

BAB II

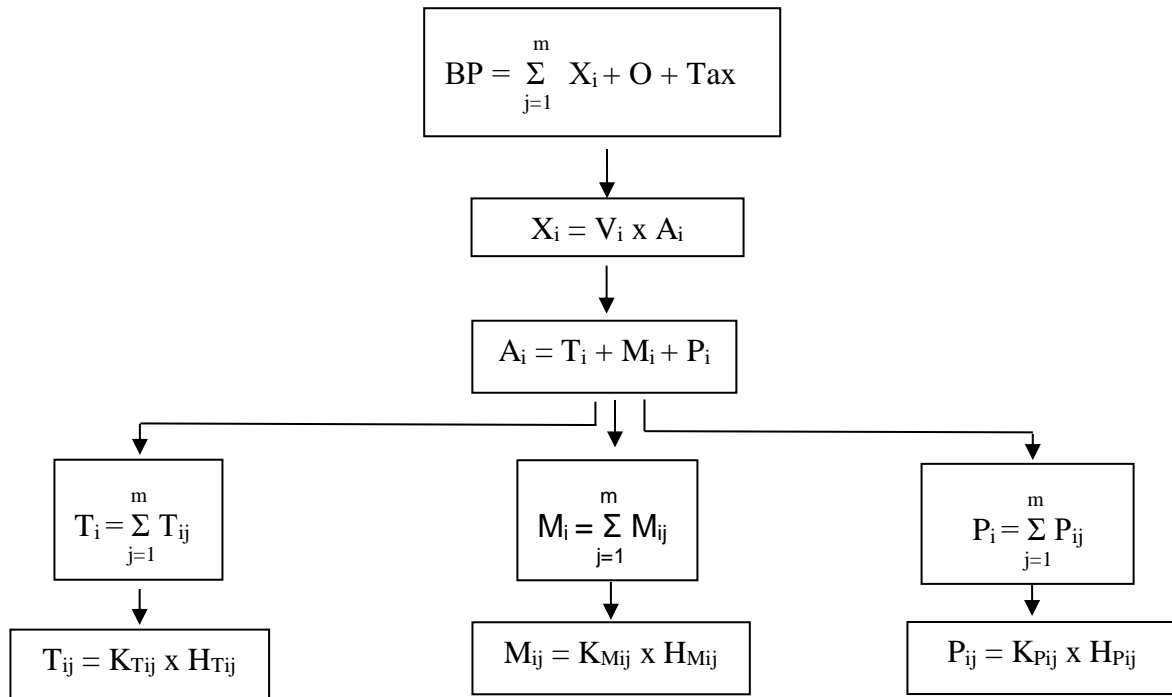
LANDASAN TEORI

2.1. Biaya Pelaksanaan Proyek

Biaya pelaksana proyek merupakan total keseluruhan dari biaya langsung dan biaya kontan. Biaya langsung adalah uang yang diberikan serentak untuk mendapatkan sumber daya yang akan digunakan untuk penyelesaian proyek. Biaya langsung ini juga sering disebut dengan biaya tidak tetap karena dapat ubah sesuai dengan kemajuan pekerjaan. Biaya langsung meliputi upah overhead proyek, termasuk biaya-biaya tetap yang naik karena percepatan waktu penyelesaian proyek.

Upah tak langsung ialah upah yang tidak dikeluarkan secara langsung dengan biaya proyek yang ada dilapangan tetapi biaya ini tetap ada didalam sebuah upah proyek. Upah tak langsung biasanya ditetapkan sebagai fungsi langsung dari proses menjalankan proyek. Semakin lama waktu pelaksanaan proyek semakin tinggi biaya tak langsung.

Biaya langsung menyangkut biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja, peralatan, bahan dan sebagainya yang secara langsung dan semata-mata berkaitan dengan kegiatan-kegiatan yang terlibat. Biaya langsung akan meningkat jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat atau jika terjadi penambahan waktu pelaksanaan proyek dari waktu yang telah direncanakan. Dalam tulisan ini biaya proyek tidak termasuk dalam perhitungan pajak, *fee* dan *overhead*. Biaya proyek menunjukkan bagaimana biaya-biaya yang ada didalam biaya proyek saling berhubungan dan mempengaruhi satu sama lain dapat ditunjukkan dalam diagram dibawah ini:



Gambar 2. 1 Diagram Komponen Biaya Proyek

Deskripsi diagram biaya proyek diatas sebagai berikut:

Biaya Proyek (BP) adalah total uang yang digunakan secara keseluruhan untuk item pekerjaan didalam sebuah kegiatan proyek.

$$BP = \sum_{j=1}^m X_i + O + Tax \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai kontrak = penjumlahan dari biaya proyek, *overhead* dan pajak.

$$BP = \sum_{j=1}^m X_i \dots\dots\dots(2.2)$$

Anggaran Proyek (BP) = penjumlahan seluruh biaya urusan

Biaya item pekerjaan (X_i) ialah biaya yang dikeluarkan untuk setiap item pekerjaan dan merupakan hasil perkalian antara koefisien (V_i) dengan harga satuan dari setiap item pekerjaan (A_i).

$$X_i = V_i x A_i \dots\dots\dots(2.3)$$

Volume item pekerjaan (V_i) merupakan total secara keseluruhan dari seluruh pekerjaan yang telah dibuat dari item yang sudah dibuat sebagian fungsi pekerjaan. Volume item pekerjaan (V_i) disongsong untuk mencatat pengukuran pada obyek langsung

di lapangan. Analisis harga satuan pekerjaan (A_i) merupakan penjumlahan total dari seluruh biaya tenaga kerja (T_i), material (M_i) dan peralatan (P_i) menyelesaikan satu satuan pekerjaan.

$$A_i = T_i + M_i + P_i \dots\dots\dots(2.4)$$

Upah tenaga kerja (T_i) ialah anggaran yang dikeluarkan untuk membiayai tenaga kerja dan diperoleh dari penjumlahan seluruh biaya unsur-unsur tenaga kerja (T_{ij}) yang digunakan untuk menyelesaikan sebuah item pekerjaan yang bersangkutan. Tenaga kerja yang dimaksudkan adalah mandor, tukang, dan pekerja.

$$T_i = \sum_{j=1}^m T_{ij} \dots\dots\dots(2.5)$$

Anggaran material (M_i) ialah imbalan yang dikeluarkan untuk pengadaan material dan diperoleh dari penjumlahan seluruh biaya unsur-unsur material yang digunakan untuk menyelesaikan sebuah item pekerjaan yang bersangkutan. Material yang dimaksudkan adalah batu, pasir, semen, kayu, aspal dan lain-lain.

