

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi saat ini sedang mengalami perkembangan yang pesat sehingga pembangunan ekonomi tidak terlepas dari kegiatan-kegiatan berupa proyek, karena proyek merupakan unit operasional pembangunan yang paling kecil. Industri jasa konstruksi mempunyai peranan yang besar untuk membantu memperlancar perkembangan pembangunan ekonomi dan juga untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat karena dapat menghasilkan infrastruktur yang diperlukan untuk mendukung pembangunan. Perkembangan dunia konstruksi menandai semakin meningkatnya pembangunan infrastruktur yang dapat menjadi indikator semakin majunya pembangunan suatu negara. Namun bila tidak didukung dengan manajemen yang baik maka pembangunan tersebut tidak akan maksimal.

Kegiatan proyek pembangunan dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, Akurasi penentuan waktu penyelesaian kegiatan-kegiatan merupakan faktor yang sangat menentukan bagi keberhasilan manajemen dalam penyelesaian suatu proyek. Ketidaktepatan waktu dari salah satu kegiatan akan menyebabkan jadwal kegiatan lain berubah sehingga akan mengganggu proses manajemen selanjutnya dan akan memperbesar biaya suatu proyek. Salah satu hasil dari perencanaan adalah penjadwalan proyek, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek.

Dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat terperinci dan sangat detail. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek. Penjadwalan atau *scheduling* proyek adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan

dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Husen, 2008 : 133).

Pada penjadwalan pemeliharaan proyek memerlukan adanya penangan manajemen kerja yang baik, karena itu perlu ditangani dengan perhitungan yang cermat dan teliti. Prasyarat keberhasilan proyek pembangunan adalah tercapainya sasaran proyek, yaitu tepat biaya, tepat mutu dan tepat waktu (Ervianto, 2005 : 21), ditambah dengan terjaminnya faktor keselamatan (*safety*) (Husen, 2008 : 77), sehingga seluruh rencana proyek baik pada tahapan prakonstruksi, pelaksanaan konstruksi dan pasca konstruksi dapat berjalan dengan baik.

Jadwal merupakan salah satu parameter yang menjadi tolok ukur keberhasilan suatu proyek konstruksi, disamping anggaran dan mutu. Penjadwalan perlu diperhatikan dalam manajemen proyek untuk menentukan durasi maupun urutan kegiatan proyek, sehingga terbentuklah penjadwalan yang logis dan realistis. Pada umumnya, penjadwalan proyek menggunakan estimasi durasi yang pasti. Namun, banyak faktor ketidakpastian (*uncertainty*) sehingga durasi masing-masing kegiatan tidak dapat ditentukan dengan pasti. Faktor penyebab ketidakpastian durasi tersebut diantaranya adalah produktivitas pekerja, cuaca dan lain-lain.

Perencanaan penjadwalan dimaksudkan agar dalam pelaksanaan pekerjaan menjadi efisien dan efektif sehingga tidak terjadi masalah akibat tertundanya pekerjaan karena tidak direncanakan dengan baik. Efektifitas dan efisiensi dalam pelaksanaan proyek dipengaruhi oleh faktor Planning dan scheduling. Hal ini berarti keduanya merupakan suatu langkah awal yang sangat penting dalam merencanakan metode pelaksanaan pekerjaan. Untuk mengatasi persoalan tersebut maka perlu direncanakan hubungan yang tepat dengan perencanaan waktu. Untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula diperlukan suatu upaya percepatan durasi proyek walaupun akan diikuti meningkatnya biaya proyek. Oleh karena itu diperlukan analisis optimalisasi durasi proyek sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan metode PERT (*Project evaluation and review technique*) dan CPM (*Critical Path Method*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah “Mengatahui analisis penerapan metode CPM dan PERT dalam pelaksanaan proyek?”

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan yang diuraikan dalam penulisan ini lebih terperinci dan sistematis, maka adapun batasan-batasan masalahnya adalah:

1. Perencanaan penjadwalan hanya berhubungan dengan waktu dan tidak berhubungan dengan biaya.
2. Rumus-rumus yang digunakan hanya diterapkan rumus praktis dan tidak membahas penurunan rumus-rumus tersebut
3. Penjadwalan *kumulatif progress* proyek sesuai dengan aktivitas dan periode pengerjaan proyek menggunakan kurva "S".
4. Penjadwalan aktivitas-aktivitas proyek yang bisa dipercepat.
5. Aspek kajian direncanakan dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation Review Technique*).
6. Data penelitian diperoleh dari pihak kontraktor proyek berupa *time schedule* struktur rencana proyek, wawancara durasi optimis, durasi pesimis dan durasi yang paling memungkinkan pelaksanaan proyek.
7. Analisis data dilakukan menggunakan program *Microsoft Excel* untuk perhitungan waktu yang diharapkan dan melakukan penjadwalan serta mengetahui waktu penyelesaian proyek.
8. Penelitian dilakukan di Proyek Pembangunan Pasar Aksara Jln. Mesjid Kec. Medan tembung, Kab. Deli Serdang.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Untuk menghasilkan waktu yang tepat pada proyek pembangunan pasar aksara.
2. Untuk menghasilkan analisis alur, durasi kerja, dan probabilitas yang optimal menggunakan metode CPM dan PERT, sehingga perusahaan dapat menentukan penjadwalan proyek yang efektif dan efisien.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini diantaranya adalah:

1. Dari hasil penelitian dapat memberi informasi kepada pihak proyek tentang kegiatan-kegiatan kritis sehingga dapat mengurangi penundaan penyelesaian proyek konstruksi.
2. Menambah wawasan dalam bidang penjadwalan probabilistik
3. Metode yang digunakan dapat memberikan ide dan gagasan baru dalam perencanaan penjadwalan di sebuah proyek konstruksi agar pada saat menjadwalkan waktu menjadi efektif dan efisien sehingga para tenaga kerja tidak mengalami penundaan dalam jadwal yang sudah ada, sehingga pergerakan proyekpun terlihat lancar.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir terdiri atas lima bab, yang disusun dengan sistematika berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan permasalahan, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan TA.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri kajian pustaka yang mengulas tentang penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan serta landasan teori yang memuat teori-teori yang digunakan dalam lingkup tugas akhir ini, diantaranya adalah penjadwalan proyek konstruksi.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang objek penelitian, identifikasi masalah, metode pengolahan data, dan kerangka penelitian.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pengolahan data dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat tentang kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisa dan pembahasan pada bab terdahulu serta memberikan saran dari hasil penelitian dari pengolahan data tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisi tentang daftar pustaka

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Penelitian mengenai “Analisis Penjadwalan Proyek Dengan Menggunakan Metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation And Review Technique*)” perlu dilakukan peninjauan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya sebagai referensi.

Pengendalian waktu atau penjadwalan merupakan suatu alat yang dapat digunakan dalam penyelesaian suatu proyek. Untuk proyek dalam skala kecil yang hanya terdapat beberapa kegiatan, tahapan serta waktu pelaksanaannya dapat dibayangkan, sehingga penjadwalan proyek tidak wajib dilakukan. Tetapi untuk proyek dalam skala besar, penting adanya penjadwalan atau pengendalian waktu proyek agar setiap tahapan kegiatan dapat diketahui estimasi durasinya secara lebih rinci. Sehingga dalam proyek skala besar dengan adanya pengendalian waktu proyek, pelaksanaan kegiatan proyek dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien serta dapat meminimalisir adanya keterlambatan proyek.

Dalam pengendalian waktu proyek, dapat digunakan *Network Planning* atau jaringan kerja. Ini merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk membantu dalam pengendalian waktu proyek, karena dengan jaringan kerja dapat diketahui tahapan kegiatan yang berurutan, kegiatan yang dilakukan bersamaan atau saling berhubungan. Serta dapat diketahui juga durasi total proyek berdasarkan tahapan kegiatan yang telah ditentukan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam tinjauan pustaka ini, disertakan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan topik untuk membantu menyelesaikan kesulitan permasalahan dalam penelitian serta membantu mengevaluasi hasil penelitian yang sejenis.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Muhammad (2019)	Pengendalian waktu proyek antara jadwal pelaksanaan aktual dan jadwal dengan menggunakan <i>Network Planning</i> .	Pada proses pelaksanaan suatu proyek diperlukan adanya pengawasan atau pengendalian pada suatu sektor, agar tetap sesuai dengan standar. Salah satu hal yang sangat berpengaruh pada pelaksanaan proyek adalah waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keterlambatan proyek serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Serta membandingkan jadwal pelaksanaan kontraktor dengan jadwal menggunakan <i>Network Planning</i> . Hasilnya didapatkan bahwa dalam menggunakan <i>Network Planning</i> dengan metode CPM hasilnya umur proyek selama 153 hari. Hasil ini lebih cepat dari kontrak kerja (<i>Bar Chart</i>) yaitu 180 hari. Hasil ini lebih cepat dari umur proyek 27 hari.
2.	Lokajaya (2019)	Perencanaan waktu proyek dengan menggunakan metode CPM dan PERT	Tujuan dari penelitiannya tersebut adalah (1) mendapatkan waktu rencana pelaksanaan proyek, (2) mendapatkan durasi optimal pelaksanaan proyek, serta (3) mendapatkan total biaya

			<p>pelaksanaan proyek. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan metode CPM dan PERT didapatkan waktu penyelesaian proyek selama 252 hari. Dengan selisih 23 hari lebih cepat dari waktu rencana sebesar 275 hari. Biaya total untuk waktu pelaksanaan 275 hari sebesar Rp 24.972.450.794,11 menjadi 252 hari sebesar Rp 24.972.998.294,11. Dikarenakan ada penambahan biaya upah percepatan serta pengurangan gaji karyawan dan upah operasional.</p>
3.	Angeline dan Ariyanti (2018)	Perbandingan durasi proyek dengan metode CPM dan PERT	<p>Adapun untuk pelaksanaan proyek tersebut memerlukan perencanaan proyek yang optimal dengan memanfaatkan metode CPM dan PERT. Dengan membandingkan kedua metode tersebut, didapatkan hasil durasi penyelesaian proyek dengan metode CPM lebih cepat dibandingkan dengan metode PERT. Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dengan metode CPM adalah 101 hari dan dengan PERT 102 hari serta dengan metode CPM dapat dilakukan percepatan waktu penyelesaian proyek 34% dari jadwal proyek</p>

			eksisting.
4.	Jannah dkk. (2018)	Optimalisasi penjadwalan waktu proyek dengan menggunakan metode CPM/PERT dan Monte Carlo	Hasil dari perhitungan menggunakan metode CPM/PERT probabilitas keberhasilan pengerjaan proyek dengan waktu 169 hari adalah 99,74% sedangkan menggunakan simulasi Monte Carlo probabilitas keberhasilannya 97,5%. Meskipun angka probabilitas dengan menggunakan simulasi Monte Carlo lebih kecil, dengan menggunakan simulasi tersebut seorang kontraktor dapat melihat kemungkinan waktu yang dibutuhkan serta keberhasilan dari waktu-waktu tersebut. Optimasi penjadwalan proyek dari target 180 hari menjadi 169 hari sehingga dapat menghemat waktu 11 hari dan biaya Rp 2.581.942.

2.3 Pengertian Proyek

Proyek merupakan rangkaian kegiatan yang mempunyai dimensi waktu, fisik dan biaya guna mewujudkan gagasan serta mendapatkan tujuan tertentu. Rangkaian kegiatan ini terdiri atas tahap studi kelayakan, tahap perencanaan dan perancangan, tahap pelelangan atau tender, dan tahap pelaksanaan konstruksi. Dari hal ini dapat kita lihat bahwa perencanaan adalah salah satu bagian yang penting dalam proyek konstruksi.

