

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin. Manajemen proyek terdiri dari dua kata yaitu “Manajemen” dan “Proyek”. (*Husen 2009*) menyatakan manajemen adalah suatu ilmu pengetahuan tentang seni memimpin organisasi yang terdiri atas kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap sumber-sumber daya terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien. Efektif dalam hal ini adalah dimana hasil penggunaan sumber daya dan kegiatan sesuai dengan sasarannya yang meliputi kualitas, biaya, dan waktu. Sedangkan efisien diartikan penggunaan sumber dan pemilihan sub kegiatan secara tepat yang meliputi jumlah, dan jenis. Sedangkan proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan dan modal biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan. Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu (*Ervianto, 2005*). Dari berbagai pengertian menurut para ahli yang telah disebutkan diatas mengenai manajemen proyek dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek adalah suatu usaha atau proses kegiatan yang dilakukan untuk mencapai tujuan secara efisien dan efektif guna memanfaatkan sumber daya yang telah diperoleh.

2.1.1 Unsur-unsur Manajemen Proyek

Unsur-unsur dalam sebuah manajemen adalah sumber daya yang krusial dalam berjalannya fungsi manajemen.

Unsur-unsur manajemen tersebut, utamanya ada 6 macam, yakni:

1. *Men* atau manusia.
2. *Material* atau bahan.
3. *Machines* atau mesin-mesin/peralatan/infrastruktur.
4. *Money* atau uang.
5. *Methods* atau metode/teknologi.
6. *Market* atau pasar.

Untuk mewujudkan tujuan, seorang manajer mesti memanfaatkan unsur manajemen tersebut, sebagai sumber daya yang bisa mengefektikan dan mengefisienkan ketercapaian tujuan.

2.1.2 Fungsi Dasar Manajemen Proyek

Fungsi manajemen adalah elemen-elemen dasar yang akan selalu ada dan melekat di dalam proses manajemen yang akan dijadikan sebagai acuan dalam melaksanakan kegiatan untuk mencapai tujuan. Ada lima fungsi manajemen, yaitu: *Planning, Organizing, Staffing, Actuating, Controlling*, (Rushendi 2017).

1. *Planning* (Perencanaan)

Perencanaan adalah kegiatan pemilihan atau penetapan tujuan-tujuan organisasi dan penentuan strategi, sasaran, program, target, prosedur, metode, sistem, anggaran, waktu dan standar-standar yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan organisasi. Perencanaan harus dibuat dengan cermat, lengkap, terpadu dan dengan tingkat kesalahan paling minimal. Namun, hasil dari perencanaan bukanlah dokumen bebas dari koreksi karena sebagai acuan bagi tahapan pelaksanaan dan pengendalian, perencanaan harus terus disempurnakan secara iterative untuk menyesuaikan dengan perubahan dan perkembangan yang terjadi pada proses selanjutnya.

2. *Organizing*

(Pengorganisasian) Pengorganisasian adalah kegiatan mengorganisir sumber daya yang ada secara sistematis agar sesuai dengan rencana yang dibuat. Suatu proyek harus diorganisir sesuai dengan tugas atau pekerjaannya. *Work Breakdown Structure* yang bersistem multi level dibuat

agar pekerjaan yang harus dilakukan tiap unit / bagian terdefinisi dan terukur.

3. *Staffing* (Pengisian Staf)

Staffing adalah kegiatan menyeleksi individu-individu (yang merupakan sumber daya terpenting) yang benar-benar ahli dalam bidangnya untuk melaksanakan pekerjaan yang telah ditetapkan seperti desain, koordinasi dan pelaksanaan proyek itu sendiri.

4. *Actuating* (Pelaksanaan) Pelaksanaan merupakan implementasi dari keputusan yang telah ditetapkan di dalam perencanaan. Pelaksanaan merupakan proses dan cara atau teknik, bagaimana menerapkan hasil dari perencanaan/kegiatan yang telah ditetapkan secara *real* (di lapangan), agar tercapai tujuan dari kegiatan yang telah ditetapkan secara optimal.

5. *Controlling* (Pengendalian) Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa program dan aturan kerja yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan penyimpangan paling minimal dan hasil paling memuaskan. Untuk itu dilakukan bentuk-bentuk kegiatan seperti berikut:

a. Supervisi

Melakukan serangkaian kegiatan koordinasi pengawasan dalam batas wewenang dan tanggung jawab menurut prosedur organisasi yang telah ditetapkan, agar dalam operasional dapat dilakukan secara bersama-sama oleh semua personel dengan kendali pengawas.

b. Inspeksi

Melakukan pemeriksaan terhadap hasil pekerjaan dengan tujuan menjamin spesifikasi mutu dan produk sesuai dengan yang direncanakan.

c. Tindakan koreksi

Melakukan perubahan dan perbaikan terhadap rencana yang telah ditetapkan untuk menyesuaikan dengan kondisi pelaksanaan.