$$M_i = \sum_{j=1}^m M_{ij} \dots\dots\dots(2.6)$$

Biaya peralatan (P_i) adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar alat yang bekerja untuk sebuah item pekerjaan dan diambil dari penjumlahan seluruh biaya unsur alat yang digunakan untuk menyelesaikan sebuah item pekerjaan yang bersangkutan. Peralatan yang dimaksudkan adalah *truck*, *loader*, *excavator* dan lain-lain.

$$P_i = \sum_{j=1}^m P_{ij} \dots\dots\dots(2.7)$$

Anggaran unsur tenaga kerja (T_{ij}) ialah biaya yang dikeluarkan untuk membayar unsur tenaga kerja dalam menyelesaikan sebuah pekerjaan dan diperoleh dari hasil perkalian antara koefisien dari tenaga kerja (K_{Tij}) dan harga satuan tenaga kerja (H_{Tij}).

$$T_{ij} = K_{Tij} \times H_{Tij} \dots\dots\dots(2.8)$$

Biaya unsur material (M_{ij}) adalah biaya yang digunakan untuk membayar unsur material yang digunakan untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan merupakan hasil perkalian antara koefisien dari material (M_{Tij}) dengan harga satuan material (H_{Mij}).

$$M_{ij} = K_{Mij} \times H_{Mij} \dots\dots\dots(2.9)$$

Biaya unsur peralatan (P_{ij}) adalah biaya yang digunakan untuk membayar unsur peralatan dalam menyelesaikan sebuah pekerjaan dan merupakan hasil dari perkalian antara koefisien dari alat (K_{Pij}) dengan harga satuan alat (H_{Pij}).

$$P_{ij} = K_{Pij} \times H_{Pij} \dots\dots\dots(2.10)$$

Berdasarkan gambar dan penjelasan diatas, maka upah proyek dapat ditentukan oleh dua hal yaitu kuantitas dari item pekerjaan dan total harga satuan dari item pekerjaan. Harga satuan dari sebuah item pekerjaan ditentukan oleh koefisien dari (tenaga kerja, material dan peralatan) dan harga satuannya. Selanjutnya kuantitas (koefisien) sumber daya ini akan digunakan untuk menentukan kebutuhan sumber daya (tenaga kerja, material dan peralatan) secara total bagi proyek yang bersangkutan.

2.2. Produksi

Produksi adalah total hasil perbuatan yang sudah dilakukan oleh kelompok tenaga kerja (mandor, tukang, pekerja) dan peralatan atau kedua-duanya bekerja secara bersama-sama. Satuan waktu dari produksi, umumnya adalah jam atau hari dengan menggunakan jam kerja efektif dalam satu pekerjaan.

2.2.1. Produksi Tenaga Kerja

Produksi tenaga kerja adalah hasil yang telah diselesaikan oleh kelompok tenaga kerja (mandor, tukang, pekerja). Analisa harga satuan item pekerjaan pada kontrak proyek dapat diestimasi produksi tenaga kerja yang didasarkan pada koefisien tenaga kerja yang ada dalam analisa harga satuan tersebut. Awal menghitung produksi perlu dicari dahulu jumlah tenaga kerja dengan menggunakan rumus:

$$J_{TK} = K_{TK} / K_{Min} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan

J_{TK} = Jumlah Tenaga Kerja (orang)

K_{TK} = Koefisien tenaga kerja (jam, hari)

K_{Min} = Koefisien Terkecil (jam, hari)

$$Q_{TK} = (1/K_{TK}) \times J_{TK} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan

Q_{TK} = Produksi Tenaga Kerja (m^3 /jam, m^3 /hari)

K_{TK} = Koefisien Tenaga Kerja (jam, hari)

J_{TK} = Jumlah Tenaga Kerja (orang)

2.2.2. Produksi Peralatan

Produksi alat adalah hasil yang telah diselesaikan oleh alat dalam satu satuan waktu. Analisa harga satuan item pekerjaan dalam sebuah proyek dapat diestimasi produksi alat karena didasarkan pada koefisien alat yang ada dalam analisa harga satuan untuk pekerjaan tersebut.

$$Q_P = 1/K_p \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan

Q_P = Produksi Peralatan (m^3/jam , $m^3/hari$)

K_P = Koefisien Peralatan (jam, hari)

2.2.3. Produksi Minimum (Q_M)

Pada pelaksanaan konstruksi dari tenaga kerja maupun peralatan tidak bekerja secara individu, namun bekerja secara kelompok untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan secara bersama-sama. Pada kenyataannya masing-masing tenaga kerja dan peralatan mempunyai produksi yang berbeda, sehingga untuk bekerja secara kelompok maka produksi yang dipilih adalah produksi yang paling kecil.

Produksi minimum adalah hasil yang paling kecil diantara hasil kerja alat dan hasil kerja dari tenaga kerja bekerja bersamaan untuk satu item pekerjaan. Jika produksi yang dihitung dalam satuan jam, maka untuk mengetahui produksi harian dapat dihitung menggunakan formula dibawah ini:

$$Q_{(Harian)} = Q_{(Jam)} \times \text{jam kerja efektif} \dots \dots \dots (2.14)$$

2.3. Koefisien atau Kuantitas

Koefisien atau kuantitas ialah sumber daya (tenaga kerja, material dan peralatan) yang digunakan untuk menyelesaikan sebuah item pekerjaan. Koefisien terdiri dari tiga (3) unsur yaitu koefisien tenaga kerja, koefisien material dan koefisien peralatan.

2.3.1. Koefisien Tenaga Kerja

Koefisien tenaga kerja adalah jumlah penggunaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan. Untuk menghitung koefisien tenaga kerja maka perlu diasumsi jumlah dan kuantitas tenaga kerja dalam suatu kelompok tenaga kerja dan hasil produksi dalam satu satuan waktu (jam, hari). Produksi tenaga kerja dalam perhitungannya tidak menggunakan rumus yang pasti tapi berdasarkan asumsi atau estimasi dari estimator. Oleh karena itu, pengalaman dan pengetahuan estimator sangatlah

penting dalam mengambil keputusan mengenai besarnya produksi kelompok tenaga kerja. Koefisien tenaga kerja dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$K_{TK} = 1/Q \cdot J_{TK} \dots\dots\dots(2.15)$$

Pemberitahuan:

K_{TK} = Koefisien Tenaga Kerja (jam, hari)

Q = Produksi (m^3 /jam, m^3 /hari)

J_{TK} = Jumlah tenaga kerja (orang).

2.3.2. Koefisien Material

Koefisien material adalah jumlah material yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan. Satuan koefisien untuk material menggunakan m, m^2 , dan m^3 . Untuk menghitung koefisien material, maka perlu mengetahui sifat material pengembang dan penyusutan serta berat isi material. Sifat material ini merupakan konversi dari volume material padat menjadi lepas dengan mengalikan kuantitas material padat dengan faktor pengembangan ditambah dengan satu pada material tersebut. Berat isi material merupakan penjumlahan dari kebutuhan material yang dibutuhkan untuk satu satuan waktu. Untuk menghitung koefisien material dipakai formula:

$$K_M = K_R + F_A \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan

K_M = Koefisien Material.