Perencanaan merupakan proses pemilihan informasi dan pembuatan asumsi-asumsi mengenai keadaan di masa yang akan datang untuk merumuskan kegiatan-kegiatan yang perlu dilakukan dalam rangka pencapaian tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Tiga unsur utama

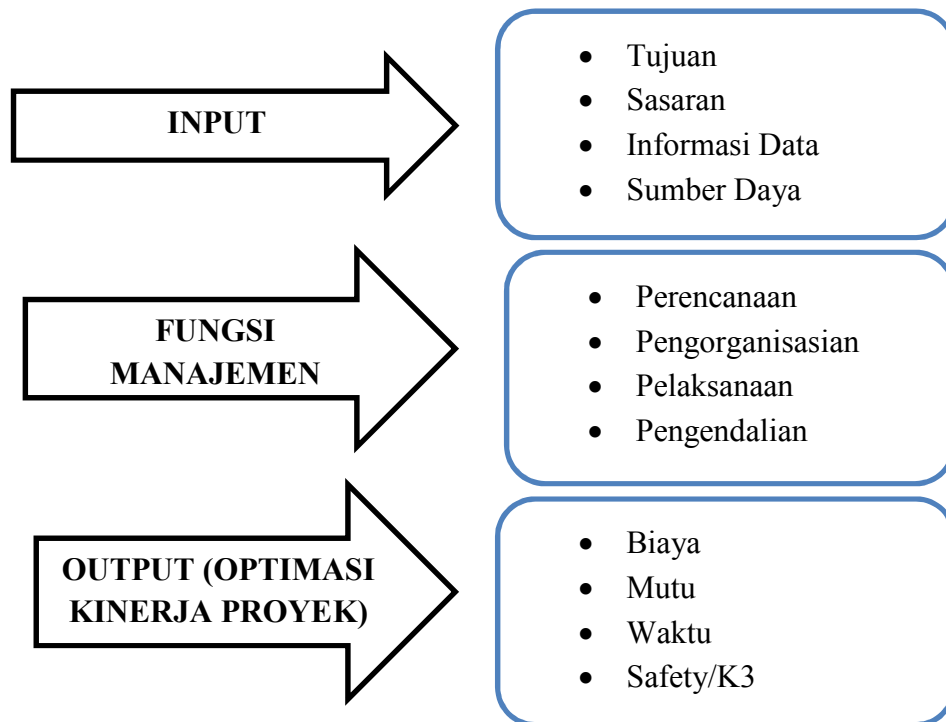
yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan adalah waktu (*time*), biaya (*cost*), dan mutu (*quality*). Dengan perencanaan yang tepat maka seluruh kegiatan proyek dapat dimulai dan selesai dengan alokasi waktu yang cukup, biaya serendah mungkin dan mutu yang dapat diterima (Soeharto, 1999).

Menurut (Soeharto,1999) manajemen proyek yaitu : Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau deliverable yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas.

Ir. Abrar Husen, MT “Manajemen Proyek” bisa di katakan perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek, mendefinisikan : Manajemen proyek adalah suatu ilmu pengetahuan tentang senu memimpin organisasi yang terdiri atas kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pengendalian terhadap sumber-sumber daya yang terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien.

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

Adapun proses manajemen dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Proses Manajemen Proyek

Sumber : (Husen, 2008)

Dari gambar 2.1 dapat diuraikan bahwa proses manajemen proyek dimulai dari kegiatan perencanaan hingga pengendalian yang didasarkan atas input-input seperti tujuan dan sasaran proyek, informasi dan data yang digunakan, serta penggunaan sumber daya yang benar dan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Pada umumnya manajemen proyek ada tiga kendala utama yang saling berketergantungan dalam suatu proyek yaitu yang sering disebut dengan segitiga manajemen proyek diantaranya adalah Waktu, Biaya dan Lingkup. Ketiganya tersebut merupakan keseimbangan untuk menentukan kualitas proyek yang akan dilaksanakan. Agar proyeknya berhasil manajer proyek harus mempertimbangkan hal berikut:

1. Ruang lingkup pekerjaan apa yang akan dilakukan sebagai bagian dari proyek tersebut, serta produk dan layanan atau hasil apa yang diinginkan oleh pelanggan (*sponsor*) yang dapat dihasilkan dalam suatu proyek
2. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek
3. Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek.

Berbeda dengan definisi H. Kerzner (dikutip oleh Soeharto, 1999). PMI (*project manajemen institute*) (dikuti oleh soeharto, 1999), mengemukakan definisi manajemen proyek sebagai :

Manajemen proyek adalah ilmu dan seni yang berkaitan dengan memimpin dan mengkoordinir sumber daya yang terdiri dari manusia material dengan menggunakan teknik pengelolaan modern untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan, yaitu ruang lingkup, mutu, jadwal dan biaya, serta memenuhi keinginan para stake holder.

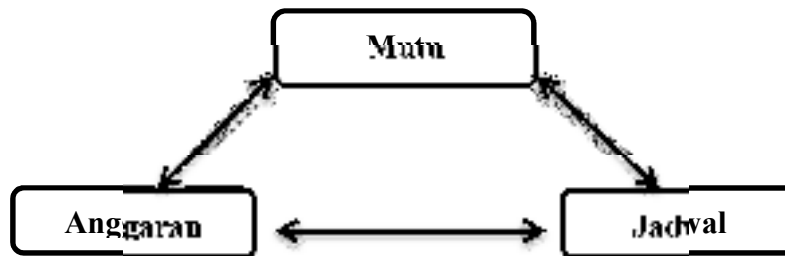
Menurut siswanto (2007), dalam manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu :

1. Penyusunan jadwal (*seheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.
2. Proses pengendalian (*controlling*), manajemen proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Reder, 2005), yaitu :
 - a. Perencanaan (fase ini mencakup penataan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi timnya)

- b. Penjadwalan (fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya)
- c. Pengendalian (fase ini mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat mempengaruhi kebutuhan waktu dan biaya).

(Handoko, 1999) menyatakan tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut:

1. 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 masuk pasar.
2. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan
3. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.



Gambar 2.2 Sasaran Utama Proyek.

Penggunaan waktu dan biaya yang dipengaruhi produktifitas dan kegiatan *overlapping* pada suatu proyek maka akan menghasilkan hasil yang optimal dalam pekerjaan proyek tersebut. Tetapi dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation And Review Technique*), maka akan lebih dapat menghasilkan biaya dan waktu yang lebih optimal lagi dengan mempertimbangkan beberapa faktor yaitu, penggunaan sumber daya, produktifitas, penggunaan tenaga kerja dan alat bantu. (Purwati Widyaning, Institut Teknologi Nasional Malang, 1977).

2.4 Karakteristik dan Siklus Proyek

Timbulnya suatu proyek dalam kurun waktu yang dibatasi, biaya dibatasi dengan kebutuhan-kebutuhan yang sifatnya mendesak karena tuntutan pengembangan dan tingkat pertumbuhan sosial dan ekonomi dari suatu lokasi atau daerah tertentu.

Proyek biasanya difasilitasi oleh pemerintah atau dapat juga dilatarbelakangi semata-mata oleh manfaat ekonomis, yang biasanya dilakukan oleh sector wisata. Masing-masing proyek biasanya berkarakter tersendiri dalam hal kegiatan yang dilakukan, tujuan dan sasaran, serta produk akhir. Untuk lebih jelasnya berikut ini uraian dari beberapa jenis proyek berdasarkan komponen awal dan akhir, antara lain :

a. Proyek kontruksi

Kegiatan utamanya adalah studi kelayakan *desing engineering*, pengadaan dan kontruksi. Proyek kontruksi merupakan gabungan dari sumber daya dan modal / biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi untuk mencapai sasaran dan tujuan. Sumber daya yang dimaksud dalam hal ini adalah sumber daya manusia, material, dan peralatan. Hasil dari kegiatan ini berupa pembangunan jembatan, gedung, perkantoran, pabrik, dan sebagainya. Yang biasanya menyerap kebutuhan sumber daya yang besar serta dapat dimanfaatkan oleh orang banyak.

b. Proyek industri manufaktur

Kegiatan utama dari kegiatan ini adalah design engineering, pengembangan produk, pengadaan, manufaktur, perakitan, uji coba terhadap produk serta pemasaran

c. Proyek penelitian dan pengembangan

Kegiatan utamanya adalah proyek ini melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan produk tertentu. Proses pelaksanaan serta lingkup kerja yang dilakukan mengalami perubahan untuk menyesuaikan dengan tujuan akhir proyek. Tujuan proyek dapat berupa memperbaiki atau meningkatkan produk, pelayanan, atau metode produksi.

d. Proyek padat modal

Jenis proyek ini diartikan berdasarkan komponen kegiatan saja, tetapi lebih kepada jumlah dana yang digunakan dengan jumlah yang cukup besar. Proyek padat modal tidak selalu berarti padat tenaga kerja, namun dapat saja proyek dengan teknologi tinggi yang membutuhkan biaya yang besar dengan tenaga kerja secukupnya. Sebagai contoh adalah proyek pembebasan lahan, pembelian material, dan peralatan dengan jumlah besar, membangun fasilitas produksi dan lainnya.

e. Proyek pembangunan produk baru

Proyek ini merupakan gabungan anrata proyek penelitian pengembangan dengan proyek padat modal, lalu dilanjutkan dengan mendirikan unit percobaan dalam bentuk pilot plan. Setelah di uji coba berhasil dan dapat diproduksi secara masal, dilanjutkan dengan proyek padat modal unruk membangun fasilitas produksi sesuai dengan kapasitas yang diinginkan.

f. Proyek Pelayanan Manajemen

Proyek ini berkenaan dengan kegiatan-kegiatan spesifik satu perusahaan dimana produk akhirnya berupa jasa atau dalam bentuk non fisik. Laporan akhir dari proyek dapat dipakai oleh perusahaan pemilik proyek sebagai rekomendasi untuk pedoman pelaksanaan, standar operasional prosedur dari suatu pekerjaan. Contoh jenis proyek ini adalah proyek pengembangan system informasi perusahaan, perbaikan efisiensi kinerja perusahaan, dan sebagainya.

g. Proyek Infrastruktur

Proyek ini berkaitan dengan penyediaan kebutuhan masyarakat secara luas dala hal pemasaran transportasi, pembangunan waduk tenaga listrik, pengairan sawah, sarana intalasi telekomunikasi dan penyediaan sumber air minum. Biasanya proyek ini padat modal dan padaat karya yang mendapat bantuan pinjaman dari donatur luar negeri dengan pinjaman jangka panjang, yang pembayarannya serta pengelolaan dana dilakukan oleh pemerintah atau dapat juga dengan investasi pihak swasta kemudian pemerintah memberi konesesi.

Setiap proyek memiliki tujuan khusus, dan dalam proses pencapaian tujuan tersebut ada 3 (tiga) konstrain yang harus dipenuhi, yang dikenal dengan *Trade-off Triangle* atau *Triple Constraint*. *Triple Constraint* adalah usaha pencapaian tujuan yang berdasarkan 3 (tiga) batasan berikut :

- a. Tepat Biaya, proyek harus dikerjakan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran, baik biaya setiap item pekerjaan, periode pelaksanaan maupun biaya total sampai akhir proyek
- b. Tepat Waktu, proyek harus dikerjakan dengan waktu sesuai dengan jadwal pelaksanaan proyek (*schedule*) yang telah direncanaka, yang direncanakan, yang ditunjukkan dalam bentuk prestasi pekerjaan (*work Progress*).
- c. Tepat Mutu, mutu produk atau disebut sebagai kinerja (*Performance*), harus memenuhi spesifikasi dan kriterua dalam taraf yang disyaratkan oleh pemilik.

Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggaraan proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek. manajemen proyek dikatakan baik jika sasaran tersebut tercapai.

2.5 Ciri - Ciri Proyek

Berdasarkan pengertian diatas, ciri-ciri proyek antara lain :

- a. Memiliki tujuan tertentu yang berupa hasil kerja akhir.
- b. Sifatnya sementara karena siklus proyek relative pendek.
- c. Dalam proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, anggaran dan biaya, dan mutu hasil akhir.
- d. Merupakan kegiatan nonrutin, tidak berulang-ulang.
- e. Keperluan sumber daya berubah, baik macam maupun volumenya.

