

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi salah satu referensi atau acuan bagi penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari beberapa penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun, penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian penelitian.

2.1.1 Aldio Arya Pratama Sutedjo (2017)

Penelitian dengan judul “Analisa Biaya Percepatan Optimal Dengan Penjadwalan Ulang Pada Galangan Kapal”. Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat kegiatan-kegiatan kritis dalam proyek tersebut dan dapat mengefisien penggunaan waktu di setiap kegiatan atau aktivitas sehingga biaya dapat diminimalkan dari rencan semula. Percepatan total durasi dalam suatu proyek kontruksi dilakukan dengan mempercepat kegiatan-kegiatan kritis dalam proyek tersebut. Untuk mengetahui mana saja kegiatan kritis dari suatu proyek, maka digunakan teknik *Critical Path Method*; yaitu dengan menggambar *Network Diagram* dari proyek tersebut, selanjutnya menghitung *Earliest Event Time (EET)*, *Latest Event Time (LET)*, lalu *Total Float* tiap kegiatan sehingga dapat diketahui mana saja kegiatan kritis dari proyek tersebut. Analisa dimulai dengan menentukan persamaan linear, kendala linear, perhitungan batas percepatan serta perhitungan biaya percepatan yang dibutuhkan agar Solver dapat menyelesaikan kasus percepatan tersebut secara linear dengan hasil biaya percepatan yang paling minimum. Hasil dari running Solver menunjukkan bahwa PT. PAL dapat mempercepat proyek yang semula berdurasi 450 hari menjadi 350 hari dengan total biaya percepatan sebanyak Rp. 4.363.975.501,23 bila mempercepat kegiatan A selama 13 hari, kegiatan C selama 16 hari, kegiatan D sebanyak 1 hari, kegiatan F sebanyak 2 hari, kegiatan G sebanyak 3 hari, kegiatan K sebanyak 3 hari, kegiatan L sebanyak 1 hari, kegiatan M sebanyak 6 hari, kegiatan R sebanyak 17 hari, kegiatan W sebanyak 16 hari, kegiatan X sebanyak 16 hari, kegiatan AA sebanyak 2 hari, kegiatan AB sebanyak 16 hari, kegiatan AC selama 14 hari, dan kegiatan AD sebanyak 2 hari.

2.1.2 Imam Safi'i, Heribertus Budi Santoso (2017)

Penelitian dengan judul “Analisis Optimasi Pelaksanaan Proyek Revitalisasi Integrasi Jaringan Universitas Kadiri Menggunakan Metode PERT Dan CPM”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis semua pekerjaan yang ada dalam proyek revitalisasi INJANIK dengan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dan *Critical Path Method* (CPM). Pengumpulan data dilakukan secara langsung pada pelaksanaan proyek yang meliputi aktivitas kegiatan, jadwal serta anggaran biaya proyek. Dari hasil analisa menggunakan metode PERT dan CPM terhadap pelaksanaan proyek Revitalisasi Integrasi Jaringan Universitas Kadiri dapat disimpulkan bahwa durasi waktu optimal proyek adalah 142 hari dengan tingkat peluang keberhasilan proyek sebesar 85,54% efisiensi yang didapat sebesar 3,4% dan total biaya proyek optimal adalah sebesar Rp. 479.634.000 dengan efisiensi sebesar 1,22%.

2.1.3 Weka Indra Dharmawan, Devi Oktarina, Tito Catur Wibowo (2017)

Penelitian dengan judul “Evaluasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Mitra Husada Pringsewu”. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jaringan kerja dan untuk mengetahui kegiatan kritis, peristiwa kritis, lintasan kritis serta menganalisis waktu dan biaya optimal proyek pengembangan Rumah Sakit Mitra Husada Pringsewu gedung VVIP dengan melakukan percepatan waktu pelaksanaan proyek agar tidak terjadi keterlambatan. Penelitian ini menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan Kurva “S” untuk manajemen pelaksanaan suatu proyek agar tidak terjadi keterlambatan yang dapat merugikan baik dari segi waktu maupun biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dilakukan evaluasi menggunakan Kurva S, biaya pelaksanaan dapat berkurang hingga 10% dari biaya realisasi yaitu dari Rp12.423.077.000,00 menjadi Rp11.293.707.000,00. Sedangkan setelah dilakukan percepatan menggunakan metode CPM, lintasan kritis berkurang dari 3 lintasan menjadi 1 lintasan, dan durasi proyek berkurang dari 448 hari menjadi 360 hari.

2.1.4 Agung Hardianto (2015)

Penelitian dengan judul “Analisa Pengendalian Manajemen Waktu Dan Biaya Proyek Pembangunan Hotel Dengan Network CPM (Studi Kasus Batiqa Hotel Palembang)”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perkembangan proyek dan bagaimana melakukan pengendalian waktu dan biaya pada proyek pembangunan hotel Batiqa hotel Palembang. Analisa perkembangan proyek dilakukan dari awal pelaksanaan sampai dengan minggu ke-64, yang mana pada minggu ke-64 peneliti selesai melaksanakan penelitiannya. Dikarenakan waktu rencana pelaksanaan

proyek adalah 86 minggu, maka mulai minggu ke-65 sampai minggu ke-86 dilakukan penjadwalan kembali dengan menggunakan metode CPM. Metode penelitian ini memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama adalah studi pustaka dan survei ke lokasi. Tahap kedua adalah pengumpulan data-data. Tahap ketiga adalah pengolahan data yang didapat. Tahap keempat adalah analisa hasil dan kesimpulan saran. Hasil analisa perkembangan pelaksanaan proyek selama 64 minggu, proyek mengalami keterlambatan pada minggu ke-64. Selama pelaksanaannya proyek tidak terus menerus terlambat, pada beberapa minggu awal proyek berjalan baik, setelah masuk minggu ke-9 proyek mulai terjadi keterlambatan. Pada pertengahan pelaksanaannya, proyek kembali dapat mengejar progresnya pada minggu ke-36 sampai minggu ke-37. Kemudian proyek mengalami keterlambatan lagi pada minggu ke-38 hingga minggu ke-64. Namun disamping itu proyek juga mengalami penghematan biaya hingga Rp 5.121.238.436 pada minggu ke-64. Setelah melakukan analisa pelaksanaan proyek selama 64 minggu, kemudian dari sisa waktu pelaksanaan yang ada dilakukan penjadwalan kembali (*rescheduling*). Dari hasil pembuatan penjadwalan kembali dengan biaya normal sisa pekerjaan sebesar Rp 12.661.955.002 selama 20 minggu waktu kerja.

2.1.5 Liston Hari Aryono (2014)

Penelitian dengan judul “Evaluasi Pengendalian Biaya Dan Waktu Menggunakan CPM Pada Proyek Jembatan Limpas Pengkol Kecamatan Karanggede Kabupaten Boyolali”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa penambahan jam kerja dengan biaya yang terjadi dapat dilakukan dengan metode jalur kritis atau CPM (*Critical Path Method*). Maksudnya adalah mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan menganalisa sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan menambah biaya terhadap kegiatan yang dapat dipercepat waktu pelaksanaannya. Dipilihnya Proyek pembangunan jembatan Limpas Pengkol Kecamatan Karanggede Kabupaten Boyolali karena adanya permintaan dari pihak kontraktor pelaksana untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dari waktu rencana yang sudah tercantum dalam kontrak karena terjadi keterlambatan dalam pekerjaannya. Dengan keterbatasan sumber daya manusia maka percepatan proyek tersebut dilakukan dengan kerja lembur selama 2 jam sehari. Dari hasil penelitian optimasi biaya pekerjaan proyek untuk setiap Alternatif Pekerjaan I, Alternatif Pekerjaan II, Alternatif Pekerjaan III. Maka Alternatif Pekerjaan I menjadi alternatif yang paling efisien karena waktu percepatan, waktu kritis, lintasan kritis, dan biaya kritisnya lebih efisien dan di tunjukkan pada biaya normal Rp 311.614.402,87 dan optimasi biaya Alternatif Pekerjaan I Rp. 50.579.077,54 dengan optimasi waktu normal 49 Hari dan optimasi waktu Alternatif Pekerjaan I 42 Hari.

2.1.6 Grace Y. Malingkas, Tisano Tj. Arsjad, Huibert Tarore (2013)

Penelitian dengan judul “Menganalisis Sensitivitas Keterlambatan Durasi Proyek Dengan Metode CPM (Studi Kasus Perumahan Puri Kelapa Gading)”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh percepatan durasi dengan Metode CPM pada proyek Puri Kelapa Gading dan juga untuk mengetahui pengaruh percepatan durasi terhadap peningkatan biaya pada pelaksanaan proyek Puri Kelapa Gading. Alternatif percepatan yang digunakan yaitu penambahan jam kerja selama 4 jam tiap harinya dengan mencari lintasan kritis menggunakan metode jalur kritis kemudian dilakukan percepatan untuk mendapatkan pemendekan durasi kegiatan dan slope biaya kegiatan yang berada pada lintasan kritis, selanjutnya dihitung kenaikan biaya dan akumulatif biaya untuk setiap kegiatan. Kemudian dibuat grafik hubungan biaya dan waktu untuk masing-masing kegiatan. Dari hasil analisis didapat biaya optimum pada penambahan jam kerja untuk masing-masing kegiatan dengan biaya penambahan biaya sebesar Rp. 7.540.000,00 dan waktu pemendekan durasi pada lintasan kritis yaitu 16 hari, artinya saat durasi dipercepat akan ada biaya akibat pemendekan durasi tersebut.

2.1.7 Jevri Krisanto Lumbanbatu, Syahrizal (2013)

Penelitian dengan judul “Analisis Percepatan Waktu Proyek Dengan Tambahan Biaya Yang Optimum (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Yayasan Pelita Bangsa di Jl. Iskandar Muda Medan, Sumatera Utara)”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah waktu yang dapat dipercepat dan berapa besar biaya yang akan dikeluarkan. Pada proyek Pembangunan Gedung Sekolah Yayasan Pelita Bangsa yang berlokasi di Jl. Iskandar Muda Medan dipilih sebagai tempat studi penelitian karena mengalami keterlambatan pekerjaan. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain menyusun jaringan kerja dengan metode Critical Path Method (CPM), mengidentifikasi jalur kritis dan jalur non kritis dan melakukan analisa perhitungan percepatan waktu dan biaya proyek. Hasil perhitungan menunjukkan waktu pelaksanaan normal proyek adalah 244 hari dan biaya normal sebesar Rp. 5,927,497.357.50, dengan menambah 1 jam penambahan jam kerja maka dapat mempercepat waktu sebanyak 16 hari dengan tambahan biaya sebesar Rp. 41,624,455,42 dan Cost Slope sebesar Rp. 1,892,020.68 per hari, dengan menambah 2 jam penambahan jam kerja maka dapat mempercepat waktu sebanyak 33 hari dengan biaya tambahan sebesar Rp. 121,081,991.46 dan nilai Cost Slope sebesar Rp. 3,363,388.64 per hari, dengan menambah 3 jam penambahan jam kerja maka dapat mempercepat waktu sebanyak 45 hari dengan biaya tambahan sebesar Rp. 204,767,925.40 dan nilai Cost Slope sebesar Rp. 4,550,398.34 per hari, dengan menambah 4 jam penambahan jam kerja maka dapat mempercepat waktu sebanyak

56 hari dengan biaya tambahan sebesar Rp. 297,349,168.27 dan nilai Cost Slope sebesar Rp. 5,946,983.36 per hari.