K_R = Kebutuhan Rill per-satuan Item Pekerjaan.

F_A = Faktor yang hilang.

2.3.3. Koefisien Peralatan

Koefisien peralatan adalah jumlah penggunaan waktu kerja peralatan untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan. Untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan biasanya jenis alat yang dibutuhkan juga berbeda-beda. Tiap-tiap alat mempunyai kemampuan produksi sendiri-sendiri, sehingga produksi alat terkecil yang menentukan produksi kelompok secara keseluruhan. Satuan yang digunakan untuk mengukur koefisien peralatan adalah waktu yang besarnya dalam jam. Jika produksi alat dalam satu jam diketahui, maka untuk menyelesaikan satu satuan produksi dibutuhkan waktu selama satu dibagi jumlah produksi dalam satu jam. Dengan demikian koefisien peralatan merupakan satu dibagi produksi alat persatuan waktu, yang dihitung dengan Rumus 2.13.

Dengan diketahui produksi alat maka koefisien peralatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$K_P = 1/Q \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan

K_P = Koefisien Peralatan (jam)

Q = Produksi alat dalam satuan (m^3 /jam, m^3 /hari)

2.4. Jumlah Tenaga Kerja dan Alat

Jumlah tenaga kerja merupakan perbandingan angka koefisien masing-masing tenaga kerja dengan mengasumsikan bahwa, jumlah mandor adalah satu orang maka jumlah tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus :

$$N_{TK} = K_{TK}/K_M \dots\dots\dots(2.18)$$

Maklumat:

N_{TK} = Jumlah Tenaga Kerja.

K_{TK} = Koefisien Tenaga Kerja.

K_M = Koefisien Mandor.

Jumlah alat ialah perbandingan antara produksi minimum dan item pekerjaan dengan produksi alat yang ada dalam item pekerjaan yang sama. Jumlah alat dapat dihitung dengan rumus :

$$N_{Alat} = Q_{Min}/Q_{Alat} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan

N_{Alat} = Jumlah Alat.

Q_{Min} = Produksi Minimum (m^3 /jam)

Q_{Alat} = Produksi Alat.

2.5. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah atau banyaknya satuan pekerjaan yang harus dilaksanakan untuk memenuhi fungsi bangunan atau bangunan suatu proyek yang dikerjakan dengan satuan m, m^2 , m^3 . Volume pekerjaan biasanya dihitung berdasarkan gambar-gambar rencana dan gambar-gambar kerja berdasarkan spesifikasinya yang telah ditentukan. Berdasarkan volume pekerjaan inilah diperoleh biaya proyek dengan mengalikan volume dengan harga satuan dari masing-masing pekerjaan.

Biasanya di dalam menyelesaikan suatu pekerjaan, terdapat perbedaan antara volume yang ditawarkan dengan volume yang telah diselesaikan. Apabila terjadi seperti itu, maka

selisih volume tersebut akan diperhitungkan dalam pekerjaan tambah kurang yang dimasukan dalam berita acara.

2.6. Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Waktu penyelesaian pekerjaan adalah jumlah waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan satu satuan item pekerjaan atau waktu yang dibutuhkan oleh kelompok tenaga kerja dan peralatan untuk menyelesaikan volume pekerjaan dari satu item pekerjaan. Waktu penyelesaian item pekerjaan sangat diperlukan dalam penyusunan rencana kerja dari bagian-bagian pekerjaan yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya. Satuan waktu penyelesaian waktu pekerjaan adalah hari, minggu dan bulan.

Waktu penyelesaian pekerjaan dihitung berdasarkan perbandingan antara volume item pekerjaan dengan produksi harian minimum item pekerjaan, diambil dari nilai terkecil antara produksi tenaga kerja dan produksi alat. Dengan rumus dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$WP = V/Q_M \dots\dots\dots(2.20)$$

Pendefisian:

WP = Waktu Penyelesaian.

V = Volume Pekerjaan.

Q_M = Produksi Minimum (per-hari per-jam).

2.7. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan secara rinci tentang penggunaan sumber daya pada satu satuan item pekerjaan. Perhitungan secara terinci dilakukan terhadap pengguna jenis dan waktu tenaga kerja (mandor, tukang, pekerja), pengguna jenis dan jumlah material (pasir, semen, batu, kayu, aspal dan lain sebagainya), penggunaan jenis dan waktu peralatan (truck, loader, excavator dan lain sebagainya).

Berdasarkan alur biaya proyek, analisa harga satuan pekerjaan merupakan penjumlahan dari semua biaya sumber daya yaitu tenaga kerja, peralatan dan material yang digunakan untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan.

Satuan yang dipergunakan dalam menentukan analisa harga satuan pekerjaan adalah satuan untuk tiap koefisien item pekerjaan (Rp/ m², Rp/ m³, Rp/ltr dan lain sebagainya). Oleh karena itu, pengukuran pekerjaan yang dilakukan dengan tujuan untuk membayar harus menggunakan satuan yang digunakan dalam analisa harga satuan pekerjaan ini. Analisa harga satuan dapat dihitung dengan Rumus 2.4

$$A_i = T_i + M_i + P_i \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

A_i = Analisa harga satuan pekerjaan item pekerjaan ke-i

T_i = Biaya tenaga kerja pada item pekerjaan ke-i.

M_i = Biaya material pada item pekerjaan ke-i.

i = Indeks item pekerjaan yang bersangkutan

Biasanya harga satuan sudah dimasukan biaya *overhead* dan *profit* serta pajak sehingga persamaannya menjadi :

$$O_i = \text{Overhead dan Fee} = 10\% * (T_i + M_i + P_i) \dots\dots\dots(2.22)$$

$$T_{\text{axi}} = \text{PPN} = 10\% * (T_i + M_i + P_i + O_i) \dots\dots\dots(2.23)$$

Overhead merupakan komisi bagi pelaksana pekerjaan atas jasanya dalam menyelesaikan pekerjaan. Besar *fee* ditentukan berdasarkan prestasi tertentu yang diinginkan oleh pelaksana pekerjaan dari analisa harga satuan item pekerjaan. *Overhead* merupakan biaya tidak langsung dari pelaksana pekerjaan untuk membiayai kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan dalam mendukung keberlangsungan pekerjaan. Sedangkan pajak adalah pendapatan pemerintahan dari usaha atau transaksi yang dilakukan oleh orang atau perusahaan yang berada dalam koordinasi pemerintah yang bersangkutan.

