

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu pada bab ini akan dijadikan salah satu pertimbangan pada penulis Tugas Akhir sehingga peneliti dapat memperoleh tambahan wawasan dan teori yang lebih luas dalam melakukan pengkajian yang akan dilakuakn. Dari penelitian yang terdahulu, penulis tidak menemukan hasil yang sama dalam judul seperti yang akan dibuat penulis. namun penulis mendapatkan beberapa penelitian yang akan sebagi bahan refrensi untuk memperluas kajian dan wawasan. Berikut merupakn hasil penelitian yang terdahulu yang berasal dari beberapa jurnal yag telah dibaca oleh penulis sebagai bahan kajian untuk penulisan Tugas Akhir.

Penelitian 1 oleh Syarifah Keumala Intan, dkk 2018.

Peneliti yang dibaca penusil yang pertama berjudul “ Alternatif percepatan waktu dengan penerapan metode *time cost trade off* pada proyek pembangunan jembatan (Studi Kasus: Proyek Pekerjaan Jembatan Rangka Baja Namploh Kec. Samalanga Kab. Bireuen, Aceh). Pada jurnal ini peneliti atau penulis menggunakan metode *time cost trade off* tujuan dari penelitian pada proyek ini yaitu untuk menganalisis perubahan pada biaya dan untuk mendapatkan waktu yang optimal yang dibutuhkan setelah melakukan percepatan dengan menggunakan metode TCTO (*time cost trade off*). Penulis dalam melakukan penelitian ini menggunkan data sekunder yang diperoleh dari proyek pekerjaan jembatan berupa data rician RAB dan kurva s dari pekerjaan proyek tersebut. ”. Penulis jurnal ini menggunakan program aplikasi *microsoft project* 2016 untuk mempermudah mengetahui jalur

lintasan kritis sehingga akan mempercepat dalam melakukan analisa. Dari hasil pembahasan yang sebelumnya telah dilakukan analisa perhitungan dengan percepatan menggunakan metode *time cost trade off* peneliti menyimpulkan bahwa waktu dan biaya yang optimal yaitu sebesar Rp.7.136.781.877,73 dari biaya sebelumnya atau biaya normal sebesar Rp.6.890.880.412,85 dengan durasi waktu dipercepat selama 202 hari dari waktu sebelumnya atau waktu normal 210 hari kerja. Dari hasil analisa menggunakan metode TCTO dan alternatif penambahan waktu lembur 2 jam kerja. Dan memperoleh hasil presentase kenaikan biaya total sebanyak 4% dan memperoleh percepatan durasi total sebesar 4% berarti menggunakan metode tcto ini terbilang sangat efektif dan efisien dalam manajemen proyek konstruksi. (Intan, Muhyi, and Tengku 2018)

Peneliti ke 2 oleh Sugiyarto, dkk 2018

Peneliti yang dibaca penulis yang kedua berjudul “ Analisis network planning dengan CPM (critical path method) dalam rangka efisiensi waktu dan biaya proyek” dengan studi kasus pada proyek pembangunan kantor kelurahan kerten kecamatan laweyan kota Surakarta pada penelitian jurnal ini peneliti menggunakan metode *critical path methode*. Tujuan yang ingin dicapai oleh peneliti pada jurnal ini yaitu untu dapat mengetahui waktu dan biaya yang optimal setelah melakukan penerapan *critical path methode* dan mengetahui aktivitas pekerjaan apa saja yang termasuk dalam lintasan kritis atau pekerjaan yang tidak dapat ditunda pada proyek pembangunan Kantor Kelurahan. Selain itu juga dapat menerapkan penjadwalan yang benar sehingga dapat mencapai penyelesaian pengerjaan proyek secara optimal. Pada penelitian ini dengan menggunakan metode CPM mendapatkan satu jalur lintasan kritis dengan 18 aktivitas atau kegiatan. Dari data yang diperoleh

pada proyek tersebut durasi waktu normal yang dibutuhkan yaitu selama 150 hari dengan biaya sebesar Rp. 1.001.454.000 Dan pada analisa yang dilakukan peneliti dengan menggunakan metode CPM waktu yang diperlukan untuk penyelesaian pembangunan kantor kelurahan yaitu selama 135 hari dibanding dengan waktu awal rencana. Sehingga hal ini akan menguntungkan pada owner dari segi waktu untuk penyelesaian dengan selisih 15 hari dari waktu normal. Dari pihak kontraktor sendiri menggunakan 40 orang pekerja maka akan berpengaruh pada penghematan biaya juga, yang rencana awal akan menghabiskan biaya sebesar Rp. 979.239.000 dan dengan melakukan analisis dengan menggunakan metode CPM penghematan biaya dan waktu dapat diperoleh hasil sebesar Rp. 22.215.000,-(Qomariyah and Hamzah 2013)

Peneliti ke 3 Rizky Widyo Kisworo, dkk 2018

Peneliti yang dibaca penulis yang ketiga berjudul "analisis percepatan proyek menggunakan metode *time cost trade off* dengan penambahan jam kerja lembur dan jumlah alat" dengan studi kasus pada proyek pembangunan jalan Tol Semarang-Solo ruas Bawean-Solo Seksi II. Pada penelitian ini penulis memakai metode *Time Cost Trade Off*. Tujuan yang ingin dicapai peneliti pada studi kasus tersebut yaitu untuk mempercepat waktu pekerjaan proyek dengan penambahan biaya yang minimum atau efisien, dan menganalisa progress waktu yang akan dibutuhkan bila pekerjaan dipercepat agar mendapat durasi waktu yang optimal dengan penambahan jumlah biaya yang minimum dengan cara mencari perbandingan alternatif yang efisien rencana percepatan yang akan digunakan penelitian ini yaitu dengan penambahan jam kerja dan mengoptimalkan kapasitas alat yang akan dipakai pada pekerjaan. Dalam penelitian ini akan menggunakan dua data yaitu data sekunder dan data

primer. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan wawancara dengan pihak kontraktor dan pihak yang berada di lapangan. Data sekunder yang digunakan pada peneliti ini berupa RAB , satuan upah,,kurva S, dan jumlah seluruh pekerja. Peneliti atau penulis jurnal ini dalam melakukan percepatan terlebih dahulu mengkompresi aktivitas pekerjaan yang berada pada lintasan kritis and kemudian mencari *cost slope* yang terendah. Bila sudah mendapatkan atau menemukan *cost slope* brarti aktivitas -aktivitas telah jenuh seluruhnya dan tidak boleh dikompersi lagi sehingga akan menghasilkan pengendalian biaya dan waktu yang optimal. Setelah melakukan analisis peneliti mendapatkan hasil yaitu pada saat perencanaan awal proyek membutuhkan waktu 245 hari dan dana sebesar Rp 39.349.097.164,38 untuk penyelesaian proyek. Pada saat proses tahap 28 *crasing* dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja lembur menghasilkan biaya optimal poyek sebesar Rp. 39.236.409.113,12 dengan presentase efisiensi sabanyak 0,29% dan membutuhkan waktu selama 191 hari dengan oresentase 22,0408%. Selain itu dengan menggunakan alternatif penambahan kapasitas alat mendapatkan waktu optimal selama 212 hari dengan presentase efisiensi sebesar 0,015% dengan biaya sebesar Rp 39.342.963.710,11 dengan presentase efisiensi 13,4694% pada tahap 7 proses *crasing* (Kisworo and Handayani, Fajar S. 2017)