2.1.8 Sugiyarto, Siti Qomariyah, Faizal Hamzah (2013)

Penelitian dengan judul “Analisis *Network Planning* Dengan CPM (*Critical Path Method*) Dalam Rangka Efisiensi Waktu Dan Biaya Proyek”. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu dan biaya proyek serta mengetahui kegiatan apa saja yang termasuk dalam kegiatan kritis, untuk mengontrol dan mengkoordinasi berbagai kegiatan sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan juga dapat membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek dengan waktu dan biaya yang lebih efisien. Penelitian ini menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) merupakan salah satu metode *network planning* yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan penjadwalan proyek dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti. Dengan penggunaan metode CPM ini menghasilkan satu jalur kritis dengan 18 kegiatan dan dua kurva S yaitu untuk jadwal kegiatan paling awal dan paling lambat. Hasil perhitungan dengan metode CPM membutuhkan waktu 135 hari dengan biaya Rp. 979.239.000,- sedangkan perhitungan yang dilakukan oleh CV. Catur Tunggal membutuhkan waktu 150 hari dengan biaya Rp. 1.001.454.000,-. Berdasarkan metode CPM menghemat waktu penyelesaian proyek 15 hari (10%) dan biaya sebesar Rp. 22.215.000,-.

2.2 Proyek

Dalam penelitian ini proyek merupakan objek penelitian. Dibawah ini akan dijelaskan beberapa hal mengenai proyek diantaranya sebagai berikut:

2.2.1 Pengertian Proyek

Proyek didefinisikan dalam analisis jaringan kerja adalah sebuah rangkaian aktifitas unik yang saling terkait untuk mencapai suatu hasil tertentu dan dilakukan dalam periode tertentu pula (Chase et al dalam Andi Hari M dkk, 2014).

Proyek adalah sebuah kumpulan aktivitas yang bersifat sementara (*temporary*) yang dirancang untuk mencapai suatu hasil yang unik (tidak bersifat operasional atau terus menerus). Karena proyek bersifat sementara, maka proyek memiliki batasan ruang lingkup dan sumber daya. Untuk itu diperlukan suatu pengaturan atau manajemen terhadap batasan-batasan proyek tersebut dengan tetap berusaha mencapai tujuan proyek (Project Management Institute dalam Nurvelly R, 2016).

Menurut PMBOK Guide dalam Andi Hari M, dkk (2014) sebuah proyek memiliki beberapa karakteristik penting yang terkandung didalamnya yaitu: Sementara (temporary) berarti setiap proyek selalu memiliki jadwal yang jelas kapan proyek dimulai dan kapan selesai. Sebuah proyek berakhir jika tujuannya telah tercapai atau kebutuhan terhadap proyek itu tidak ada lagi sehingga proyek tersebut dihentikan. Unik artinya bahwa proyek menghasilkan suatu produk, solusi, service atau output tertentu yang berbeda-beda satu dan lainnya. Karakteristik-karakteristik tersebut di atas yang membedakan aktifitas suatu proyek terhadap aktifitas rutin operasional. Aktifitas operasional cenderung bersifat terus-menerus dan berulang-ulang, sementara aktifitas proyek bersifat temporer dan unik. Dari segi tujuannya, aktifitas proyek akan berhenti ketika tujuan telah tercapai. Sementara aktifitas operasional akan terus menyesuaikan tujuan agar pekerjaan tetap berjalan.

Proyek juga dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan yang hanya terjadi sekali dimana pelaksanaannya sejak awal sampai akhir dibatasi oleh kurun waktu tertentu (Tampubolon dalam Aldio Arya P.S, 2017). Menurut Subagya dalam Aldio Arya P.S (2017) proyek adalah suatu pekerjaan yang memiliki tanda – tanda khusus sebagai berikut, yaitu:

1. Waktu mulai dan selesainya sudah direncanakan
2. Merupakan suatu kesatuan pekerjaan yang dapat dipisahkan dari yang lain.
3. Biasanya volume pekerjaan besar dan hubungan antar aktifitas kompleks.

2.2.2 Ciri-Ciri Proyek

Berdasarkan beberapa pengertian proyek di atas, ciri – ciri proyek antara lain:

- a. Memiliki tujuan tertentu berupa hasil kerja akhir.
- b. Dalam proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, anggaran biaya, dan mutu hasil akhir.
- c. Keperluan sumber daya berubah baik macam jenis maupun volumenya.

2.2.3 Jenis-Jenis Proyek

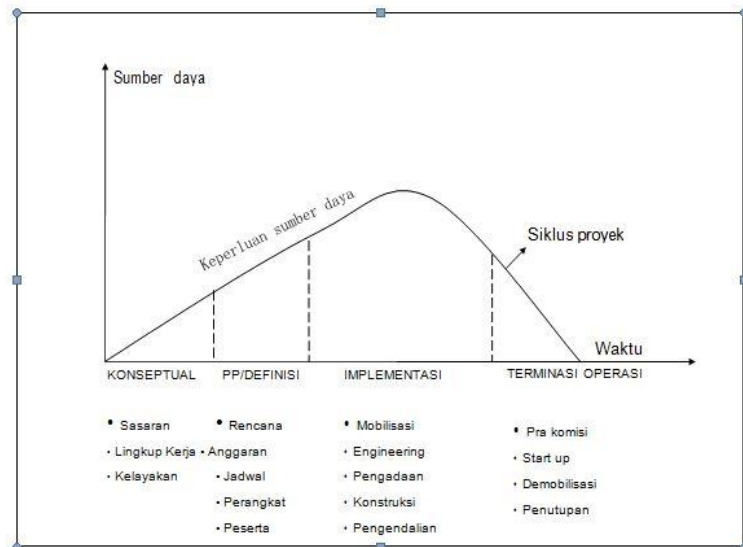
Menurut Soeharto dalam Aldio Arya P.S (2017), proyek dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Proyek Engineering-Konstruksi
Terdiri dari pengkajian kelayakan, desain engineering, pengadaan, dan konstruksi.

- b. **Proyek Engineering-Manufaktur**
Dimaksudkan untuk membuat produk baru, meliputi pengembangan produk, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasi produk yang dihasilkan.
- c. **Proyek Penelitian dan Pengembangan**
Bertujuan untuk melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan produk tertentu.
- d. **Proyek Pelayanan Manajemen**
Proyek pelayanan manajemen tidak memberikan hasil dalam bentuk fisik, tetapi laporan akhir, misalnya merancang sistem informasi manajemen.
- e. **Proyek Kapital**
Proyek kapital merupakan proyek yang berkaitan dengan penggunaan dana kapital untuk investasi.
- f. **Proyek Radio-Telekomunikasi**
Bertujuan untuk membangun jaringan telekomunikasi yang dapat menjangkau area yang luas dengan biaya minimal.
- g. **Proyek Konservasi Bio-Diversity**
Proyek konservasi bio-diversity merupakan proyek yang berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan.

2.2.4 Tahap Siklus Proyek

Kegiatan-kegiatan dalam sebuah proyek berlangsung dari titik awal, kemudian jenis dan intensitas kegiatannya meningkat hingga ke titik puncak, turun, dan berakhir, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1. Kegiatan-kegiatan tersebut memerlukan sumber daya yang berupa jam-orang (man-hour), dana, material atau peralatan Soeharto dalam Aldio Arya P.S (2017).



Gambar 2.1 Hubungan Keperluan Sumber Daya Terhadap Waktu dalam Siklus Proyek.

Sumber: (Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional dalam Aldio Arya P.S (2017)

Menurut Soeharto dalam Aldio Arya P.S (2017), salah satu sistematika penahapan yang disusun oleh PMI (Project Management Institute) terdiri dari tahap-tahap konseptual, perencanaan dan pengembangan (PP/Definisi), implementasi, dan terminasi.

a. Tahap Konseptual

Dalam tahap konseptual, dilakukan penyusunan dan perumusan gagasan, analisis pendahuluan, dan pengkajian kelayakan. Deliverable akhir pada tahap ini adalah dokumen hasil studi kelayakan.

b. Tahap PP/Definisi

Kegiatan utama dalam tahap PP/Definisi adalah melanjutkan evaluasi hasil kegiatan tahap konseptual, menyiapkan perangkat (berupa data, spesifikasi teknik, engineering, dan komersial), menyusun perencanaan dan membuat keputusan strategis, serta memilih peserta proyek. Deliverable akhir pada tahap ini adalah dokumen hasil analisis lanjutan kelayakan proyek, dokumen rencana strategis dan operasional proyek, dokumen anggaran biaya, jadwal induk, dan garis besar kriteria mutu proyek.

c. Tahap Implementasi

Pada umumnya, tahap implementasi terdiri dari kegiatan desain-engineering yang rinci dari fasilitas yang hendak dibangun, pengadaan material dan

peralatan, manufaktur atau pabrikasi, dan instalasi atau konstruksi. Deliverable akhir pada tahap ini adalah produk atau instalasi proyek yang telah selesai.

d. Tahap Terminasi

Kegiatan pada tahap terminasi antara lain mempersiapkan instalasi atau produk beroperasi (uji coba), penyelesaian administrasi dan keuangan lainnya. Deliverable akhir pada tahap ini adalah instalasi atau produk yang siap beroperasi dan dokumen pernyataan penyelesaian masalah asuransi, klaim, dan jaminan.

e. Tahap Operasi atau Utilitas

Dalam tahap ini, kegiatan proyek berhenti dan organisasi operasi mulai bertanggung jawab atas operasi dan pemeliharaan instalasi atau produk hasil proyek.

2.3 Manajemen Proyek

Banyak ahli telah mengemukakan pendapatnya mengenai definisi manajemen proyek, diantaranya:

- a. Stoner dan Wankel, mengemukakan bahwa manajemen adalah proses perencanaan, pengorganisasikan, memimpin dan mengendalikan usaha-usaha anggota organisasi serta proses penggunaan sumberdaya organisasi untuk mencapai tujuan-tujuan organisasi yang telah ditetapkan (Siregar dan Halim dalam Irwan Raharja, 2014).
- b. Harold Kenzer berpendapat manajemen klasik merupakan suatu kegiatan yang pelaksanaannya selalu mempertimbangkan lima prinsip, yaitu perencanaan, pengendalian, pengorganisasian, pengaturan dan pengarahan (Iman Soeharto dalam Irwan Raharja, 2014). Dari definisi tersebut dapat dikatakan bahwa permasalahan manajemen berkaitan dengan usaha untuk memelihara kerjasama kelompok orang dalam kesatuan dan memanfaatkan sumber daya lainnya untuk mencapai tujuan-tujuan tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya.

Menurut Siswanto dalam Eka Dannyanti (2011), dalam manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu:

- a. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.

b. Proses pengendalian (*controlling*).

Manajemen Proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Render dalam Eka Dannyanti, 2011), yaitu:

- a. Perencanaan. Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi tim-nya.
- b. Penjadwalan. Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
- c. Pengendalian. Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Handoko dalam Eka Dannyanti (2011), menyatakan tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut:

- a. Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan mengakibatkan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
- b. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
- c. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

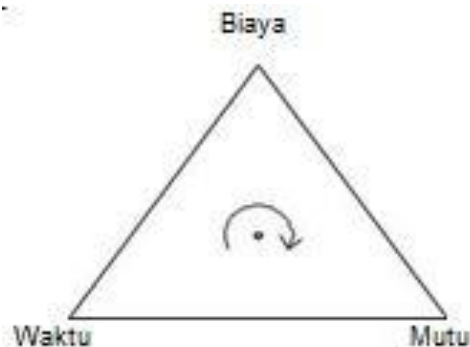
Manajemen proyek adalah kegiatan merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan dan mengendalikan sumber daya organisasi perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu tertentu dengan sumber daya tertentu. (Budi Santoso dalam Sugiyarto dkk, 2013).