Pada beberapa proyek, kedua komponen biaya tersebut diatas (*fee* dan *overhead* serta pajak) tidak dimasukan dalam analisa harga satuan item pekerjaan. Hal ini mengidentifikasi dua hal yaitu yang pertama, pemilik proyek menginginkan nilai analisis harga satuan yang tampak sudah termasuk komponen *fee* dan *overhead* serta pajak, sehingga tidak dimunculkan sebagai komponen tersendiri dalam analisa harga satuan sumber daya. Kedua *fee* dan *overhead* serta pajak dimasukan dalam bagian akhir perhitungan rencana anggaran proyek. Untuk maksud tertentu maka biaya proyek akan ditambah dengan komponen presentasi yang ditentukan.

2.8. Metode Jalur Kritis

Penjadwalan proyek merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu. Perencanaan menentukan kapan peristiwa akan dimulai, ditunda dan diselesaikan. Beberapa metode penjadwalan yang sering digunakan dalam proyek konstruksi yaitu Diagram Balok (Bar Chart), Kurva S dan Metode Jalur Kritis.

Metode *Bar Chart* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1917 oleh Hendri L. Gantt sehingga metode ini juga dikenal dengan nama *The Gantt Chart*. Keunggulan penggunaan bagan pada sistem penjadwalan proyek adalah mudah dibaca dan dimengerti karena bentuk grafisnya yang sederhana sehingga sangat umum digunakan terutama pada tahap awal proyek dimana banyak terjadi perubahan rencana. Sedangkan yang menjadi kelemahan dari diagram batang terletak pada kurangnya penjelasan akan keterkaitan kegiatan dan secara tidak langsung memberikan informasi mengenai akibat yang akan terjadi bila ada suatu perubahan.

Kurva S atau disebut juga *Lasy Curve*, disebut Kurva S karena bentuk grafiknya berbentuk huruf S dan disebut *Lasy Curve* karena karakteristik kurva yang menggambarkan bahwa awal kegiatan pekerjaan selalu lambat sehingga disebut malas. Kurva S secara grafis menggambarkan kemajuan kerja dari sumbu tegak lurus terhadap waktu pada sumbu mendatar. Perbedaan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, maupun lebih cepat dari yang direncanakan. Manfaat Kurva S adalah :

- a. Dapat mengetahui kemajuan pekerjaan tiap hari.
- b. Dapat mengetahui kemajuan pekerjaan secara kumulatif dari seluruh item pekerjaan.
- c. Dapat memperlihatkan kemajuan atau keterlambatan pekerjaan serta kecenderungannya.
- d. Dapat merencanakan *Cash Flow*.

Dibandingkan dengan Diagram Balok, Kurva S telah menjawab beberapa kekurangan yaitu dapat meramalkan pengaruh yang ditimbulkan oleh perubahan atau penyimpangan secara kumulatif dari suatu aktivitas tertentu. *Critical Path Method (CMP)* atau jalur kritis merupakan salah satu teknik penjadwalan kegiatan dalam *Network Planning* dengan menerapkan penekanan pelaksanaan pada keterkaitan antara biaya dan waktu penyelesaian.

Network Planning adalah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam *Network Diagram* (Diagram Jaringan Kerja) proyek yang bersangkutan. Untuk itu dari waktu permulaan sampai dengan akhir dari suatu penyelenggaraan proyek, proses kerja yang dikelola akan dapat diikuti perkembangannya, serta dengan cepat dapat diketahui apabila suatu waktu terjadi hambatan menyangkut hubungan antara berbagai kegiatan maupun

waktu yang disediakan. Untuk masalah hubungan antara waktu dan biaya, masalah keterlambatan sumber daya dapat diselesaikan dengan menerapkan metode CMP, berikutnya dibuatkan penyusunan jadwal dengan melibatkan sejumlah kegiatan yang dioptimalkan.

Pada dasarnya metode jalur kritis hanyalah merupakan alat bantu untuk memecahkan masalah manajemen yang dihadapi oleh seorang manajer sedangkan permasalahan serta resiko yang menyertai suatu kebijakan ditentukan dan dihadapi oleh seorang manajer, selaku pengendalian dan pengambil keputusan.

Dengan menggunakan metode jalur kritis berbagai resiko dan kendala pelaksanaan suatu pekerjaan diharapkan akan mampu dideteksi dan diatasi sedini mungkin. Baik permasalahan pengoptimalan pemanfaatan sumber daya, maupun permasalahan waktu pelaksanaan serta pengordinasian jaringan kerja yang kerap menghambat pelaksanaan suatu proyek. Selain itu metode jalur kritis mempunyai keunggulan yang dapat menjawab kelemahan dari diagram balok dan kurva S, keunggulan-keunggulan itu antara lain :

- a. Metode jalur kritis dapat menunjukkan suatu kegiatan harus sudah selesai terlebih dahulu sebelum kegiatan berikut dapat dimulai.
- b. Dapat secara logis dan detail merencanakan dan mengawasi tahapan pekerjaan serta mengendalikan pelaksanaan pekerjaan.
- c. Dapat mengkomunikasikan dan melakukan optimalisasi alternatif-alternatif penyelesaian serta pengendalian biaya, dengan melakukan pembagian waktu, tenaga kerja dan biaya secara merata.
- d. Sangat efektif dan efisien dalam konsentrasi penjadwalan kegiatan, karena hanya kegiatan-kegiatan pada peristiwa kritis.

Penerapan metode jalur kritis pada penjadwalan kegiatan suatu proyek adalah sebagai berikut :

1. Penjadwalan kegiatan suatu usaha dituangkan dalam sebuah diagram jaringan kerja (network diagram), yang dibuat pada tahap perencanaan awal dan tahap persiapan.
2. Dilakukan peninjauan kembali pada tahap awal pelaksanaan, terhadap logika, ketergantungan serta urutan masing kegiatan dari diagram rencana jaringan kerja (network diagram) yang dibuat pada tahap perencanaan.
3. Dilakukan penyusunan kembali suatu bentuk diagram rencana jaringan kerja yang baru dengan mengacu pada proses perataan kegiatan.

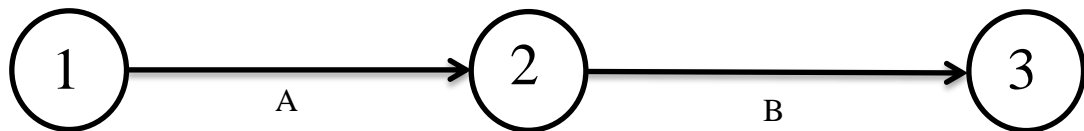
4. Sebagai hasil akhir, akan diperoleh suatu bentuk diagram rencana jaringan kerja yang baru, yang berbeda dengan diagram rencana jaringan kerja yang lama (yang dibuat pada tahap perencanaan).