Proses dalam manajemen sifatnya umum dan dapat digunakan dalam berbagai kegiatan atau bidang yang membutuhkan pengelolaan yang sistematis,

terarah serta mempunyai sasaran dan tujuan yang jelas. Macam dan bidang yang menggunakan ilmu manajemen adalah manajemen pemerintahan, manajemen industri, manajemen perusahaan, manajemen sumber daya, manajemen proyek dan lain sebagainya. Untuk manajemen proyek biasanya kurun waktu dibatasi oleh program- program yang sifatnya sementara dan berakhir bila sasaran dan tujuan organisasi proyek sudah tercapai. Bila membuat proyek sejenis pada waktu sesudahnya, biasanya sasaran dan tujuannya lebih inovatif dengan memodifikasi program- program sebelumnya

2.2 Proses Manajemen Penjadwalan Proyek

Untuk menentukan jadwal proyek, harus dihitung dua waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan. Adapun dua waktu awal dan dua waktu akhir yaitu:

- a. *Earliest Start (ES)* : *early start* atau mulai terdahulu adalah waktu paling awal dimana suatu kegiatan sudah dapat dimulai, dengan asumsi semua kegiatan pendahulu atau semua kegiatan yang mengawalinya sudah selesai dikerjakan.
- b. *Earliest Finish (EF)* : *early finish* atau selesai terdahulu adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat selesai.
- c. *Latest Start (LS)* : *latest start* atau mulai terakhir adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. *Latest start* menunjukkan waktu toleransi terakhir dimana suatu kegiatan harus mulai dilakukan.
- d. *Latest Finish (LF)* : *Latest Finish* atau selesai terakhir adalah waktu toleransi terakhir suatu kegiatan harus dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian kegiatan berikutnya dan keseluruhan proyek. Dalam menentukan jadwal proyek dapat menggunakan proses two-pass yang terdiri dari *forward pass* dan *backward pass*. *ES* dan *EF* ditentukan selama *forward pass*, sedangkan *LS* dan *LF* ditentukan selama *backward pass*.

1) *Forward Pass*

Forward pass digunakan untuk mengidentifikasi waktu-waktu terdahulu. Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan. Jika suatu kegiatan hanya mempunyai satu pendahulu langsung,

ES -nya sama dengan EF dari pendahulunya. Jika suatu kegiatan mempunyai beberapa pendahulu langsung, ES -nya adalah nilai maksimum dari semua EF pendahulunya, dengan rumusan: $ES = \text{Max} (EF \text{ semua pendahulu langsung})$ Waktu selesai terdahulu (EF) dari suatu kegiatan adalah jumlah dari waktu mulai terdahulu (ES) dan waktu kegiatannya, dengan rumusan: $EF = ES + \text{waktu kegiatan}$

2) *Backward Pass*

Backward Pass digunakan untuk menentukan waktu paling akhir yang masih dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan *forward pass*. Untuk setiap kegiatan, pertama-tama harus menentukan nilai LF -nya, diikuti dengan nilai LS . Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, seluruh pendahulu langsungnya harus diselesaikan. Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi hanya satu kegiatan, LF -nya sama dengan LS dari kegiatan yang secara langsung mengikutinya. Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi lebih dari satu kegiatan, maka LF -nya adalah nilai minimum dari seluruh nilai LS dari kegiatan-kegiatan yang secara langsung mengikutinya, dengan rumusan: $LF = \text{min} (LS \text{ dari seluruh kegiatan yang langsung})$.

2.2.1 Penjadwalan Metode Jaringan Kerja

Network Planning atau jaringan kerja adalah suatu teknik yang digunakan oleh seorang manager untuk merencanakan, menjadwalkan dan mengawasi aktivitas pekerjaan suatu proyek dengan menggunakan pendekatan atau analisis waktu (*time*) dan biaya (*cost*) yang digambarkan dalam bentuk simbol dan diagram. Berikut definisi dan pengertian *network planning* atau jaringan kerja dari beberapa sumber buku:

- a. Menurut (*Fahmi 2014*), *network planning* merupakan suatu kondisi dan situasi yang dihadapi oleh seorang manager dengan menempatkan analisis pada segi waktu (*time*) dan biaya (*cost*) sebagai latar belakang (*background*) dalam setiap membuat keputusan, khususnya keputusan yang berkaitan dengan jaringan.

- b. Menurut (Nurhayati 2010), *network planning* adalah suatu alat yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi kemajuan dari suatu proyek.
- c. Menurut (Muhamdi 2011), *network planning* adalah suatu perencanaan dan pengendalian proyek yang menggambarkan hubungan kebergantungan antara setiap pekerjaan yang digambarkan dalam diagram *Network*.
- d. Menurut (Dimiyati 2006), *network planning* merupakan rencana jaringan kerja yang melibatkan seluruh aktivitas yang terdapat di dalam proyek serta logika ketergantungan antar satu dengan lain.

Network Planning sangat membantu dalam perencanaan dan penjadwalan suatu proyek. Menurut (Handoko 2010).