2.6 Jenis – Jenis Proyek

Menurut Soeharto (1999) proyek dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Proyek *engineering* konstruksi
Terdiri dari pengkajian kelayakan, selain *engineering* pengadaan, dan konstruksi
- b. Proyek *engineering* manufaktur
Dimaksudkan untuk produk baru meliputi pengembangan produk manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasional produk yang dihasilkan.
- c. Proyek penelitian dan pengembangan
Proyek ini 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 system informasi manajemen
- e. Proyek *capital*
Proyek ini merupakan proyek yang berkaitan dengan penggunaan dana capital untuk investasi
- f. Proyek radio-telekomunikasi
Bertujuan untuk membangun jaringan telekomunikasi yang dapat menjangkau area yang luas dan biaya yang minimal.

g. Proyek konservasi *bio-diversity*

Proyek ini merupakan proyek yang berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan

2.7 Penjadwalan Proyek

Suatu proyek memerlukan penjadwalan (*scheduling*), yaitu pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan tiap-tiap pekerjaan, dalam rangka menyelesaikan suatu proyek sehingga tercapai optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada. Penjadwalan mengikuti perkembangan proyek dengan berbagai permasalahan. Proses *monitoring* serta *updating* selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan yang paling realistis agar alokasi sumber daya dan penentuan durasi sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek. Secara umum, penjadwalan proyek mempunyai manfaat sebagai berikut :

- a. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan / kegiatan mengenai batasan-batasan waktu untuk memulai dan mengakhiri tiap pekerjaan
- b. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan
- c. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat terselesaikan sebelum waktu yang sudah ditetapkan.
- d. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Penjadwalan adalah berfikir secara mendalam melalui berbagai persoalan – persoalan, menguji jalur-jalur yang logis serta menyusun berbagai macam tugas yang menghasilkan suatu kegiatan lengkap, dan menuliskan bermacam-macam kegiatan dalam rangka yang logis dan rangkain waktu yang tepat (Syafiridin, 2006). Penjadwalan meliputi pengurutan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan/pekerjaan yang dilakukan. Pada tahap ini diputuskan berapa lama tiap kegiatan memerlukan waktu dan menghitung berapa besar biaya yang harus dikeluarkan.

Dalam kenyataannya, prosedur penjadwalan melalui proses estimasi mengandung unsur ketidak pastian. Hal ini sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi, yaitu tingkat resiko yang tinggi terhadap setiap perubahan yang terjadi, baik perubahan sistem politik, cuaca, ketergantungan buruh, kegagalan konstruksi ketergantungan pihak lain, dan lain sebagainya.

Untuk mengantisipasi ketidak pastian dari durasi penjadwalan dikembangkan metode penjadwalan dengan mempertimbangkan ketidak pastian tersebut. Ada 2 (dua) cara pendekatan penjadwalan dengan ketidak pastian, yaitu :

- a. Pertama adalah mengabaikan ketidakpastian durasi, digunakan penjadwalan dengan ekspektasi durasi (*most likely*). Kerugian dari cara ini adalah *schedule* yang bersifat *optimistik*, penggunaan durasi tunggal akan menghasilkan *schedule* yang kaku (*inflexible schedule*), sehingga dibutuhkan *monitoring* dan *updating* secara *kontinyu* atau terus – menerus secara ketat.
- b. Cara kedua yaitu dengan memasukan kontingensi (*Contigency*) dengan tujuan menghindari *schedule* yang terlalu optimis.

2.7.1 Metode Penjadwalan Proyek

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan, pertimbangan penggunaan metode-metode tersebut didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang diinginkan dicapai terhadap kinerja penjadwalan. Kinerja waktu akan berimplikasi terhadap kinerja biaya, sehingga proyek secara keseluruhan. Oleh karena variable-variable yang mempengaruhinya juga harus dimonitor, misalnya mutu, keselamatan kerja ketersediaan peralatan dan bahan material, serta *stakeholder* proyek yang terlibat. Bila terjadi penyimpangan terhadap rencana semula, maka akan dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi agar proyek tetap pada kondisi yang diinginkan.

2.7.2 Tujuan dan Manfaat Perencanaan Jadwal

Tujuan dari perencanaan penjadwalan proyek adalah :

1. Mempermudah perumusan masalah proyek
2. Menentukan metode atau cara yang sesuai
3. Kelancaran kegiatan terorganisir
4. Mandapatkan hasil yang optimum

Manfaat dari perencanaan tersebut bagi proyek adalah :

1. Mengetahui keterkaitan antar kegiatan
2. Mengetahui kegiatan yang perlu menjadi perhatian (kegiatan kritis)
3. Mengetahui dengan jelas kapan memulai kegiatan dan kapan harus menyelesaikannya.

2.7.3 Pengendalian Jadwal

Peraturan perincian yang diperlukan untuk melaksanakan rencana itu dimulai dengan taraf desain, diberikan pada waktu pemberian kontrak, kemudian digunakan sebagai pengendalian sewaktu pembelian subkontrak. Diperlukan revisi setiap kali sebuah laporan data tiap bulan dibuat, perencanaan dan penjadwalan merupakan bagian dari penyusunan biaya integral.

Adapun untuk menyusun pengendalian jadwal yang akan dilaksanakan dalam suatu pekerjaan yaitu:

- a. Tanggal akhir yang akan ditetapkan
- b. Tanggal akhir yang ditetapkan oleh pasar
- c. Jadwal ditetapkan oleh klien
- d. Memakai jaringan berdasarkan atas logika ketergantungan pekerjaan dan sumber daya
- e. Pertimbangan untuk persyaratan khusus
- f. Memakai kualitas biaya besar
- g. Memakai kuantitas produktifita untuk mendapatkan *schedule*

2.8 Jaringan Kerja Atau *Network Planning*

Pengertian dari jaringan kerja adalah sesuatu yang digunakan untuk melakukan perencanaan, penjadwalan, dan pengawasan dari suatu kegiatan kontruksi. Dalam suatu analisis jaringan kerja, dibutuhkan beberapa sistem kontrol dalam melakukannya, diantaranya adalah kegiatan tunggal, kegiatan gabungan, kegiatan pararel, dan jalur kritis. Jaringan kerja merupakan gambaran dari suatu aliran dan urutan pada setiap kegiatan kerja sehingga tiap individu kerja proyek dapat lebih mudah memahami (Husen, 2018).

Pelaksanaan proyek ingin mendapatkan metode yang berguna untuk meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian dalam menghadapi jumlah aktivitas yang kompleks. Kemudian ditemukan suatu metode jaringan kerja yang berfungsi untuk menyajikan perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian secara sistematis (Andhika, 2017). Perencanaan berguna sebagai pedoman dalam pelaksanaan kontruksi. Perencanaan berfungsi untuk menentukan bagaimana suatu aktivitas akan dikerjakan dengan berbagai jenis teknologi dan metode kontruksi sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Penjadwalan berfungsi untuk memaparkan rencana aktivitas secara logis dan runtut sehingga dapat lebih mudah dipahami dan dikoordinasikan. Bagian dari pengendalian adalah mengawasi jalannya aktivitas proyek serta memperhatikan mutu untuk menjamin tercapainya standar spesifikasi yang telah ditentukan (Dipohusodo,1996).

Jaringan kerja pada dasarnya merupakan hubungan antar aktivitas yang diilustrasikan dalam diagram kerja. Dengan disusunnya jaringan kerja ini, pelaksana proyek dapat mengetahui aktivitas yang harus dilakukan terlebih dahulu, aktivitas yang dapat ditunda, dan aktivitas mana yang peralatannya dapat digunakan untuk aktivitas lain. Hal ini menjadi acuan dalam melakukan aktivitas selanjutnya (Nurwahidin, 2016).

Dalam jaringan kerja, terdapat beberapa simbol dan notasi yang dilakukan dalam jaringan kerja, diantaranya adalah (Dipoprasetyo, 2016) :

a. Anak Panah

Suatu aktivitas dalam proyek digambarkan dengan anak panah sedangkan untuk arah aktivitas digambarkan dengan arah anak panah. Hal ini dapat digunakan untuk mengetahui aktivitas yang dapat didahului atau *predecessor activity* dan aktivitas yang mengikuti aktivitas sebelumnya atau *successor activity*. Tiap anak panah diberikan notasi untuk mengidentifikasi jenis aktivitas dan perkiraan waktu berakhir tiap aktivitas



Gambar 2.3 Anak Panah

Sumber: (Dipoprasetyo, 2016)

b. *Node*

Setiap peristiwa dalam aktivitas proyek digambarkan dengan *node*. Suatu peristiwa atau *event* dapat diartikan sebagai pangkal atau pertemuan dari satu atau beberapa aktivitas.



Gambar 2.4 Node

Sumber: (Dipoprasetyo, 2016)

c. Anak Panah dengan Garis Putus-Putus atau *Dummy*

Dummy memiliki tujuan untuk memberi batasan terhadap mulainya suatu aktivitas. *Dummy* biasanya berfungsi sebagai alat bantu dalam menunjukkan aktivitas kerja. Perbedaan dari *dummy* dan aktivitas biasa adalah aktivitas *dummy* tidak menghabiskan waktu dan sumber daya, sehingga waktu dan biaya yang diperlukan bernilai nol.

Gambar 2.5 Dummy

Sumber : (Dipoprasetyo, 2016)

d. Anak Panah dengan Garis Tebal

Anak panah ini memiliki fungsi untuk menunjukkan aktivitas proyek yang berada pada jalur kritis



Gambar 2.6 Anak Panah dengan Garis Tebal

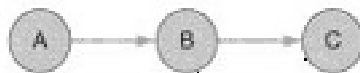
Sumber: (Dipoprasetyo, 2016)

Network Planning juga memiliki manfaat saat mengaplikasikannya, manfaat tersebut adalah sebagai berikut (Ervianto, 2004):

- Dapat dimengerti hubungan ketergantungan antar aktivitas dengan cara menggambarkan suatu logika serta dapat membuat perencanaan proyek yang lebih detail.
- Dapat mengetahui waktu-waktu yang diperlukan oleh setiap aktivitas sehingga apabila terjadi penyimpangan, pelaksana proyek dapat memperkirakan tindakan pencegahan.
- Dapat mengetahui mana aktivitas yang dapat ditunda atau yang harus segera dikerjakan.
- Membantu menyampaikan proses kerja dari suatu proyek.
- Dapat membantu dalam mencapai hasil yang efisien dari segi biaya dan sumber daya.
- Membantu menganalisis setiap aktivitas proyek sehingga dapat mengetahui risiko apa saja yang mungkin terjadi.

Dalam membuat diagram kerja, suatu proyek selalu memiliki titik awal dan titik akhir pada setiap peristiwa, yang memiliki maksud bahwa suatu proyek memiliki waktu mulai dan waktu akhir dari aktivitas proyek. Untuk bisa menggambarkan suatu jaringan kerja, diperlukan hubungan antar simbol dengan aktivitas dalam sebuah penyelesaian proyek (Dipoprasetyo, 2016). Menurut (Heizer and Render, 2011), hubungan antar simbol dan aktivitas tersebut adalah:

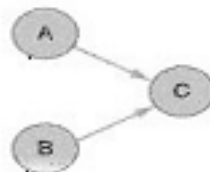
- Aktivitas A harus diselesaikan sebelum aktivitas B dimulai dan aktivitas B harus dilakukan sebelum aktivitas C dimulai



Gambar 2.7 Aktivitas A pendahulu Aktivitas B dan Aktivitas B pendahulu Aktivitas C

Sumber: (Heizer and Render, 2011)

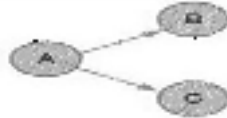
- Aktivitas C dapat dilakukan sebelum aktivitas A dan aktivitas B selesai.



Gambar 2.8 Aktivitas A dan Aktivitas B pendahulu Aktivitas C

Sumber: (Heizer and Render, 2011)

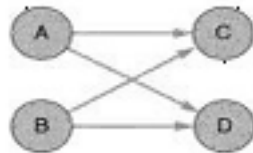
- c. Aktivitas B dan C dapat dilakukan setelah aktivitas A selesai.



Gambar 2.9 Aktivitas A pendahulu Aktivitas B dan Aktivitas C

Sumber: (Heizer and Render, 2011)

- d. Aktivitas C dan aktivitas D dapat dilakukan setelah aktivitas A dan aktivitas B selesai.

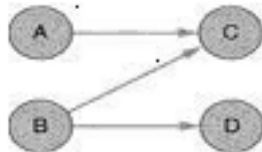


Gambar 2.10 Aktivitas

sebelum Aktivitas C dan Aktivitas D

Sumber: (Heizer and Render, 2011)

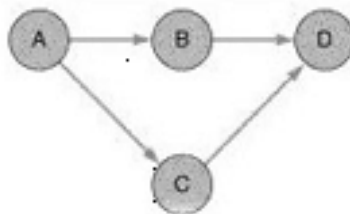
- e. Aktivitas C dimulai setelah aktivitas A dan B selesai dilakukan. Tetapi untuk aktivitas D dapat dilakukan sebelum aktivitas B selesai.