2.8.1. Konsep Jaringan Kerja (*Network Diagram*)

Metode jalur kritis yang digunakan ini dapat menyediakan tampilan grafis dari alur kegiatan sebuah proyek atau yang dikenal sebagai *Network Diagram*. *Network diagram* yang dimaksudkan adalah sarana untuk menyajikan suatu rencana dengan cara menyusun urutan semua kegiatan yang diprogramkan sedemikian rupa sehingga dapat dilihat dengan nyata hubungan antar kegiatan. *Network diagram* dibuat tanpa lebih dahulu mengindahkan faktor waktu yang diperlukan bagi penyelesaian suatu pekerjaan. Tahap pertama dalam penyusunan jaringan kerja adalah menentukan hubungan dari tiap-tiap kegiatan. Setelah berbentuk rangkaian kegiatan yang saling ketergantungan, barulah waktu pelaksanaan dan pemanfaatan sumber daya dipertimbangkan.

Network diagram ini dapat dinyatakan dengan dua asumsi yang berbeda:

1. *Event On The Note* (Peristiwa digambarkan dalam lingkaran)



Gambar 2.2 Event On The Note

Dimana :

- a. 1, 2 dan 3 digambarkan sebagai lingkaran (node) merupakan event (peristiwa)
 - b. A dan B yang digambarkan sebagai panah (arrow) merupakan aktivitas.
2. *Activity On The Node* (Kegiatan dalam lingkaran)



Gambar 2.3 Activity On The Note

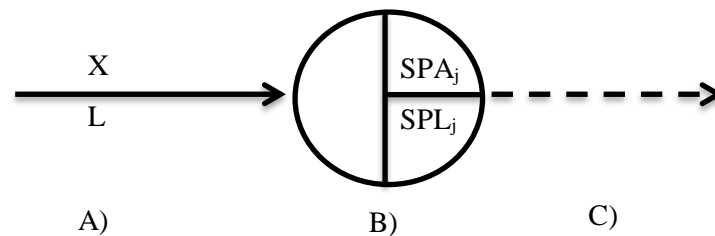
Dimana :

- a. 1 dan 2 yang digambarkan merupakan lingkaran (node) merupakan aktivitas.
- b. Anak panah (arrow) hanya menunjukkan logika ketergantungan dan urutan aktivitas kegiatan.

Perbedaan antara asumsi 1 dan asumsi 2 yaitu pada asumsi 1 menggambarkan peristiwa yang terjadi dalam lingkaran sedangkan pada asumsi 2 menggambarkan kegiatan yang terjadi dalam lingkaran. Kegiatan mana yang mendahului dan kegiatan mana yang didahului dalam penulisan ini disepakati memakai cara penyajian *Event On The Node*, karena lebih umum digunakan pada penyajian suatu network diagram. Secara umum sara terus menerus mengaitkan lingkaran, dimana arah dari panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

2.8.2. Simbol – Simbol Dalam Network Diagram

Dalam menggambarkan *Network Diagram* maka akan digunakan simbol-simbol antara lain adalah anak panah, lingkaran dan panah putus-putus. Gambar tersebut dapat kita lihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Simbol-simbol dalam Network Diagram

Keterangan Gambar :

a. Anak Panah

Anak panah melambangkan kegiatan. Nama kegiatan (X) dicantumkan pada bagian atas anak panah, sedangkan lama kegiatan (L) dicantumkan pada bagian bawah anak panah. Ekor anak panah melambangkan awal kegiatan dan kepala anak panah merupakan akhir kegiatan. Satuan waktu biasanya digunakan hari.

b. Lingkaran

Lingkaran melambangkan peristiwa. Sebuah lingkaran melambangkan sebuah peristiwa dan sebaliknya. Nomor peristiwa dilambangkan dengan “ j “. SPA_j merupakan saat awal peristiwa “ j “ mungkin terjadi. SPL_j merupakan saat paling lambat peristiwa “j“ boleh terjadi.

c. Anak panah terputus-putus

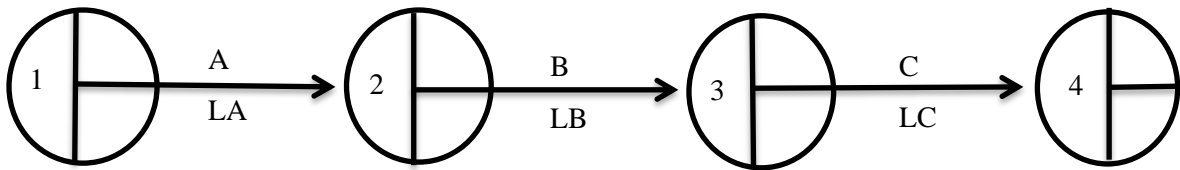
Anak panah terputus-putus melambangkan hubungan antara dua peristiwa dan merupakan kegiatan semu (dummy) yang tidak membutuhkan waktu dan sumberdaya.

2.8.3. Hubungan Antara Kegiatan

Untuk dasar menggambarkan *Network Diagram*, maka perlu diketahui hubungan antara kegiatan yang mungkin ada dalam suatu proyek. Hubungan antar kegiatan tersebut bisa dikategorikan menjadi dua macam yaitu hubungan seri dan hubungan paralel.

a. Hubungan seri

Antara kedua kegiatan terdapat hubungan seri bila sebuah kegiatan tidak dapat dikerjakan kalau kegiatan lainnya belum selesai dikerjakan.



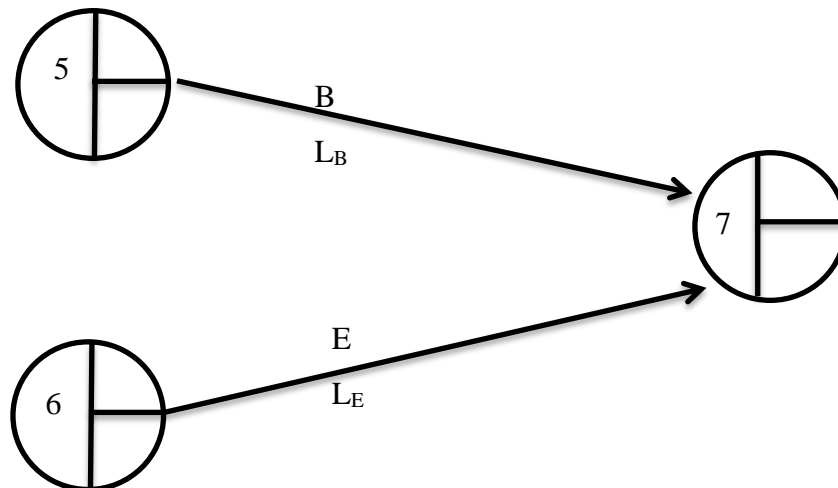
Gambar 2.5 Hubungan Seri Kegiatan

Dari gambar 2.5 dapat dijelaskan bahwa kegiatan C tidak bisa dimulai bila kegiatan A belum selesai. Bila kegiatan A selesai belum tentu kegiatan C bisa dimulai. Kegiatan A dan kegiatan C adalah kegiatan seri tidak langsung.

b. Hubungan paralel

Antara dua kegiatan terdapat hubungan paralel, bila untuk menilai dan atau mengakhiri sebuah kegiatan tidak perlu menunggu kegiatan lainnya mulai atau selesai.

a). Hubungan paralel yang tidak memiliki satu peristiwa akhir bersama.