Peneliti ke 4 oleh Nailul Izzah, dkk 2017

Penelitian yang dibaca penusil yang keempat berjudul “Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT.X” penelitian ini bertujuan untuk menganalisa aktivitas jaringan kerja yang dibuat secara optimal dengan metode *Critical Path methode* (CPM). Metode *Program Evaluation and*

Review Technique (PERT) digunakan untuk perencanaan kelayakan secara optimal pada proyek tersebut dan juga metode *Time Cost Trade Off* digunakan untuk menganalisa biaya dan waktu pada proyek secara efisien dari segi biaya dan waktu pada proyek pembangunan perumahan. penggunaan metode *Critical Path Method* (CPM) untuk mencari lintasan kritis pada proyek. Hasil dari analisis penelitian adalah proyek dapat diselesaikan lebih cepat dari durasi waktu normal 555 dengan waktu yang dipercepat selama 547 hari dengan selisih selama 8 hari dengan presentasi peluang efisiensi 64,8%. Sedangkan dalam analisa perhitungan dengan penggunaan metode *time cost trade off* efisiensi waktu yang diperoleh dalam pengerjaan proyek dengan alternatif penambahan jam kerja selama 4 jam presentase yang diperoleh 5,76% dan mendapat selisih waktu percepatan proyek selama 32 hari kerja dari waktu normal yang telah ditentukan dan biaya yang optimal didapat sebesar Rp. 6.753.245.793 dengan efisiensi presentase 0,156%. (Izzah 2018)

Peneliti ke 5 Akmal Taufiq Alhakim Rudianto, dkk 2020

Penelitian yang dibaca penulis yang kelima berjudul “ Analisa percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan metode *time cost trade off* (TCTO) studi kasus proyek pembangunan *integrated laboratory for health science* di kabupaten jember ” peneliti dalam menulis jurnal ini menemukan masalah keterlambatan dalam pengerjaan, *time cost trade off* merupakan metode yang akan di pakai dalam percepatan pada proyek ini. dengan metode ini berharap penulis dapat mengatasi masalah keterlambatan yang terjadi dalam pekerjaan pembangunan *integrated laboratory for health science* di kabupate Jember. Biaya dan waktu merupakan hal yang akan berpengaruh apabila pekerjaan pembangunan konstruksi mengalami keterlambatan . Salah satu cara yang dapat mengatasi keterlambatan tersebut yaitu dengan menggunakan

penerapan metode *Time Cost Trade Off*. Tujuan dari penelitian pada proyek ini yaitu untuk mengetahui tambahan biaya yang akan dikeluarkan dan waktu yang akan dibutuhkan apabila percepatan menggunakan metode *time cost trade off* diterapkan. Perhitungan percepatan dilakukan pada pekerjaan sisa yang belum dikerjakan. Aplikasi *soft ware microsoft project* merupakan aplikasi yang akan digunakan pada peneliti ini, gunanya yaitu untuk mengetahui lintasan kritis aktivitas pekerjaan sisa yang akan dikerjakan. Setelah melakukan pengisian *predecessor* pada *Microsoft project* maka akan diketahui pekerjaan sisa yang berada pada jalur kritis. Setelah menemukan pekerjaan yang berada di jalur kritis kemudian dilakukan analisis dengan metode *Time Cost Trade Off*. Setelah dilakukan penganalisaan dengan menggunakan metode *time cost trade off* memperoleh durasi waktu percepatan selama 188 hari dari durasi waktu normal 198 hari yang telah ditetapkan oleh pihak kontraktor. sehingga percepatan yang telah dilakukan pada proyek ini memperoleh selis lebih cepat selama 10 hari dan dengan hasil penganalisaan ini pengerjaan dapat dilakukan secara optimal. Penambahan biaya akibat percepatan durasi waktu menghasilkan biaya sebesar Rp. 41.999.510,68(Taufiq and Rudianto 2020)

2.2.proyek

2.2.1 pengertian proyek

Menurut (PMBOK 2013) proyek adalah suatu upaya yang akan dikerjakan untuk membuat barang, fasilitas, atau hasil yang unik. Sifat proyek mengartikan bahwa proyek mempunyai awalan dan akhiran. Akhir suatu proyek tercapai saat tujuan telah tercapai atau ketika proyek diberhentikan karena suatu tujuannya tidak akan tercapai,atau ketika kebutuhan proyek itu tidak ada lagi.

Sebuah proyek dapat diberhentikan jika klien *owner* ingin menghentikan proyek. Sementara tidak selalu berarti durasi proyek pendek. Ini menentukan pada keterlibatan proyek dan umur panjangnya. Sebagian besar proyek dilakukan untuk menciptakan suatu hasil yang bertahan lama. Misalnya proyek pembangunan monumen nasional akan mendapatkan hasil yang diharapkan dapat bertahan selama bertahun-tahun bahkan berabad-abad. Proyek juga bisa berdampak dibidang sosial, ekonomi, dan lingkungan yang jauh lebih lama dari proyek itu sendiri. Setiap proyek dapat membuat produk, layanan, atau hasil yang unik. Hasil proyek mungkin berwujud atau sebaliknya. Meskipun bagian berulang mungkin ada dalam beberapa kiriman dan aktivitas proyek, pengulangan ini tidak mengubah karakteristik dalam suatu pekerjaan proyek. Misalnya gedung apartemen bisa dibuat dengan menggunakan bahan dan material yang sama dan oleh anggota tim yang sama. Namun hasil masing-masing pekerjaan proyek tetap unik dengan tempat, desain, keadaan yang berbeda-beda. Dalam sebuah proyek dapat melibatkan satu individu atau beberapa kelompok (Guide 2013)