Kelebihan *Network Planning* adalah sebagai berikut:

- a. Menunjukkan susunan yang logis antar kegiatan
- b. Menunjukkan hubungan timbal balik antara pembiayaan dan waktu penyelesaian proyek
- c. Membantu menunjukkan kegiatan-kegiatan yang paling mendesak atau kritis dan pengaruh keterlambatan dari suatu kegiatan terhadap waktu penyelesaian proyek.

Sedangkan kekurangan *network planning* antara lain:

- a. Tidak menunjukkan skala waktu seperti halnya dengan *gant chart*
- b. Kemajuan tidak dapat ditunjukkan
- c. Posisi perjalanan atau proses tidak dapat dilihat dalam diagram

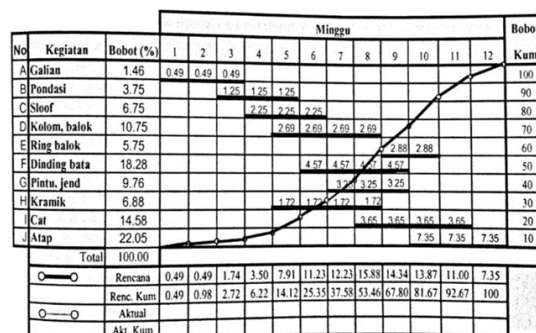
2.2.2.1 Bar Chart

Bar Chart atau bagan balok yang diperkenalkan oleh (H.L Gantt 1917) dianggap belum pernah ada prosedur yang sistematis dan analitis dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek. Bagan balok disusun dengan tujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan kegiatan dalam merencanakan suatu aktivitas yang terdiri dari waktu muli dan penyelesaian. Dikarenakan bagan balok mudah dibuat dan dipahami, maka masih digunakan secara luas baik berdiri sendiri atau dikombinasikan dengan metode lain sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek. Menurut (Soeharto 1997) metode bagan balok mudah

dibuat dan dipahami dan sangat berfaedah sebagai alat perencanaan dan komunikasi bila digabungkan dengan grafik “S”. Namun metode ini terbatas karena kendala-kendala sebagai berikut.

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

Untuk contoh metode bagan balok (*Bar Chart*) yang dikombinasikan oleh kurva s dapat dilihat pada gambar



Gambar 2. 1 Gambar Bagan Balok (*Bar Chart*)

(Sumber: Data Sekunder)

2.3 Hubungan Biaya dan Waktu

Biaya dan waktu merupakan hal yang sangat terkait erat dengan proses konstruksi. Berjalannya sebuah proyek konstruksi ditentukan oleh biaya. Sedangkan waktu adalah batasan terhadap suatu proses konstruksi itu sendiri. Sering kita temui pada sebuah proyek biaya dan waktu tidak sesuai rencana. Hal tersebut bisa disebabkan oleh banyak faktor. Kedua hal tersebut saling berkaitan,

seperti jika waktu pekerjaan melebihi target pada perencanaan maka biaya akan ikut membengkak melebihi rencana. Biaya bagian terbesar yang dikeluarkan untuk terwujudnya suatu proyek dikeluarkan pada tahap pelaksanaan (*Barrie dan Paulson, 1990*). Ada suatu hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dengan biaya yang diperlukan untuk melaksanakan proyek. Dengan adanya dua tipe dari biaya maka dapat dicari nilai optimal waktu pengerjaan proyek dengan biaya minimum. Ketergantungan antara biaya yang dikeluarkan terhadap waktu pelaksanaan proyek sehingga memerlukan penjadwalan kegiatan-kegiatan secara optimum, oleh sebab itu biaya yang dikeluarkan menjadi minimum.

2.3.1 Biaya proyek konstruksi

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi dan mengimplementasikan produk. Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, realibilitas, dan maintainability karena ini akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai. Biaya pengembangan merupakan komponen yang cukup besar dari total biaya. Sedangkan perhatian terhadap biaya produksi amat diperlukan karena sering mengandung sejumlah biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*). Menurut (*Humpreys 1991*) dalam (*Budiarso 2008*) estimasi biaya untuk modal proyek terdiri dari dua komponen biaya utama, yaitu:

1. Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya yang timbul dan berhubungan langsung dengan aktivitas proyek yang sedang berjalan. Biaya langsung meliputi :

- a. Biaya bahan dan material

Biaya bahan dan material perlu dihitung dengan cermat sesuai dengan rencana serta mempertimbangkan beberapa faktor seperti kerusakan material, sehingga material tidak banyak terbuang saat pekerjaan selesai dan tidak menghambat jika material kurang saat pelaksanaan proyek. Termasuk didalamnya adalah biaya fabrikasi material dan pemasangan. Biaya bahan dan material ini juga dipengaruhi oleh lokasi, biaya transportasi, dan kelangkaan bahan.