Dalam proses untuk mencapai tujuan proyek terdapat batasan yang harus dipenuhi biaya atau anggaran, waktu atau jadwal, serta kualitas atau mutu. Tiga hal tersebut merupakan parameter penting dalam penyelenggaraan suatu proyek dan sering disebut juga triple constrain. Triple constrain tersebut yaitu:

1. Biaya atau anggaran

Suatu proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak boleh melebihi anggaran. Proyek berskala besar dan proses pelaksanaannya bertahun-tahun, biayanya tidak hanya ditentukan dalam total proyek, akan tetapi terbagi atas bagian-bagian atau periode tertentu yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Dengan demikian penyelesaian bagian-bagian proyek harus memenuhi sasaran anggaran perperiode.

2. Waktu atau jadwal
Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu yang telah ditentukan dan penyerahannya tidak boleh me-lewati batas waktu yang telah ditentukan.
3. Kualitas atau mutu
Hasil kegiatan atau produk harus memenuhi spesifikasi dan kriteria mutu yang telah dipersyaratkan.



Gambar 2.2 Hubungan *triple constrain*

Sumber: (Iman Soeharto dalam Sugiyarto dkk, 2013)

Tiga batasan tersebut diatas bersifat saling bersangkutan dan saling tarik-menarik. Jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah ditentukan, maka secara umumnya harus diikuti dengan meningkatkan mutu. Hal ini selanjut-nya berakibat pada naiknya biaya sehingga melebihi anggaran. Sebaliknya jika ingin menekan atau memperkecil biaya, maka biasanya harus memperhatikan jadwal atau waktu dan mutu juga.

2.4 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan adalah waktu yang diperlukan untuk melaksanakan tugas dengan menghentikan faktor-faktor antara lain syarat – syarat dan tugas, perkiraan permintaan, kapasitas tersedia. Masalah penjadwalan sangat erat hubungannya dengan penyerahan beban. Tanggal penyerahan merupakan masukan utama dalam penjadwalan yang disusun setelah mempertimbangkan beban. Jadwal bukan sekedar daftar operasi yang mungkin dilaksanakan secara bersamaan dan beberapa operasi diselesaikan sebelum operasi lain dimulai (Yamit dalam Andi Hari M dkk, 2014).

Proses monitoring selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan paling realistis agar alokasi sumber daya dan penetapan durasi sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek secara umum penjadwalan mempunyai manfaat seperti berikut:

1. Memberi pedoman kepada unit pekerjaan atau kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberi sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis.
3. Memberikan sarana untuk menilai suatu kemajuan pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan.
5. Memberikan kapasitas waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Penjadwalan proyek merupakan perencanaan spesifik proyek yang berisi tentang urutan dan pembagian waktu pengerjaan proyek secara keseluruhan (Tampubolon dalam Nafisah Octa K, 2017). Pada penjadwalan proyek sering digunakan angka estimasi atau ketidak pastian, hal ini dikarenakan pihak proyek melihat tingkat resiko pada setiap perubahan sistem politik, cuaca, ketergantungan buruh, kegagalan konstruksi, ketergantungan pihak lain, dan lain sebagainya.

Menurut Widiasanti & Lenggogeni dalam Agung H (2015), penjadwalan proyek konstruksi merupakan alat untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh suatu kegiatan dalam menyelesaikannya. Di samping itu, penjadwalan juga sebagai alat untuk menentukan kapan mulai dan selesainya kegiatan-kegiatan tersebut.

Menurut Hamilton dalam Giri Dhamma W dkk (2013), tujuan penjadwalan proyek untuk:

1. Memprediksi waktu penyelesaian proyek serta waktu yang dibutuhkan untuk disain dan penerapan di lapangan.
2. Memprediksi waktu untuk memulai dan menyelesaikan suatu aktivitas.
3. Merencanakan dan mengontrol sumber daya yang digunakan.
4. Mengevaluasi dampak yang terjadi apabila ada perubahan pada waktu penyelesaian proyek.
5. Mereka kemajuan atau perkembangan pelaksanaan proyek.
6. Mengetahui bila terjadi keterlambatan atau kemunduran waktu pelaksanaan.

Pada umumnya penjadwalan terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Penjadwalan Deterministik: Tugas jaringan saling terhubung dengan dependensi yang menggambarkan pekerjaan yang akan dilakukan, masa kerja dan rencana penyelesaian proyek. Setiap tugas memiliki durasi yang direncanakan. Penjadwalan deterministic dibagi menjadi 2:
 - a. CPM (*Critical Path Method*) : *Arrow Diagram, Time Scale Diagram, dan Precedence Diagram Method (PDM)*.
 - b. Non-CPM : *Bar/Gantt Chart, Line Diagram*.

2. Penjadwalan Probabilistik: Jaringan dengan semua elemen dari rencana deterministik, tetapi jangka waktu tugas adalah variabel-variabel acak. Contoh dari penjadwalan probabilistik adalah : PERT dan Montecarlo.

2.5 Keterlambatan Proyek

Parameter penting dalam penyelenggaraan proyek konstruksi, yang sering dijadikan sebagai sasaran proyek adalah anggaran, jadwal, dan mutu. Keberhasilan dalam menjalankan proyek tepat waktu, biaya, serta mutu yang telah direncanakan adalah salah satu tujuan terpenting bagi pemilik dan kontraktor. Pelaksanaan proyek yang tidak sesuai dengan rencana, dapat mengakibatkan keterlambatan proyek. Pada pelaksanaan proyek konstruksi, keterlambatan proyek seringkali terjadi, yang dapat menyebabkan berbagai bentuk kerugian bagi penyedia jasa dan pengguna jasa. Bagi kontraktor, keterlambatan selain dapat menyebabkan pembekakan biaya proyek akibat bertambahnya waktu pelaksanaan proyek, dapat pula mengakibatkan menurunnya kredibilitas kontraktor untuk waktu yang akan datang. Sedangkan bagi pemilik, keterlambatan penggunaan atau pengoperasian hasil proyek konstruksi dan seringkali berpotensi menyebabkan timbulnya perselisihan dan klaim antara pemilik dan kontraktor (Soeharto dalam Yunita Alfiana M, 2013).

2.5.1 Pengertian Keterlambatan Proyek

Keterlambatan proyek merupakan waktu selama suatu bagian dari proyek konstruksi diperpanjang atau tidak diselenggarakan sesuai dengan kesepakatan yang telah ditetapkan (Callahan al dalam Bayu Dwi A, 2016).

Menurut Levis dan altherley dalam Bayu Dwi A (2016), jika suatu pekerjaan sudah ditargetkan harus sudah selesai pada waktu yang telah ditetapkan namun karena suatu alasan tertentu tidak dapat dipenuhi maka dapat dikatakan pekerjaan itu mengalami keterlambatan. Keterlambatan yang terjadi dalam suatu proyek konstruksi akan memperpanjang durasi proyek atau meningkatkan biaya maupun keduanya, adapun dampak keterlambatan pada klien atau owner akan membawa dampak pengurangan pemasukan karena penundaan pengoperasian fasilitasnya.

Terjadinya keterlambatan pada suatu proyek konstruksi dapat diidentifikasi, didefinisikan dan digambarkan dengan jelas melalui media schedule. Schedule mempunyai peranan penting dalam menggambarkan keterlambatan dalam suatu proyek konstruksi. Dengan melihat schedule, maka efek keterlambatan suatu kegiatan terhadap kegiatan lain dapat terlihat sehingga keterlambatan ini dapat segera diantisipasi.

Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa proyek mengalami keterlambatan apabila tidak dapat diserahkan oleh penyedia jasa kepada pengguna pada tanggal serah terima pekerjaan pertama yang telah ditetapkan dikarenakan suatu alasan tertentu. Sehingga peran aktif manajemen merupakan salah satu kunci utama keberhasilan pengelolaan proyek. Pengkajian jadwal proyek diperlukan untuk menentukan perubahan mendasar agar keterlambatan penyelesaian proyek dapat dihindari atau dikurangi.

2.5.2 Jenis-Jenis Keterlambatan

Wahyudi dalam Yunita Alfiana M dkk (2013), menyatakan keterlambatan dapat dibagi menjadi 3 jenis utama, yaitu:

1. Keterlambatan yang tidak dapat dimaafkan (*Non Excusable Delays*).
Non Excusable Delays adalah keterlambatan yang diakibatkan oleh tindakan, kelalaian, atau kesalahan kontraktor.
2. Keterlambatan yang dapat dimaafkan (*Excusable Delays*).
Excusable Delays adalah keterlambatan yang disebabkan oleh kejadian-kejadian diluar kendali baik pemilik maupun kontraktor. Pada kejadian ini, kontraktor mendapatkan kompensasi berupa perpanjangan waktu saja.
3. Keterlambatan yang layak mendapat ganti rugi (*Compensable Delays*).
Compensable Delays adalah keterlambatan yang diakibatkan tindakan, kelalaian atau kesalahan pemilik. Pada kejadian ini, kontraktor biasanya mendapatkan kompensasi berupa perpanjangan waktu dan tambahan biaya operasional yang perlu selama keterlambatan pelaksanaan tersebut.

2.5.3 Faktor-Faktor Keterlambatan

Menurut Yunita Alfian Messah dkk (2013), Berdasarkan 3 jenis utama keterlambatan, maka penyebab keterlambatan proyek dapat di kelompokkan sebagai berikut:

1. *Non Excusable Delays*.
Penyebab- penyebab yang termasuk dalam jenis keterlambatan ini adalah:
 - a. Identifikasi, durasi, dan rencana urutan kerja yang tidak lengkap dan tidak tersusun dengan baik.
Identifikasi aktivitas proyek merupakan tahap awal dari penyusunan jadwal proyek. Identifikasi yang tidak lengkap akan mempengaruhi durasi proyek secara keseluruhan dan mengganggu urutan kerja.
 - b. Ketidaktepatan perencanaan tenaga kerja.
Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dalam tiap tahapan pelaksanaan proyek berbeda-beda, tergantung dari besar dan jenis pekerjaannya.

Perencanaan yang tidak sesuai kebutuhan dilapangan dapat menimbulkan persoalan karena tenaga kerja adalah sumber daya yang tidak mudah didapat dan mahal sekali harganya.

