

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Proyek

Menurut H. Kerzner (1982) (dalam Soeharto, 1997) Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hirarki (arus kegiatan) vertikal maupun horisontal. Dari definisi tersebut terlihat bahwa konsep manajemen proyek mengandung hal-hal pokok sebagai berikut:

- a. Mengandung pengertian manajemen berdasarkan fungsinya, yaitu merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan yang berupa, manusia, dana, dan material.
- b. Kegiatan yang dikelola berjangka pendek, dengan sasaran yang telah digariskan secara spesifik. Ini memerlukan teknik dan metode pengelolaan yang khusus, terutama aspek perencanaan dan pengendalian.

Agar suatu pelaksanaan proyek dapat dapat berhasil perlu diperhatikan faktor-faktor spesifik penting yang disebut sebagai ciri-ciri umum manajemen proyek, yang disebut sebagai berikut:

- a. Tujuan, sasaran, harapan-harapan, dan strategi proyek hendaknya dinyatakan secara jelas dan terinci sedemikian rupa sehingga dipakai untuk mewujudkan dasar kesepakatan segenap individu dan satuan organisasi yang terlibat.
- b. Diperlukan rencana kerja jadwal, dan anggaran belanja yang realistis.

- c. Diperlukan kejelasan dan kesepakatan tentang peran dan tanggungjawab di antara semua satuan organisasi dan individu yang terlibat dalam proyek untuk berbagai strata jabatan.
- d. Diperlukan mekanisme untuk memonitor, mengkoordinasikan, mengendalikan, dan mengawasi pelaksanaan tugas dan tanggungjawab pada berbagai strata organisasi.
- e. Diperlukan mekanisme sistem evaluasi yang diharapkan dapat memberikan umpan balik kepada manajemen. Informasi umpan balik dapat dimanfaatkan sebagai pelajaran dan dipakai sebagai pedoman di dalam upaya peningkatan produktivitas proyek.
- f. Diperlukan pengertian dan pemahaman mengenai tata cara dan dasar-dasar peraturan birokrasi, dan pengetahuan tentang cara-cara mengatasi kendala birokrasi.

Manajemen proyek dapat diartikan sebagai penerapan fungsi-fungsi manajemen dalam kegiatan suatu proyek. Dengan kata lain, merupakan suatu kegiatan yang mengatur jalannya kegiatan-kegiatan dalam pelaksanaan proyek untuk semua tahapan-tahapan proyek. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah:

- a. Tahapan persiapan proyek.
- b. Tahapan persiapan bangunan.
- c. Tahap pelelangan dan kontrak pelaksanaan.
- d. Tahap pelaksanaan pembangunan fisik (konstruksi).
- e. Tahap uji coba proyek sebelum penyerahan (penilaian).

2.2 Penjadwalan Proyek

Jadwal adalah penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan untuk mencapai sasaran. Pada jadwal telah dimasukkan faktor waktu. Metode menyusun jadwal yang terkenal adalah analisis jaringan (*network*), yang menggambarkan dalam suatu grafik hubungan urutan pekerjaan proyek. Pekerjaan yang harus mendahului atau didahului oleh pekerjaan lain diidentifikasi dalam kaitannya dengan waktu. Jaringan kerja ini sangat berguna untuk perencanaan dan pengendalian proyek (Soeharto, 1997).

Sedangkan menurut Husen (2010) Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan 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 progress waktu untuk penyelesaian proyek. Dalam proses penjawalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat lebih terperinci dan sangat detail. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek. Penjadwalan atau *scheduling* 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.

Penjadwalan proyek meliputi pengurutan waktu untuk seluruh kegiatan proyek. Pada tahap ini dibuat urutan pekerjaan sesuai dengan waktu mulai dan selesai suatu pekerjaan agar tidak terjadi benturan waktu pada proyek. Pada umumnya teknik atau metode penjadwalan terbagi menjadi dua antara lain bagan

balok dan jaringan kerja (*Critical Path Method-CPM, Project Evaluation and Review Technique-PERT, dan Precedence Diagram Method-PDM*)

2.2.1 Metode Bagan Balok (*Bar Chart*)

Metode bagan balok diperkenalkan oleh H. L. Gantt pada tahun 1917. Bagan balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian, dan pada saat pelaporan (Soeharto, 1997).

Hingga saat ini bagan balok masih digunakan karena mudah dibuat serta mudah dipahami sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek. Pembuatan dan penampilan informasinya sederhana dan hanya menyampaikan dimensi waktu dari masing-masing kegiatan, maka *bar chart* lebih tepat menjadi alat komunikasi untuk melukiskan kemajuan pelaksanaan proyek. Namun *bar chart* tidak menginformasikan ketergantungan antar kegiatan dan tidak mengindikasikan kegiatan apa saja yang berada dalam lintasan kritis.

Pada umumnya *bar chart* digambarkan sekaligus dengan kurva S. Kurva S dibuat untuk mengetahui rencana prestasi pekerjaan per satuan waktu dan saat dimulainya pekerjaan sampai selesai, yang digambarkan dengan persen (%) kumulatif biaya terhadap satuan waktu pekerjaan. Penyajian informasi pada bagan balok masih terbatas, misalnya hubungan antar kegiatan tidak jelas, dan lintasan kegiatan kritis proyek tidak dapat diketahui. Karena urutan kegiatan tidak terperinci, maka bila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi sulit untuk dilakukan.

Keuntungan dan kerugian metode *bar chart* terhadap diagram jaringan kerja, antara lain:

- a. Metode *bar chart* mudah dibuat.
- b. Metode *bar chart* mudah dipahami oleh semua level manajemen.
- c. Tidak menunjukkan secara nyata hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lain sehingga sulit untuk mengetahui dampak keterlambatan dari satu kegiatan terhadap kegiatan yang lain, dan terhadap jadwal pekerjaan secara menyeluruh.
- d. Untuk proyek berskala besar dan bersifat kompleks penggunaan diagram balok akan menghadapi kesulitan.