2.2.2. Jenis –jenis Proyek

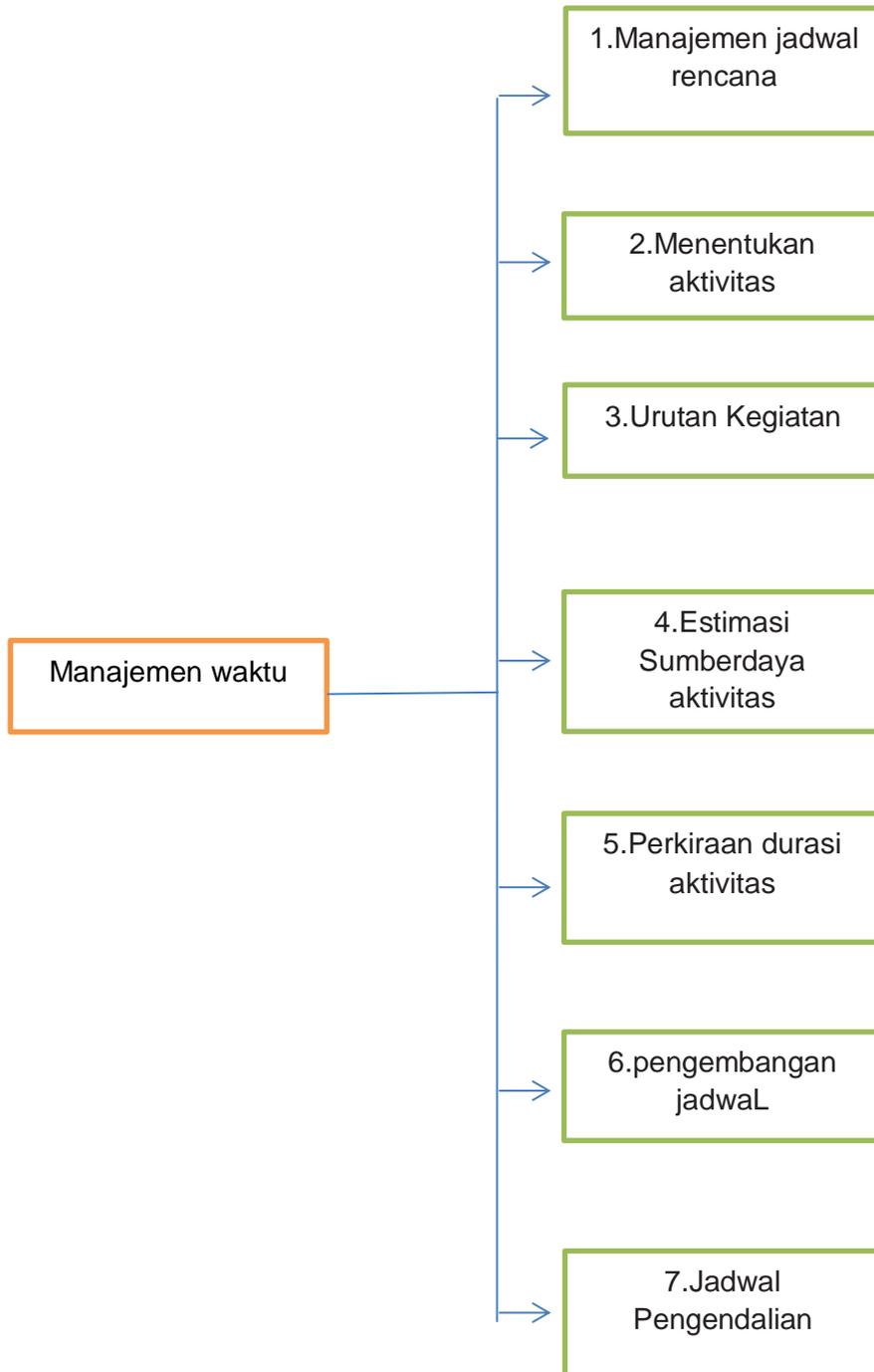
Menurut Soeharto (1999), terdapat berbagai macam jenis-jenis proyek yaitu :

1. Proyek *Engineering* Konstruksivsuatu analisi kelayakan, dalam suatu desain *engineering*, konstruksi, beserta pengadaan.
2. Proyek *Engineering* Manufaktur bertujuan untuk membuat sebuah produk baru, yang akan meliputi dalam pembangunan manufaktur, perkaitan, operasi produk dan melakukan uji coba fungsi yang telah dihasilkan.
3. Proyek pembangunan dan penelitian bertujuan untuk melakukan penelitian dan pengembangan dalam bentuk sebuah hasil suatu produk tertentu.

4. Proyek pelayanan manajemen proyek ini tidak memberikan sebuah hasil bentuk fisik, tetapi laporan akhir, misalnya merancang sebuah sistem informasi di manajemen.
5. Proyek kapital adalah proyek yang berkaitan dengan pemakaian dana kapital untuk investasi.
6. Proyek radio telekomunikasi bermaksud untuk membangun suatu hubungan atau jaringan telekomunikasi yang mempertemukan atau menjangkau area yang lebih luas dengan menggunakan biaya yang minim
7. Proyek konversi Biodiversity proyek yaitu sebuah proyek yang berkaitan dengan suatu usaha dalam pelestarian lingkungan

2.3. Manajemen waktu

Menurut (PMBOK 2013) manajemen waktu proyek adalah suatu langkah yang akan digunakan untuk pengelolaan penyelesaian proyek dengan tepat waktu. Dengan adanya manajemen waktu pada proyek dapat meminimalisir apabila terjadi keterlambatan yang diakibatkan oleh cuaca yang buruk akibat hujan atau terjadi perubahan gambar di lapangan dan kondisi lapangan tidak sesuai dengan gambar rencana. Apabila suatu proyek tidak ada yang mengatur manajemen proyek atau orang-orang yang ahli dalam membagi pekerjaan proyek dapat dipastikan proyek itu tidak akan berjalan dengan baik dan lancar. Gambar dibawah ini dengan acuan PMBOK 2013 akan memberikan suatu gambaran umum tentang bagaimana proses Manajemen Waktu Proyek yang baik , yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.1 alur manajemen proyek

(sumber. PMBOK, 2013)

1. Manajemen Jadwal Rencana

Manajemen Jadwal Rencana adalah sebuah proses penetapan kebijakan, prosedur, dan dokumentasi untuk merencanakan, mengembangkan,

mengelola, melaksanakan, dan mengendalikan jadwal proyek. Manfaat dari proses ini adalah bahwa itu memberikan panduan dan arahan tentang bagaimana jadwal proyek akan dikelola di seluruh proyek.