- c. Kualitas tenaga kerja yang buruk.
Kurangnya ketrampilan dan keahlian pekerja dapat mengakibatkan produktivitas tenaga kerja yang dihasilkan rendah sehingga memerlukan waktu yang lama dalam menyelesaikan proyek
- d. Keterlambatan penyediaan alat/material akibat kelalaian kontraktor.
Salah satu faktor yang mendukung dalam pelaksanaan proyek secara langsung adalah tersediannya peralatan dan material yang akan digunakan. Keterlambatan penyediaan alat dan material diproyek dapat dikarenakan keterlambatan pengiriman supplier, kesulitan untuk mendapatkannya, dan kekurangan material itu sendiri. Penyediaan alat dan material yang tidak sesuai dengan kebutuhan dan waktu yang direncanakan, akan membuat produktivitas pekerja menurun karena banyaknya jam nganggur sehingga menghambat laju pekerjaan.
- e. Jenis peralatan yang digunakan tidak sesuai dengan proyek.
Peralatan merupakan salah satu sumber daya yang digunakan secara langsung didalam pelaksanaan proyek. Perencanaan jenis peralatan harus disesuaikan dengan karakteristik dan besarnya proyek sehingga tujuan dari pekerjaan proyek dapat tercapai.
- f. Mobilisasi sumber daya yang lambat.
Mobilisasi yang dimaksud dalam hal ini adalah pergerakan supplier kelokasi proyek, antar lokasi dalam proyek, dan dari dalam lokasi proyek ke luar lokasi proyek. Hal ini sangat dipengaruhi oleh penyediaan jalan proyek dan waktu pengiriman alat ataupun material.
- g. Banyak hasil pekerjaan yang harus diulang/ diperbaiki karena cacat/salah. Faktor ini lebih mengarah pada mutu atau kualitas pelaksanaan pekerjaan, baik secara struktur atau penyelesaian akhir yang dipengaruhi gambar proyek, penjadwalan proyek, dan kualitas tenaga kerja.
- h. Kesulitan finansial.
Perputaran arus uang baik arus masuk maupun arus keluar harus direncanakan dengan baik penggunaannya, agar tidak menimbulkan kesulitan untuk proyek itu sendiri. Kesulitan pembiayaan oleh kontraktor ini, terutama yang berkaitan dengan kewajiban pembayaran ke pemasok material dan pembayaran upah tenaga kerja. Hal ini akan menyebabkan

tersendatnya dukungan sumber daya yang ada dan membuat pelaksanaan pekerjaan menjadi terhambat.

- i. Kurangnya pengalaman kontraktor.
Pengalaman kontraktor berpengaruh dalam penanganan masalah dalam bekerja bisa mengakibatkan keterlambatan proyek. Kontraktor yang sudah berpengalaman dengan mudah mengatasi permasalahan yang timbul, lain halnya dengan kontraktor yang kurang pengalaman, akan membutuhkan waktu yang lebih banyak.
- j. Koordinasi dan komunikasi yang buruk dalam organisasi kontraktor
Komunikasi adalah kunci awal bagi keberhasilan kerja tim. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, koordinasi memerlukan komunikasi yang baik agar masing-masing kelompok tidak terjadi pekerjaan yang tumpang tindih.
- k. Metode konstruksi/teknik pelaksanaan yang tidak tepat/salah.
Kesalahan atau ketidaktepatan dalam memilih metode konstruksi, walaupun mungkin tidak sampai menimbulkan kegagalan penyelesaian struktur, seringkali berdampak lebih lamanya waktu penyelesaian yang diperlukan.
- l. Kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerja.
Kurangnya kontrol keselamatan kerja yang ada di dalam proyek dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja terhadap pekerja. Hal ini dapat berdampak pada penderita secara fisik, hilangnya semangat kerja, dan trauma akibat kecelakaan yang pada akhirnya dapat mengakibatkan turunnya produktivitas kerja.

2. *Excusable Delays*

- a. Terjadinya hal-hal yang tak terduga seperti banjir badai, gempa bumi, tanah longsor, kebakaran, cuaca buruk.
Cuaca sangat mempengaruhi produktivitas pekerja. Cuaca yang buruk menyebabkan turunnya stamina para pekerja yang berarti menurunnya produktivitas. Produktivitas pekerja yang rendah dan tidak sesuai yang direncanakan akan mengakibatkan mundurnya jadwal proyek. Gempa bumi, banjir, tanah longsor, kebakaran dapat menyebabkan proyek terhenti sementara dan membutuhkan waktu lebih.
- b. Lingkungan sosial politik yang tidak stabil.
Aspek sosial politik seperti kerusuhan, perang, keadaan sosial yang buruk dapat mengakibatkan hambatan dalam pelaksanaan proyek karena perbaikan pekerjaan akibat kerusakan yang terjadi

memerlukan tambahan waktu yang akan memperpanjang jadwal proyek secara keseluruhan.

- c. Respon dari masyarakat sekitar yang tidak mendukung adanya proyek Respon dari masyarakat sekitar proyek yang berbeda- beda, ada yang mendukung dan ada pula yang menolak. Dengan adanya respon negatif dari masyarakat sekitar menyebabkan adanya demo yang berakibat pada berhentinya kegiatan proyek sesaat yang berarti mundurnya jadwal pelaksanaan proyek.

3. *Compensable Delays*

Penyebab- penyebab yang termasuk dalam jenis keterlambatan ini adalah:

- a. Penetapan pelaksanaan jadwal proyek yang amat ketat.
Jadwal proyek seringkali ditentukan oleh pemilik untuk kepentingan pemakian yang mendesak. Kesalahan- kesalahan akan timbul karena adanya tekanan waktu sehingga memerlukan perbaikan- perbaikan. Akibatnya jadwal yang telah direncanakan akan berubah dan memerlukan tambahan waktu.
- b. Persetujuan ijin kerja yang lama
Persetujuan ijin kerja merupakan hal yang lazim dalam melaksanakan suatu aktivitas pekerjaan seperti gambar dan contoh bahan. Proses persetujuan ijin ini akan menjadi kendala yang bisa memperlambat proses pelaksanaan pekerjaan apabila untuk mendapatkan ijin tersebut diperlukan waktu yang cukup lama untuk mengambil keputusan.
- c. Perubahan lingkup pekerjaan/detail konstruksi.
Permintaan pemilik untuk mengganti lingkup pekerjaan pada saat proyek sudah terlaksana akan berakibat pembongkaran ulang dan perubahan jadwal yang telah dibuat kontraktor. Setiap pembongkaran ulang dalam pelaksanaan proyek memerlukan tambahan waktu penyelesaian.
- d. Sering terjadi penundaan pekerjaan.
Kondisi finansial pemilik yang kurang baik dapat berakibat penundaan atau penghentian pekerjaan proyek yang bersifat sementara, yang secara langsung berakibat pada mundurnya jadwal proyek.
- e. Keterlambatan penyediaan meterial.
Dalam pelaksanaan proyek, sering terjadi adanya beberapa material yang disiapkan oleh pemilik. Masalah akan terjadi apabila pemilik terlambat menyediakan material kepada kontraktor dari waktu yang

telah dijadwalkan. Proyek tidak dapat dilanjutkan, produktivitas pekerja rendah karena menganggur, yang mengakibatkan keterlambatan proyek.

- f. Dana dari pemilik yang tidak mencukupi.
Proyek dapat berhenti dan mengalami keterlambatan karena dana dari pemilik proyek yang tidak cukup.
- g. Sistem pembayaran pemilik ke kontraktor yang tidak sesuai kontrak
Pelaksanaan pembangunan proyek konstruksi membutuhkan biaya terus menerus sepanjang waktu pelaksanaannya, yang menuntut kontraktor sanggup menyediakan dana secara konsisten agar kelancaran pekerjaan tetap terjaga. Pembayaran termyn dari pemilik yang tidak sesuai kontrak dapat merugikan pihak kontraktor karena akan mengacaukan semua sistem pendanaan proyek tersebut dan mempengaruhi kelancaran pekerjaan kontraktor.
- h. Cara inspeksi/kontrol pekerjaan birokratis oleh pemilik.
Cara inspeksi dan kontrol yang terlalu birokratis dapat membuat kebebasan kontraktor dalam bekerja menjadi lebih terbatas. Keterbatasan inilah yang pada akhirnya akan menyebabkan pelaksanaan pekerjaan berjalan dengan lambat.

2.5.4 Dampak Keterlambatan Proyek

Menurut (Alifen et al dalam Ria H dkk, 2013), bahwa dampak dari keterlambatan proyek ini menimbulkan kerugian pada pihak kontraktor, konsultan, dan *owner*. Kerugian tersebut antara lain:

1. Pihak Kontraktor
Keterlambatan penyelesaian proyek berakibat naiknya *overhead*, karena bertambah panjangnya waktu pelaksanaan. Biaya *overhead* meliputi biaya untuk perusahaan secara keseluruhan, terlepas ada tidaknya kontrak yang sedang ditangani.
2. Pihak Konsultan
Konsultan akan mengalami kerugian waktu, serta akan terlambat dalam mengerjakan proyek yang lainnya, jika pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan penyelesaian.
3. Pihak *Owner*
Keterlambatan proyek pada pihak pemilik/*Owner*, berarti kehilangan penghasilan dari bangunan yang seharusnya sudah dapat digunakan atau disewakan. Apabila pemilik adalah pemerintah, untuk fasilitas umum misalnya rumah sakit tentunya keterlambatan akan merugikan pelayanan

kesehatan masyarakat, atau merugikan program pelayanan yang telah disusun. Kerugian ini tidak dapat dinilai dengan uang tidak dapat dibayar kembali. Sedangkan apabila pihak pemilik adalah non pemerintah, misalnya pembangunan gedung, pertokoan atau hotel, tentu jadwal pemakaian gedung tersebut akan mundur dari waktu yang direncanakan, sehingga ada waktu kosong tanpa mendapatkan uang.

2.5.5 Mengatasi Keterlambatan

Menurut Istimawan Dipohusodo dalam Bayu D.A (2016), selama proses konstruksi selalu saja muncul gejala kelangkaan periodik atas material-material yang diperlukan, berupa material dasar atau barang jadi baik yang lokal maupun import. Cara penanganannya sangat bervariasi tergantung pada kondisi proyek, sejak yang ditangani langsung oleh staf khusus dalam organisasi sampai bentuk pembagian porsi tanggung jawab diantara pemberi tugas, kontraktor dan sub-kontraktor, sehingga penawaran material suatu proyek dapat datang dari sub-kontraktor, pemasok atau agen, importer, produsen atau industri, yang kesemuanya mengacu pada dokumen perencanaan dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Cara mengendalikan keterlambatan adalah :

- a. Mengerahkan sumber daya tambahan.
- b. Melepas rintangan-rintangan, ataupun upaya upaya lain untuk menjamin agar pekerjaan meningkat dan membawa kembali ke garis rencana.
- c. Jika tidak mungkin tetap pada garis rencana semula mungkin diperlukan revisi jadwal, yang untuk selanjutnya dipakai sebagai dasar penilaian kemajuan pekerjaan pada saat berikutnya.

Menurut Agus Ahyari dalam Bayu D.A (2016), untuk mengatasi keterlambatan bahan yang terjadi karena pemasok mengalami suatu hal, maka perlu adanya pemasok cadangan. Dalam penyusunan daftar prioritas pemasok, tidak cukup sekali disusun dan digunakan selanjutnya. Daftar tersebut setiap periode tertentu harus diadakan evaluasi mengenai pemasok biasa dilakukan berdasarkan hubungan pada waktu yang lalu. Untuk mengetahui kualitas pemasok bisa dilihat dari karakteristik pola kebiasaan, pola pengiriman, cara penggantian atas barang yang rusak.

Sedangkan menurut Donal S Baffie dalam Bayu D.A (2016), sekalipun sudah dipergunakan prosedur yang terbaik, namun permasalahan akan timbul juga. Kadang-kadang terjadi suatu perubahan rencana kontraktor itu sendiri yang memerlukan barang kritis harus lebih dipercepat lagi penyerahannya dari tanggal yang sudah disetujui sebelumnya. Keterlambatan lain mungkin timbul dari pihak pemasok atau kontraktor, atau pada proses pengiriman dan lain-lain. Tugas dari

ekspediter profesional yang berpengalaman adalah menentukan cara yang efektif dalam menjaga agar pengadaan barang tetap sesuai jadwal yang telah ditetapkan dengan pengaruh kerugian sekecil mungkin. Bila suatu material tidak dapat diperoleh lagi atau menjadi sangat mahal, maka spesialis pengadaan harus mengetahui tempat memperoleh material pengganti (*substitusi*) yang akan dapat memenuhi atau melampaui persyaratan aslinya.