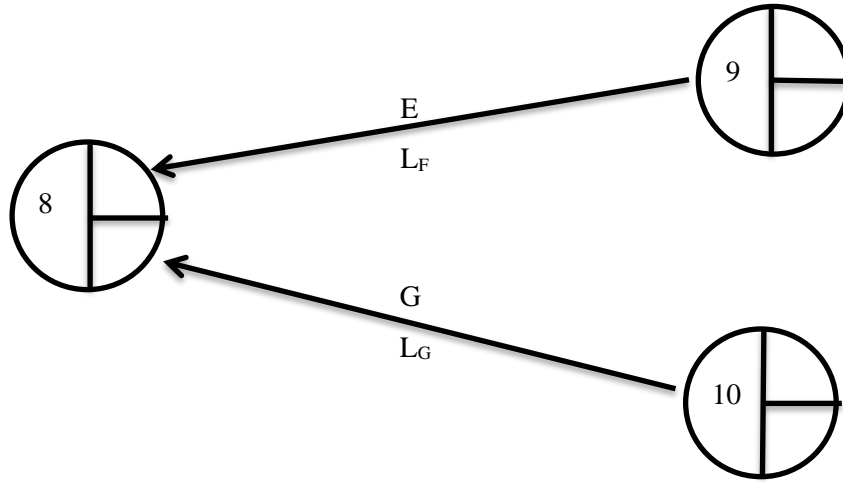


Gambar 2.6 Hubungan paralel yang memiliki satu peristiwa akhir bersama

Dari gambar 2.6, peristiwa 7 adalah akhir dari kegiatan D dan E. Syarat terjadinya peristiwa 7 adalah kegiatan D dan E selesai baik secara bersama maupun tidak bersama.

Jika untuk mulai atau menyelesaikan kegiatan D tidak perlu menunggu kegiatan E mulai atau selesai dan sebaliknya. Kegiatan D dan kegiatan E adalah paralel.

b). Hubungan paralel, dimana mempunyai satu peristiwa awal bersama.



Gambar 2.7 Hubungan paralel yang memiliki satu peristiwa awal bersama

Dari gambar 2.7, peristiwa 8 adalah awal bagi kegiatan F dan G. Syarat agar kegiatan F dan G bisa dimulai adalah terjadinya peristiwa 8. Untuk mulai kegiatan F tidak atau menyelesaikannya tidak perlu menunggu kegiatan G selesai atau mulai dan sebaliknya. Jadi kegiatan F dan G adalah paralel.

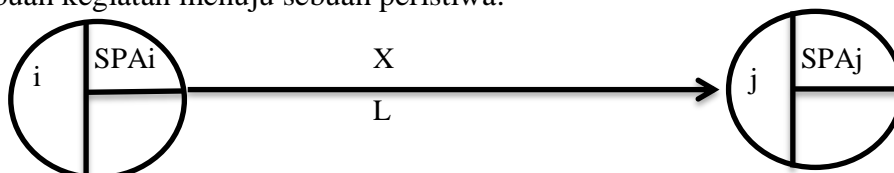
2.8.4. Besaran Waktu Dalam Metode Jalur Kritis

Beberapa besaran waktu yang terdapat di dalam Metode Jalur Kritis adalah :

a. Saat Paling Awal (SPA)

Saat paling awal (SPA) adalah saat paling awal suatu peristiwa mungkin terjadi sebelumnya. Tujuan ditetapkannya saat paling awal suatu peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling awal mulai melaksanakan kegiatan-kegiatan yang keluar dari peristiwa yang bersangkutan. Saat paling awal suatu peristiwa dapat ditentukan secara formulatif sebagai berikut :

Untuk sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa.



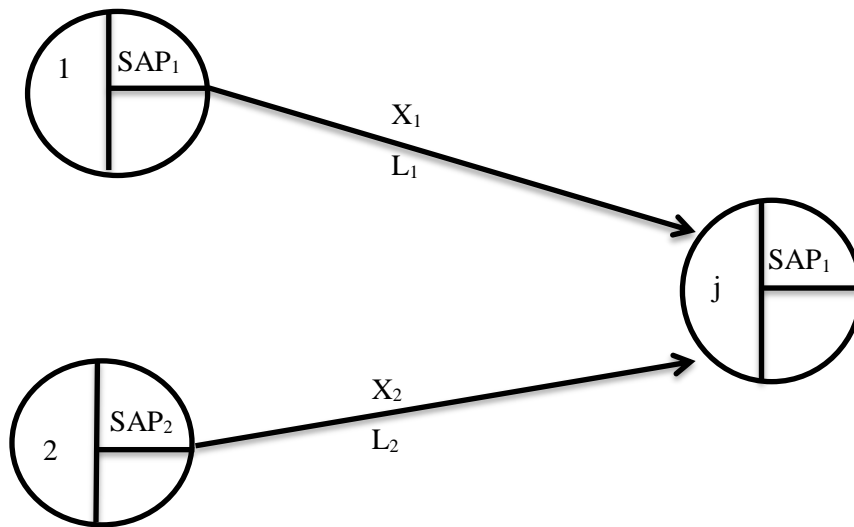
Gambar 2.8 Sebuah Kegiatan Menuju Sebuah Peristiwa

$$SPA_j = SPA_i + L \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

- X = Kegiatan
- L = Lama Kegiatan X
- i = Peristiwa Awal Kegiatan X
- j = Peristiwa Akhir Kegiatan
- SPA_i = Saat Paling Awal Peristiwa Awal
- SPA_j = Saat Paling Awal Peristiwa Akhir

Untuk beberapa kegiatan menuju ke sebuah peristiwa.