2. Manajemen Jadwal Rencana

Manajemen Jadwal Rencana adalah suatu proses penetapan kebijakan, prosedur, dan dokumentasi untuk membuat atau merencanakan, mengembangkan, mengelola, melaksanakan, dan mengendalikan jadwal proyek. Manfaat yang dapat diambil pada tahapan ini adalah dapat memberikan panduan dan arahan tentang bagaimana pengelolaan penjadwalan proyek yang akan dikerjakan pada seluruh proyek

3. Mendefinisikan Kegiatan

Definisi kegiatan adalah suatu langkah untuk dapat mengidentifikasi dan mendokumentasikan tindakan spesifik yang akan dikerjakan untuk dapat memperoleh hasil proyek. Manfaat yang dapat diambil pada tahapan ini adalah kita dapat memecahkan suatu paket pekerjaan menjadi pekerjaan yang dapat menyediakan dasar untuk melaksanakan ,memperkirakan ,mengendalikan pekerjaan proyek dan memantau

4. Aktivitas Urutan

Aktivitas Urutan adalah proses mengidentifikasi dan mendokumentasikan hubungan antara kegiatan proyek. Manfaat utama dari proses ini adalah mendefinisikan urutan logis dari pekerjaan untuk mendapatkan efisiensi terbesar yang diberikandakota proyek.

5. Estimasi Aktivitas Sumber Daya

Estimasi Aktivitas Sumber Daya adalah proses memperkirakan jenis dan jumlah material, sumber daya manusia, peralatan, atau persediaan yang dibutuhkan untuk melakukan setiap aktivitas. Manfaat utama dari proses ini adalah hal itumengidentifikasi jenis, kuantitas, dan karakteristik sumber

daya yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan yang memungkinkan perkiraan biaya dan durasi yang lebih akurat.

6. Perkiraan durasi Aktivitas

Perkiraan Durasi Aktivitas adalah proses memperkirakan jumlah periode kerja yang perlu diselesaikan kegiatan individu dengan sumber daya yang diperkirakan. Manfaat utama dari proses ini adalah menyediakan jumlah waktu setiap aktivitas harus diselesaikan, yang merupakan masukan utama ke dalam proses

7. mengembangkan Jadwal.

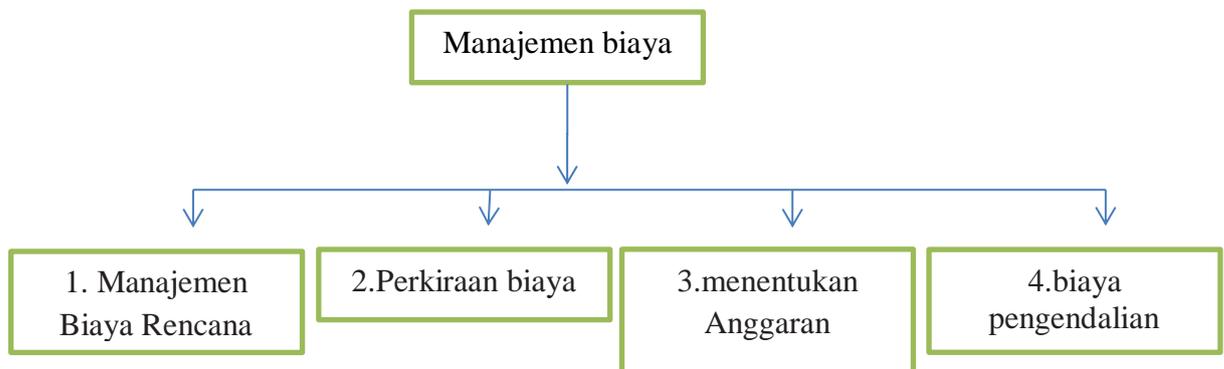
Mengembangkan Jadwal yaitu cara menguraikan urutan pekerjaan, waktu, keperluan sumber daya, dan kendala jadwal untuk dapat mengerjakan model penjadwalan proyek. Manfaat yang bisa didapatkan pada proses tahapan ini adalah dengan memasukkan penjadwalan kegiatan, sumber daya, hubungan antar aktivitas ke dalam alat penjadwal, durasi dan ketersediaan sumber daya itu dapat menghasilkan pemodelan penjadwalan dengan tanggal yang telah direncanakan untuk dapat menyelesaikan aktivitas kegiatan proyek.

8. Jadwal Pengendalian

Jadwal Pengendalian adalah langkah dalam pemantauan suatu aktivitas pekerjaan proyek untuk dapat memperbarui kemajuan proyek dan pengelolaannya apabila ada perubahan pada baseline jadwal untuk mencapai perencanaan. Manfaat yang bisa didapat dalam tahapan ini adalah kita bisa menyediakan suatu cara untuk dapat mengenal cara-cara yang salah dalam perencanaan dan mengambil tindakan-tindakan korektif dan preventive dengan meminimalkan kesalahan.

2.4. Manajemen biaya

Menurut (PMBOK) Manajemen Biaya Proyek merupakan suatu hal yang mencakup proses yang ikut serta dalam penjadwalan, pendanaan, pembiayaan, mengelola, estimasi dan mengendalikan anggaran biaya sehingga proyek dapat diselesaikan sesuai anggaran yang telah disetujui. Gambar 2.2 memberikan gambaran umum tentang proses Manajemen Biaya Proyek berikut: (Guide 2013)



Gambar.2.2. *Project cost Management*

(sumber.PMBOK 2013)

1. Manajemen Biaya Rencana

adalah langkah yang menetapkan suatu keputusan, dokumentasi dan prosedur untuk mengelola, perencanaan, mengeluarkan, perencanaan dan mengendalikan anggaran biaya proyek. Manfaat yang bisa diperoleh dari tahapan ini adalah dapat memberikan patokan dan instruksi tentang bagaimana anggaran biaya proyek akan dikelola di semua proyek.

2. Perkiraan biaya

Perkiraan biaya adalah langkah dalam mengembangkan perkiraan sumber daya yang akan dapat digunakan untuk menyelesaikan aktivitas pekerjaan

proyek. Manfaat yang bisa didapatkan pada tahapan ini adalah kita bisa menentukan perkiraan jumlah anggaran biaya yang akan dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan pekerjaan proyek.

3. menentukan Anggaran

Menentukan Anggaran yaitu proses asumsi anggaran kegiatan individu atau paket pekerjaan kepenetapan dasar biaya resmi. Manfaat yang didapat dari tahapan ini yaitu

menentukan dasar biayakerja proyek mana yang dapat dipantau dan dikendalikan. Anggaran proyek mencakup semua dana yang dipersetujui untuk melaksanakan proyek. Baseline biaya disetujui anggaran proyek bertahap waktu, tetapi tidak termasuk cadangan manajemen.

