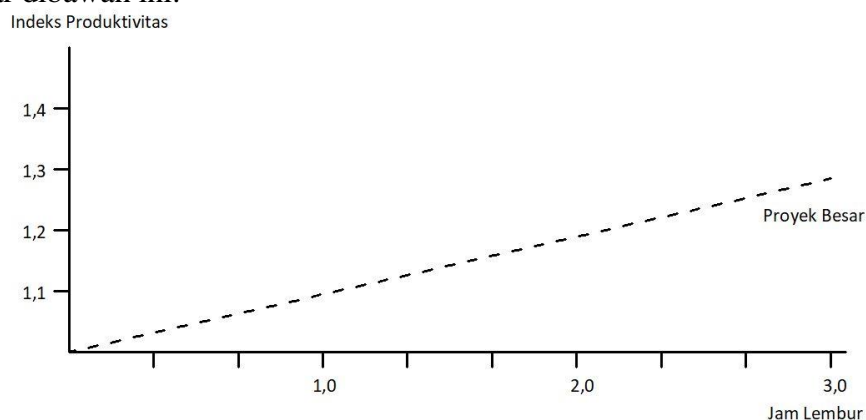
Produktivitas dapat didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau bisa dikatakan rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang

dipergunakan. Tingkat kesuksesan dari suatu proyek konstruksi adalah salah satunya tergantung pada efektifitas pengolahan sumber daya baik material ataupun pekerja. Akan tetapi pekerja adalah salah satu sumber daya yang sulit untuk dikelola. Upah yang dikeluarkan kepada pekerja tergantung sebagai mana keahliannya masing-masing karena memiliki karakter yang berbeda antara satu dengan lainnya.

Produktivitas tenaga kerja akan mempengaruhi terhadap total biaya proyek. Terdapat pendekatan-pendekatan untuk mengecek tingkat produktifitas demi mengukur efisiensi kerja, salah satunya menggunakan parameter indeks produktivitas. Definisi indeks produktifitas dirumuskan dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\text{Indeks Produktifitas (IP)} = \frac{\text{Jumlah jam-orang yang sesungguhnya digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu}}{\text{Jumlah jam-orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan identik pada kondisi standar}} \quad (3.12)$$

Jika hasil perhitungan indeks produktifitas menggunakan rumus diatas = 1,0 maka dapat dikatakan pekerjaan sebagai standar rata-rata. Akan tetapi jika hasil lebih besar dari 1,0 maka tenaga kerja yang bersangkutan kurang dari standar, atau sebaliknya apabila lebih kecil dari 1,0 maka produktivitasnya lebih tinggi melebihi standar. Grafik penurunan indeks produktivitas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.11 Grafik Indeks Penurunan Produktivitas Karena Penambahan Jam Kerja (Lembur)

(Sumber: Soeharto, 1997)

Berdasarkan grafik indeks penurunan produktivitas diatas, dapat diuraikan sebagai berikut ini.

1. Produktivitas Perhari

$$= \frac{Volume}{Durasi Normal} \quad (3.13)$$

2. Produktivitas Pertenaga Kerja

$$= \frac{Volume}{Jumlah Tenaga Kerja} \quad (3.14)$$

3. Produktivitas normal Perjam

$$= \frac{Produktivitas Pertenaga Kerja}{Jam Kerja Normal Perhari} \quad (3.15)$$

4. Efektifitas Tenaga Kerja

$$= \frac{Produktivitas Lembur n Jam}{Produktivitas normal n Jam} \times 100 \quad (3.16)$$

5. Penurunan Produktivitas

$$= 100\% - \text{Efektifitas Tenaga Kerja} \quad (3.17)$$

6. *Crash Duration* (Dc)

$$= \frac{(Dn \times h)}{(h + (ho \times e))} \quad (3.18)$$

Keterangan:

Dc = Durasi *Crash*

Dn = Durasi normal

H = Jam normal per hari

Ho = Jam kerja lembur per hari

e = Efektifitas lembur

Pada umumnya waktu normal pekerja sehari adalah 7 jam yaitu dimulai pada pukul 08.00-16.00 dengan 1 jam waktu istirahat. Sedangkan untuk waktu penambahan jam kerja (lembur) dilakukan setelah jam kerja normal selesai. Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No. Kep. 102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur adalah sebagai berikut.

1. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (tiga) jam dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.

2. Memberi kesempatan untuk istirahat secukupnya dan memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 (tiga) jam atau lebih. Pemberian makan dan minum sebagaimana dimaksud tidak boleh diganti dengan uang.
3. Cara menghitung upah sejam adalah $1/173$ kali upah sebulan.
4. Untuk jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah sejam.
5. Untuk setiap jam kerja lembur berikut harus dibayar upah sebesar 2 (dua) kali upah sejam.

Dapat ditarik kesimpulan rumus sebagai berikut.

$$\text{Upah kerja lebur jam pertama} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{upah per hari} \times 30 \quad (3.19)$$

$$\text{Upah kerja lebur jam kedua} = 2 \times \frac{1}{173} \times \text{upah per hari} \times 30 \quad (3.20)$$

3.5 Microsoft Project

Microsoft Project adalah suatu program komputer yang digunakan untuk membantu menyusun rencana kerja suatu proyek. Program ini dapat membantu dalam memperhitungkan penjadwalan proyek kapan sebuah proyek dapat terselesaikan pekerjaan demi pekerjaan secara terperinci. Menurut Nurhayati (2010), jika proyek yang dikerjakan adalah sebuah proyek besar, maka program *microsoft project* ini mampu menghubungkan antara satu subproyeyk kegiatan dengan subproyek lain dengan saling berkaitan, kemudian mengelola keseluruhan proyek tersebut kedalam suatu file proyek. Selain menggunakan bantuan program *microsoft project*, dapat juga menggunakan alternatif perhitungan manual. Akan tetapi demi mendapatkan keefesienan waktu dan tingkat akurasi maka sekarang sudah menggunakan bantuan program tersebut.

Dalam *microsoft project* terdapat beberapa istilah yang biasa digunakan, istilah tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Task* adalah jenis item atau kegiatan atau pekerjaan dalam suatu proyek.
2. *Duration* adalah lama waktu atau durasi dalam penyelesaian suatu pekerjaan, contoh 1 jam, 2 hari, 3 bulan, dan sebagainya.
3. *Start* adalah tanggal dimulainya suatu pekerjaan dalam proyek.

4. *Finish* adalah tanggal berakhirnya dari suatu pekerjaan.
5. *Predecessor* adalah suatu hubungan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya.
6. *Resources* adalah sumber daya yang terlibat dalam proyek, baik sumber daya manusia atau material.
7. *Cost* adalah biaya yang dipergunakan dalam menjalankan suatu proyek.
8. *Gantt Chart* adalah bentuk tampilan dari hasil kerja *microsoft project* yang ditampilkan dalam bentuk grafik batang horizontal 3 dimensi.
9. *Pert Chart* adalah grafik pekerjaan dalam bentuk kotak atau biasa disebut dengan node. Dalam node tersebut akan ditampilkan keterangan nama pekerjaan, *start*, *finish*, serta hubungan dengan pekerjaan lainnya.
10. *Baseline* adalah suatu rancangan atau anggaran tetap pada 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.