- b. Biaya upah Biaya upah tenaga kerja bervariasi tergantung terhadap keahlian dan standar gaji dimana lokasi tersebut berada. Untuk tenaga kerja dari luar daerah lokasi proyek maka harus mempertimbangkan biaya mess dan transportasi tenaga kerja.
 - c. Biaya alat
Biaya alat ini harus mempertimbangkan efisiensi kerja alat. Seperti jumlah alat yang digunakan, pertimbangan untuk membeli atau menyewa alat tersebut, dan jika sewa harus mempertimbangkan waktu efektif alat bekerja.
 - d. Biaya subkontrak
Biaya yang disediakan kepada sub-kontraktor untuk melaksanakan bagian khusus dari proyek yang tidak dilakukan sendiri oleh kontraktor utama.
2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah biaya yang diperlukan untuk setiap kegiatan proyek, tetapi tidak berhubungan langsung dengan kegiatan yang bersangkutan dan dihitung pada awal proyek sampai akhir proyek. Bila pelaksanaan akhir proyek mundur dari waktu yang sudah direncanakan maka biaya tidak langsung ini akan menjadi besar sedangkan jumlah pekerjaan dan nilai kontrak tetap, sehingga keuntungan kontraktor akan berkurang bahkan 12 untuk kondisi tertentu akan mengalami kerugian. Biaya tidak langsung tersebut meliputi:
- a. Biaya *Overhead* Biaya yang termasuk *overhead* adalah komponen biaya yang meliputi pengeluaran operasi perusahaan yang dibebankan pada proyek (menyewa kantor, rekening listrik, air, telepon) dan pengeluaran untuk pajak, asuransi, yang jaminan dan ijin-ijin usaha serta biaya rapat lapangan (*site meeting*).
 - b. Biaya tak terduga (*contingence*)
Kontingensi adalah cadangan biaya dari suatu perkiraan biaya atau anggaran untuk dialokasikan pada butir-butir yang belum ditentukan, yang menurut pengalaman dan statistik menunjukkan selalu diperlukan.

Makin jauh proyek berjalan, makin banyak masukan data dan informasi, sehingga masalah yang belum menentu pun akan banyak, demikian halnya dengan kontingensi. Pada umumnya biaya ini diperlukan antara 0,5% - 5% dari total proyek.

Perkiraan biaya memegang peranan yang sangat penting dalam penyelenggaraan suatu proyek. Segala sesuatu mengenai penyelenggaraan kegiatan proyek mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian akan dihitung dalam nilai uang. Maka pengalaman dan ketelitian akan sangat penting dalam perhitungan penyusunan perkiraan biaya proyek (*Soeharto, 1995*).

2.3.2 Waktu Dalam Proyek Konstruksi

Setiap proyek konstruksi selalu dimulai dengan proses perencanaan, dimana perencanaan itu sendiri dapat didefinisikan sebagai asumsi untuk masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan asumsi tersebut (*Ervianto, 2002*). Agar proses ini berjalan dengan baik maka ditentukan terlebih dahulu sasaran utamanya dan perencanaan mencakup penentuan berbagai cara yang memungkinkan kemudian menentukan salah satu cara yang tepat dengan mempertimbangkan semua kendala yang mungkin timbul. 13 Pengaturan waktu dan penjadwalan dari kegiatan-kegiatan yang terlibat didalamnya diperlukan agar suatu proyek dapat berjalan dengan lancar serta efektif. Hal ini juga diperlukan agar pimpinan proyek dapat mengetahui dengan jelas rencana kerja yang akan dilaksanakan, sehingga kontinuitas proyek dapat dipelihara. Selain itu juga disebutkan beberapa tujuan dari pembuatan jadwal, antara lain :

1. Sebagai pedoman pelaksanaan guna memudahkan pekerjaan agar dapat berjalan lancar dan mencapai sasaran yang telah ditetapkan.
2. Menentukan lamanya target waktu yang diminta oleh pemilik agar penyelesaian proyek dapat terpenuhi.
3. Memperkirakan alokasi sumber daya yang harus disediakan setiap kali diperlukan agar proyek dapat berjalan lancar dan efektif.
4. Sebagai alat pengendali proyek.

5. Mengontrol kemajuan pekerjaan sehingga bila ada keterlambatan di dalam pelaksanaan pekerjaan, dapat diketahui untuk mengetahui tindakan penanggulangan.
6. Mengetahui urutan dari masing-masing pekerjaan.

2.4 Manajemen Waktu Dalam Proyek Konstruksi

Manajemen waktu proyek (*Project Time Management*) adalah proses merencanakan, menyusun, dan mengendalikan jadwal kegiatan proyek, dimana dalam perencanaan dan penjadwalannya telah disediakan pedoman yang spesifik untuk menyelesaikan aktivitas proyek dengan lebih cepat dan efisien. Ada lima proses utama dalam manajemen waktu proyek, yaitu: pendefinisian aktivitas, urutan aktivitas, estimasi durasi aktivitas, pengembangan jadwal, dan pengendalian jadwal, (*Rushendi 2017*).