4. biaya pengendalian

Biaya Pengendalian adalah proses pengamatan kualitas proyek untuk memperbarui anggaran proyek dan mengelola perubahan pada dasar biaya. Manfaat yang dapat diperoleh dari tahapan ini adalah dapat menyediakan sarana untuk mengenali berbagai rencana untuk mengambil tindakan korektif dan meminimalkan risiko.

2.5. Tujuan dan Manfaat Pengendalian Proyek

Adapun beberapa hal yang memberi manfaat dan tujuan dalam sebuah pengendalian suatu proyek antara lain sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui lama waktu yang akan dipergunakan dalam penyelesaian suatu pekerjaan proyek secara keseluruhan dengan waktu yang telah ditetapkan sesuai jadwal.
2. Untuk mengetahui hubungan pekerjaan satu dengan pekerjaan yang lainnya
3. Penyediaan suatu anggaran atau biaya.

4. Sebagai suatu alat dalam pengerjaan proyek yang akan dilaksanakan.
5. Sebagai suatu alat penyelarasan atau koordinasi.
6. Evaluasi penilaian dan pengukuran
7. Pengendalian waktu untuk penyelesaian suatu proyek.
8. Penyediaan suatu tenaga kerja, alat dan bahan material yang akan dibutuhkan.

2.6. Fungsi pengendalian

Dalam pengendalian proyek memiliki 2 fungsi utama yang sangat penting karena fungsi kedua tersebut bisa dijadikan acuan pokok dalam menyelesaikan sebuah proyek pembangunan dan diantara fungsinya adalah sebagai berikut:

1. Fungsi pemantauan

Dengan pemantauan atau pengawasan yang baik dan benar terhadap kegiatan aktivitas proyek akan mendorong unsur-unsur pelaksanaan untuk bekerja secara baik, benar dan jujur. Pemantauan yang lebih baik akan bisa menjadikan sebuah landasan motivasi utama bagi sebuah kegiatan proyek untuk mencapai performa yang lebih tinggi, misalnya dengan memberi pemahaman atau pengajaran kepada seluruh pekerja proyek untuk mengenai hal-hal apa saja yang harus dikerjakan atau dilaksanakan untuk mencapai suatu kinerja yang baik setelah itu mendapatkan umpan balik dalam kinerja yang telah diselesaikan. Sehingga dapat memberi dampak yang baik dalam pemantauan sebuah proyek

2. Fungsi Manajerial

Menurut (Erviyanto, 2004). Pada sebuah proyek-proyek yang kompleks dan mudah terjadi perubahan (dinamis) penggunaan pengelolaan dan sistem dalam informasi yang baik akan mempermudah manajer untuk segera

diketahui bagian-bagian pekerjaan yang sedang terjadi kejanggalan atau mempunyai kinerja yang kurang baik. Dengan demikian dapat segera dilakukan suatu tindakan untuk menangani atau meminimalkan ketidaksesuaian yang ada.

2.7. Metode *time cost trade off*

Menurut ervianto (2004) pengertian *time cost trade off* (TCTO) adalah suatu proses yang sistematis disengaja dan analitis dengan melaksanakan cara percobaan dari semua aktivitas pekerjaan dalam suatu proyek yang akan ditunjukkan pada aktivitas atau pekerjaan yang terletak di jalur lintasan kritis. Menurut (Husein, 2011) Penyesuaian durasi pada sebuah proyek (*Time Cost Trade Off*) yang akan ditunjukkan dalam mengatasi masalah-masalah yang terjadi seperti proses pada pelaksanaan atau penjadwalan waktu proyek yang melenceng dari kontrak awal sehingga akan mengalami keterlambatan pada implementasi pekerjaan suatu proyek, untuk mendapat komisi apabila penanganan suatu proyek dipercepat, atau mempercepat pelaksanaan proyek karena untuk menghindari kondisi cuaca yang buruk yang sewaktu-waktu akan terjadi di lokasi pada sisa waktu pekerjaan proyek. Sebagai dampak dari penyesuaian waktu proyek yang akan lebih cepat, biasanya akan menggunakan alternatif penambahan biaya dengan penambahan biaya, berupa biaya yaitu *indirect cost* dan *direct cost*

2.8. Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek

Melaksanakan percepatan waktu proyek maka akan bisa mengakibatkan perubahan dari rencana awal terhadap biaya dan waktu, yang meliputi:

- a. Waktu normal (*normal duration*) adalah waktu yang akan dibutuhkan pada proyek yang akan melaksanakan aktivitas pekerjaan sampai selesai dengan melakukan optimasi produktivitas normal.
- b. Waktu dipercepat (*crash duration*) adalah waktu terpendek untuk dapat menyelesaikan pekerjaan pada sebuah kegiatan yang ditinjau dari teknis masi bisa atau mungkin dapat diselesaikan.
- c. Biaya Normal (*normal cost*) adalah biaya yang langsung digunakan untuk menyelesaikan aktivitas atau kegiatan dengan waktu normal.
- d. Biaya untuk Waktu Dipercepat (*crash cost*) yaitu jumlah biaya langsung yang dapat untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan waktu tercepat.

Produktivitas pada alternatif kerja lembur diperhitungkan dalam presentase sebesar 75% dari pada produktivitas normal. Produktivitas kerja adalah perbandingan antara suatu kuantitas pekerjaan yang akan dilaksanakan dengan penggunaan sumber daya yang digunakan

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{volume}}{\text{Normal Duration}}$$

$$\text{Produktivitas per jam} = \frac{\text{produktivitas harian}}{7 \text{ jam}}$$

Produktivitas harian setelah crash = Produktivitas harian + (3 x produktivitas per jam x 75%). Dari sebuah nilai produktivitas harian setelah crash tersebut dapat diperoleh atau dicari untuk waktu penyelesaian proyek yang telah dipercepat (*crash duration*)

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{volume}}{\text{Normal Duration produktivitas harian setelah crash}}$$

Perhitungan *crash duration* untuk alternatif penambahan kapasitas.

$$\text{produktivitas harian} = \frac{\text{volume}}{\text{Normal Duration}}$$

$$\text{produktivitas /jsam} = \frac{\text{produktivitas harian}}{7 \text{ jam}}$$

Produktivitas harian setelah dilakukan crash = Produktivitas harian +
produktivitas tambahan alat/jam.