Gambar 2.11 Aktivitas B pendahulu Aktivitas C dan Aktivitas D

Sumber: (Heizer and Render, 2011)

- f. Aktivitas B dan C dimulai setelah aktivitas A selesai serta aktivitas D dilakukan setelah aktivitas B dan C selesai



Gambar 2.12 Aktivitas A pendahulu Aktivitas B dan C serta Aktivitas D menjadi pengikut

Sumber: (Heizer and Render, 2011)

2.9 Metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation Review Technique*)

Teknik evaluasi dan usulan program CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Evaluation And Review Technique*), dikembangkan ditahun 1950-an untuk membantu penjadwalan, memonitor dan mengendalikan pekerjaan besar dan kompleks.

CPM dan PERT keduanya mengikuti lima langkah dasar :

1. Mendefinisikan kegiatan yang dilakukan dan menyiapkan struktur pekerjaan terperinci WBS (*Work Breakdown Structure*).
2. Membangun hubungan antar kegiatan, memutuskan kegiatan mana yang harus dilakukan terlebih dahulu dan mana yang harus mengikuti yang lain.
3. Menggambarkan jaringan kerja yang menghubungkan keseluruhan kegiatan.
4. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan yang disebut jalur kritis
5. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan penendalian pekerjaan secara menyeluruh.

Langkah ke-5 menentukan jalur kritis, menentukan jalur kegiatan yang akan menunda kegiatan, kecuali jika dapat diselesaikan tepat waktu untuk mengidentifikasi kegiatan yang kurang penting dan melakukan perencanaan ulang, penjadwalan ulang dan pengalokasian tenaga kerja dan biaya dilakukan.

Meskipun CPM dan PERT berbeda pada beberapa hal dalam kontruksi jaringan, tujuan keduanya sama. Analisa yang dilakukan oleh kedua teknik ini sangat mirip. Perbedaan utamanya adalah bahwa PERT menggunakan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan. Waktu ini digunakan untuk menghitung nilai yang diharapkan dan penyimpangan standar untuk kegiatan tersebut, CPM membuat asumsi bahwa waktu kegiatan hanya diperlukan suatu faktor waktu untuk setiap kegiatan.

Metode CPM (*Critical Path Method*)

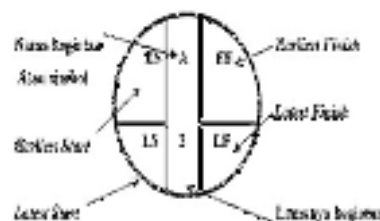
CPM (*Critical Path Method*) mulai dikembangkan oleh Kelly dari *Remington – Rand dan Walker of Dupont* yang merupakan seorang insinyur dan ahli matematika pada tahun 1957. Pada

saat itu, metode ini berguna untuk merencanakan dan mengendalikan aktivitas yang memiliki permasalahan kompleks pada konstruksi, pemeliharaan, dan desain *engineering*.

CPM merupakan cara yang digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan suatu proyek menggunakan diagram kerja sebagai alatnya (Levin, 2007). Kemudian menurut Heizer dan Render, metode CPM adalah suatu rangkaian aktivitas pada sebuah proyek yang menunjukkan keterkaitan antara aktivitas satu dengan aktivitas lain. Dengan menggunakan metode CPM, waktu dalam penyelesaian proyek dan hubungan antar sumber dayanya dianggap telah ditentukan secara pasti (Heizer and Render, 2009).

Dalam melakukan perhitungan terhadap proyek menggunakan metode CPM, terdapat beberapa istilah yang ditemui, diantaranya adalah (Soeharto, 1999):

1. Waktu pelaksanaan aktivitas atau D (*duration*)
2. ES (*Earliest Activity Start Time*), yang menyatakan awal dari suatu aktivitas proyek.
3. EF (*Earliest Activity Finish Time*), yang menyatakan awal selesainya suatu aktivitas proyek. Bila terdapat satu kegiatan pendahulu, maka EF pendahulu juga bisa dikatakan ES pada kegiatan selanjutnya.
4. LS (*Latest Activity Start Time*), yang menyatakan kejadian paling lambat atau paling akhir dari suatu aktivitas proyek yang telah dimulai.
5. LF (*Latest Activity Finish Time*) adalah kejadian paling akhir dari suatu aktivitas proyek.
6. *Slack Time* merupakan waktu senggang dari suatu aktivitas proyek sehingga dapat ditunda tanpa menyebabkan terjadinya keterlambatan pada aktivitas proyek.
7. Adapun *node* yang digunakan untuk menggambarkan aktivitas pada metode CPM adalah sebagai berikut (Khoiroh, 2018):



Gambar 2.13 Node dalam CPM

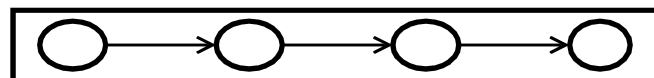
Sumber: (Khoiroh, 2018)

Metode CPM menggunakan jalur kritis sebagai cara untuk menjadwalkan suatu aktivitas kerja yang memiliki hubungan satu sama lain. Jalur kritis adalah lintasan yang memiliki jumlah waktu terlama jika dibandingkan dengan jalur lain (Nurwahidin, 2016). Sedangkan menurut (Heizer and Render, 2009), jalur kritis adalah susunan bermacam macam aktivitas pada sebuah proyek yang tidak bisa ditunda pelaksanaannya serta saling menunjukkan hubungan satu sama lain. Fungsi dari jalur kritis adalah untuk mengetahui aktivitas yang memiliki pengaruh apabila terjadi keterlambatan penyelesaian aktivitas. Apabila suatu proyek memiliki banyak jalur kritis, maka semakin banyak aktivitas yang harus dipantau. Waktu terlama dari aktivitas pada suatu proyek tersebut dijadikan patokan dalam mengestimasi waktu penyelesaian secara menyeluruh.

Jalur kritis menurut (Render dan Jay, 2006) merupakan sebuah rangkaian aktivitas-aktivitas dari sebuah proyek yang tidak bisa ditunda waktu pelaksanaannya dan menunjukkan hubungan yang saling berkaitan satu sama lain. Semakin banyak jalur kritis dalam suatu proyek, maka akan semakin banyak pula aktivitas yang harus diawasi. Akumulasi durasi waktu paling lama dalam jalur kritis akan dijadikan sebagai estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jalur kritis diperoleh dari diagram jaringan yang memperlihatkan hubungan dan urutan kegiatan dalam suatu proyek.

Logika ketergantungan kegiatan – kegiatan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

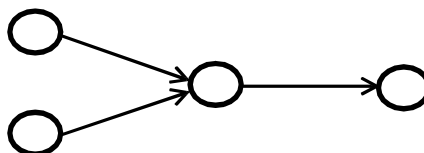
1. Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan B selesai, hubungan kegiatan-kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.14



Gambar 2.14 Kegiatan A pendahulu kegiatan B & kegiatan B pendahulu kegiatan C

Sumber: Render & Jay, 2006

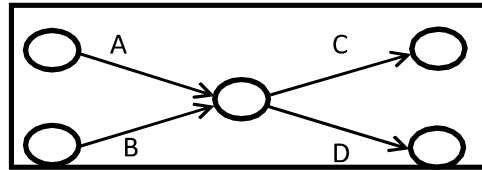
2. Kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, hubungannya dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C

Sumber: Render & Jay, 2006

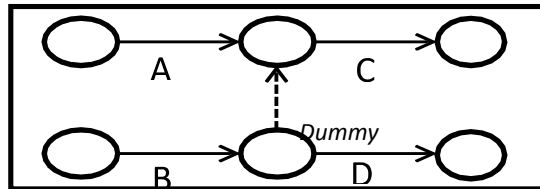
3. Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D, hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.16



Gambar 2.16 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D

Sumber: Render & Jay, 2006

4. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila kegiatan B sudah selesai, hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.17.

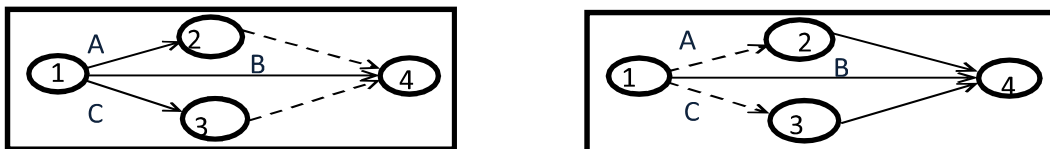


Gambar 2.17 Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D

Sumber: Render & Jay, 2006

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

5. Jika kegiatan A, B dan C mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama, maka hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama

Sumber: Render & Jay, 2006

Dalam menentukan jalur kritis, dapat dilakukan perhitungan berupa *forward pass* dan *backward pass*. Perhitungan itu dilakukan untuk menentukan nilai yang menyatakan awal dan akhir pelaksanaan kerja. Perhitungan tersebut juga dilakukan untuk menentukan waktu senggang dari suatu aktivitas. Adapun cara untuk melakukannya adalah sebagai berikut (Situmorang, 2017):

1. *Forward Pass* atau Perhitungan Maju

Forward Pass merupakan cara yang dilakukan dalam menentukan jalur kritis dimulai dari titik awal pada suatu diagram jaringan kerja proyek. *Forward Pass* menggunakan ES (*Earliest Start*) dan EF (*Earliest Finish*). Rumus dari ES adalah:

$$ES = \text{Max}(EF \text{ pendahulu}) \quad (2.1)$$

Sedangkan rumus dari EF adalah:

$$EF = ES + \text{Duration} \quad (2.2)$$

2. *Backward Pass* atau Perhitungan Mundur

Backward Pass merupakan cara untuk menentukan jalur kritis dimulai dari titik akhir pada suatu diagram kerja proyek. *Backward Pass* menggunakan LS (*Latest Start*) dan LF (*Latest Finish*) dalam perhitungannya. Rumus dari LS adalah:

$$LS = LF - \text{Duration} \quad (2.3)$$

Sedangkan rumus dari LF adalah:

$$LF = \text{Min}(LS \text{ pada aktivitas selanjutnya}) \quad (2.4)$$

3. Menghitung waktu *Slack / Float* dan Mengidentifikasi Jalur Kritis

Waktu slack atau waktu bebas adalah waktu yang dimiliki oleh setiap kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan. Secara matematis (Heizer&Render,2014) :

$$\text{Float} = LS - ES \text{ atau } \text{Float} = LF - EF \quad (2.5)$$

Float batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya, Jenis-jenis *Float* adalah:

a. TF (*Total Float*)

Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek. Berguna untuk menentukan lintasan kritis untuk mempercepat durasi proyek, bila nilai TF = 0.

$$\text{Total Float} = LF - ES - \text{Durasi} \quad (2.6)$$

b. FF (*Free Float*)

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling awal peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut. Berguna untuk alokasi sumber daya dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain.

$$\mathbf{Free\ Float = EF - ES - Durasi} \quad (2.7)$$

c. IF (*Independent Float*)

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

$$\mathbf{Free\ Float = EF - LS - Durasi} \quad (2.8)$$

Jalur Kritis adalah jalur yang melewati aktivitas dimana $Total\ Float = Free\ Float = 0$, artinya jalur dimana setiap aktivitas tidak memiliki waktu kelonggaran, baik *total float* maupun *free float*. Suatu aktivitas yang memiliki *total float* sebesar nol, bisa dikatakan bahwa aktivitas tersebut merupakan aktivitas kritis atau berada pada jalur kritis. Jalur kritis hanya melewati aktivitas kritis yaitu diawali dari aktivitas kritis awal sampai aktivitas kritis akhir proyek. Jalur yang tidak kritis dapat disesuaikan atau diganti sampai sejauh nilai *total float* tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian proyek.

Terdapat beberapa manfaat yang didapatkan saat mengetahui jalur kritis pada suatu proyek, diantaranya adalah (Levin,2007):

1. Melakukan penundaan pekerjaan pada jalur kritis mengakibatkan durasi proyek juga akan tertunda waktu selesainya.
2. Durasi proyek selesai dengan cepat apabila aktivitas pada jalur kritis juga dipercepat penyelesaiannya.
3. Melakukan pengawasan terhadap jalur kritis yang tepat.
4. *Time Float* atau waktu senggang yang terdapat pada aktivitas non jalur kritis, sehingga pelaksanaan proyek dapat mengatur ulang pemindahann sumber daya, biaya, dan peralatan menuju aktivitas pada jalur kritis agar tepat dan efisien.