2.2.2 Jaringan Kerja (*Network Analysis*)

Soeharto (1997) telah mengemukakan bahwa dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dianggap sebagai suatu langkah penyempurnaan metode bagan balok, karena dapat memberi jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang belum terpecahkan oleh metode tersebut, seperti:

- a. Berapa lama perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek.
- b. Kegiatan-kegiatan mana yang bersifat kritis dalam hubungannya dengan penyelesaian proyek.
- c. Apabila terjadi keterlambatan pada kegiatan tertentu, bagaimana pengaruhnya terhadap sasaran jadwal penyelesaian proyek secara menyeluruh.

Di samping itu, jaringan kerja berguna untuk:

- a. Menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks.

- b. Membuat perkiraan jadwal proyek yang paling ekonomis.
- c. Mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya.

Di antara berbagai versi analisis jaringan kerja yang amat luas pemakaiannya adalah Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method-CPM*), Teknik Evaluasi dan Review Proyek (*Program Evaluation and Review Technique-PERT*), dan Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method-PDM*). Jaringan kerja merupakan metode yang dianggap mampu menyuguhkan teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan unsur proyek, dan pada giliran selanjutnya dapat dipakai memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Telah dikemukakan oleh Soeharto (1997) bahwa sistematika lengkap dari proses menyusun jaringan kerja adalah sebagai berikut:

- a. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan atau memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.
- b. Menyusun kembali komponen-komponen tersebut pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai dengan logika ketergantungan . urutan ini dapat berbentuk seri dan/atau paralel.
- c. Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek. Terdapat perbedaan pokok dalam memperkirakan kurun waktu kegiatan antara CPM dan PERT. Yang pertama menggunakan angka perkiraan tunggal atau deterministik sedangkan yang kedua memakai tiga angka perkiraan atau probabiistik.

- d. Mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) dan *float* pada jaringan kerja. Jalur kritis ialah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek, yang bila terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Kegiatan yang ada pada jalur ini dinamakan kegiatan kritis. Sedangkan *float* adalah “tenggang waktu” suatu kegiatan tertentu yang nonkritis dari proyek.
- e. Bila semua langkah-langkah di atas telah diselesaikan, dilanjutkan dengan usaha-usaha meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumber daya, yang meliputi kegiatan sebagai berikut:
 1. Menentukan jadwal yang paling ekonomis.
 2. Meminimalkan fluktuasi pemakaian sumber daya.

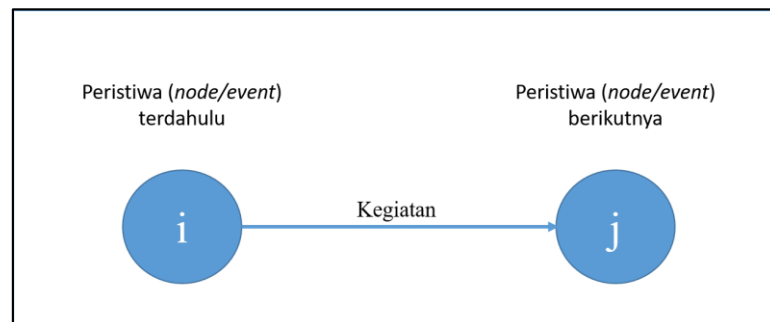
Butir a ditujukan untuk memilih berbagai alternatif jadwal di lihat dari segi biaya. Sedangkan butir b berusaha meningkatkan efisiensi pengelolaan proyek, dengan jalan sejauh mungkin mencegah terjadinya naiknya-turunnya yang terlalu tajam dalam waktu yang relatif singkat terhadap keperluan sumber daya, misalnya keperluan tenaga kerja.

Untuk menyiapkan jaringan kerja proyek secara lengkap, dalam arti siap pakai untuk tugas-tugas perencanaan, menyusun jadwal pekerjaan, dan tolok ukur pengendalian, dibutuhkan proses yang panjang dan bertingkat-tingkat. Hal ini diawali dengan teknik membuat jaringan kerja dan diakhiri dengan meningkatkan kualitasnya dengan memasukkan faktor-faktor seperti hasil analisis biaya yang ekonomis, pemerataan penggunaan sumber daya, dan lain-lain. Sebelum melanjutkan langkah berikutnya, yaitu menyusun urutan kegiatan berdasarkan

logika ketergantungan, maka terlebih dahulu perlu mengenal terminologi dan kaidah dasar jaringan kerja. Di antaranya yang terpenting adalah sebagai berikut:

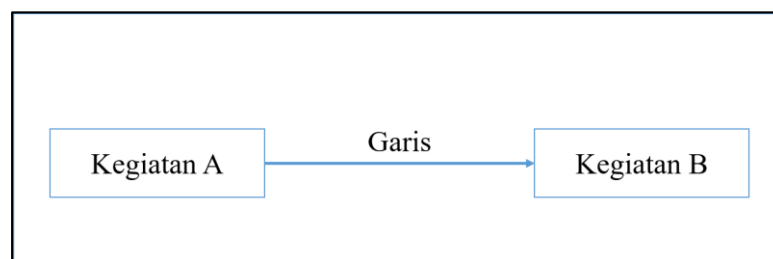
a. Kegiatan-kegiatan yang merupakan komponen proyek dan hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain disajikan dengan menggunakan tanda-tanda. Dikenal dua macam jaringan kerja sebagai berikut:

1) Kegiatan pada anak panah, atau *activity on arrow* (AOA). Di sini kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa. Ekor anak panah merupakan awal dan ujungnya sebagai akhir kegiatan. Nama dan kurun waktu kegiatan berturut-turut ditulis di atas dan di bawah anak panah.