Gambar 2.9 Beberapa Kegiatan Menuju Sebuah Peristiwa

$$SPA_{jm} = (SPA_n + L_n) \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan :

- SPA₁ = Saat Paling Awal Peristiwa Kegiatan X₁
- SPA₂ = Saat Paling Awal Peristiwa Kegiatan X₂
- SPA_j = Saat Paling Awal Peristiwa Akhir Bersama Dari Kegiatan 1 dan Kegiatan 2
- X₁X₂ = Nama Peristiwa Ke 1 dan Ke 2
- L₁L₂ = Lama Kegiatan Ke 1 dan Ke 2
- j = Peristiwa Akhir Bersama Dari Kegiatan Ke 1 dan Ke 2

Cara menghitung atau menentukan waktu paling awal peristiwa-peristiwa dalam diagram jaringan kerja adalah :

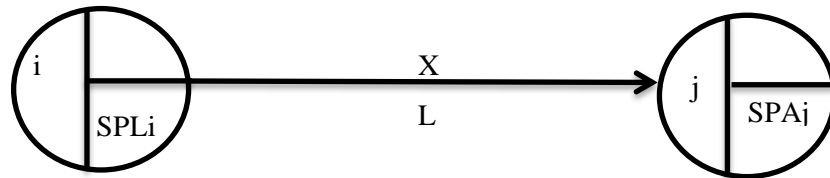
1. Hitung atau tentukan saat paling awal dari sebuah peristiwa-peristiwa mulai dari nomor 1 berturut-turut sampai nomor maksimal
2. Saat paling awal peristiwa nomor pertama sama dengan nol

3. Selanjutnya dapat dihitung saat paling awal peristiwa dengan menggunakan salah satu dari dua formula yang telah dijelaskan sesuai dengan banyaknya kegiatan dan dummy yang menuju pada peristiwa yang bersangkutan.

b. Saat Paling Lama (SPL)

Saat paling lama (SPL) adalah waktu terakhir (paling Lambat) suatu peristiwa dapat diselesaikan. Manfaat ditetapkan saat paling lambat setiap peristiwa dalam jaringan kerja adalah untuk mengetahui paling lambat selesainya sebuah kegiatan yang menuju peristiwa yang bersangkutan agar proyek masih dapat selesai pada waktu yang direncanakan. Saat paling lambat sebuah peristiwa dapat ditentukan secara formulatif sebagai berikut :

Untuk sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa.



Gambar 2.10 Sebuah Kegiatan Menuju Sebuah Peristiwa

$$SPL_i = SPL_j - L \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan :

X = Kegiatan

L = Lama Kegiatan X

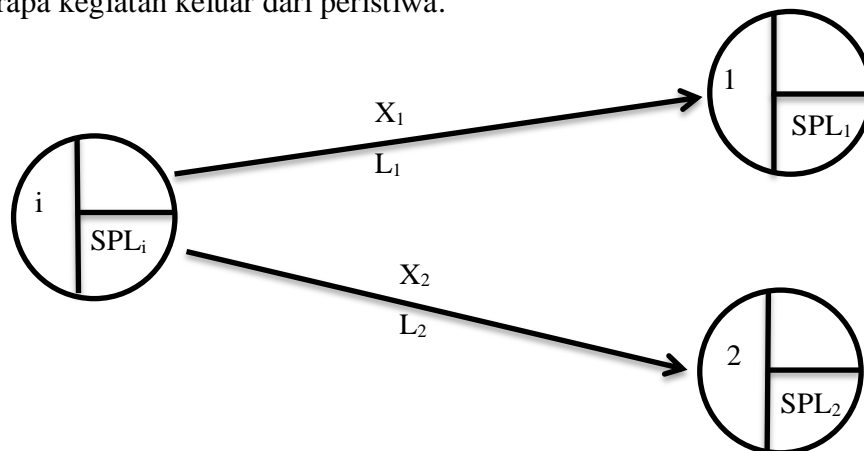
i = Peristiwa Awal Kegiatan X

j = Peristiwa Akhir Kegiatan

SPA_i = Saat Paling Lambat Peristiwa Awal

SPL_j = Saat Paling Lambat Peristiwa Akhir

Untuk beberapa kegiatan keluar dari peristiwa.



Gambar 2.11 Beberapa Kegiatan Keluar Dari Sebuah Peristiwa

$$SPL_i = (SPL_{jn} - L_n) \text{ minimum} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan :

SPL_i = Saat Paling Lambat Peristiwa Awal Kegiatan

SPL_1 = Saat Paling Lambat Peristiwa Akhir Kegiatan X_1

SPL_2 = Sesuatu Paling Lambat Peristiwa Akhir Kegiatan X_2

X_1, X_2 = Nama Peristiwa Ke 1 dan Ke 2

L_1, L_2 = Lama Kegiatan Ke 1 dan Ke 2

j = Peristiwa Awal Bersama Dari Kegiatan 1 dan Kegiatan 2

Cara yang harus diikuti dalam menghitung saat paling lambat peristiwa-peristiwa dalam jaringan kerja adalah :

1. Hitung dan tentukan saat paling lambat peristiwa mulai dari nomor maksimal kemudian mundur berturut-turut sampai dengan nomor 1.
2. Saat paling lambat peristiwa nomor maksimal sama dengan saat paling awal peristiwa nomor maksimal.
3. Selanjutnya dapat dihitung waktu paling lambat peristiwa-peristiwa nomor maksimal, dengan menggunakan salah satu rumus diatas sesuai dengan banyaknya kegiatan dan *dummy* yang keluar dari peristiwa yang bersangkutan.

c. Umur Proyek

Umur proyek adalah jangka waktu pelaksanaan sebuah kegiatan dari peristiwa awal sampai peristiwa paling akhir. Umumnya dalam kontrak *network diagram* saat paling awal dan peristiwa terawal sama dengan nol. Jadi umur proyek akan sama dengan SPA dan peristiwa paling akhir. Sedangkan besarnya SPL peristiwa paling akhir diambil sama dengan SPAnya. Sehingga umur proyek sama dengan SPA peristiwa paling akhir sama dengan SPL peristiwa paling akhir.

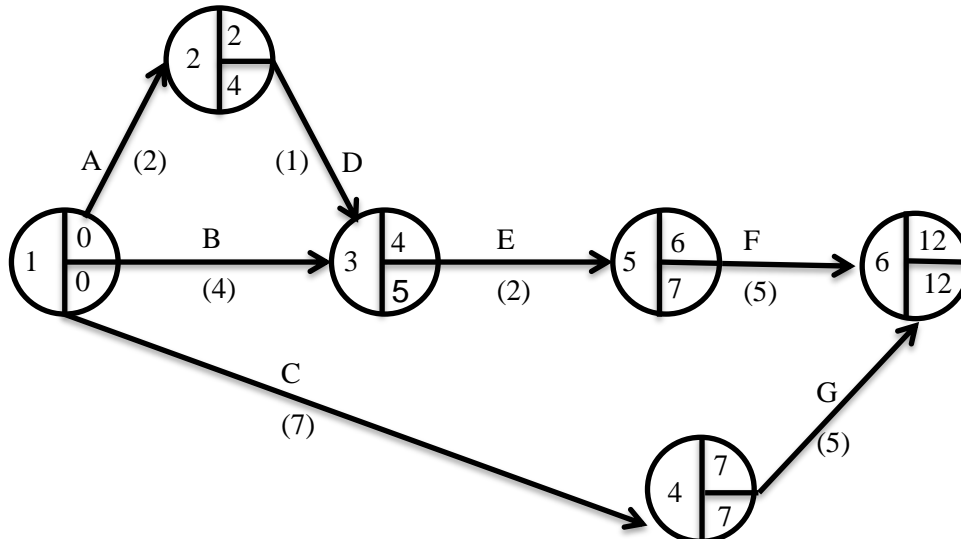
2.8.5. Jalur Kritis

Jalur kritis adalah lintasan atau rangkaian aktivitas yang memiliki total waktu pelaksanaan paling lama dari awal pelaksanaan hingga akhir pelaksanaan, dimana lajur kritis merupakan jalur yang paling menentukan penyelesaian proyek secara keseluruhan dan biasanya dalam satu diagram rencana kerja terdapat lebih dari satu jalur kritis.