Dari suatu nilai produktivitas harian setelah dilakukan crash tersebut akan dapat dicari waktu penyelesaian proyek setelah dipercepat (*crash duration*)

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{volume}}{\text{Normal Duration produktivitas harian setelah crash}}$$

1. Perhitungan Produktivitas dengan menggunakan alat *Excavator/ Backhoe*
Produksi excavator dapat dihitung dengan menggunakan rumus atau persamaan dibawah ini (Rochmanhadi 20:1982 Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat):

$$Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts1 \times FK}$$

Keterangan :

Q : produksi per jam (m/jam)

V : kapasitas bucket

Fb : faktor bucket

Fa : faktor efisiensi alat

Fk : faktor pengembangan bahan

Ts1 : waktu siklus

2. *bulldozer*

kapasitas produksi alat dengan menggunakan persamaan dibawah ini (Rochmanhadi 41:1984 Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat) rumus kapasitas produksi:

$$KP = \frac{Lh \times B \times Fa \times 60}{Ts}$$

Keterangan :

KP : kapasitas produksi

Lh : panjang hamparan

B : lebar efektif kerja blade

Fa : faktor efisiensi alat

Ts : waktu siklus

3. Untuk perhitungan produksi alat dapat menggunakan rumus atau persamaan dibawah ini (Djoko Wilopo, 44:2009 dalam Buku Metode Konstruksi dan Alat-Alat Berat):

$$KP = \frac{(V \times 100) \times b \times t \times Fa}{n}$$

Keterangan :

Kp : Kapasitas produksi

v :kecepatan

b : lebar efektif pemadatan

Fa : faktor efisiensi alat

t : tebal hamparan padat

Ts : wakti siklus

4. Motor Grader

Untuk perhitungan pada waktu produksi dengan menggunakan alat motor grader dapat menggunakan rumus yang ada di bawah ini (Rochmanhadi, 107:1984 Alat-alat berat dan penggunaanya) :

$$KP = \frac{Lh \times B \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts}$$

Keterangan :

KP: kapasitas produksi

Lh : panjang hamparan

B : lebar efektif kerja blade

Fa : faktor efisiensi alat

N : jumlah passing

t : tebal hamparan padat

Ts : waktu siklus

2.9. *cras cost* dan *cost slope*

Cras cost adalah suatu biaya yang dapat digunakan untuk mengerjakan aktivitas kegiatan suatu proyek dalam jangka durasi terbesar priode *crash*-nya. Rumus *crash cost* dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja lembur yaitu:

Biaya upah lembur total = jumlah pekerja x total tambahan waktu lembur x
biaya lembur /hari

Crash cost= biaya langsung normal + biaya upah lembur tota

Rumus *crash cost* dengan alternatif penambahan suatu kapasitas alat yaitu sebagai berikut:

Biaya lembur total=Biaya alat/jam x Produktivitas alat/jam x 7jam x crash duration

Crash cost = biaya langsung normal + biaya upah lembur total

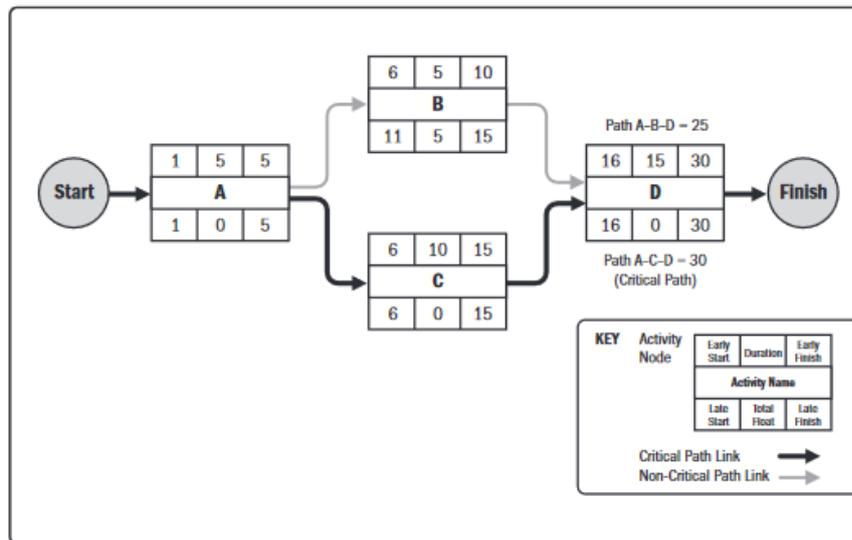
Cost slope adalah penambahan biaya langsung dalam satuan waktu. Pada awalnya perlu ditentukan atau dicari aktivitas kegiatan kritis yang perlu dipercepat dan memiliki *cost slope* yang terendah. Rumus *cost slope* terendah dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

2.10. Metode CPM

Menurut (PMBOK 2013) CPM (*critical path method*) merupakan metode yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan waktu minimum pada proyek dan untuk menentukan sebuah jumlah fleksibilitas penjadwalan pada garis jaringan logis dalam model jadwal. Teknik yang digunakan analisis jaringan jadwal ini yaitu dengan menghitung tanggal mulai awal, akhir awal, awal terlambat, dan akhir akhir untuk semua kegiatan aktivitas tanpa memperhatikan batasan sumber daya dengan melakukan analisis operan maju dan mundur melalui jaringan jadwal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar. Dalam contoh ini, jalur terpanjang mencakup aktivitas A, C, dan D, dan oleh karena itu, urutan A-C-D adalah jalur kritis. Jalur kritis adalah urutan aktivitas yang mewakili jalur terpanjang melalui sebuah proyek, yang menentukan durasi proyek sesingkat mungkin. Tanggal mulai dan selesai awal dan akhir yang dihasilkan belum tentu merupakan jadwal proyek, melainkan mengarahkan periode waktu dimana kegiatan dapat dijalankan, menggunakan parameter yang dimasukkan dalam model jadwal untuk durasi aktivitas, hubungan logis, prospek, kelambatan, dan kendala lain yang diketahui. Metode jalur kritis digunakan untuk menghitung jumlah fleksibilitas penjadwalan pada garis jaringan logis dalam model jadwal. Di jalur jaringan mana pun, fleksibilitas jadwal diukur dengan jumlah waktu aktivitas jadwal dapat ditunda atau diperpanjang dari tanggal mulai awal tanpa