Gambar 2.1 Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AOA

2) Kegiatan ditulis di dalam kotak atau lingkaran, yang disebut *activity on node* (AON). Anak panah hanya menjelaskan hubungan ketergantungan di antara kegiatan-kegiatan.



Gambar 2.2 Hubungan antara kegiatan dan kegiatan pada AON

Metode CPM dan PERT termasuk dalam klasifikasi AOA sedangkan PDM adalah AON.

- b. Kegiatan (*Activity*). Analisis jaringan kerja memecah lingkup proyek menjadi kegiatan-kegiatan yang merupakan komponennya. Kegiatan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:
- 1) Memerlukan waktu dan sumber daya.
 - 2) Waktu mulai dan berakhir dapat diukur/diberi tanda.
 - 3) Dapat berdiri sendiri atau dikelompokkan menjadi paket kerja atau SRK (struktur rincian lingkup kerja).

Atribut kegiatan antara lain adalah kurun waktu, tanggal mulai dan akhir. Bila kegiatan-kegiatan tersebut dijumlahkan kembali akan menjadi lingkup proyek keseluruhan

- c. Peristiwa atau Kejadian (*event*), dan *Milestone*. Adalah suatu titik waktu, di mana semua kegiatan-kegiatan sebelumnya (*predecessor*) sudah selesai, dan kegiatan sesudah itu (*successor*) dapat dimulai. Peristiwa pertama dalam jadwal proyek adalah titik awal mulainya proyek dan peristiwa akhir adalah titik di mana proyek selesai. Peristiwa tidak memerlukan kurun waktu maupun sumber daya. Peristiwa menjelaskan suatu keadaan, misalnya sesuatu kegiatan selesai atau mulai. Salah satu peristiwa (*event*) yang penting dinamakan tonggak kemajuan (*milestone*).
- d. Node i dan Node j. Node yang berada di ekor anak panah adalah Node i, sedangkan yang di kepala adalah Node j. Tetapi Node j akan menjadi Node i untuk kegiatan berikutnya.

- e. Kecuali kegiatan awal, maka sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, kegiatan terdahulu atau yang mendahuluinya harus sudah selesai. Ini merupakan aturan dasar jaringan kerja metode CPM dan PERT.
- f. Dummy adalah anak panah yang hanya menjelaskan hubungan ketergantungan antara dua kegiatan, tidak memerlukan sumber daya dan tidak membutuhkan waktu.
- g. Penyajian grafis jaringan kerja yang tidak membutuhkan skala, kecuali untuk keperluan-keperluan tertentu.



2.2.2.1 Menggambar Jaringan Kerja

Karena jaringan kerja dimaksudkan sebagai penyajian secara grafis suatu perencanaan proyek, maka penampakan denahnya (*layout*) harus mencerminkan maksud tersebut. Dalam arti jelas, singkat, teratur dan sederhana. Karena hal ini akan sangat membantu dalam memberikan kesan pertama yang baik, yaitu bahwa pembuat jaringan kerja telah memberikan perhatian penuh sampai kepada masalah-masalah yang terinci. Berikut ini adalah beberapa pegangan dalam menggambar jaringan kerja:


- a. Lukiskan anak panah dengan garis penuh dari kiri ke kanan, dan garis putus untuk *dummy*.
- b. Dalam menggambarkan anak panah, usahakan adanya bagian yang mendatar untuk tempat keterangan kegiatan dan kurun waktu.
- c. Keterangan kegiatan ditulis di atas anak panah, sedangkan kurun waktu di bawahnya.
- d. Hindarkan sejauh mungkin garis yang saling menyilang.

- e. Kecuali untuk hal khusus, panjang anak panah tidak ada kaitannya dengan lamanya kurun waktu.
- f. Peristiwa/kejadian dilukiskan sebagai lingkaran, dengan nomor yang bersangkutan jika mungkin berada di dalamnya.
- g. Nomor peristiwa sebelah kanan lebih besar dari sebelah kiri.

Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu *network* adalah sebagai berikut (Hayun, 2005) :

- a.  (anak panah/busur), mewakili sebuah kegiatan atau aktivitas yaitu tugas yang dibutuhkan oleh proyek. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan duration (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah *resources* (sumber tenaga, peralatan, material, biaya). Kepala anak panah menunjukkan arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai pada permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan. Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini sama sekali tidak mempunyai arti. Jadi, tak perlu menggunakan skala.
- b.  (lingkaran kecil/simpul/node), mewakili sebuah kejadian atau peristiwa atau event. Kejadian (*event*) didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan. Sebuah kejadian mewakili satu titik dalam waktu yang menyatakan penyelesaian beberapa kegiatan dan awal beberapa kegiatan baru. Titik awal dan akhir dari sebuah kegiatan karena itu dijabarkan dengan dua kejadian yang biasanya dikenal sebagai kejadian kepala dan ekor. Kegiatan-kegiatan yang berawal dari saat kejadian tertentu tidak dapat dimulai sampai kegiatan-kegiatan yang berakhir pada kejadian yang sama diselesaikan.

Suatu kejadian harus mendahului kegiatan yang keluar dari simpul/node tersebut.

- c.  (anak panah terputus-putus), menyatakan kegiatan semu atau *dummy activity*. Setiap anak panah memiliki peranan ganda dalam mewakili kegiatan dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai kegiatan. *Dummy* di sini berguna untuk membatasi mulainya kegiatan seperti halnya kegiatan biasa, panjang dan kemiringan *dummy* ini juga tak berarti apa-apa sehingga tidak perlu berskala. Bedanya dengan kegiatan biasa ialah bahwa kegiatan *dummy* tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu kegiatan dan biaya sama dengan nol.