2.6 Critical Path Method (CPM)

Metode (CPM) adalah sebuah teknik pemodelan proyek yang dikembangkan oleh Morgan R. Walker dari DuPont dan James E. Kelley dari Remington Rand di akhir tahun 1950.

Metode ini mampu mengidentifikasi jalur kritis pada sekumpulan aktifitas yang telah ditentukan ketergantungan antar aktifitasnya. Aktifitas adalah sebuah tugas spesifik yang memiliki satu hasil yang dapat diukur yang memiliki durasi pengerjaannya. Jalur kritis adalah sekumpulan aktifitas yang saling bergantung yang harus selesai sesuai dengan waktu yang direncanakan karena jika tidak maka keseluruhan waktu pengerjaan proyek akan terlambat. Dengan kata lain waktu yang diperlukan oleh jalur kritis adalah waktu yang diperlukan sebuah proyek untuk selesai. Sebuah proyek dapat memiliki lebih dari satu jalur kritis. Mengingat pentingnya setiap aktifitas di jalur kritis untuk terlaksana tepat waktu, maka aktifitas-aktifitas tersebut perlu dimonitor lebih khusus (Olivier de Weck dalam Nurvelly R, 2016)

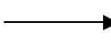

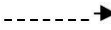

Menurut Levin dan Kirkpatrick dalam Aldio Arya P.S (2017), metode Jalur Kritis (Critical Path Method - CPM), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. CPM adalah model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis (Siswanto dalam Aldio Arya P.S, 2017). CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

2.6.1 Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Jaringan kerja merupakan salah satu metode yang menjelaskan hubungan antara kegiatan dan waktu yang secara grafis mencerminkan urutan rencana kegiatan atau pekerjaan proyek. (Imam Soeharto dalam Sugiyarto dkk, 2013). Jaringan kerja

pada dasarnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan orang digeser ketempat lain demi efisiensi.

Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu network adalah sebagai berikut (Hayun dalam Aldio Arya P.S, 2017) :

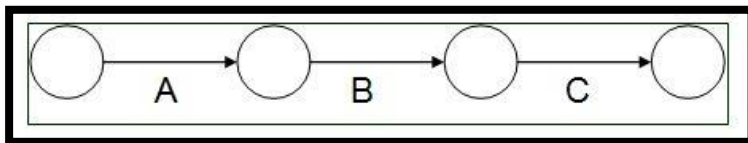
- a.  (anak panah/busur), mewakili sebuah kegiatan atau aktivitas yaitu tugas yang dibutuhkan oleh proyek. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan duration (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah resources (sumber tenaga, peralatan, material, biaya). Kepala anak panah menunjukkan arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai pada permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan. Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini samabsekali tidak mempunyai arti. Jadi, tak perlu menggunakan skala.
- b.  (lingkaran kecil/simpul/node), mewakili sebuah kejadian atau peristiwa atau event. Kejadian (event) didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan. Sebuah kejadian mewakili satu titik dalam waktu yang menyatakan penyelesaian beberapa kegiatan dan awal beberapa kegiatan baru. Titik awal dan akhir dari sebuah kegiatan karena itu dijabarkan dengan dua kejadian yang biasanya dikenal sebagai kejadian kepala dan ekor. Kegiatan-kegiatan yang berawal dari saat kejadian tertentu tidak dapat dimulai sampai kegiatan-kegiatan yang berakhir pada kejadian yang sama diselesaikan. Suatu kejadian harus mendahulukan kegiatan yang keluar dari simpul/node tersebut.
- c.  (anak panah terputus-putus), menyatakan kegiatan semu atau dummy activity. Setiap anak panah memiliki peranan ganda dalam mewakili kegiatan dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai kegiatan. Dummy di sini berguna untuk membatasi mulainya kegiatan seperti halnya kegiatan biasa, panjang dan kemiringan dummy ini juga tak berarti apa-apa sehingga tidak perlu berskala. Bedanya dengan kegiatan biasa ialah bahwa kegiatan dummy tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu kegiatan dan biaya sama dengan nol.
- d.  (anak panah tebal), merupakan kegiatan pada lintasan kritis.

Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut (Hayun dalam Aldio Arya P.S, 2017):

- Di antara dua kejadian (event) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
- Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian.
- Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.
- Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (initial event) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (terminal event).

Adapun logika ketergantungan kegiatan-kegiatan itu dapat dinyatakan sebagai berikut :

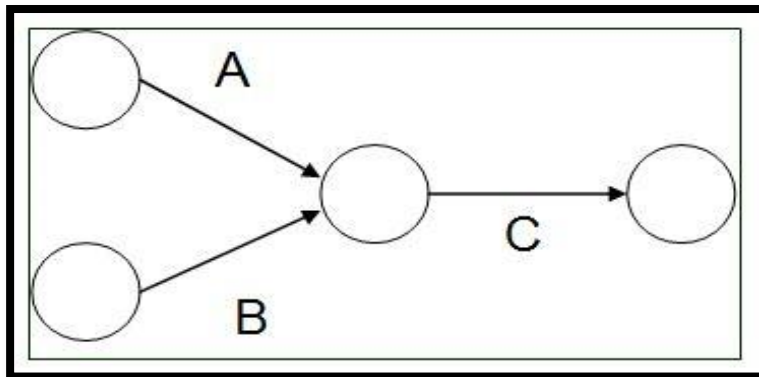
- Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan kegiatan C dimulai setelah kegiatan B selesai, maka hubungan antara kegiatan tersebut dapat di lihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kegiatan A pendahulu kegiatan B & kegiatan B pendahulu kegiatan C.

Sumber: (Operations Management dalam Aldio Arya P.S, 2017)

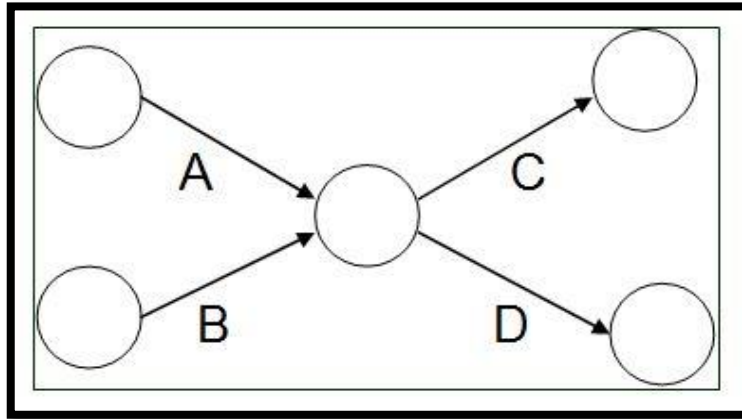
- Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, maka dapat di lihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C.

Sumber: (Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional dalam Aldio Arya P.S, 2017)

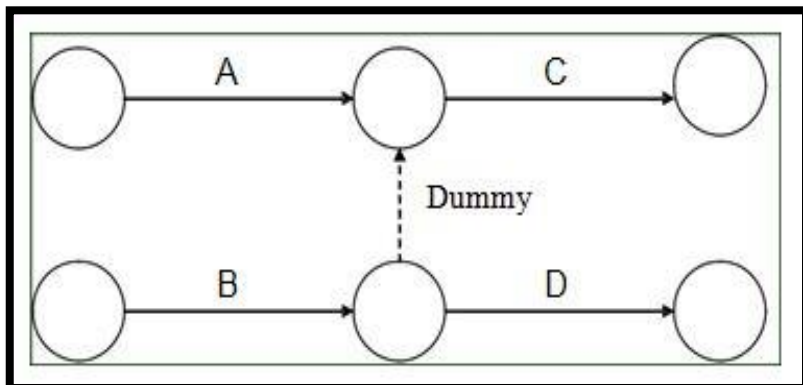
- c. Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D maka dapat di lihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D.

Sumber: (Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional dalam Aldio Arya P.S, 2017)

- d. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila kegiatan B sudah selesai, maka dapat dilihat pada gambar 2.6.

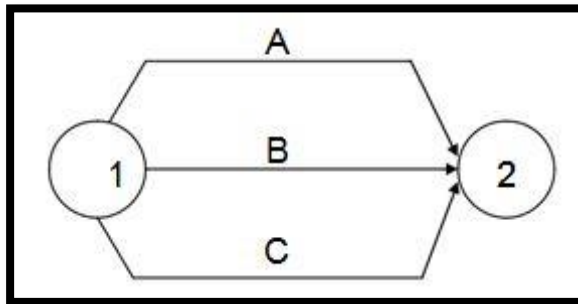


Gambar 2.6 Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D.

Sumber: (Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional dalam Aldio Arya P.S, 2017)

Fungsi dummy () ■ atas adalah memindahkan seketika itu juga (sesuai dengan arah panah) keterangan tentang selesainya kegiatan B.

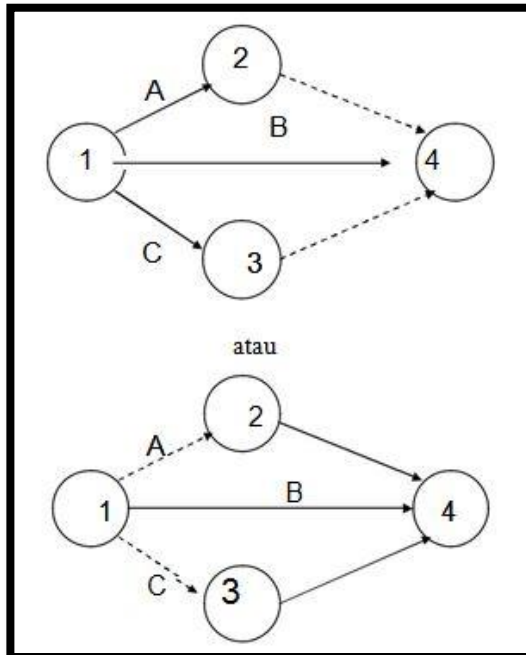
- e. Jika kegiatan A,B, dan C mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama, maka kita tidak boleh menggambarannya seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Gambar yang salah bila kegiatan A, B dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama.