1. Pendefinisian aktivitas merupakan proses identifikasi semua aktivitas spesifik yang harus dilakukan dalam rangka mencapai seluruh tujuan dan sasaran proyek (*Project Deliverables*). Dalam proses ini dihasilkan pengelompokan semua aktivitas yang menjadi ruang lingkup proyek dari level tertinggi hingga level yang terkecil atau disebut *Work Break down Structure* (WBS).
2. Urutan aktivitas melibatkan identifikasi dan dokumentasi dari hubungan logis yang interaktif. Masing-masing aktivitas harus diurutkan secara akurat untuk mendukung pengembangan jadwal sehingga diperoleh jadwal yang realistis. Dalam proses ini dapat digunakan alat bantu komputer untuk mempermudah pelaksanaan atau dilakukan secara manual. Teknik secara manual masih efektif untuk proyek yang berskala kecil atau awal tahap proyek berskala besar, yaitu bila tidak diperlukan pendetailan yang rinci.
3. Estimasi durasi adalah aktivitas proses pengambilan informasi yang berkaitan dengan lingkup proyek dan sumber daya yang diperlukan yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan estimasi durasi atas semua aktivitas yang dibutuhkan dalam proyek yang digunakan sebagai

input dalam pengembangan jadwal. Tingkat akurasi estimasi durasi sangat tergantung dari banyaknya informasi yang tersedia.

4. Pengembangan jadwal berarti menentukan kapan suatu aktivitas dalam proyek akan dimulai dan kapan harus selesai. Pembuatan jadwal proyek merupakan proses iterasi dari proses input yang melibatkan estimasi durasi dan biaya hingga penentuan jadwal proyek
5. Pengendalian jadwal merupakan proses untuk memastikan apakah kinerja yang dilakukan sudah sesuai dengan alokasi waktu yang sudah direncanakan atau tidak. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengendalian jadwal adalah:
 - a. Pengaruh dari faktor-faktor yang menyebabkan perubahan jadwal dan memastikan perubahan yang terjadi disetujui.
 - b. Menentukan perubahan dari jadwal.
 - c. Melakukan tindakan bila pelaksanaan proyek berbeda dari perencanaan awal proyek.

Dasar yang dipakai pada sistem manajemen waktu adalah perencanaan operasional dan penjadwalan yang selaras dengan durasi proyek yang telah ditetapkan. Adapun aspek-aspek manajemen waktu ialah menentukan penjadwalan proyek, mengukur dan membuat laporan dari kemajuan proyek, membandingkan penjadwalan dengan kemajuan proyek sebenarnya di lapangan, menentukan akibat yang ditimbulkan oleh perbandingan jadwal dengan kemajuan di lapangan pada akhir penyelesaian proyek, merencanakan penanganan untuk mengatasi akibat tersebut, dan memperbaharui kembali penjadwalan proyek, (*Rushendi 2017*). Pelaksanaan suatu proyek sangat memerlukan suatu penjadwalan, dimana dalam hal ini penetapan jangka waktu pelaksanaan proyek sangat berhubungan dengan biaya proyek tersebut. Suatu proyek diharapkan dapat diselesaikan tepat waktu, karena keterlambatan dalam penyelesaian suatu proyek dapat diselesaikan tepat waktu, karena keterlambatan dalam penyelesaian suatu proyek dapat berpengaruh terhadap nilai pembayaran proyek.

2.5 Metode *PERT*

Menurut (Ervianto 2004), metode *PERT* dikembangkan sejak tahun 1958 oleh *US Navy* dalam proyek pengembangan *Polaris Missile System*. *PERT* merupakan suatu metode yang ditemukan dalam upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian dalam proyek selain metode *CPM*. Bila *CPM* memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka *PERT* direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*Uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. *PERT* memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan tersebut 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 varian. Dengan demikian, metode ini memiliki cara yang spesifik untuk menghadapi hal tersebut yang memang hampir selalu terjadi pada kenyataannya dan mengakomodasinya dalam berbagai bentuk perhitungan. 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 (Soeharto,1995)

Tabel 2. 1 Perbedaan *CPM* dan *PERT*

NO	Fenomena	<i>CPM</i>	<i>PERT</i>
1	Estimasi kurun waktu kegiatan	Deterministik, angka satu	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 <i>CPM</i>
4	Kurun waktu penyelesaian <i>milestone</i> atau proyek	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 <i>CPM</i> dahulu

(Sumber: Data Sekunder)

Dalam visualisasinya, *PERT* sama halnya dengan *CPM* yaitu menggunakan digram anak panah (*activity on arrow*) untuk menggambarkan kegiatan proyek. Demikian pula pengertian dan perhitungan mengenai kegiatan kritis, jalur kritis, dan float atau dalam *PERT* disebut dengan *Slack*. Salah satu perbedaannya adalah dalam estimasi kurun waktu kegiatan dimana *PERT* menggunakan tiga angka estimasi, ketiga estimasi durasi tersebut adalah :

1) *Optimistic Estimate (a)*

Merupakan durasi yang tercepat untuk menyelesaikan suatu kegiatan jika segala sesuatunya berjalan dengan baik.