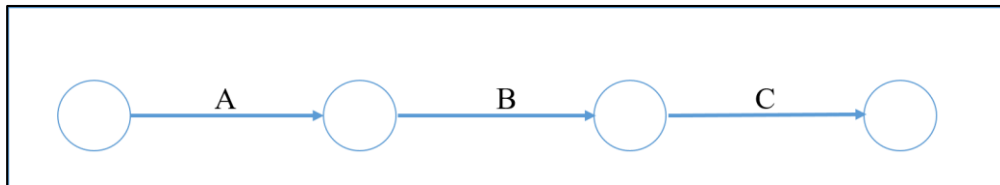
- d.  (anak panah tebal), merupakan kegiatan pada lintasan kritis.

Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut (Hayun, 2005) :

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

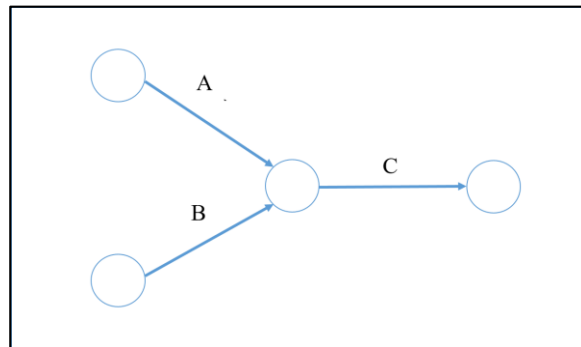
Adapun logika ketergantungan kegiatan-kegiatan itu dapat dinyatakan sebagai berikut :

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



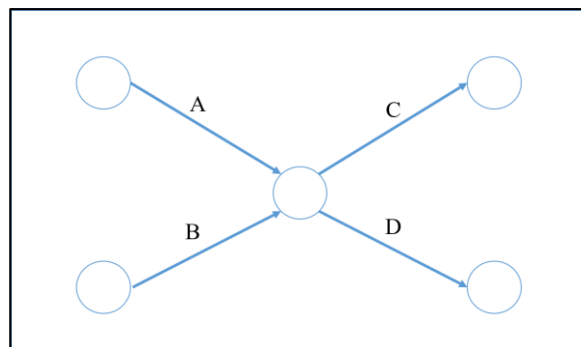
Gambar 2.3 Kegiatan A pendahulu kegiatan B & kegiatan B pendahulu kegiatan C

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



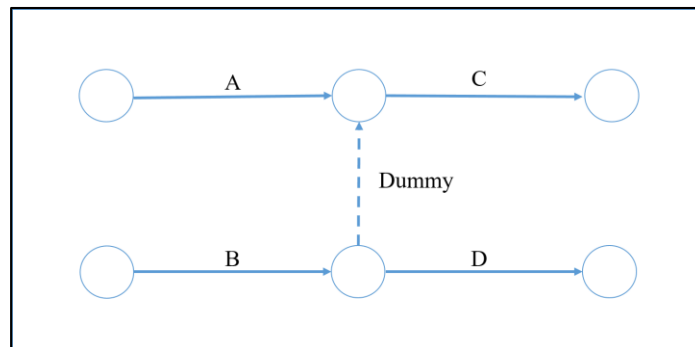
Gambar 2.4 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C

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



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

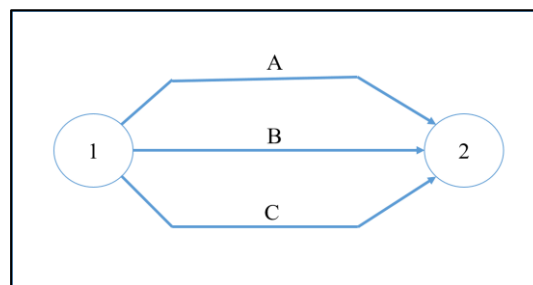
- d. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila kegiatan B sudah selesai, maka dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah.



Gambar 2.6 Kegiatan merupakan pendahulu kegiatan C dan D

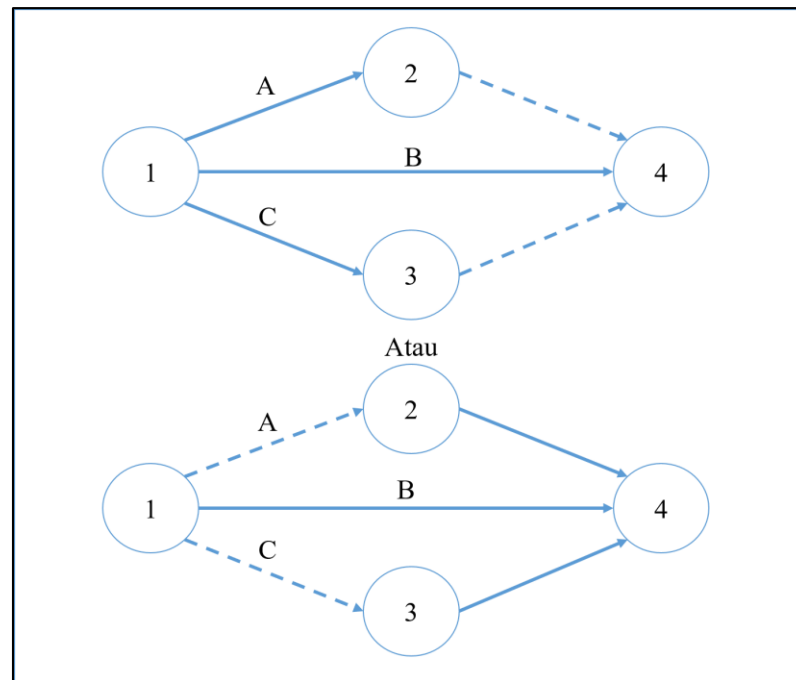
Fungsi dummy (- - - →) di atas adalah memindahkan seketika itu juga (sesuai dengan arah panah) keterangan tentang selesainya kegiatan B.