menunda tanggal penyelesaian proyek atau melanggar batasan jadwal, dan disebut "total float". Jalur kritis CPM biasanya ditandai dengan nol total float di jalur kritis. Seperti yang diterapkan dengan pengurutan PDM, jalur kritis mungkin memiliki total float positif, nol, atau negatif tergantung pada batasan yang diterapkan. Setiap aktivitas di jalur kritis disebut aktivitas jalur kritis. *Float* total positif terjadi ketika backward pass dihitung dari batasan jadwal yang lebih lambat dari tanggal finish awal yang telah dihitung selama perhitungan forward pass. Total float negatif disebabkan saat batasan pada tanggal akhir dilanggar oleh durasi dan logika. Jaringan jadwal mungkin memiliki beberapa jalur yang hampir kritis. Banyak paket perangkat lunak memungkinkan pengguna untuk menentukan parameter yang digunakan untuk menentukan jalur kritis. Penyesuaian durasi aktivitas (jika lebih banyak sumber daya atau lebih sedikit ruang lingkup dapat diatur), hubungan logis (jika hubungan itu diskresioner untuk memulai), prospek dan kelambatan, atau batasan jadwal lainnya mungkin diperlukan untuk menghasilkan jalur jaringan dengan total nol atau positif mengapung. Setelah total float untuk jalur jaringan telah dihitung, float bebas — jumlah waktu aktivitas jadwal dapat ditunda tanpa menunda tanggal mulai awal penerus atau melanggar batasan jadwal dan juga dapat ditentukan. Misalnya pelampung gratis untuk Kegiatan B, pada Gambar 2.3, adalah 5 hari



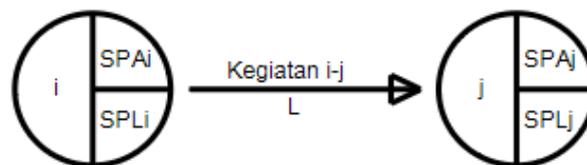
Gambar.2.3 metode jalur kritis

(Sumber: PMBOK 2013)

2.11. Network Diagram

Variabel yaitu sebuah aktivitas dalam membentuk *diagram network* adalah priode waktu, tanggal yang mana akan dimulai pekerjaan proyek dan tanggal selesai suatu pekerjaan pada sebuah proyek. Apabila kegiatan aktivitas tersebut ditotal kembali akan menjadi suatu lingkup proyek dalam keseluruhan. *Milestone* kejadian dan peristiwa, adalah suatu kegiatan atau titik waktu dimana seluruh kegiatan aktivitas sebelumnya sudah berakhir tau selesai dan kegiatan pada aktivitas sesudah itu akan dapat dimulai lagi. Peristiwa dalam proyek adalah suatu titik awal untuk memulainya pengerjaan suatu proyek dan pada peristiwa akhir yaitu dimana titik proyek akan berakhir atau selesai dalam pengerjaannya. Salah satu contoh kejadian atau *event* yang penting disebut tonggak dalam kemajuan atau *milestone*.

- a. *Node* i dan node j yang berada di ekor atau garis anak panah adalah node i, sedangkan yang berada pada bagian kepala adalah node j. Akan tetapi node j akan menjadi sebuah node i pada aktivitas kegiatan selanjutnya.
- b. Kecuali pada aktivitas kegiatan awal maka sebelum suatu kegiatan dapat dikerjakan, dan pada aktivitas kegiatan dahulu harus selesai.
- c. *Dummy* yaitu anak panah yang bertujuan hanya akan menguraikan hubungan ketergantungan pada suatu dua aktivitas kegiatan, dan tidak akan membutuhkan sumber daya dan tidak memerlukan waktu.
- d. Penyajian pada grafis jaringan pekerja tidak memerlukan skala, kecuali hanya untuk keperluan tertentu.



Gambar 2.4 Hubungan Kegiatan

(Sumber: sugiyaro 2013)

Keterangan :

I : nomor dari suatu lingkaran aktivitas kegiatan yang merupakan awalan dari kegiatan yang akan dilakukan.

J : nomor dari lingkaran kejadian yang merupakan akhir ujung dari suatu aktivitas kegiatan yang dilakukan.

Pada penyusunan *network planning* menggunakan simbola atau tanda sebagai berikut:

1. Anak panah (*arrow*)

yaitu kegiatan aktivitas. Anak panah menunjukkan hubungan antar aktivitas pekerjaan proyek atau urutan aktivitas yang harus dilaksanakan dan diselesaikan. Pada kegiatan ini membutuhkan jangka waktu yang tertentu dengan menggunakan sumber daya.



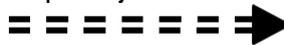
2. Lingkaran kecil I (*node*)

menggambarkan suatu aktivitas kegiatan, peristiwa atau *event*. Kejadian dijelaskan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau lebih aktivitaskegiatan.



3. anak panah sejajar (*double arrow*)

menjelaskan aktivitas kegiatan pada jalur dilintasan kritis.



4. anak panah terputus-putus (*dummay*)

Menggambarkan keterkaitan antara dua kegiatan yang dimana pada satu kegiatan harus menunggu terlebih dahulu selesainya satu kegiatan lain/kegiatan se-mu. *Dummy* berguna untuk membatasi pada mulainya kegiatan. *Dummy* tidak mempunyai waktu karena tidak menggunakan atau menghabiskan sumber daya.

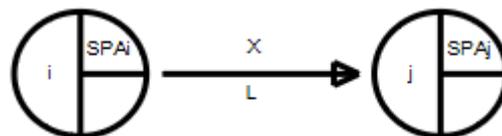


2.12. Hubungan Antar Simbol dan Urutan Kegiatan

Dalam proses perhitungan dengan metode CPM dikenal adanya beberapa parameter sebagai berikut:

- a. SPA (saat paling awal) : saat paling cepat atau paling awal peristiwa/node/event mungkin terjadi, yang berarti waktu paling cepat suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai karena menurut aturan dasar suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan-kegiatan terdahulu selesai.
- b. SPA_i : saat paling cepat peristiwa yang mungkin terjadi, maksudnya waktu mulai paling awal suatu kegiatan. Bila waktu kegiatan dinyatakan dalam hari, maka waktu ini merupakan hari pertama kegiatan dimulai
- c. SPA_j : saat paling cepat peristiwa terakhir mungkin terjadi, berarti waktu selesai paling awal suatu kegiatan. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu maka SPA_j kegiatan terdahulunya, maka SPA_j kegiatan terdahulunya merupakan SPA_i kegiatan berikutnya.