Sumber: (Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan dalam Aldio Arya P.S, 2017)

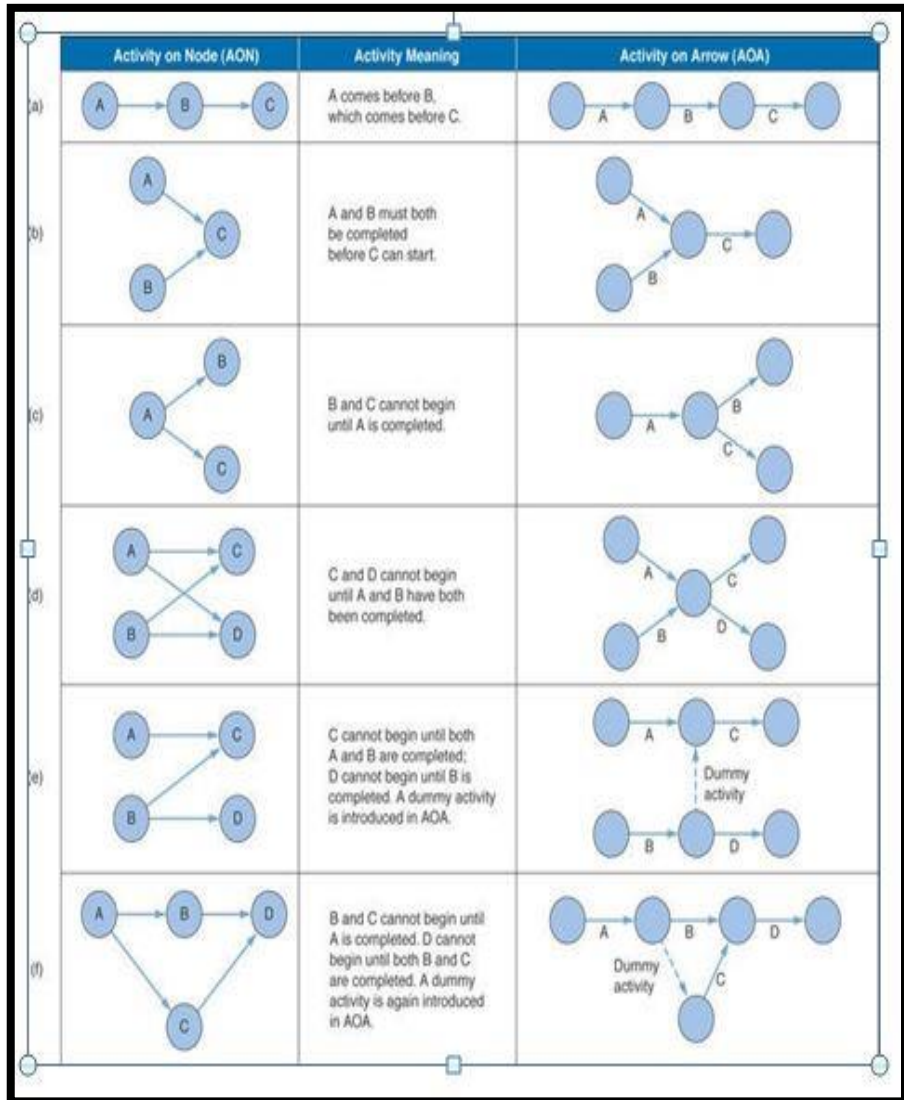
Untuk membedakan ketiga kegiatan itu, maka masing-masing harus digambarkan dummy seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama.

Sumber: (Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan dalam Aldio Arya P.S, 2017)

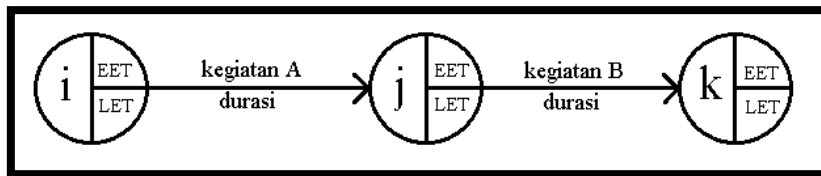
Menurut Heizer dan Render dalam Aldio Arya P.S (2017), ada dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan proyek, yaitu kegiatan-pada-titik (activity-on-node- AON) dan kegiatan-pada-panah (activity-on-arrow – AOA). Pada pendekatan AON, titik menunjukkan kegiatan, sedangkan pada AOA, panah menunjukkan kegiatan. Gambar 2.9 mengilustrasikan kedua pendekatan tersebut.



Gambar 2.9 Perbandingan Dua Pendekatan Menggambarkan Jaringan Kerja.
Sumber: (Principles of Operations Management dalam Aldio Arya P.S, 2017)

Dalam CPM (*Critical Path Method*) dikenal beberapa istilah, yaitu EET (*Earliest Event Time*) dan LET (*Latest Event Time*), *Float*, dan *Critical Path*. EET adalah peristiwa paling awal atau waktu tercepat dari *event*. LET adalah peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari *event*. Berikut ini akan dijelaskan istilah-istilah yang terdapat pada CPM, yaitu:

1. EET (*Earliest Event Time*), adalah peristiwa paling awal atau waktu tercepat dari *event*. Untuk menghitung besarnya nilai EET, digunakan perhitungan ke depan (*forward analysis*), dimulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya (Syafriidon, G. G. A, 2013).



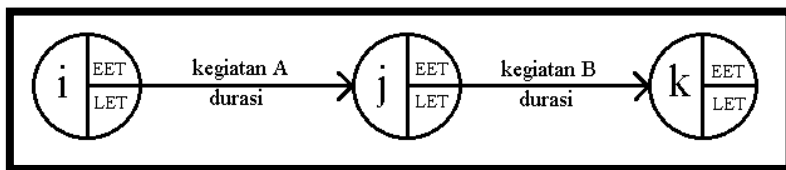
Gambar 2.10 Diagram perhitungan maju
 Sumber: (Syafriidon, G. G. A, 2013)

Dimana:

$$EET_j = EET_i + \text{durasi A} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$EET_k = EET_j + \text{durasi B} \dots\dots\dots (2.2)$$

2. LET (*Latest Event Time*), adalah peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari *event*. Untuk menghitung besarnya nilai LET, digunakan perhitungan ke belakang (*backward analysis*), dimulai dari kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan-kegiatan sebelumnya (Syafriidon, G. G. A, 2013).



Gambar 2.11 Diagram perhitungan mundur
 Sumber: (Syafriidon, G. G. A, 2013)

Dimana:

$$LET_j = LET_k - \text{durasi B} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$LET_i = LET_j - \text{durasi A} \dots\dots\dots (2.4)$$

3. *Float* dapat didefinisikan sebagai sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan tersebut secara sengaja atau tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak

menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya (Syafridon, G. G. A, 2013).

4. Lintasan kritis (*critical path*), adalah sebuah kegiatan yang menghubungkan antarkegiatan kritis (Syafridon, G. G. A, 2013). Aktifitas jalur terpanjang yang dilewati antar kegiatan merupakan jalur kritis. Sebuah kegiatan dikatakan kritis apabila penundaan saat awal akan menyebabkan penundaan waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

2.6.2 Lintasa Kritis

Heizer dan Render dalam Aldio Arya P.S (2017), menjelaskan bahwa dalam dalam melakukan analisis jalur kritis, digunakan dua proses two-pass, terdiri atas forward pass dan backward pass. ES dan EF ditentukan selama forward pass, LS dan LF ditentukan selama backward pass. ES (earliest start) adalah waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai. EF (earliest finish) merupakan waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai. LS (latest start) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (latest finish) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

$$ES = \text{Max} \{EF \text{ semua pendahulu langsung}\} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$EF = ES + \text{Waktu kegiatan} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$LF = \text{Min} \{LS \text{ dari seluruh kegiatan yang langsung mengikutinya}\} \dots\dots\dots(2.7)$$

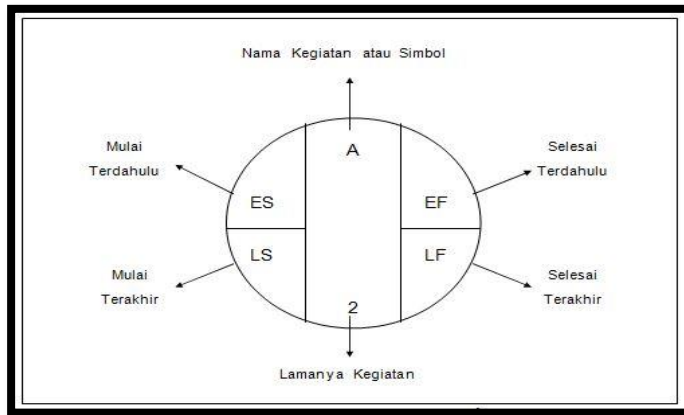
$$LS = LF - \text{Waktu kegiatan} \dots\dots\dots(2.8)$$

Setelah waktu terdahulu dan waktu terakhir dari semua kegiatan dihitung, kemudian jumlah waktu slack (slack time) dapat ditentukan. Slack adalah waktu yang dimiliki oleh sebuah kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan (Heizer dan Render dalam Aldio Arya P.S, 2017).

$$\text{Slack} = LS - ES \dots\dots\dots(2.9)$$

Atau

$$\text{Slack} = LF - EF \dots\dots\dots (2.10)$$



Gambar 2.12 Notasi yang Digunakan pada Node Kegiatan.

Sumber: (Operations Management : Manajemen Operasi dalam Aldio Arya P.S, 2017)

Dalam metode CPM (Critical Path Method - Metode Jalur Kritis) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama.

Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto dalam Aldio Arya P.S, 2017). Lintasan kritis (Critical Path) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal (Badri dalam Aldio Arya P.S, 2017).

Menurut dalam Aldio Arya P.S (2017), manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut :

- a. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh pekerjaan proyek tertunda penyelesaiannya.
- b. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat.
- c. Pengawasan atau kontrol dapat dikontrol melalui penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di trade off (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan crash program (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur.
- d. Time slack atau kelonggaran waktu terdapat pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi manajer/pimpro untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan efisien.

2.6.3 Keuntungan Penggunaan Jalur Kritis

Kegunaan Metode Jalur Kritis pada implementasi perencanaan sebuah proyek adalah sebagai berikut (L. Baker, Samuel dalam Nurvelly R dkk, 2016):

- a. Membantu memberikan informasi seberapa lama sebuah proyek memerlukan waktu.
- b. Mengidentifikasi aktifitas-aktifitas mana saja yang ada pada jalur kritis dan perlu dimonitor dengan seksama.
- c. Memberikan gambaran tentang kemungkinan sebuah proyek dapat dijalankan lebih cepat atau tidak.

2.7 Durasi Proyek

Durasi proyek adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek (Maharany & Fajarwati dalam Mukhammad Naufal, 2016).

Maharany & Fajarwati dalam Mukhammad Naufal (2016) menjelaskan bahwa faktor yang berpengaruh dalam menentukan durasi pekerjaan adalah volume pekerjaan, metode kerja (*construction method*), keadaan lapangan serta keterampilan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan proyek.