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



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

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



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

2.2.2.2 Penentuan Waktu

Setelah suatu network ditentukan dan digambarkan, maka langkah berikutnya adalah mengestimasi waktu yang diperlukan untuk masing-masing aktivitas, dan menganalisis seluruh diagram *network* untuk menentukan waktu terjadinya masing-masing kegiatan (*event*).

Dalam menganalisis dan mengestimasi waktu, maka akan didapatkan suatu lintasan tertentu dari kegiatan-kegiatan pada *network*, yang menentukan jangka waktu penyelesaian seluruh proyek (Dimiyati dan Dimiyati, 2004).

Lintasan yang dimaksud adalah lintasan kritis (*critical path*). Selain lintasan kritis, masih terdapat lintasan-lintasan lain yang lebih pendek dari lintasan kritis, dan biasa disebut dengan *float*, dimana *float* mempunyai waktu untuk bias terlambat, sehingga berapapun panjangnya *float* tidak akan mempengaruhi proyek yang telah dijadwalkan,

Float sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu, *total float* dan *free float*. *Float* memberikan kelonggaran waktu pada sebuah *network*. *Float* juga digunakan pada waktu mengerjakan penentuan jumlah material, peralatan, dan tenaga kerja.

Total float adalah jumlah waktu di mana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan. Sedangkan yang dimaksud dengan *free float* adalah jumlah waktu di mana penyelesaian suatu aktivitas dapat diukur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dimulainya aktivitas yang lain atau saat paling cepat terjadinya *event* lain pada *network* (Dimiyati dan Dimiyati,1999).

2.2.2.3 Notasi yang Digunakan

Untuk memudahkan perhitungan penentuan waktu, maka digunakan notasi-notasi sebagai berikut,

- a. TE adalah *earliest event occurrence time*, yaitu saat tercepat terjadinya *event*/aktivitas.
- b. TL adalah *lates event occurrence time*, yaitu saat paling lambat terjadinya *event*.
- c. ES adalah *earliest activity start time*, yaitu saat tercepat dimulainya aktivitas.
- d. EF adalah *earliest activity finish time*, yaitu saat paling lambat dimulainya aktivitas.
- e. LS adalah *latest activity start time*, yaitu saat paling lambat dimulainya aktivitas.
- f. LF adalah *latest activity finish time*, yaitu saat paling lambat diselesaikannya aktivitas.

- g. t adalah *activity duration time*, yaitu waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas (biasa dinyatakan dalam hari).
- h. S adalah *total slack/total float*.
- i. SF adalah *free slack/free float*.

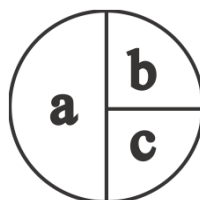
2.2.2.4 Asumsi dan Cara Perhitungan

Dalam melakukan perhitungan penentuan waktu digunakan tiga buah asumsi dasar yaitu,

- a. Proyek hanya memiliki satu *initial event* (titik awal) dan satu *terminal event* (titik akhir).
- b. Saat tercepat terjadinya *initial event* adalah hari ke-nol.
- c. Saat paling lambat terjadinya *terminal event* adalah $TL = 0$ untuk event ini.

Adapun perhitungan yang harus dilakukan terdiri atas dua cara, yaitu cara perhitungan maju (*forward computation*) dan perhitungan mundur (*backward computation*).

Untuk melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, digunakan lingkaran kejadian (*event*), lingkaran kejadian ini dibagi atas tiga bagian dan digambarkan seperti gambar 2.9 di bawah.



Gambar 2.9 Lingkaran kejadian

Keterangan :

a = ruang untuk nomor *event*.

b = ruang untuk menunjukkan saat paling cepat terjadinya event (TE), yang merupakan hasil perhitungan maju.

c = ruang untuk menunjukkan saat paling lambat terjadinya event (TL), yang merupakan hasil perhitungan mundur.

Setelah *network* dari suatu proyek digambarkan, dan setiap *node* dibagi menjadi tiga bagian, maka langkah selanjutnya adalah memberi nomor pada masing-masing *node*. Kemudian mencantumkan pada setiap anak panah (kegiatan) perkiraan waktu pelaksanaan masing-masing kegiatan.

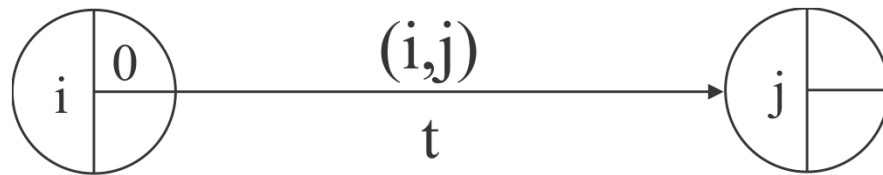
Letak angka yang menunjukkan waktu kegiatan, terletak di bawah anak panah. Satuan waktu yang digunakan pada seluruh proyek harus sama, sebagai contoh pemakaian minggu, hari dan lain-lain. Yang paling penting adalah, apabila perhitungan dilakukan dengan tidak menggunakan komputer, maka sebaiknya *duration* ini menggunakan angka-angka yang bulat.

2.2.2.5 Perhitungan Maju

Setelah menentukan *network*, langkah selanjutnya adalah menentukan perhitungan maju dan mundur. Pada perhitungan maju, perhitungan bergerak mulai dari *initial event* menuju *terminal event* (maksudnya ialah menghitung saat yang paling tercepat terjadinya *events*).

Dalam perhitungan maju, ada tiga langkah yang harus dilakukan, yaitu:

- a. Saat tercepat terjadinya *initial event* ditentukan pada hari ke nol sehingga untuk *initial event* berlaku $TE = 0$.
- b. Kalau *initial event* terjadi pada hari ke-nol, maka *initial event* dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah.