Suatu proyek yang memiliki kondisi dimana sebuah aktivitas yang dapat ditunda atau dihentikan untuk sementara lalu dilanjutkan kembali pelaksanaannya disebut dengan aktivitas *splitable*. Aktivitas yang biasanya mengalami kondisi seperti ini adalah saat melakukan

pengecoran beton untuk bagian penyusun suatu bangunan. Namun, terdapat juga aktivitas *non-splitable*, yaitu suatu aktivitas pada sebuah proyek yang tidak diperbolehkan untuk berhenti sementara (Retnowati, 2017)

Gambar 2.19 Kegiatan Splitable

Sumber: (Retnowati, 2017)

Gambar 2.20 Contoh Jaringan Kerja metode CPM

Sumber: (Crowe, 2005)

Selain itu, terdapat beberapa manfaat jika menggunakan metode CPM, manfaat tersebut antara lain (Citra, 2018):

1. Menampilkan ilustrasi grafis dari alur aktivitas pada sebuah proyek.
2. Memberikan prediksi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah proyek.
3. Memberitahu aktivitas mana saja yang berada pada posisi penting sehingga lebih diperhatikan dan dijaga jadwal penyelesaiannya.

2.9.1 Metode PERT (*Metode Program Evaluation Review Technique*)

PERT mempunyai banyak kesamaan dengan CPM dan PDM. Seperti dalam CPM, PERT menggunakan teknik diagram AOA (*Activity On Arrow*) yang berarti bahwa *arrow* digunakan untuk menggambarkan kegiatan sedangkan *node* menggambarkan *event*. PERT tidak seperti dalam CPM dan PDM, tetapi berorientasi pada *event* (*event-oriented technique*) yang berarti bahwa komputasi dilakukan terhadap waktu kejadian (*event times*). Sedangkan CPM dan PDM berorientasi pada waktu kegiatan (*task-oriented*) yang berarti bahwa komputasi dilakukan terhadap waktu kegiatan (*task times*).

Menurut Ervianto (2004), PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dikembangkan sejak tahun 1958 oleh *US Navy* dalam proyek pengembangan *Polaris Missile System*. Teknik ini mampu mereduksi waktu selama dua tahun dalam pengembangan sistem senjata tersebut dan sejak itu mulai digunakan secara luas.

Menurut Soeharto (1995), dalam upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian proyek telah ditemukan metode selain CPM (*Critical Path Method*), yaitu metode yang dikenal sebagai PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). Bila dalam CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainly*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. Situasi ini misalnya dijumpai pada proyek penelitian dan pengembangan, sampai menjadi produk yang sama sekali baru.

PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), yaitu dengan memakai tiga angka estimasi. PERT juga memperkenalkan parameter lain yang mencoba “mengukur” ketidakpastian tersebut secara kuantitatif seperti *deviasi standar* dan *varians*.

PERT (*Program Evaluation Review Technique*) merupakan model perencanaan dan pengendalian pada suatu proyek untuk melakukan identifikasi aktivitas proyek dan menghitung estimasi waktu yang dibutuhkan. PERT merupakan sebuah metode pada jaringan kerja yang memiliki tujuan untuk mengurangi penundaan kerja dan menghubungkan berbagai aktivitas proyek yang selanjutnya dapat disingkat durasi penyelesaiannya. Analisis PERT juga memiliki kegunaan dalam bernegosiasi antara *customers* dan pihak-pihak yang berkaitan dalam pelaksanaan proyek. Hal ini dapat dijadikan cara untuk meningkatkan kepercayaan terhadap durasi yang akan ditetapkan (Nicholas, 2008).

PERT pada awalnya dikembangkan oleh jasa konsultan Booz-Allen dan Hamilton pada tahun 1958 yang digunakan untuk melakukan perencanaan dan pengendalian proyek. Metode ini dikatakan sukses, dikarenakan mampu menyelesaikan proyek lebih cepat dari jadwal yang telah direncanakan. Adapun manfaat dari pengaplikasian metode PERT adalah sebagai berikut (Badri, 1997):

1. Dapat mengetahui hubungan antar aktivitas pada suatu proyek.
2. Dapat mengetahui waktu pelaksanaan alternatif apabila terjadi permasalahan berupa keterlambatan kerja.
3. Dapat mengetahui kemungkinan yang dapat dilakukan untuk membantu kelancaraan aktivitas proyek.
4. Dapat mengetahui durasi waktu penyelesaian proyek.

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan PERT yaitu:

- a. Identifikasi kegiatan dan kejadian
- b. Menetapkan urutan kegiatan
- c. Membuat diagram jaringan
- d. Estimasi waktu untuk setiap kegiatan
- e. Menspesifikasikan jalur kritis
- f. Meng – update diagram sesuai kemajuan proyek

PERT memiliki sifat probabilistik, yaitu probabilitas yang diharapkan dari menyelesaikan suatu proyek dengan menggunakan pendekatan statistik (*Distribusi normal Z*).

1. Persamaan dan Perbedaan Penyajian

Soeharto (1995) menyatakan bahwa dalam visualisasi penyajiannya, PERT sama halnya dengan CPM, yaitu menggunakan diagram anak panah (*activity on arrow*) untuk menggambarkan kegiatan proyek. Demikian pula pengertian dan perhitungan mengenai kegiatan kritis, jalur kritis dan *float* yang dalam PERT disebut *Slack*. Salah satu perbedaan yang substansial adalah dalam estimasi kurun waktu kegiatan, dimana PERT menggunakan 3 angka estimasi, yaitu a, b, dan m yang mempunyai arti sebagai berikut:

a. *Optimistic Duration Time* atau Waktu Optimis

Estimasi ini mengasumsikan bahwa suatu aktivitas kerja dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Waktu ini merupakan waktu tercepat dari suatu proyek untuk menyelesaikan pekerjaannya. Notasi yang sering digunakan pada waktu ini adalah a atau ta.

b. *Most Likely Time* atau Waktu Realistis

Estimasi ini mengasumsikan bahwa aktivitas proyek dilakukan secara berulang-ulang dengan kondisi yang sama sehingga menghasilkan durasi normal atau yang paling mungkin terjadi (*realistis*). Notasi yang biasanya digunakan dalam waktu ini adalah m atau tm.

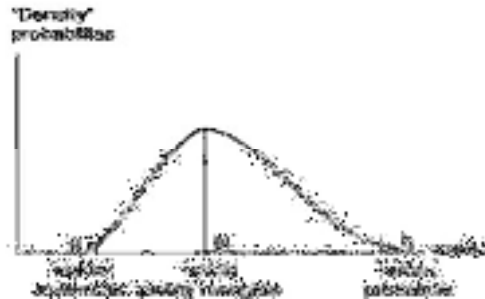
c. *Pesimistic Duration Time* atau Waktu Pesimistis

Estimasi ini mengasumsikan bahwa suatu aktivitas proyek tidak berjalan sesuai dengan yang direncanakan karena terdapat hambatan. Waktu ini merupakan waktu terlama dalam penyelesaian suatu proyek. Notasi yang sering digunakan adalah b atau tb.

2. Kurva *Distribusi* dan *Variabel* a, b, dan m

Soeharto (1995) mengatakan bahwa dari kurva distribusi dapat dijelaskan arti dari a, b, dan m. Kurun waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah m, yaitu kurun waktu yang paling

banyak terjadi atau juga disebut *the most likely time*. Adapun angka a dan b terletak di ujung kiri dan kanan dari kurva distribusi, yang menandai batas lebar rentang waktu kegiatan. Kurva distribusi kegiatan seperti pada Gambar 2.21 di bawah ini pada umumnya berbentuk asimetris dan disebut Kurva Beta.



Gambar 2.21 Kurva Distribusi Asimetris (beta) t_a , t_b dan t_m

Sumber: (Soeharto, 1995)

Dari Gambar 2.21 didapat kurva distribusi t_a , t_b dan t_m yang menunjukkan bahwa nilai t_m berada pada titik puncak atau nilai yang sering terjadi. Sedangkan untuk t_a , t_b berada pada titik paling kanan dan kiri yang berada pada batas rentang waktu aktivitas. Suatu gabungan nilai data akan terdistribusi dengan normal atau berbentuk kurva simetris jika nilai rata-rata variabel sama dengan median dan sama dengan modus nilai data tersebut, sehingga membentuk *bell-shaped curve*.

Alasan mengapa distribusi normal sering digunakan dalam suatu analisis statistika. Pertama, distribusi normal mempunyai kemampuan yang dapat diaplikasi dalam beberapa kondisi, khususnya saat membuat kesimpulan dari sampel yang diambil. Kedua, distribusi normal sangat baik digunakan pada analisis yang berkaitan dengan penggunaan data kontinu, misalnya ukuran dan berat, panjang benda, curah hujan, dan lain-lain (Sudaryono, 2012).

3. Kurva Distribusi dan Kurun Waktu yang Diharapkan (t_e)

Setelah menentukan estimasi angka-angka a , m dan b , maka tindak selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka, yang disebut t_e atau kurun waktu yang diharapkan (*expected duration time*). Angka t_e adalah angka rata-rata kalau kegiatan tersebut dikerjakan berulang – ulang dalam jumlah yang besar. Seperti telah dijelaskan di muka, bila kurun waktu sesungguhnya bagi setiap pengulangan dan jumlah frekuensinya dicatat secara sistematis akan diperoleh kurva “beta distribusi”. Lebih lanjut, dalam menentukan t_e dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa a (*optimistik*) dan b (*pesimistik*) adalah sama.

Sedang jumlah kemungkinan terjadinya m (peristiwa paling mungkin) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa di atas. Sehingga bila ditulis dengan rumus adalah sebagai berikut:

Kurun waktu kegiatan yang diharapkan:

$$te = \frac{ta + 4tm + tb}{6} \quad (2.9)$$

Keterangan:

- te = Waktu Yang Diharapkan Dalam Menyelesaikan Kerja
- ta = Waktu Optimis
- tm = Waktu Realistis
- tb = Waktu Pesimistis

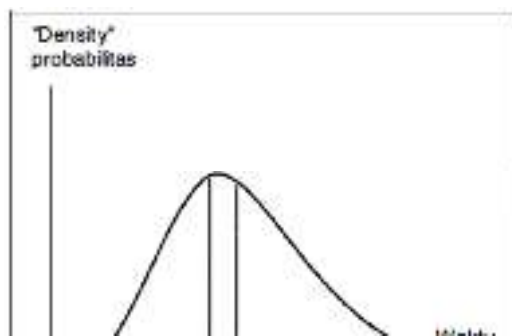
Bila garis tegak lurus dibuat melalui te , maka garis tersebut akan membagi dua sama besar area yang berada di bawah kurva beta distribusi, seperti terlihat pada Gambar 2.21 di atas. Perlu ditekankan disini perbedaan antara te (kurun waktu yang diharapkan) dengan m (kurun waktu paling mungkin). Angka m menunjukkan angka “terkaan” atau perkiraan oleh seorang estimator. Sedangkan te adalah hasil dari rumusan perhitungan matematis. Sebagai contoh misalannya dari estimator diperkirakan angka-angka sebagai berikut:

- a (Kurun waktu optimistik) = 4 hari
- b (Kurun waktu pesimistik) = 9 hari
- m (Kurun waktu paling mungkin) = 5 hari

Maka angka te :

$$te = \frac{4+4 \times 5+9}{6} = 5,5 \text{ hari}$$

Dari contoh di atas ternyata angka kurun waktu yang diharapkan $te = 5,5$ lebih besar dari kurun waktu paling mungkin $m = 5,0$. Angka te akan sama besar dengan m bilamana kurun waktu *optimistik* dan *pesimistik* terletak simetris terhadap waktu paling mungkin atau $b - m = m - a$. Ini dijumpai misalnya pada kurva distribusi normal berbentuk genta. Konsep te sebagai angka rata-rata (*meanvalue*) mempermudah perhitungan karena dapat dipergunakan sebagai satu angka deterministik, seperti pada CPM dalam mengidentifikasi jalur kritis, *float*, dan lain-lain.