Pada umumnya apabila waktu pelaksanaan bertambah panjang maka biaya pelaksanaan akan bertambah besar dan demikian pula sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh biaya *overhead* yang besarnya tergantung dari waktu pelaksanaan. Ada beberapa faktor yang menentukan lamanya suatu kegiatan yaitu :

- a. Volume Pekerjaan
Kegiatan yang volumenya lebih besar membutuhkan waktu penyelesaian lebih lama dibandingkan dengan volume pekerjaan yang lebih kecil.
- b. Tenaga Kerja
Tenaga kerja yang terampil, terdidik dan berpengalaman akan mempunyai produktifitas yang tinggi sehingga dapat menyelesaikan pekerjaan dengan cepat dan mutu yang baik.
- c. Cuaca
Faktor cuaca memegang peran penting dalam pelaksanaan dilapangan. Apabila cuaca buruk akan menyebabkan terganggunya pelaksanaan pekerjaan.
- d. Lokasi Proyek
- e. Prosedur Perkiraan Waktu

Menurut Mahendra dalam Mukhammad Naufal (2016), prinsip dalam menentukan perkiraan / taksiran waktu atau durasi dari suatu kegiatan/pekerjaan adalah:

- a. Tingkat keahlian dan pengalaman staff / orang yang membuat perkiraan waktu terus memenuhi syarat kebutuhan.
- b. Perkiraan/estimasi harus berdasarkan perhitungan produksi kerja dari tenaga kerja atau tim kerja per hari dan produksi hasil kerja peralatan per jam dalam rangka menyelesaikan pekerjaan/kegiatan yang bersangkutan.
- c. Telah diperhitungkan hambatan atau gangguan yang mungkin terjadi:
 - Kondisi medan kerja atau area kerja.
 - Cuaca, musim, gangguan/kejadian, gangguan banjir, gempa, dan lain-lain.
 - Ketersediaan sumber daya, material, tenaga kerja, peralatan kerja, dana/finansial, dan lain – lain.
 - Ketergantungan degan perkerjaan/proyek lain yang mendahuluinya dan kelanjutannya.
 - Prosedur administrasi yang harus dilengkapi sebelum pekerjaan dimulai.
- d. Asumsi apa pun yang digunakan dalam perencanaan waktu aktivitas harus didokumentasikan.
- e. Estimasi harus merupakan taksiran yang bersih dari kepentingan yang tidak relevan dengan alasan perhitungan teknis. Atau estimasi harus jujur dan tidak direkayasa.
- f. Selama pelaksanaan proyek asumsi yang diperhitungkan harus selalu ditinjau kembali untuk memastikan bahwa tidak ada hambatan yang timbul dari kesalahan asumsi terhadap kenyataan selama aktivitas dilakukan.
- g. Apabila untuk aktivitas tertentu memerlukan sponsor atau kesanggupan/jaminan dari orang-orang atau lembaga tertentu, maka komitmen tertulis harus dibuat
- h. Pada tahap estimasi yang dilakukan oleh staff/orang yang membuat perkiraan waktu tersebut, tidak diperbolehkan memperhitungkan adanya kelonggaran atau kemungkinan tidak terduga yang sifatnya bukan kebiasaan perhitungan teknis yang lazim, estimasi atau kemungkinan demikian hanya dilakukan pada tingkat makro/global oleh tingkat manajemen tertentu.
- i. Pemeriksaan yang memenuhi syarat logika dan teknis harus selalu dilakukan.

2.8 Produktivitas Pekerja

Menurut Jevri Krisanto L dan Syahrizal (2013), produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau rasio antar hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisah menjadi biaya tenaga kerja, material, dan uang, metode dan alat. Sukses dan tidaknya proyek konstruksi tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya. Pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah dikelola. Upah yang diberikan sangat bervariasi tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja karena tidak ada satupun pekerja yang sama karakteristiknya.

Secara umum produktivitas adalah merupakan tingkat produksi yaitu *output* dibagi *input*. Di bidang konstruksi *output* adalah hasil kerja berupa kuantitas atau volume pekerjaan (misalnya meter kubik beton, meter persegi dinding bata, dan sebagainya), sedangkan *input* adalah merupakan jumlah sumber daya (misalnya manusia, peralatan, material) yang menghasilkan unit volume pekerjaan. Kelancaran dan ketepatan jadwal pelaksanaan proyek sangat bergantung pada produktivitas kerja dari masing-masing jenis pekerja yang terlibat di dalamnya, sehingga tingkat keahlian dari pekerja menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas (Ratna S Alifen, 2004).

Hubungan antara durasi aktivitas dan produktivitas kerja, dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$d = \frac{\sum mh}{n \times H} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:

d = Durasi aktivitas (hari)

$\sum mh$ = Total jam-orang (*manhour*) untuk menyelesaikan suatu aktivitas (jam – orang)

n = Jumlah pekerja rencana untuk menyelesaikan suatu aktivitas (orang)

H = Banyaknya jam kerja dalam satu hari (jam/hari)

Produktivitas suatu aktivitas sangat tergantung pada beberapa faktor antara lain:

1. Komposisi kelompok kerja; pada kegiatan konstruksi seorang pengawas lapangan (*mandor*) memimpin suatu kelompok kerja yang terdiri dari bermacam-macam jenis pekerja lapangan, seperti tukang batu, tukang kayu, tukang besi, tukang pipa, tukang pembantu dan lain-lain.
2. Kerja lembur; jam kerja tambahan yang dilakukan di luar jam kerja normal, biasanya dilakukan untuk mengejar sasaran/keterlambatan jadwal.
3. Pekerja langsung versus sub-kontraktor; kontraktor utama dalam melaksanakan

pekerjaan lapangan ada dua cara yaitu dengan merekrut langsung tenaga kerja atau menyerahkan paket kerja tertentu kepada sub-kontraktor.

4. Kepadatan tenaga kerja; dinyatakan dengan perbandingan antara skala proyek dengan jumlah pekerja atau luas tempat kerja bagi setiap tenaga kerja. Faktor kepadatan tenaga kerja sangat berpengaruh terhadap kelancaran pekerjaan dan produktivitas pekerja.

Percepatan durasi aktivitas dapat dilakukan dengan meningkatkan produktivitas pekerja pada aktivitas yang bersangkutan. Berdasarkan pada persamaan (1), langkah percepatan durasi hanya dapat dilakukan pada dua variabel saja, yaitu jumlah pekerja dan jam kerja, sedangkan total jam-orang tidak dapat digunakan sebagai variabel, karena bersifat konstan untuk setiap aktivitas.

Berdasarkan pada dua variabel tersebut diatas, beberapa kemungkinan percepatan yang dapat dilakukan adalah (1) Dengan menambah jam kerja dengan jumlah pekerja tetap, (2) Dengan menambah jumlah pekerja pada jam kerja normal, (3) Dengan membuat kelompok kerja baru yang bekerja di luar jam kerja dengan *shift* kerja pada malam/hari libur.

2.9 Proses *Crashing* (Percepatan)

Mempercepat pelaksanaan suatu proyek harus dirancang terlebih dahulu. Hal ini dapat menghasilkan suatu percepatan durasi yang baik. Perlu diperhatikan keseimbangan dalam merancang walaupun mungkin dengan konsekuensi menambah sumber daya manusia. Tetapi selama menambah sumber daya manusia masih lebih murah dibandingkan dengan pembayaran extra akibat keterlambatan proyek, maka penambahan sumber daya manusia tersebut kiranya dapat diperhitungkan.

Umumnya, bila waktu pelaksanaan suatu pekerjaan dipersingkat (*crashing*), maka biaya langsung akan naik. Perencanaan atas dasar biaya langsung yang terendah belum tentu merupakan yang terbaik, oleh karena hal ini identik dengan waktu yang lama, padahal total biaya dari proyek termasuk juga biaya tak langsung, juga mempengaruhi waktu pelaksanaan.

Mempercepat durasi sebuah kegiatan akan mempertinggi biaya, namun belum tentu akan mempersingkat waktu proyek keseluruhan, kecuali jika kegiatan tersebut merupakan kegiatan kritis. Itulah sebabnya maka diperlukan kombinasi yang sebaik-baiknya dari kegiatan yang dipercepat durasi pelaksanaannya dalam menghasilkan waktu proyek yang paling ekonomis, dimana tujuan kita menyelesaikan suatu proyek yang teknis dan ekonomis diperlukan suatu perhitungan yang teliti sampai dimanakah kita dapat mempersingkat waktu dengan menambah biaya yang terkecil mungkin.

Kegiatan dalam suatu proyek dapat dipercepat dengan berbagai cara, yaitu:

1. Dengan mengadakan *shift* pekerjaan, berarti biaya tambahan berupa biaya untuk penerangan, makan dan lain sebagainya.
2. Dengan memperpanjang waktu kerja (lembur).
3. Dengan menggunakan alat bantu yang lebih produktif.
4. Menambah jumlah pekerja.
5. Dengan menggunakan material yang dapat lebih cepat pemasangannya.
6. Menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat.
7. Subkontraktor sebuah aktivitas.

Untuk menerapkan penggunaan beberapa *shift* dalam pekerjaan lebih cocok jika durasi yang ditetapkan oleh pemilik proyek sangat singkat. Namun, supaya durasi yang ditetapkan cukup wajar, sebaiknya hal ini dihindarkan. Sebab jika dilakukan *shift* maka harus mempertimbangkan berbagai hal, misalnya penerangan, layanan pendukung, keamanan dan produktifitasnya. Biasanya dengan penggunaan *shift*, biaya yang dikeluarkan akan melampaui rencana anggaran yang ditetapkan untuk penggunaan fasilitas guna layanan kerja serta menurunnya produktifitas pekerja. Sehingga, dapat dikatakan bahwa penggunaan *shift* dalam suatu pekerjaan akan menambah biaya yang harus dikeluarkan. Namun, secara dramatis dapat mereduksi atau mengurangi durasi pekerjaan hingga mencapai 50% dari durasi yang ditetapkan (Tarore dan Mandagi dalam Juan Sebastian S dkk, 2015).

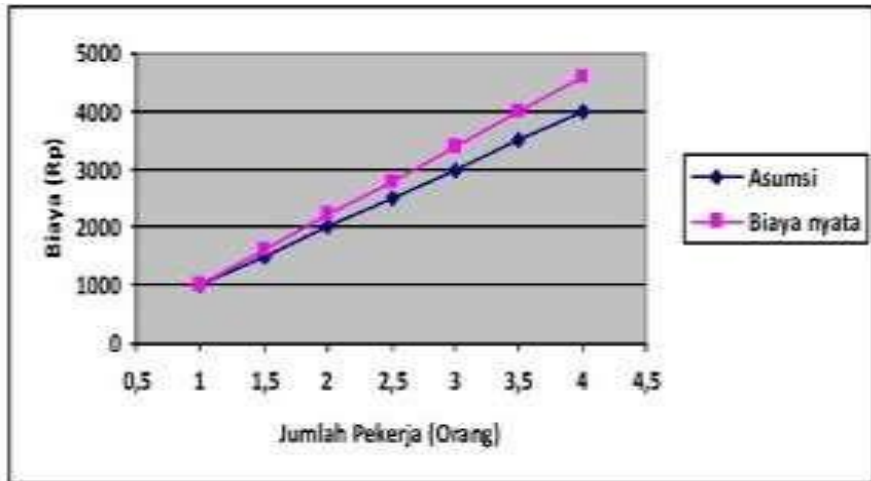
Memperpanjang waktu kerja membantu mengurangi waktu keseluruhan dari suatu kegiatan. Pekerja dipekerjakan hingga 10-12 jam/hari, hal ini dapat mengurangi durasi dari suatu kegiatan sampai 33%. Tambahan biaya untuk penyediaan fasilitas layanan kerja serta menurunnya produktifitas dari pekerja tetap terjadi.

Metode yang paling umum digunakan untuk memperpendek durasi proyek adalah menugaskan penambahan tenaga kerja dan peralatan pada setiap aktivitas. Namun tetap juga memiliki keuntungan dan kerugian. Kecepatan yang diperoleh, bagaimanapun, tetap terbatas sekalipun sudah menambah pekerja melipat-duakan ukuran kekuatan pekerja tidak akan mengurangi waktu penyelesaian proyek sebesar setengahnya.