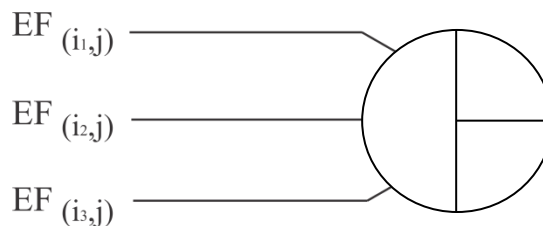
Gambar 2.10 Initial event yang terjadi pada hari ke nol

$$ES_{(i,j)} = TE_{(j)} = 0$$

$$EF_{(i,j)} = ES_{(i,j)} + t_{(i,j)} \text{ maka,}$$

$$EF_{(i,j)} = TE_{(j)} + t_{(i,j)}$$

- c. *Event* yang menggabungkan beberapa aktivitas (*merge item*), dapat dilihat pada gambar 2.11 di bawah.



Gambar 2.11 Event yang menghubungkan beberapa aktivitas

Menurut Dimiyati dan Dimiyati (1999) sebuah *event* hanya dapat terjadi jika aktivitas-aktivitas yang mendahuluinya telah diselesaikan. Maka saat paling cepat terjadinya sebuah *event* sama dengan nilai terbesar dari saat tercepat untuk menyelesaikan aktivitas-aktivitas yang berakhir pada *event* tersebut, sehingga

$$TE = \max (EF_{(i_1,j)}, EF_{(i_2,j)}, \dots EF_{(i_n,j)})$$

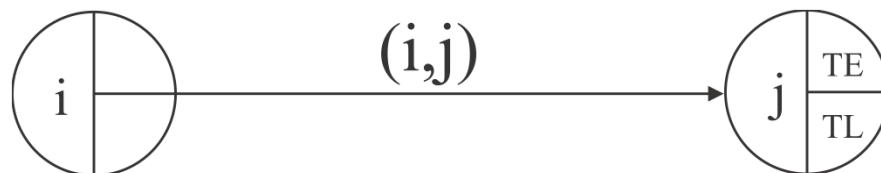
2.2.2.6 Perhitungan Mundur

Setelah melakukan perhitungan maju, langkah selanjutnya melakukan perhitungan mundur. Pada perhitungan mundur, perhitungan bergerak dari *terminal event* menuju ke *initial event*. Tujuannya ialah untuk menghitung saat

paling lambat terjadinya *events* dan saat paling lambat serta saat paling lambat dimulainya dan diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TL, LS dan LF).

Seperti halnya perhitungan maju, pada perhitungan mundur ini pun terdapat tiga langkah, yaitu:

- Pada *terminal event* berlaku $TL=TE$.
- Saat paling lambat untuk memulai suatu aktivitas sama dengan saat paling lambat untuk menyelesaikan aktivitas itu dikurangi dengan durasi aktivitas tersebut, dapat dilihat pada gambar 2.12 di bawah.



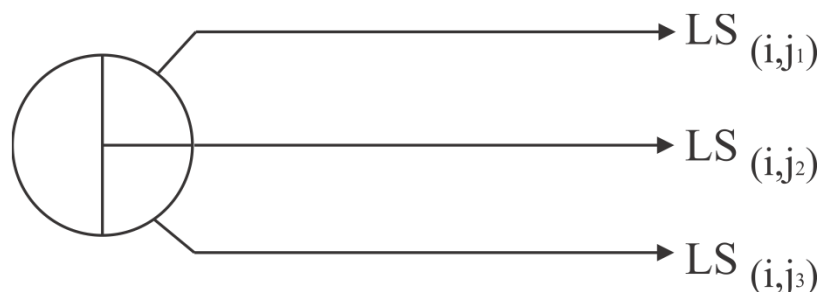
Gambar 2.12 saat paling lambat memulai aktivitas

$$LS = LF - t$$

$$LF_{(i,j)} = TL \text{ dimana } TL = TE \text{ maka,}$$

$$LS_{(i,j)} = TL_{(j)} - t_{(i,j)}$$

- Event* yang mengeluarkan beberapa aktivitas (*burst event*) dapat dilihat pada gambar 2.13 di bawah.



Gambar 2.13 Event yang “mengeluarkan beberapa aktivitas

Setiap aktivitas hanya dapat dimulai apabila *event* yang mendahuluinya telah terjadi. Oleh karena itu saat paling lambat terjadinya sebuah *event* sama dengan

nilai tekecil dari saat-saat paling lambat untuk memulai aktivitas-aktivitas yang berpangkal pada *event* tersebut.

$$TL(i) = \min (LS(i,j_1), LS(i,j_2), \dots, LS(i,j_n))$$

Setelah kedua perhitungan diatas (perhitungan maju dan perhitungan mundur) selesai, barulah *float* dapat dihitung.

2.2.2.7 Perhitungan Float

Setelah perhitungan maju dan perhitungan mundur selesai, maka langkah berikutnya harus dilakukan perhitungan kelonggara waktu dari aktivitas (i, j) yang terdiri dari *total float* dan *free float*.

Untuk menghitung *total float* dan *free float* digunakan rumus sebagai berikut,

$$S_{(i,j)} = TL_{(j)} - TE_{(i)} - (t_{(i,j)})$$

$$SF_{(i,j)} = TE_{(j)} - TE_{(i)} - (t_{(i,j)})$$

Keterangan : $S_{(i,j)}$ = *Total float* dari kejadian i menuju ke j.

$$SF_{(i,j)} = \textit{Free float} \text{ dari kejadian i menuju ke j.}$$

Dalam perhitungan *float* terdapat suatu aktivitas yang tidak mempunyai kelonggaran (*float*), yang biasa disebut sebagai aktivitas/kegiatan kritis. Dengan kata lain, aktivitas kritis mempunyai $S_{(i,j)} = SF_{(i,j)} = 0$ (Dimiyati dan Dimiyati, 1999:188).