Aktivitas-aktivitas yang dilalui oleh jalur/lintasan kritis disebut kegiatan kritis, sedangkan yang dimaksud dengan kegiatan kritis adalah suatu kegiatan yang pelaksanaan tidak boleh terlambat dan tidak dapat ditunda, karena tidak memiliki tenggang waktu pelaksanaan atau

float, yaitu sebagian waktu dimana suatu aktivitas boleh terlambat, tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian suatu proyek.

Pada gambar berikut di gambarkan contoh jaringan kerja yang dapat dipakai untuk mengidentifikasi jalur atau lintasan kritis.



Gambar 2.12 Contoh *Network Diagram*

Identifikasi jalur kritis :

1. lintasan terpanjang atau rangkaian kegiatan dengan total waktu pelaksanaan paling lama.
2. Nilai SPA = SPL
3. Nilai TF = FF = 0

Dari gambar 2.12 di atas dapat diidentifikasi yang merupakan jalur atau lintasan kritis 1 – c – 4 – G – 6.

Beberapa pemahaman tentang lintasan kritis yang harus dimengerti dalam pembahasan terhadap suatu *network diagram* adalah :

- a. Secara keseluruhan suatu proyek dapat dipercepat pelaksanaannya apabila aktivitas-aktivitas kritis yang berada pada suatu lintasan kritis dipercepat pelaksanaannya.
- b. Demikian pula jika aktivitas-aktivitas kritis dari suatu proyek mengalami penundaan, maka dapat dipastikan secara keseluruhan proyek akan mengalami keterlambatan.
- c. Karena kegiatan serius merupakan kegiatan yang tidak memiliki tenggang waktu pelaksanaan (float), maka untuk melaksanakan efisiensi seorang manajer proyek

dapat melakukan pemindahan atau pengalihan alat, material dan biaya dari lintasan non kritis ke lintasan kritis

- d. Perlu dilaksanakan pengendalian dan pengawasan yang seksama pada aktivitas-aktivitas kritis agar :
 - 1). Akitivitas-aktivitas kritis dapat terlaksana tepat pada waktunya dan tidak mengalami penundaan pelaksanaan.
 - 2). Mengkaji peluang diadakan percepatan pelaksanaan proyek dengan jalan mempercepat pelaksanaan aktivias-aktivitas kritis melalui optimalisasi dan relokasi sumberdaya manusia, alat dan material atau melakukan penambahan waktu kerja (lembur).

2.8.6. Tenggang Waktu Kegiatan

Tenggang waktu kegiatan adalah jangka waktu yang menyatakan ukuran batas keterlambatan kegiatan. Dengan ukuran ini dapat diketahui pengaruh keterlambatan terhadap penyelenggaraan proyek dan terhadap biaya sumber dayanya. Macam-macam tenggang waktu kegiatan :

1. *Total Float (TF)*

Total Float adalah jangka waktu antara saat saat paling lambat peristiwa akhir (SPLj) kegiatan yang bersangkutan, dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, apabila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal peristiwa awalnya (SPAi).

Rumus untuk menghitung *Total Float* adalah;

$$TF = SPLj - L - SPAi \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

TF = Total Float

SPLj = Saat Paling Lambat Peristiwa Akhir

L = Lama Kegiatan

SPAi = Saat Paling Awal Peristiwa Awal

2. *Free Float (FF)*

Free float adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (SPAj) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal peristiwa awalnya. Rumus untuk menghitung *Free Float* adalah :

$$FF = SPAj - L - SPAi \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan :

FF = Free Float

SPAj = Saat Paling Awal Peristiwa Akhir

L = Lama Kegiatan

SPAi = Saat Paling Awal Peristiwa Awal

3. *Independent Float (IF)*

Independent Float adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (SPAj) kegiatan bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling lambat peristiwa awalnya. Rumus untuk menghitung *Independent Float* adalah :

$$IF = SPAj - L - SPAi \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

IF = Independent Float

SPAj = Saat Paling Awal Peristiwa Akhir

L = Lama Kegiatan

SPAi = Saat Paling Lambat Peristiwa Awal

2.9. Proyek Mogok (Crashing Project)

Crashing project adalah usaha mempersingkat umur proyek. Penambahan jam kerja efektif sangat mempengaruhi cepat atau lambatnya penyelesaian proyek. Penambahan jam kerja (lembur) ini dibuat dengan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi No. Kep-102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur, Pasal 3 Ayat (1), "Waktu kerja lembur dilakukan paling banyak 3 (tiga) jam dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu". Dengan demikian pada penelitian ini akan dilakukan tiga (3) variasi penyelesaian dengan pembahan jam kerja efektif masing-masing 1 (satu) jam , 2 (dua) jam dan 3 (tiga) jam lembur.

2.10. Biaya Percepatan Waktu

Perubahan waktu penyelesaian kegiatan akibat penambahan waktu kerja akan berpengaruh pada besarnya biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No. KEP. 102/MEN/VI/2004 Pasal 11 Huruf A bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja 1 (satu) jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5

kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

2.11. Keuntungan atau Laba

Keuntungan atau laba adalah selisih antara pendapatan dengan pengeluaran dari suatu kegiatan atau proyek yang dikerjakan. Keuntungan proyek sudah dihitung secara cermat pada akhir dari proyek maupun pada saat proyek sedang dikerjakan dengan persentase kemajuan fisik tertentu, kontraktor pelaksana akan menerima pembayaran atau termin sesuai dengan hasil pekerjaan.

Kegunaan dari keuntungan atau laba antara lain menghidupi perusahaan, penumbuhan dan pengembangan serta investasi bagi perusahaan. Oleh karena itu, sebuah proyek harus menghasilkan keuntungan yang memadai, maka seorang manajer proyek diharapkan mampu mengendalikan biaya dan pendapatan sehingga memperoleh laba yang memadai.

$$L = 10\% \times BP \dots\dots\dots(2.31)$$

$$L^* = (BP - BP^*) + L \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan :

BP = Biaya Proyek Awal

BP* = Biaya Proyek Perubahan

L* = Perubahan Keuntungan

L = Keuntungan Awal