Gambar 2.22 Kurva distribusi dengan letak a, b, m dan te.

(Sumber: Soeharto, 1995)

4. Estimasi Angka-angka a, b dan m

Menurut Soeharto (1995), sama halnya dengan CPM, maka mengingat besarnya pengaruh angka-angka a, b dan m dalam metode PERT, maka beberapa hal perlu diperhatikan dalam estimasi besarnya angka – angka tersebut. Di antaranya:

- a. Estimator perlu mengetahui fungsi dari a, b dan m dalam hubungannya dengan perhitungan-perhitungan dan pengaruhnya terhadap metode PERT secara keseluruhan. Bila tidak, dikhawatirkan akan mengambil angka estimasi kurun waktu yang tidak sesuai atau tidak membawakan pengertian yang dimaksud
- b. Di dalam proses estimasi angka – angka a, b dan m bagi masing-masing kegiatan, jangan sampai dipengaruhi atau dihubungkan dengan target kurun waktu penyelesaian proyek.
- c. Bila tersedia data-data pengalaman masa lalu (*historical record*), maka data demikian akan berguna untuk bahan pembanding dan banyak membantu mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan. Dengan syarat data-data tersebut cukup banyak secara kuantitatif dan kondisi kedua peristiwa yang bersangkutan tidak banyak berbeda.

Jadi yang perlu digaris-bawahi di sini adalah estimasi angka a, b dan m hendaknya bersifat berdiri sendiri, artinya bebas dari pertimbangan – pertimbangan pengaruhnya terhadap komponen kegiatan yang lain, ataupun terhadap jadwal proyek secara keseluruhan. Karena bila ini terjadi akan banyak mengurangi faedah metode PERT yang menggunakan unsur *probability* dalam merencanakan kurun waktu kegiatan.

5. Identifikasi Jalur Kritis dan *Slack*

Dengan menggunakan konsep te dan angka-angka waktu paling awal peristiwa terjadi TE (*the earliest time of occurrence*), dan waktu paling akhir peristiwa terjadi TL (*the latest time of*

occurrence) maka identifikasi kegiatan kritis, jalur kritis dan *slack* dapat dikerjakan seperti halnya pada CPM, seperti:

$$(TE) - j = (TE) - i + te(i - j)$$

$$(TL) - i = (TL) - j - te(i - j)$$

Pada jalur kritis berlaku:

$$Slack = 0 \text{ atau } (TL) - (TE) = 0$$

dengan:

TE = waktu paling awal peristiwa terjadi, dan

TL = waktu paling akhir peristiwa terjadi.

Untuk rangkaian kegiatan-kegiatan lurus atau tanpa cabang, misalnya terdiri dari tiga kegiatan dengan masing-masing $te(1-2)$, $te(2-3)$, $te(3-4)$ dan $(TE)-1$ sebagai peristiwa awal, maka total kurun waktu sampai $(TE)-4$ adalah:

$$(TE)-4 = (TE)-1 + te(1-2) + te(2-3) + te(3-4).$$

Sedangkan untuk rangkaian yang memiliki kegiatan-kegiatan yang bergabung atau memencar, juga berlaku rumus-rumus pada metode CPM.

6. *Deviasi Standar Kegiatan dan Varians Kegiatan*

Menurut Soeharto (1995), estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT memakai rentang waktu dan bukan satu kurun waktu yang relatif mudah dibayangkan. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Berapa besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b. Pada PERT parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai Deviasi Standar dan Varians. Berdasarkan ilmu statistik, angka deviasi standar adalah sebesar 1/6 dari rentang distribusi (b-a) atau bila ditulis sebagai rumus menjadi sebagai berikut:

$$S = \frac{1}{6} (b - a) \tag{2.10}$$

Varians Kegiatan:

$$V(te) = S^2 = \left(\frac{1}{6} (b - a) \right)^2 \tag{2.11}$$

dengan :

S = *Standar Deviasi*

- $V(te)$ = Varians kegiatan
- a = Waktu paling optimis
- b = Waktu paling pesimis

Untuk lebih memahami makna dari parameter – parameter di atas, berikut adalah dua kegiatan A dan B yang memiliki t_e yang sama besar = 6 satuan waktu (lihat Tabel 2.1). Akan dikaji berapa besar *deviasi standar* dan *varians* masing – masing kegiatan tersebut, bila memiliki angka-angka a dan b yang berbeda.

Tabel 2.2 Kegiatan A dan B dengan t_e sama besar = 6

Kegiatan	Kurun Waktu		Paling Mungkin (m)	Kurun Waktu yang Diharapkan (te)
	Optimistik (a)	Pesimistik (b)		
A	4	10	5,5	6
B	2	14	5,0	6

Sumber: Soeharto, 1995

- **Kegiatan A:**

$$t_e = \frac{4+22+10}{6} = 6 \text{ hari}$$

$$S = \frac{1}{6}(b - a) = 1,0 \text{ hari}$$

$$V(te) = (1,0)^2 = 1,0 \text{ hari}$$

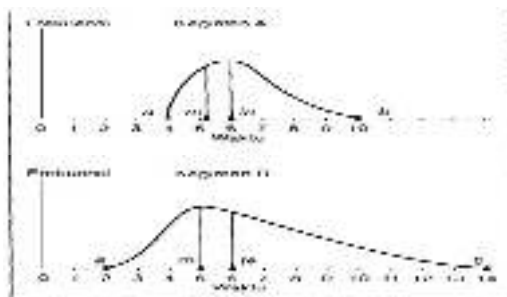
- **Kegiatan B:**

$$t_e = \frac{4+20+14}{6} = 6 \text{ hari}$$

$$S = \frac{1}{6}(b - a) = 2 \text{ hari}$$

$$V(te) = (2)^2 = 4 \text{ hari}$$

Dari contoh di atas terlihat bahwa meskipun kegiatan A dan B memiliki t_e sama besarnya, tetapi besar rentang waktu untuk A ($10-4 = 6$) jauh berbeda dibanding B ($14-2 = 12$). Ini berarti kegiatan B mempunyai derajat ketidakpastian lebih besar dibanding kegiatan A dalam kaitannya dengan estimasi kurun waktu. Gambar 2.23 memperlihatkan bila contoh di atas disajikan dengan grafik.

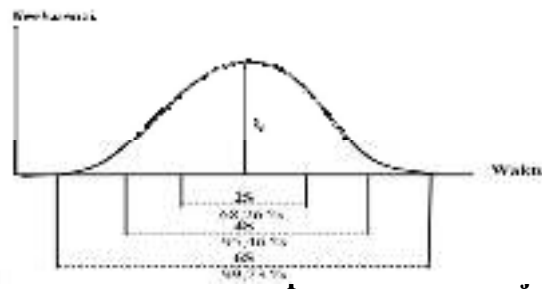


Gambar 2.23 Derajat ketidakpastian berbeda meskipun memiliki angka te yang sama besarnya

(Sumber: Soeharto, 1995)

7. *Deviasi Standar* Peristiwa dan *Varians* Peristiwa $V(TE)$

Menurut Soeharto (1995), di atas telah dibahas *deviasi standar* dan *varians* $V(te)$ untuk kegiatan dalam metode PERT. Selanjutnya bagaimana halnya dengan titik waktu terjadinya peristiwa (*event time*). Menurut “J. Moder 1983” berdasarkan teori “*Central Limit Theorem*” maka kurva distribusi peristiwa atau kejadian (*event time distribution curve*) bersifat simetris disebut Kurva Distribusi Normal. Kurva ini berbentuk genta terlihat pada Gambar 2.22



Gambar 2.24 Kurva

normal dan berbentuk genta

(Sumber: Soeharto, 1995)

Sifat-sifat kurva distribusi normal adalah:

- a. Seluas 68% area di bawah kurva terletak dalam rentang 2S.
- b. Seluas 95% area di bawah kurva terletak dalam rentang 4S
- c. Seluas 99,7% area di bawah kurva terletak dalam rentang 6S.

Selanjutnya untuk menghitung *varians* kegiatan $V(te)$, *varians* peristiwa $V(te)$ baik untuk *milestone* maupun untuk proyek secara keseluruhan, yang terdiri dari serangkaian kegiatan-kegiatan dengan rumus berikut:

- a. $(te) - 4 = (te) - 1 + te(1-2) + te(2-3)$.
- b. $V(te)$ pada saat proyek mulai = 0.

- c. $V(te)$ peristiwa yang terjadi setelah suatu kegiatan berlangsung, adalah sama besar dengan $V(te)$ peristiwa sebelumnya ditambah $V(te)$ kegiatan tersebut, bila dalam rangkaian kegiatan tersebut tidak ada penggabungan. $V(te) - 2 = V(te) - 1 + V(te)1 - 2$
- d. Bila terjadi penggabungan kegiatan-kegiatan, total $V(te)$ diperoleh dari perhitungan pada jalur dengan kurun waktu terpanjang, atau varians terbesar.

Sekarang ditinjau bagaimana mengidentifikasi jalur kritis dan peristiwa proyek selesai, dengan memasukkan faktor *deviasi standar* dan *variens*.

Tabel 2.3 Tabulasi S dan V

Kegiatan	<i>te</i>	<i>Deviasi Standar</i> $S = 1/6 (b-a)$	<i>Variens</i> $V(te) = S^2$
1 – 2	4,0	1,00	1,00
2 – 3	2,0	0,16	0,03
2 – 4	7,0	1,33	1,76
3 – 5	5,0	1,00	1,00
4 – 6	8,0	0,66	0,43
5 – 6	8,0	0,33	0,10
6 – 7	2,0	0,33	0,10

(Sumber: Soeharto, 1995)

Menghitung V (*Variens*) dan S (*Deviasi Standar*)

$$S = (1/6) (b-a)$$

$$V = S^2$$

Dari perhitungan terdahulu maka jalur kritis adalah 1-2-4-6-7 dengan total waktu:

$$(te)-7 = (te)-1 + te(1-2) + te(2-4) + te(4-6) + te(6-7)$$

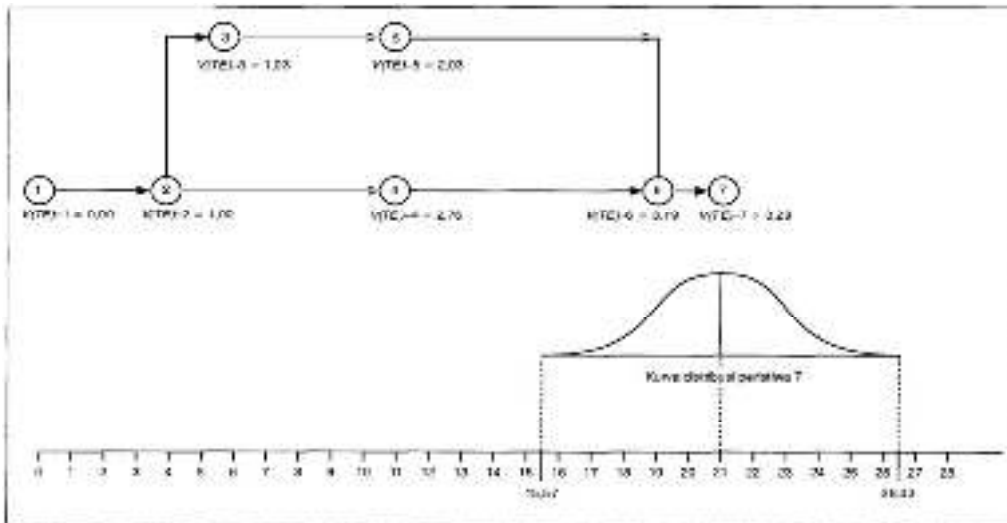
$$= 0 + 4 + 7 + 8 + 2 = 21$$

$$V(te)-7 = V(te)-1 + V(te)1-2 + V(te)2-4 + V(te)4-6 + V(te)6-7$$

$$= 0 + 1,00 + 1,76 + 0,43 + 0,10 = 3,29$$

Dengan total varians $V(te) = 3,29$ maka deviasi standar $S = \sqrt{(3,29)} = 1,81$ atau $3S = 5,43$. Jadi diperoleh angka untuk titik peristiwa selesainya proyek yaitu pada hari ke-21 (bila hari dipakai sebagai satuan waktu) dengan besar rentang $3S$ peristiwa 7 adalah $= 5,43$. Atau dengan kata lain kurun waktu penyelesaian proyek adalah $21 \pm 5,43$ hari. Dengan demikian dapat digambarkan kurva distribusi normal $(te)-7$ seperti terlihat pada Gambar 2.24 kanan bawah. Dari ilustrasi di bawah terlihat bedanya hasil hitungan sebelum dan sesudah memasukkan faktor

deviasi standar dan *varians* yaitu peristiwa selesainya proyek mempunyai rentang waktu yang dalam contoh di atas sebesar $\pm 5,43$ hari. Akibat dari keadaan ini adalah perlunya pengamatan dan analisis yang saksama dalam mengidentifikasi jalur kritis terutama pada proyek yang memiliki sejumlah jalur subkritis.