Aktivitas-aktivitas kritis akan membentuk lintasan kritis yang dimulai dari *initial event* sampai ke *terminal event*. Aktivitas-aktivitas inilah yang tidak boleh ditunda pelaksanaannya, sehingga jika pelaksanaannya ditunda, akan menimbulkan keterlambatan penyelesaian proyek.

2.2.2.8 Penjadwalan Deterministik

Penjadwalan deterministik adalah penjadwalan yang memperkirakan kurun waktu kegiatan menggunakan satu angka estimasi. Jadi, kurun waktu untuk menyelesaikan pekerjaan dianggap diketahui, dan nanti pada tahap berikutnya, diadakan pengkajian lebih lanjut apakah kurun waktu tersebut dapat diperpendek, misalnya dengan menambah biaya yang dikenal dengan istilah *time cost trade-off*. Metode yang menggunakan cara deterministik adalah metode CPM.

2.2.2.9 Penjadwalan Probabilistik

Penjadwalan probabilistik adalah penjadwalan yang diarahkan kepada usaha mendapatkan kurun waktu yang paling baik (ke arah yang lebih akurat). Untuk maksud ini, digunakan model yang memasukan unsur konsep *probability*. Oleh karena itu, diberikan perkiraan “rentang” (*range*) yang lebih besar dengan menggunakan tiga angka estimasi untuk menyelesaikan suatu kegiatan, yaitu waktu optimistis, paling mungkin, dan pesimistis. Metode yang menggunakan cara probabilistik adalah metode PERT.

2.3 Lintasan Kritis

Pada saat ini, penjadwalan dengan hanya memperhitungkan durasi dan ketergantungan pekerjaan saja tidak cukup. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya faktor-faktor yang harus diperhitungkan dalam menjadwalkan suatu proyek. Salah satu faktor yang paling menentukan adalah waktu penjadwalan suatu proyek. Oleh karena itu, banyak sekali metode yang dikembangkan untuk mengatasi masalah ini, salah satu metode tersebut adalah metode lintasan kritis.

Lintasan kritis suatu proyek adalah lintasan dalam suatu jaringan kerja sedemikian sehingga kegiatan pada lintasan ini memiliki kelambanan nol (Hillier dan Lieberman, 1990).

Lintasan kritis adalah jalur atau jalan yang dilintasi atau dilalui yang paling menentukan berhasil atau gagalnya suatu pekerjaan. Dengan kata lain lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan penyelesaian proyek secara keseluruhan (Badri, 1997).

Lintasan kritis memiliki arti penting dalam pengelolaan proyek karena lintasan kritis merupakan waktu atau durasi penentu penyelesaian proyek. Penundaan atau keterlambatan tugas dalam kategori lintasan kritis menyebabkan penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Keterlambatan tugas dalam kategori lintasan *non*-kritis tidak akan menunda penyelesaian proyek (Trihendradi, 2005).

Metode Lintasan Kritis (*Critical Path Method* - CPM) merupakan metode yang digunakan untuk menjadwalkan pekerjaan-pekerjaan dalam suatu proyek. Dalam metode ini, pekerjaan-pekerjaan dan ketergantungannya dimodelkan dalam suatu jaringan yang kemudian dianalisis untuk mendapatkan waktu tercepat dalam menyelesaikan masing-masing pekerjaan (Wiwoho, 2007).

Menurut Badri (1997) manfaat yang diperoleh jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut.

- a. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh proyek tertunda penyelesaiannya.

- b. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya bila pekerjaan-pekerjaan yang ada di lintasan kritis dapat dipercepat.
- c. Pengawasan atau kontrol hanya diperketat pada lintasan kritis saja, sehingga pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis perlu pengawasan ketat agar tidak tertunda dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya atau lembur.

Time Slack (kelonggaran waktu) terdapat pada pekerjaan-pekerjaan yang tidak dilalui oleh lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi manajer untuk memindahkan tenaga kerja, alat-alat, dan biaya-biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis demi efisiensi (Badri, 1997).

2.4 PERT (Program Evaluation and Review Technique)

Teknik PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) adalah suatu metode yang bertujuan untuk mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan berbagai bagian suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek. Teknik ini memungkinkan dihasilkannya suatu pekerjaan yang terkendali dan teratur, karena jadwal dan anggaran dari suatu pekerjaan telah ditentukan terlebih dahulu sebelum dilaksanakan.

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 (Soeharto, 1999).

Menurut Heizer dan Render (2005), dalam PERT digunakan distribusi peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan, antara lain waktu optimis, waktu paling mungkin (realistis), dan waktu pesimis.

Levin dan Kirkpatrick (1972) menjelaskan bahwa waktu optimis adalah perkiraan waktu yang mempunyai kemungkinan yang sangat kecil untuk dapat dicapai, kemungkinan terjadinya hanya satu kali dari 100, waktu realistis atau waktu yang paling mungkin adalah waktu yang berdasarkan pikiran estimator, sedangkan waktu pesimis adalah suatu perkiraan waktu yang lain yang mempunyai kemungkinan sangat kecil untuk dapat direalisasikan, kemungkinan terjadinya juga hanya satu kali dalam 100. Perkiraan waktu optimis biasanya dinyatakan oleh huruf *a*, waktu realistis oleh huruf *m*, dan waktu pesimis dinyatakan oleh huruf *b*.

Karakteristik proyek menyebabkan durasi aktivitas menjadi hal yang tidak pasti karena dipengaruhi oleh bermacam-macam kondisi yang bervariasi. Metode PERT memberikan asumsi pada durasi aktivitas sebagai hal yang *probabilistic* karena aktivitas konstruksi bervariasi.