Untuk sebuah kegiatan menuju ke sebuah peristiwa



Gambar 2.5 kegiatan menuju ke sebuah peristiwa

(Sumber: sugiyarto,2013)

Keterangan

X = kegiatan

j = peristiwa akhir kegiatan x

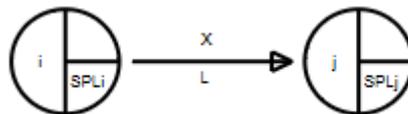
i = peristiwa awal kegiatan x

L = lama kegiatan x yang diperkirakan

SPA_i = saat paling awal kegiatan

SPA_j = saat paling awal peristiwa

Untuk sebuah kegiatan menuju ke sebuah peristiwa



Gambar 2.6 kegiatan menuju ke sebuah peristiwa

(Sumber: sugiyarto, 2013)

Rumus :

$$SPA_j = (SPA_i + Ln)$$

maksimum

Keterangan:

X = kegiatan

J = peristiwa akhir kegiatan

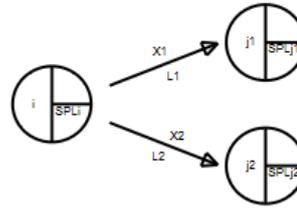
X_i = peristiwa awal kegiatan

XL = lama kegiatan x yang diperkirakan

SPL_i = saat paling lambat peristiwa awal

SPL_j = saat paling lambat peristiwa akhir

Untuk beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa



Gambar 2.7 kegiatan keluar dari sebuah peristiwa

(Sumber:sugiyarto,2013)

Rumus : $SPL_i = (SPL_{j_n} - L_n)$ minimum

Keterangan:

n = nomor akhir masing-masing kegiatan n

SPL_{j_n} = saat paling lambat peristiwa akhir kegiatan

$X_n L_n$ = lama kegiatan X_n yang diperkirakan

SPL_i = saat paling lambat peristiwa awal kegiatan

Kegiatan ($n=1,2,3,\dots,z$)

X_n = nama kegiatan ke n

i = peristiwa awal Bersama dari semua kegiatan n

j_n = peristiwa

2.12. Jalur Kritis

Jalur kritis adalah jalur yang mempunyai waktu terlama atau terpanjang dalam suatu pekerjaan dari seluruh jalur yang akan dimulai dari pekerjaan awal hingga pekerjaan akhir.(Yamit; 2000:301). Tujuan jalur kritis yaitu untuk

mendapatkan aktivitas atau kegiatan yang mempunyai kepekaan yang tinggi atas suatu keterlambatan dalam penyelesaian pengerjaan suatu proyek, atau dimaksud juga kegiatan atau aktivitas kritis. Apabila terjadi keterlambatan pada pekerjaan proyek maka akan berdampak juga ke penyelesaian satu proyek secara keseluruhan dan meskipun pada aktivitas atau pekerjaan lain tidak ada mengalami keterlambatan.(Yamit; 2000:301). Dengan demikian waktu yang digunakan untuk penyelesaian pada jalur kritis adalah sama dengan durasi untuk penyelesaian proyek secara keseluruhan. Pada waktu longgar merupakan jumlah waktu suatu kegiatan yang tertentu dapat diundur, tanpa mengundur keseluruhan pada suatu proyek. Bila ada waktu longgar nol maka pada kegiatan yang terletak di jalur kritis waktu longgar nol tersebut adalah kegiatan aktivitas kritis dan jalurnya disebut juga jalur kritis.

Peristiwa kritis adalah suatu peristiwa atau kejadian yang tidak punya tenggang waktu SPA-nya sama dengan SPL-nya. Sedangkan kegiatan kritis adalah kegiatan atau aktivitas yang tidak boleh mengalami keterlambatan, dan apabila sebuah kegiatan kritis mengalami keterlambatan satu hari atau beberapa hari, sedang pada aktivitas atau kegiatan lainnya tidak, maka suatu proyek akan menyebabkan keterlambatan selama satu hari. Sifat pada kegiatan kritis ini diakibatkan karena suatu kegiatan pekerjaan tersebut harus dimulai dan selesai pada saat itu juga.

Ke simpulannya berarti : $SPA_i = SPL_i - SPL_j = SPL_j$

Karena pada kegiatan pekerjaan harus dimulai atau dilaksanakan pada suatu saat awal saja dan harus selesai pada suatu saat akhir saja dan tidak ada lagi alternative pada saat lain-nya

$$SPA_i + L = SPA_j$$

$$SPL_i + L = SPL_j$$

$$L = \text{Lama kegiatan kritis}$$

$$SPA_i = \text{SPA peristiwa awal}$$

$$SPA_j = \text{SPA peristiwa akhir}$$

$$SPL_i = \text{SPL peristiwa awal}$$

$$SPL_j = \text{SPL peristiwa akhir}$$

Lintasan kritis yaitu lintasan yang akan terjadi dari kegiatan aktivitas pekerjaan kritis, peristiwa kritis, dan *dummy*. Tujuan untuk mengetahui dan memahami lintasan kritis adalah untuk mempermudah mengetahui dengan cepat pada suatu kegiatan dan peristiwa yang tingkat kepekaannya paling besar terhadap keterlambatan suatu pelaksanaan pengerjaan proyek, sehingga perlu setiap saat dapat menentukan tingkat prioritas dalam kebijaksanaan proyek, yaitu terhadap suatu kegiatan kritis dan hampir akan kritis. Dalam pengertian jalur kritis perhitungan waktu pada suatu jaringan kerja dapat dilaksanakan melalui dua cara, yaitu :

a. Perhitungan maju

Hitungan maju yaitu cara menghitung waktu pada saat memulai dari selesai suatu aktivitas dalam susunan jaringan kerja hanya menggunakan SPA_i , SPA_j , dan L . Aturan dalam hitungan maju

Kecuali pada suatu kegiatan awal, maka suatu kegiatan bisa dimulai apabila kegiatan yang akan mendahuluinya telah selesai

$$\text{Rumus : } SPA_j = SPA_i + L$$

apabila suatu aktivitas mempunyai dua atau lebih aktivitas menggabung, maka SPC_i kegiatan tersebut adalah SPC yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

b. Pada perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu yang paling akhir dalam kegiatan aktivitas yang masih bisa dapat dimulai dan juga mengakhiri masing-masing suatu kegiatan. Perhitungan mundur dimulai dari kanan ujung pada suatu jaringan kerja atau pada waktu akhir penyelesaian suatu proyek. Dalam perhitungan mundur memiliki aturan diantaranya adalah:

- Apabila hanya terdapat satu aktivitas kegiatan yang akan keluar dari peristiwa, maka waktu yang paling akhir dari aktivitas kegiatan tersebut sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi dengan durasi waktu kegiatannya. Rumus : $SPL_i = SPL_j - L$
- Apabila pada suatu kegiatan aktivitas mempunyai dua atau lebih yang akan mengikuti, maka SPL_j kegiatan tersebut adalah sama dengan SPL_i kegiatan berikutnya yang terendah atau terkecil.