2.10 Analisa Durasi Biaya

Untuk menentukan durasi dan biaya dari suatu rangkaian kerja yang optimal, harus dilakukan analisa yang cukup agar tidak terjadi kesalahan dalam menentukan *crashing* dari suatu kegiatan. Konsep yang harus dipahami terlebih dahulu adalah:

1. Hubungan antara sumber daya dengan biaya



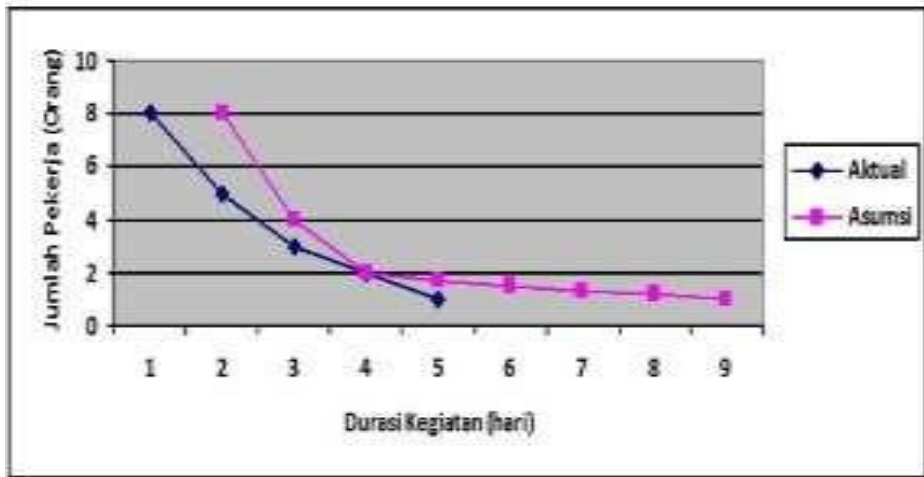
Gambar 2.13 Hubungan antara Sumber daya-Biaya

Sumber: (Juan Sebastian S dkk, 2015)

Hubungan antara biaya dengan pemakaian jumlah tenaga kerja dapat dilukiskan (asumsi) seperti pada grafik diatas. Yaitu dengan menambahkan tenaga kerja menjadi dua kali, maka biaya yang dikeluarkan menjadi dua kalinya. Pada garis biaya nyata menggambarkan bahwa dengan pemakaian tenaga menjadi dua kalinya, maka biaya nyata yang dikeluarkan akan lebih besar daripada asumsi. Hal ini dikarenakan pada kenyataan bahwa tenaga kerja bekerja secara produktif pada awal dari suatu kegiatan dan berangsur-angsur akan menurun lama kelamaan oleh berbagai faktor, sehingga biaya yang dikeluarkan tiap unit pekerjaan akan menjadi lebih besar.

Dalam grafik juga dapat dilihat bahwa asumsi atau biaya rencana akan berbeda dengan biaya nyata. Pada saat pelaksanaan proyek biasanya akan terjadi pembengkakkan biaya yang tidak diduga sebelumnya. Oleh sebab itu perlu adanya perhitungan yang matang dalam penyusunan anggaran, agar tidak terjadi kerugian dalam pelaksanaan proyek.

2. Hubungan antara durasi dengan sumber daya:



Gambar 2.14 Hubungan antara Sumber daya-Durasi

Sumber: (Juan Sebastian S dkk, 2015)

Konsep kedua yang harus dipahami seperti dilukiskan pada grafik diatas. Anggapan yang terjadi bahwa suatu kegiatan yang dapat diselesaikan oleh 8 pekerja dalam waktu 1 hari, identik dengan digunakannya 1 pekerja dan akan diselesaikan dalam 8 hari. Kombinasi lain yang dapat ditunjukkan di sini, suatu pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu 4 hari oleh 2 pekerja atau 2 hari oleh 4 pekerja. Pada kenyataannya hal tersebut tidak benar, seperti yang ditunjukkan oleh garis aktual menggambarkan deviasi atau penyimpangan dari asumsi. Hal ini dapat terjadi karena beberapa hal antara lain adalah kondisi ruang gerak di tempat kerja yang mengharuskan menggunakan pekerja dalam jumlah tertentu, atau dengan kata lain terbatasnya ruang untuk memperbanyak jumlah pekerja.

2.11 Biaya Tambahan Pekerja (*Crash Cost*)

Dengan adanya penambahan waktu kerja, maka biaya untuk tenaga kerja akan bertambah dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 bahwa upah penambahan kerja bervariasi, untuk penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal, dan untuk penambahan waktu kerja berikutnya pekerja mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Adapun perhitungan biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut, yaitu:

1. Normal ongkos pekerja perhari
= Produktivitas Harian x Harga Satuan Upah Pekerja(2.12)

2. Normal ongkos pekerja pejam
= Produktivitas Perjam x Harga Satuan Upah Pekerja(2.13)

3. Biaya lembur pekerja
= 1,5 x upah sejam normal untuk jam kerja lembur pertama + 2 x n x upah sejam normal untuk jam kerja lembur berikutnya(2.14)

Dimana:

n = Jumlah penambahan jam kerja

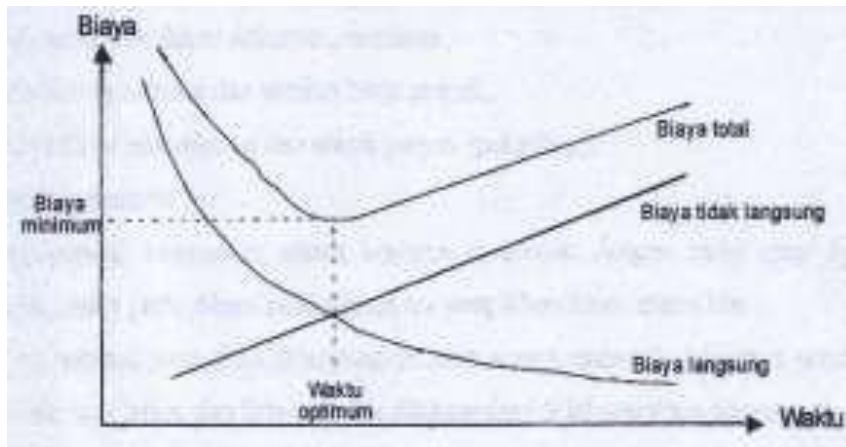
4. *Crash Cost* pekerja perhari
= (7 jam x normal cost pekerja) + (n x biaya lembur perjam)(2.15)

5. *Cost Slope* (Penambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktifitas persatuan waktu)
= $\frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}}$ (2.16)

2.12 Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya langsung akan meningkat bila waktu pelaksanaan proyek dipercepat namun biaya langsung ini akan meningkat juga bila waktu pelaksanaan proyek diperlambat. Biaya tidak langsung tidak tergantung pada kuantitas pekerjaan, melainkan bergantung pada jangka waktu pelaksanaan proyek. Bila biaya tidak langsung ini dianggap tetap selama umur proyek, maka biaya kumulatifnya akan naik secara linier menurut umur proyek.

Bila kurva biaya langsung dan biaya tidak langsung ini digabungkan maka akan didapat suatu kurva biaya total proyek, seperti gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15 Hubungan Durasi-Biaya

Sumber: (Juan Sebastian S dkk, 2015)

Dari gambar tersebut terlihat bahwa biaya total untuk pelaksanaan suatu pekerjaan mempunyai bentuk lengkung berarti apabila waktu dipercepat maka biaya total akan naik juga. Sehingga dapat dikatakan bahwa untuk kegiatan pelaksanaan suatu pekerjaan terdapat suatu jumlah pengeluaran optimal atau yang paling kecil.

2.12 *Software Microsoft Project*

Proyek merupakan rangkaian tugas atau aktivitas yang memiliki suatu tujuan tertentu yang harus diselesaikan sesuai dengan waktu, biaya dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Rangkaian tugas / aktivitas memiliki arti urutan dan relasi unik antara tugas/aktivitas penyusun proyek. Manajemen proyek adalah pengolahan suatu proyek yang mencakup proses pelingkupan, perencanaan, penyediaan staff, pengorganisasian dan pengontrolan suatu proye.

Siklus manajemen proyek terdiri dari beberapa fase yang menyerupai fungsi manajemen klasik. Fase tersebut meliputi sebagai berikut :

a. Fase Pelingkupan

Adalah fase penentuan batas sebuah proyek. Proses negosiasi lingkup proyek mendominasi fase ini. Hasil proses negosiasi lingkup proyek ditungakan dalam sebuah *statement of work* atau pernyataan kerja.

- b. Fase Perencanaan
Adalah fase mengidentifikasi tugas-tugas yang terlibat dalam proyek. Merinci tugas menjadi tingkatan-tingkatan tugas (subtugas). Hasil indentifikasi tugas adalah *work breakdown structure* atau struktur rincian tugas.
- c. Fase Perkiraan
Adalah fase perkiraan waktu masing-masing tugas.
- d. Fase Penjadwalan
Adalah fase menentukan ketergantungan antar tugas yang membangun proyek secara keseluruhan.
- e. Fase Pengarahan
Adalah fase penempatan sumber daya pada masing-masing tugas dan menyeimbangkan (*leveling*) sumber daya.
- f. Fase Pengarahan
Dilakukan pada saat implementasi proyek. Implementasi proyek perlu pengarahan tim akan rencana yang telah disepakati sehingga proyek dapat diselesaikan secara optimal.
- g. Fase Pengontrolan
Adalah fase memonitor dan mengontrol kemajuan proyek, menyampaikan laporan perkembangan proyek dan perubahan proyek.
- h. Fase Penutup
Adalah fase menilai hasil proyek dan masukan atau pengalaman yang didapat yang akan berguna bagi proyek-proyek selanjutnya.

Berdasarkan survei dengan judul *Tools of the Trade : A Survey of Project Management* alat bantu yang dipublikasikan *Project Management Journal* dalam Mukhammad Naufal (2016), terpilih 10 top alat bantu pendukung manajemen proyek. Pada fase pelingkup, fase pengarahan dan fase penutupan, Microsoft Project tidak banyak berperan atau bahkan tidak berperan sama sekali. Keterkaitan fase proyek dengan Microsoft project adalah sebagai berikut:

- a. Fase Perencanaan
Pembuatan outline WBS (*Work Breakdown Structure*) secara mudah dan cepat dapat dilakukan melalui kolom *Task Name* dalam *Table Gant Chart*. *Task Name* merupakan tempat untuk memerinci tugas-tugas proyek.
- b. Fase Perkiraan
Penentuan durasi setiap tugas sesuai kapasitas tim proyek dapat dilakukan dengan memasukkan durasi masing-masing tugas pada kolom *Duration*.

c. Fase Penjadwalan

Penentuan hubungan antara tugas dapat dilakukan melalui *task Information – Predecessor*. Pada kotak dialog *Task Information – Predecessor*, ditetapkan hubungan antara *Predecessor* dengan *Succesor*. Analisa lintasan kritis dan PERT dapat juga dilakukan. Analisa lintasan kritis secara detail dapat dilakukan dengan membuat *Network Diagram* khusus untuk lintasan kritis.

d. Fase Pengorganisasian

Pendelegasian tugas dapat dilakukan melalui fasilitas tabel *Resource Sheet* dan kotak dialog *Task Information – Resource*. *Resource Sheet* menepung kapasitas aksimal tim proyek dan biaya yang melingkupinya. Sedangkan *Task Information – Resource* melakukan pendelegasian masing-masing sumber daya ke tugas-tugas proyek.

e. Fase Pengontrolan

Pengontrolan proyek dapat dilakukan dengan membandingkan *baseline* (rencana dasar) dengan kemajuan actual proyek. Kemajuan actual proyek dilakukan dengan memasukkanya pada kotak dialog *Update Tasks*. Perbandingan *baseline* dengan kemajuan actual proyek dapat dilihat pada tampilan *Tracking Gantt*.