Gambar 2 25 Mengkaji peristiwa selesainya proyek dan kurva distribusi yang bersangkutan

(Sumber: Soeharto, 1995)

8. Target Jadwal Penyelesaian (T_d)

Menurut Soeharto (1995), pada penyelenggaraan proyek sering dijumpai sejumlah tonggak kemajuan (*milestone*) dengan masing-masing target jadwal atau tanggal penyelesaian yang telah ditentukan. Pimpinan proyek atau pemilik acap kali menginginkan suatu analisis untuk mengetahui kemungkinan/kepastian mencapai target jadwal tersebut. Hubungan antara waktu yang diharapkan (t_e) dengan target (T_d) pada metode PERT dinyatakan dengan z dan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Deviasi } (z) = \frac{T(d) - TE}{S} \quad (2.12)$$

Sebagai ilustrasi dipakai contoh proyek seperti pada Gambar 2.18. Misalnya ditentukan target penyelesaian pada hari $T_d = 20$, kemudian ingin diketahui sejauh mana target tersebut dapat dicapai.

$$\text{Dihitung: } (z) = \frac{T(d)-TE}{s} = \frac{20-21}{1,81} = -0,55$$

Dengan angka $z = -0,55$ (lihat tabel yang terlampir pada Apendiks-II) diperoleh angka “probabilitas” sebesar 0,29. Hal ini berarti kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target $T_d = 20$ adalah sebesar 29,0%. Perlu ditekankan di sini bahwa dalam menganalisis kemungkinan di atas dikesampingkan adanya usaha-usaha tambahan guna mempercepat penyelesaian pekerjaan, misalnya dengan penambahan sumber daya. Dengan diketahui indikasi berapa persen kemungkinan tercapainya target jadwal suatu kegiatan, maka hal ini merupakan informasi yang penting bagi pengelola proyek untuk mempersiapkan langkah-langkah yang diperlukan.

9. Ringkasan Menghitung T_e (*Milestone*) atau Proyek selesai dan Kemungkinan (%) Mencapai T_d (Target yang Diinginkan).

Menurut Soeharto (1995), garis besar urutan menghitung kemungkinan mencapai target dalam metode PERT adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan kepada masing-masing komponen kegiatan angka estimasi a , b , dan m .
- b. Menghitung t_e untuk masing-masing komponen kegiatan.
- c. Identifikasi kegiatan kritis. Hitung kurun waktu penyelesaian proyek atau *milestone*, yaitu $TE =$ jumlah t_e kegiatan-kegiatan kritis.
- d. Tentukan varians untuk masing-masing kegiatan kritis pada jalur kritis terpanjang menuju titik peristiwa TE yang dimaksud. Dipakai rumus = dengan rumus $V(t_e) =$ Jumlah $V(t_e)$ kegiatan kritis.
- e. Sebagai langkah terakhir untuk menganalisis kemungkinan mencapai target (T_d) dipakai rumus

$$\text{Deviasi } (z) = \frac{T(d) - TE}{s} \text{ Dimana } S^2 = V(te)$$

- f. Dengan menggunakan tabel *cummulative normal distribution function* akan dapat ditentukan kemungkinan (%) proyek selesai pada target (T_d).

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, T_e kecuali sebagai peristiwa akhir proyek juga dapat berupa *milestone* atau peristiwa penting lain yang terjadi selama proyek berlangsung.

2.10 Persamaan dan Perbedaan Metode CPM dan PERT

Menurut Herjanto (2003), persamaan dan perbedaan PERT dan CPM adalah sebagai berikut:

- Persamaan antara PERT dan CPM
 1. Sama-sama merupakan teknik yang paling banyak digunakan dalam menentukan perencanaan, pengendalian dan pengawasan proyek.
 2. Keduanya menggambarkan kegiatan-kegiatan dari suatu proyek dalam jaringan kerja.
 3. Keduanya dapat dilakukan berbagai analisis untuk membantu manajer dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan waktu, biaya atau penggunaan sumber daya.
- Perbedaan antara PERT dan CPM
 1. CPM menggunakan satu jenis waktu untuk taksiran waktu kegiatan, sedangkan PERT menggunakan tiga jenis waktu : a. Perkiraan waktu paling optimis b. Perkiraan waktu paling mungkin c. Perkiraan waktu paling pesimis.
 2. CPM menganggap proyek terdiri dari kegiatan – kegiatan yang membentuk satu atau beberapa lintasan, sedangkan PERT menganggap proyek terdiri dari peristiwa yang susul menyusul.
 3. CPM menggunakan pendekatan AOA (*activity on arrow*) yang menggunakan anak panah sebagai representasi dari kegiatan. Sedangkan PERT menggunakan pendekatan AON (*activity on node*), yang menggunakan lingkaran atau (*node*) sebagai simbol kegiatan.

2.11 Langkah – Langkah dalam Menggunakan Metode CPM dan PERT

Menurut Heizer & Render (2014) CPM dan PERT keduanya memiliki enam langkah dasar sebagai berikut :

1. Mendefinisikan proyek dan menyiapkan struktur pecahan kerja.
2. Membangun hubungan antara kegiatan. Memutuskan kegiatan mana yang harus lebih dahulu dikerjakan dan mana yang harus mengikuti yang lain.
3. Menggambarkan jaringan yang menghubungkan keseluruhan kegiatan.
4. Menetapkan perkiraan waktu atau biaya untuk tiap kegiatan.
5. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan. Ini yang disebut jalur kritis.
6. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

2.12 Perbandingan Metode CPM dan PERT

Menurut Soeharto (1995), jika mengetahui kedua metode CPM dan PERT, maka dapat dibandingkan, aspek – aspek apa yang perlu diberi perhatian lebih besar dalam aplikasinya.

Dengan demikian memberikan pegangan dalam memilih metode mana yang hendak dipakai untuk merencanakan dan menyusun jadwal berbagai macam proyek. Seperti telah dijelaskan di bab terdahulu, keduanya termasuk klasifikasi diagram AOA (*Activity on Arrow*). Tabel 2.3 menunjukkan beberapa ciri dari kedua metode tersebut.

Satu hal lagi mengenai kedua metode tersebut adalah dengan adanya faktor varians maka pada PERT perlu diperhatikan jalur subkritis karena oleh sesuatu sebab mungkin menjadi kritis dengan segala akibatnya. Ini tidak ada dalam CPM.

Tabel 2.4 Perbandingan CPM dengan PERT untuk beberapa fenomena

No	Fenomena	CPM	PERT
1	Estimasi kurun waktu kegiatan	Deterministik, satu angka	Probabilistik, tiga angka
2	Arah orientasi	Ke kegiatan	Ke peristiwa/kejadian
3	Identifikasi jalur kritis dan <i>float</i>	Dengan hitungan maju dan mundur	Cara sama dengan CPM
4	Kurun waktu penyelesaian	Ditandai dengan satu angka tertentu	Angka tertentu ditambah varians
5	Kemungkinan (<i>probability</i>) mencapai target jadwal	Hitungan/analisis untuk maksud tersebut tidak ada	Dilengkapi cara khusus untuk itu
6	Menganalisis jadwal yang ekonomis	Prosedurnya jelas	Mungkin perlu dikonversikan ke CPM dahulu

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Data Umum Proyek Penelitian

Berikut adalah data umum yang dijabarkan secara terperinci dari Proyek Pembangunan Pasar Aksara, Kabupaten Deli Serdang.

Tabel 3.1 Data Umum Proyek Penelitian

Nama Proyek	Pembangunan Pasar Aksara
Alamat Proyek	Jl. Masjid Desa Medan Estate, Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara
Instansi	Kementrian Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jumah Tingkatan Lantai	3 Lantai
Luas Lahan	6.338 m ²
Nilai Kontrak	Rp 94.020.106.996,-
Jenis Kontrak	Harga Satuan
Konsultan MK	PT. Daya Cipta Dianranca
Kontraktor Pelaksana	PT. Citra Prasasti Konsorindo
Tanggal Mulai Kerja	13 November 2020
Jangka Waktu Pelaksanaan	270 hari Kalender

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Proyek Pembangunan Pasar Aksara, Kabupaten Deli Serdang, Jl. Masjid Desa Medan Estate, Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.



Gambar 3.1 Lokasi Proyek

3.3 Jenis Penelitian

Jenis metode penelitian ini adalah kuantitatif, metode yang dilakukan berupa perencanaan alternatif durasi optimal proyek dengan metode CPM – PERT berdasarkan data yang didapatkan dari observasi. Adapun objek dari penelitian ini Proyek Pembangunan Pasar Aksara, Kabupaten Deli Serdang, Jl. Masjid Desa Medan Estate, Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara dan subjek penelitian ini adalah pengendalian waktu proyek dengan metode CPM – PERT.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Data – data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu tentang waktu kegiatan, jadwal pelaksanaan proyek, data perkiraan kebutuhan tenaga kerja proyek, dan data lain yang berkaitan dengan masalah penelitian. Jadi dalam penelitian ini akan digunakan data primer dan data sekunder.

- **Data primer**

Data Primer pada laporan penelitian ini berupa berupa studi kepustakaan atau literatur terdahulu yang berkaitan dengan penelitian, dan studi lapangan berupa item pekerjaan yang sedang dilaksanakan, dan juga dokumentasi yang berkaitan dengan pekerjaan yang sedang berlangsung. Data primer yang diperoleh dalam penelitian ini berupa arsip data yang dimiliki

oleh perusahaan, sehingga data primer pada penelitian ini adalah data waktu pelaksanaan aktivitas proyek.

- Data sekunder

Data sekunder pada laporan penelitian ini berupa data yang diperoleh dari proyek yaitu kurva S, item item pekerjaan, berupa arsip data yang dimiliki oleh perusahaan, sehingga data sekunder pada penelitian ini adalah data waktu pelaksanaan aktivitas proyek

Dalam melakukan penelitian ini, digunakan metode wawancara langsung untuk mendapatkan data primer dan meminta data-data proyek dari otoritas yang mengerjakan Proyek Pembangunan Pasar Aksara untuk mendapatkan data sekunder.

3.5 Variabel Penelitian

Variable yang digunakan adalah durasi lama pelaksanaan kegiatan yang terdiri dari sebagai berikut:

a. Durasi Optimis = a

Waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan lancar.

b. Durasi pesimis = b

Waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik.

c. Durasi paling memungkinkan = m

Kurun waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang – ulang dengan kondisi yang hampir sama.

3.6 Jenis Data

Dalam penelitian ini, jenis data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari pihak yang terkait pada Proyek Pembangunan Pasar Akasara. Data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. *Time schedule existing* Proyek Pembangunan Pasar Aksara.

2. Wawancara pada pihak proyek durasi optimis, durasi pesimis dan durasi yang paling memungkinkan pelaksanaan proyek.

3.7 Analisis Data Menggunakan Metode CPM Serta Menentukan Aktifitas Kritisnya

1. Menentukan Setiap Kegiatan

Dari struktur pecahan kerja dapat dibuat daftar kegiatan pekerjaan keseluruhan proyek. Daftar kegiatan pekerjaan tersebut dapat digunakan untuk menambah informasi urutan dan durasi pekerjaan di langkah selanjutnya.

2. Tentukan Urutan Kegiatan

Setiap kegiatan mempunyai ketergantungan dengan kegiatan lainnya. Membuat daftar ketergantungan antar kegiatan dapat membantu penulis untuk membuat *network diagram* CPM.

3. Membuat *Network Diagram*

Setelah hubungan antar kegiatan telah dikerjakan, langkah selanjutnya adalah dengan membuat *Network Diagram*. Pada tugas akhir ini penulis membuat *Network Diagram* CPM dengan kegiatan yang berada pada panah atau *Activity On Arrow*.