2.4.1 Definisi Parameter PERT

Penentuan tiga durasi ini menimbulkan berbagai macam durasi waktu, sehingga estimasi durasi aktivitas masing-masing perencana berbeda-beda karena perbedaan dalam menentukan *a*, *b* dan *m*. Pengertian *a*, *b* dan *m* adalah:

- 1) Durasi aktivitas pada CPM dapat dinyatakan sebagai durasi yang paling mungkin (m) pada PERT. Durasi aktivitas sebenarnya akan menyimpang di sekitar m .
- 2) Durasi optimis (a) adalah durasi yang terjadi saat semua kondisi yang mempengaruhi pelaksanaan konstruksi berbeda pada keadaan optimal.
- 3) Durasi pesimis (b) adalah durasi aktivitas yang dipengaruhi oleh keadaan yang menimbulkan masalah pada proyek

Pengertian dari tiga durasi tersebut masih tidak cukup untuk membantu perencana untuk menentukan a , b dan m . m memiliki pengaruh lebih besar pada a daripada b . Pengaruh ini diketahui dari selisih yang ada antara b dan a . Selisih cukup banyak antara b dan a dapat diasumsikan bahwa te yang diperoleh memiliki tingkat variabilitas yang tinggi daripada selisih b dan a yang lebih kecil. Tingkat variabilitas yang tinggi dari te menunjukkan ketidakpastian yang besar, sehingga sedikit keyakinan terhadap te tersebut. Tingkat variabilitas ini diukur oleh se dan ve . Nilai se dan ve ini berbanding lurus dengan selisih antara b dan a , sehingga se dan ve akan besar jika selisih antara b dan a juga besar.

Penjelasan di atas menyimpulkan bahwa penentuan tiga durasi aktivitas harus memperhatikan tingkat variabilitas yang sekecil mungkin sehingga te yang diperoleh memiliki tingkat keyakinan yang cukup besar.

2.4.2 Langkah-langkah Metode PERT

- 1) Penentuan aktivitas beserta durasinya. PERT menggunakan tiga asumsi durasi aktivitas, yakni a (*optimistic time*), b (*pesimistic time*) dan m (*most likely time*)

- 2) Korelasi waktu dengan *continuous distribution*, serta menentukan *te* (*expected time*), *se* (*standar deviasi*) dan *ve* (*varian*)
- 3) *te* (*expected time*) ditentukan sebagai durasi aktifitas, kemudian dicari jalur kritis seperti halnya CPM
- 4) Tentukan durasi proyek dari lintasan kritis tersebut

Hal-hal tersebut memberi pemahaman terhadap PERT bahwa durasi aktivitas merupakan hal yang *probabilistic*. Asumsi PERT yang harus dilakukan adalah:

- 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.

Penentuan *a*, *b* dan *m* merupakan langkah awal dari PERT, karena ketiga asumsi waktu ini menentukan *te*. Tiga durasi tersebut diasumsikan sebagai fungsi atau generalisasi dari distribusi beta dengan *variable* durasi aktivitas yang berarti durasi PERT merupakan *statistical* data tidak keluar dari daerah distribusi. Fungsi distribusi beta digunakan sebagai dasar untuk menentukan *te* (durasi), *se* (standar deviasi) dan *ve* (varians) PERT sebagai berikut.

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

$$se = (b - a) / 6$$

$$ve = \{ (b - a) / 6 \}^2$$

Keterangan:

te : *expected time*

a : optimistic time

m : most likely

b : pesimistic time

se : standar deviasi

ve : varians

Perumusan tersebut menunjukkan bahwa durasi aktivitas diasumsikan sebagai *continuous probability distribution*, yaitu distribusi beta. Arti *se* dan *ve* adalah sebagai indikator tingkat variabilitas *te* yang kita peroleh. *TE* adalah durasi proyek yang diinginkan merupakan jumlah dari *te*. Perhitungan dimungkinkan adanya dua atau lebih jalur kritis, sehingga sebagai *te* dipilih dengan jalur kritis dengan *ve* paling besar.

2.4.3 Teori Probabilitas

Asumsi tiga durasi aktivitas pada PERT menggunakan analisis statik untuk menentukan perumusannya. Asumsi awal bahwa durasi PERT merupakan fungsi distribusi normal dalam hal ini fungsi distribusi beta, sehingga probabilitasnya juga demikian yang merupakan salah satu *continuous probability distribution*.

Penelitian menggunakan data dari hasil penelitian di lapangan. Data yang diperoleh tersebut terlebih dahulu dibentuk dalam *statistical* data misalnya berupa lengkung normal yang sesuai dengan teori PERT, bahwa semua durasi tidak terlepas dan pola *continuous probability distribution* sehingga penentuan setiap durasi tidak sembarang.

Fungsi distribusi beta simetris pada nilai rata-ratanya. Hal ini merupakan asumsi PERT mengenai durasi aktivitas sehingga variabel acak yang mendekati

distribusi normal. Penentuan probabilitas durasi aktivitas menggunakan *central limit theorem*, yakni suatu teori matematis yang menggabungkan aktivitas PERT dengan salah satu *continuous probability distribution*. Distribusi beta di sini adalah untuk menentukan probabilitas durasi pada jalur kritis.

Central limit theorem menyatakan jika ukuran sampel besar, distribusinya mendekati normal, meskipun distribusi populasi adalah *continuous, diskret, simetris* maupun *skewed*, *central limit theorem* menetapkan selama varian populasi terhingga. Distribusi sampel mendekati normal, jika ukuran sampel cukup besar. Asumsi PERT dianggap cukup konsisten dengan *central limit theorem* karena durasi aktivitas dianggap membentuk distribusi normal dengan anggapan bahwa durasi aktivitas adalah variabel.