2) *Pessimistic Estimate (b)*

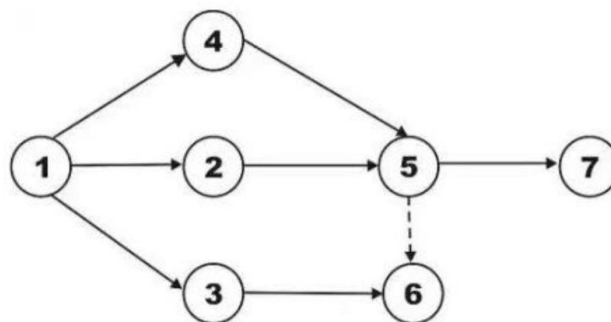
Merupakan durasi yang paling lama untuk menyelesaikan suatu kegiatan jika segala sesuatunya dalam kondisi buruk (tidak mendukung).

3) *Most Likely Estimate (m)*

Merupakan durasi yang paling sering terjadi dibandingkan dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

2.5.1 Jaringan *PERT*

PERT divisualisasikan dengan suatu grafik atau bagan yang melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek. Diagram jaringan ini terdiri dari beberapa titik (*nodes*) yang menjelaskan kejadian (*event*) atau suatu titik tempuh (*milestone*). Titik-titik tersebut dihubungkan oleh suatu vektor (garis yang memiliki arah) yang menjelaskan suatu pekerjaan (*task*) di dalam sebuah proyek. Arah dari vektor atau garis tersebut menunjukkan suatu urutan pekerjaan.



Gambar 2. 2 Analogi Diagram *PERT*

(Sumber : Data sekunder)

Adapun komponen dari diagram *PERT* tersebut adalah :

1. Kegiatan (*Activity*) Merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang mempunyai waktu mulai dan waktu berakhirnya kegiatan.
2. Peristiwa (*Event*) Merupakan menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Biasanya peristiwa digambarkan dengan suatu lingkaran atau nodes dan

diberi bagi peristiwa-peristiwa yang mendahuluinya dan dihubungkan dengan menggunakan anak panah.

3. Waktu Kegiatan (*Activity time*) Merupakan suatu unsur yang merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang harus dilaksanakan.
4. Waktu Mulai Dan Waktu Berakhir Waktu mulai dan waktu berakhir yang terdiri dari :

ES = waktu mulai paling awal

LS = waktu mulai paling lambat

EF = waktu selesai paling awal

LF = waktu selesai paling lambat

Menurut (Mahanavani 2008), *PERT* berorientasi kepada peristiwa (*Event Oriented Technique*). Dalam penyajiannya *PERT* menggunakan diagram anak panah (*Activity On Arrow*) untuk menggambarkan kegiatan proyek. Adapun simbol yang digunakan adalah:

1. Aktifitas

Aktifitas atau kegiatan yang dilukiskan dalam bentuk anak panah dengan garis tegas (*Arrow*) merupakan suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan durasi (jangka waktu tertentu) dan *Resources* (tenaga, material dan biaya) tertentu.



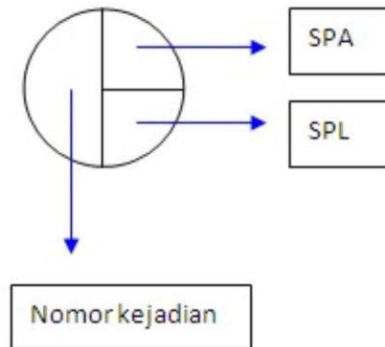
Gambar 2. 3 Simbol Anak Panah Kegiatan

(Sumber: Data Sekunder)

2. Simbol *Node*

Lingkaran tersebut terbagi atas tiga ruangan yaitu, sebelah kiri merupakan tempat huruf yang menyatakan nomer peristiwa, ruangan sebelah kanan atas menyatakan nomer hari (untuk satuan hari) yang merupakan saat paling awal (SPA)

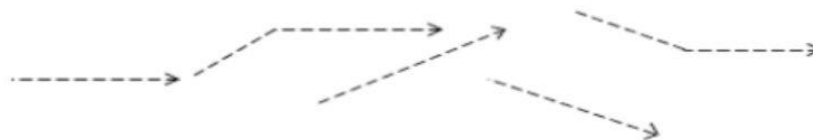
peristiwa yang mungkin terjadi, sedangkan ruangan sebelah kanan bawah menyatakan nomor hari (untuk satuan hari) yang merupakan saat paling lambat (SPL) dari kegiatan yang boleh terjadi.



Gambar 2. 4 Simbol *Node*
(Sumber: Data Sekunder)

3. Kegiatan Semu (*Dummy*)

Merupakan suatu kegiatan yang diwakili dengan garis putus-putus. Aktivitas semu didefinisikan sebagai hal yang tidak memerlukan durasi ($\text{durasi} = 0$) dan tidak memakai sumber daya. *Dummy* hanya dipergunakan untuk menyatakan logika ketergantungan dari aktivitas atau beberapa aktivitas.