4. Perkiraan Waktu Penyelesaian Proyek

Dalam tugas akhir ini, penulis mendapat perkiraan waktu penyelesaian proyek.

5. Menentukan Jalur Kritis

Jalur kritis dapat ditentukan dengan menentukan *float/slack* yang memiliki nilai 0. Total *Float* dihasilkan dari $LS - ES$ atau $LF - EF$.

3.8 Analisis Menggunakan Metode PERT

Menganalisa setiap aktivitas dengan 3 cangkupan waktu yaitu waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu realistis untuk mendapatkan perkiraan waktu yang diharapkan.

3.9 Menentukan Probabilitas

Menentukan hasil probabilitas proyek dapat selesai tepat waktu melalui analisis metode PERT.

3.10 Pelaksanaan Penelitian Data

3.10.1. Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama dua bulan untuk merencanakan durasi optimal proyek dengan metode CPM – PERT Proyek Pembangunan Pasar Aksara, Kabupaten Deli

Serdang, Jl. Mesjid Desa Medan Estate, Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara Pengambilan data dilakukan pada saat jam kerja.

3.10.2. Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Program Ms. Project 2019

Ms.Project sendiri merupakan perangkat lunak manajemen proyek. *Software* ini dirancang untuk mengembangkan jadwal, menetapkan sumber daya, mengelola anggaran, menganalisis beban kerja, serta mengetahui keterkaitan antar pekerjaan. Sehingga dengan menggunakan Ms. Project dapat membantu dalam menentukan jalur kritis untuk metode CPM.

2. Program Ms. Excel

Ms. Excel sangat penting digunakan dalam pengolahan data pada penelitian ini. Baik pada metode CPM maupun PERT.

3. Program AutoCad 2017

Autocad 2017 digunakan untuk menggambar *network planning* pada metode CPM. Sehingga *network planning* yang dihasilkan dapat terlihat lebih rapi dan tertata.

4. Komputer untuk penjadwalan waktu proyek.

3.11 Indifikasi Masalah

Berdasarkan masalah yang dikemukakan, pengolahan waktu yang tidak efisien menyebabkan penyelesaian suatu kegiatan tidak berjalan sesuai dengan yang sudah direncanakan. Pemanfaatan waktu yang tidak efisien membuat pengerjaan proyek tidak berjalan dengan semestinya ada beberapa faktor yang menjadi kendala dalam masalah ini diantaranya adalah tenaga kerja, bahan material, dan tidak menutup kemungkinan adalah cuaca. Dengan menggunakan metode CPM dan PERT diharapkan dapat memperbaiki waktu yang tidak efisien.

3.12 Metode Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan kegiatan yang dilakukan setelah data dikumpulkan. Proses pengolahan data menggunakan teknik penjadwalan dengan metode CPM dan PERT. Pengelolaan data akan dilakukan dengan sebagai berikut:

1. Pelaksanaan penelitian dimulai dengan menentukan urutan kegiatan proyek baik pada metode CPM maupun PERT. Serta menentukan durasi untuk masing-masing tahap kegiatan.
2. Menentukan aktivitas yang didahului dan yang tidak didahului
3. Membuat *diagram network*
4. Menentukan jalur kritis
5. Menentukan durasi efektif pada proyek konstruksi
6. Untuk metode CPM dilanjutkan dengan membuat *network* menggunakan Ms.Project 2019 untuk mengetahui keterkaitan antar kegiatan proyek.
7. Langkah berikutnya yaitu perhitungan maju dan mundur seperti pada persamaan (2.1) hingga persamaan (2.4) untuk menentukan *activity time*, yang mana hasil dari *activity time* dapat digunakan untuk menghitung nilai *Total Float* (TF) yang sesuai dengan persamaan (2.6) hingga persamaan (2.8).
8. Dari hasil TF yang telah dihitung, dapat dilihat pekerjaan mana saja yang terkena jalur kritis. Sehingga dapat dilakukan percepatan waktu proyek dengan menjumlahkan durasi kegiatan pada jalur kritis dan didapatkan durasi optimal proyek dengan metode CPM.
9. Untuk metode PERT dapat dilanjutkan dengan menentukan waktu aktifitas (T_e) yang sesuai dengan persamaan (2.9) baik untuk semua kegiatan maupun kegiatan pada jalur kritis.
10. Menghitung deviasi standar yang sesuai dengan persamaan (2.10), kemudian dilanjutkan dengan menghitung variansi tiap kegiatan proyek sesuai dengan persamaan (2.11)
11. Variansi kegiatan proyek pada jalur kritis yang nantinya akan digunakan untuk menentukan probabilitas kegiatan proyek. Kemudian digunakan tabel distribusi normal Z untuk menentukan probabilitas waktu penyelesaian proyek.

Dalam menentukan waktu penyelesaian proyek harus diidentifikasi apa yang disebut jalur kritis. Jalur (*path*) merupakan serangkaian aktivitas yang berhubungan, mulai dari node awal ke node akhir, dimana semua jalur harus dilewati.

Langkah-langkah dalam menyusun jaringan kerja CPM menurut Soeharto (1999) yaitu:

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan, memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.

2. Menyusun kembali komponen-konponen pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan.
3. Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek.
4. Mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) dan *float* pada jaringan kerja.
Langkah selanjutnya yaitu melakukan percepatan proyek, yang dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Menentukan waktu percepatan untuk percepatan setiap kegiatan.
2. Mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan mengutamakan kegiatan kritis yang memiliki slope biaya terendah. Apabila upaya percepatan dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang tidak berada pada lintasan kritis, maka waktu penyelesaian keseluruhan tidak akan berkurang.
3. Susun kembali jaringan kerjanya.
4. Ulangi langkah kedua dan berhenti melakukan upaya percepatan apabila terjadi penambahan lintasan kritis. Apabila terdapat lebih dari satu lintasan kritis, maka upaya percepatan dilakukan serentak pada semua aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Usahakan agar tidak terjadi penambahan atau pemindahan jalur kritis apabila diadakan percepatan durasi pada salah satu kegiatan.
5. Upaya percepatan dihentikan apabila aktivitas-aktivitas pada lintasan kritis telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin ditekan lagi).

Metode PERT digunakan untuk menghitung durasi tiap-tiap pekerjaan dari data yang telah diperoleh. Langkah-langkah yang digunakan dalam metode PERT yaitu:

1. Menentukan perkiraan waktu aktifitas
2. Menentukan deviasi standar dari kegiatan proyek
3. Menentukan variasi kegiatan dari kegiatan proyek
4. Mengetahui probabilitas mencapai target jadwal

3.13 Pembahasan

Dalam penelitian ini akan menggunakan pendekatan CPM dan PERT. Waktu yang diestimasikan dalam penyelesaian proyek dapat diketahui dengan cara:

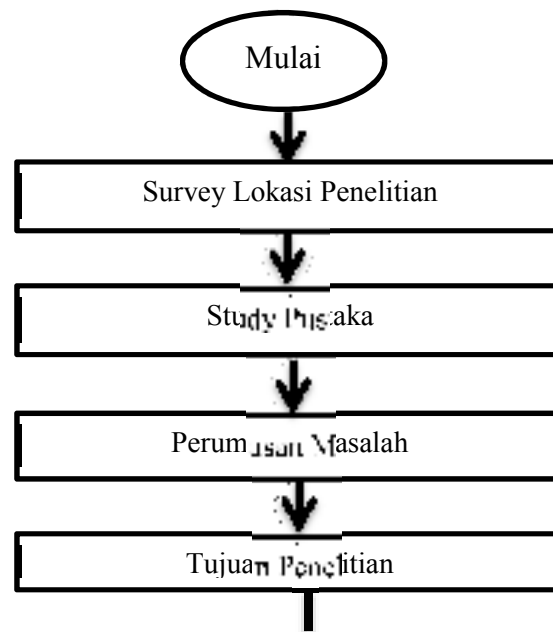
1. *Single duration estimate* atau perkiraan waktu (durasi) tunggal untuk setiap kegiatan atau pendekatan CPM.
2. *Triple duration estimate*, merupakan cara perkiraan waktu yang didasarkan atas tiga jenis durasi waktu, yaitu waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu realistis atau pendekatan PERT.

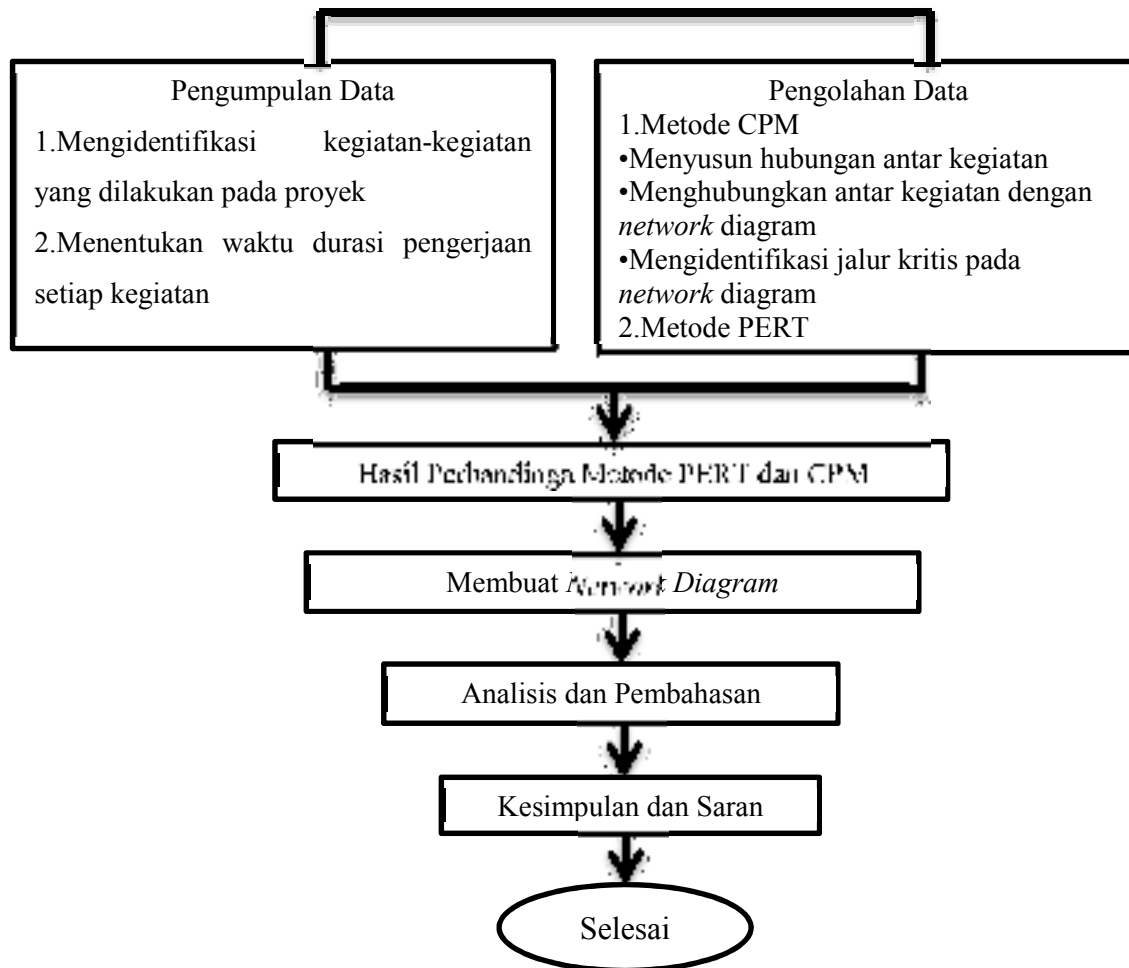
3.14 Kesimpulan dan Saran

Tahapan akhir dari metodologi penelitian adalah kesimpulan dan saran. Kesimpulan memberikan gambaran secara keseluruhan dari objek masalah yang diteliti. Saran adalah masukan terhadap metode apa yang seharusnya digunakan dalam proyek tersebut.

3.15 Flow Chart

Flow chart penelitian bertujuan untuk memecahkan permasalahan yang menggambarkan proses mulai hingga penelitian selesai secara runtun. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2





Gambar 3.2 Kerangka Penelitian

Salah satu contoh *Network Planning* dalam metode CPM dapat digambarkan