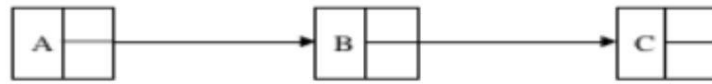
Gambar 2. 5 Simbol Anak Panah *Dummy*
(Sumber: Data Sekunder)

4. Hubungan Antar Kegiatan

Dalam hubungan ini menggambarkan sebuah *network* diagram yang dapat menyatakan logika ketergantungan antar kegiatan, perlu diketahui hubungan antar kegiatan yang mungkin terjadi dalam sebuah proyek yaitu:

a. Sistem Garis Lurus

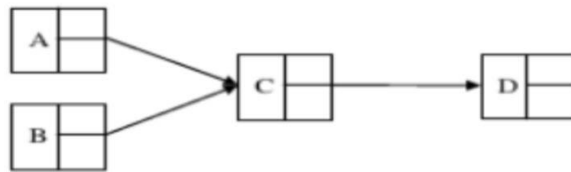
Pada gambar dibawah tersebut menunjukkan bahwa kegiatan B dapat dimulai setelah kegiatan A selesai. Kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai.



Gambar 2. 6 Hubungan Sistem Garis Lurus
(Sumber: Data Sekunder)

b. *Merge Event*

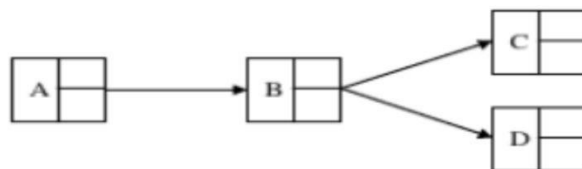
Pada gambar dibawah tersebut menunjukkan akhir kegiatan jatuh secara bersamaan dengan awal kegiatan berikutnya. Gambar dibawah menunjukkan bahwa kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai.



Gambar 2. 7 Hubungan *Merge Event*
(Sumber: Data Sekunder)

c. *Burst Event*

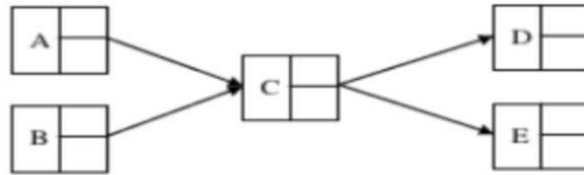
Pada gambar dibawah tersebut menunjukkan beberapa kegiatan dapat dimulai setelah sebuah kegiatan selesai. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kegiatan C dan D dapat dimulai setelah kegiatan B selesai.



Gambar 2. 8 Hubungan *Burst Event*
(Sumber: Data Sekunder)

d. *Merge Event* dan *Burst Event*

Apabila dua kegiatan harus selesai lebih dulu sebagai syarat untuk pelaksanaan dua kegiatan berikutnya. Gambar dibawah menunjukkan bahwa kegiatan D dan E dapat dimulai setelah kegiatan C selesai. Kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai.



Gambar 2. 9 Hubungan *Merge Event* dan *Burst Event*

(Sumber: Data Sekunder)

2.5.2 Langkah-Langkah *PERT*

Dalam melakukan perencanaan dengan *PERT* dibutuhkan beberapa langkah, yaitu sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi aktivitas (*Activity*) dalam pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek dan titik tempuhnya (*Milestone*) yaitu penanda kejadian pada awal dan akhir satu atau lebih aktivitas.
2. Menentukan urutan pekerjaan dari aktivitas-aktivitas yang telah di rencanakan.
3. Membuat diagram jaringan (*Network Diagram*)
4. Memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas.
5. Menetapkan jalur kritis (*Critical Path*)
6. Melakukan pembaharuan digram *PERT* sesuai dengan kemajuan proyek.

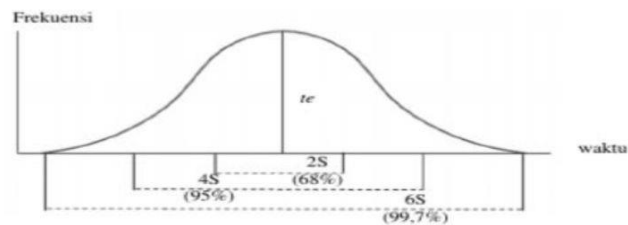
Hal-hal diatas memberi pemahaman terhadap *PERT* bahwa durasi aktivitas merupakan hal yang probabilistik. Adapun asumsi *PERT* yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Masing-masing durasi aktivitas ditunjukkan sebagai *continuous probability distribution* dengan durasi rata-rata, standar deviasi, dan varian yang dapat ditentukan.
2. Distribusi dari durasi jalur kritis dapat ditentukan dari durasi rata-rata, dan varian jalur kritis.

Langkah dalam *network planning* dengan menggunakan pendekatan *PERT* ditujukan untuk mengetahui berapa nilai probabilitas proyek, terutama pada jalur kritis selesai tepat waktu sesuai dengan jadwal yang diharapkan.

1.5.3 Durasi Efektif Kegiatan (t_e)

Karena terdapat tiga buah waktu dalam setiap kegiatannya, maka diperlukan komputasi untuk mendapatkan durasi efektif dari setiap kegiatan (t_e). Bila kururn waktu sesungguhnya bagi setiap pengulangan dan jumlah frekuensinya dicatat secara sistematis akan diperoleh kurva “beta distribusi”. Dalam menentukan t_e dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik (a) dan pesimistik (b) adalah sama



Gambar 2. 10 Kurva Distribusi Letak a , b , t_e , m
(Sumber: Data Sekunder)

Sifat-sifat kurva distribusi normal adalah :

1. Seluas 68% area dibawah kurva terletak dalam rentang 2S
2. Seluas 95% area dibawah terletak dalam rentang 4S
3. Seluas 99,7% area dibawah terletak dalam rentang 6S

Sedangkan jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin (m) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa diatas, adapun formula yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$t_e = (a + 4m + b) / 6$$

t_e = Perkiraan Waktu Aktivitas

a = Waktu Paling Optimis

m = Waktu Normal

b = Waktu Paling Pesimis

2.5.3 Lintasan Kritis

Jalur kritis adalah jalur yang terdapat aktivitas-aktivitas paling banyak memakan waktu mulai dari permulaan hingga selesai akibat jaringan. Suatu jalur kritis bisa didapatkan dengan menambah waktu suatu aktivitas pada tiap urutan pekerjaan dalam menetapkan jalur terpanjang tiap proyek. Biasanya sebuah jalur kritis terdiri dari pekerjaan-pekerjaan yang tidak bisa ditunda waktu pengerjaannya. Dalam setiap urutan pekerjaan terdapat suatu penanda waktu yang dapat membantu dalam menetapkan jalur kritis, yaitu:

1. *ES – Early Start*

Waktu tercepat untuk bisa memulai suatu kegiatan dengan waktu normal, tanpa mengganggu kegiatan yang lain.

2. *EF – Early Finish*

Waktu paling cepat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan dengan menggunakan waktu yang normal, tanpa mengganggu kelancaran pekerjaan-pekerjaan yang lain.

3. *LS – Latest Start*

Waktu yang paling lambat untuk bisa memulai suatu kegiatan dengan waktu normal, tanpa mengganggu kelancaran pekerjaan-pekerjaan yang lain.

4. *LF – Latest Finish*

Waktu yang paling lambat untuk menyelesaikan suatu kegiatan dengan waktu normal, tanpa mengganggu kelancaran pekerjaan-pekerjaan yang lain.

5. *S – Slack*

Waktu mundur aktivitas atau sama dengan (*LS-ES*) atau (*LF-EF*) dengan menggunakan empat komponen penanda waktu tersebut bisa didapatkan suatu jalur kritis sesuai dengan diagram.

Menurut (Soeharto 1995), pada metode *PERT* pengamatan dan analisis pada jalur kritis dan subkritis justru lebih ditekankan lagi. Hal ini terlihat pada waktu menganalisis deviasi standar, varian tiap kegiatan pada jalur kritis dijumlahkan dan dihitung akar untuk mendapatkan angka deviasi standar peristiwa yang dimaksudkan (titik peristiwa *milestone* atau selesainya proyek).

2.5.4 Kelebihan dan kekurangan *PERT*

1. Kelebihan pada metode *PERT*

- a. Berguna pada tingkat manajemen proyek.
- b. Secara matematis tidak terlalu rumit.
- c. Menampilkan secara grafis menggunakan jaringan untuk menunjukkan hubungan antar kegiatan.
- d. Dapat ditunjukkan jalur kritis, jalur yang tidak ada slack nya atau halangan.
- e. Dapat memantau kemajuan proyek.
- f. Dapat diketahui waktu seluruh proyek akan diselesaikan.
- g. Mengetahui apa saja kegiatan kritis yaitu kegiatan yang akan menunda proyek jika terlambat dikerjakan.
- h. Apa kegiatan non-kritis : kegiatan yang boleh dikerjakan terlambat.
- i. Mengetahui probabilitas proyek selesai pada waktu tertentu.
- j. Mengetahui jumlah uang yang dibelanjakan sesuai rencana sesuai dengan proyek tersebut.
- k. Efisiensi jumlah sumberdaya yang ada dapat menyelesaikan proyek tepat waktu.

2. Kekurangan pada metode *PERT*

- a. Kegiatan proyek harus didefinisikan dengan jelas.
- b. Hubungan antar kegiatan harus ditunjukkan dan dikaitkan.
- c. Perkiraan waktu cenderung subyektif oleh perancang *PERT*.
- d. Terlalu fokus pada jalur kritis, jalur yang terlama dan tanpa hambatan (*Aryo andri Nugroho, 2007*).