

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Proyek

Proyek merupakan bagian dari program kerja suatu organisasi yang sifatnya temporer untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia.

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto,1999). Proyek memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Sasaran jelas dan terjadi satu kali.
- b. Memiliki tujuan tertentu berupa hasil akhir.
- c. Adanya batasan awal dan akhir pelaksanaan proyek.
- d. Bersifat sementara karena siklus proyek relatif pendek.
- e. Adanya batasan tenaga kerja yang tersedia, anggaran dan batasan terhadap biaya.

2.2 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah ilmu yang merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (H. Kerzner, 1984).

2.2.1 Manajemen Waktu Proyek

Dengan menerapkan manajemen waktu proyek, sebuah proyek dapat diselesaikan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Oleh karena itu, terdapat beberapa proses dalam mengendalikan waktu proyek, yaitu:

1. Mendefinisikan aktivitas proyek;
2. Urutan aktivitas proyek;
3. Estimasi aktivitas sumber daya proyek;

4. Estimasi durasi kegiatan proyek;
5. Membuat jadwal proyek;
6. Mengontrol dan mengendalikan jadwal proyek.

2.3 Penjadwalan Proyek

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 dengan *progress* waktu untuk penyelesaian proyek.

2.3.1 Jenis Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek digunakan untuk menghitung perhitungan maju dan perhitungan mundur. Penjadwalan ini terbagi menjadi dua macam, yaitu:

a. Penjadwalan Maju

Dalam penjadwalan maju, kegiatan dimulai lebih awal sehingga dapat terselesaikan sebelum batas waktu yang dijanjikan dan memiliki konsekuensi terjadinya akumulasi persediaan hingga hasil pekerjaan itu diperlukan pada pusat kerja berikutnya.

b. Penjadwalan Mundur

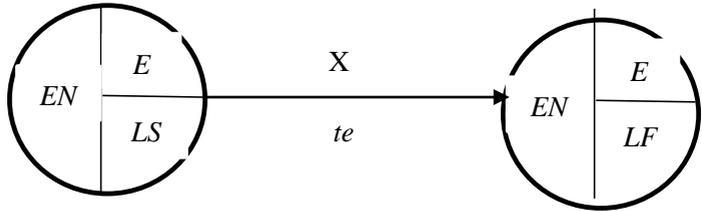
Kegiatan operasi yang terakhir dijadwalkan lebih dulu, yang selanjutnya menentukan jadwal untuk kegiatan sebelumnya secara mundur.

2.3.2 Terminologi dan Kaidah Dasar Penjadwalan Proyek

Untuk menyusun urutan kegiatan berdasarkan logika ketergantungan, maka terlebih dahulu perlu mengenal terminologi dan kaidah dasar jaringan kerja sebagai berikut:

- a. kegiatan yang merupakan komponen proyek dan hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain dapat disajikan menggunakan dua macam tanda jaringan kerja, yaitu:
 1. AOA (*Activity on Arrow*), kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa. Nama dan kurun waktu kegiatan berturut-turut ditulis

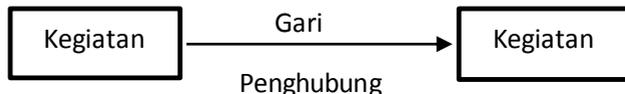
di atas dan di bawah anak panah seperti pada Gambar 2.1. Contoh jaringan AOA adalah metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*).



Gambar 2.1 Hubungan Peristiwa dan Kegiatan pada AOA

Untuk penjelasan lebih lanjut Gambar 2.1 dapat dilihat pada Subbab 2.8.2.

2. AON (*Activity on Node*), kegiatan yang ditulis dalam bentuk kotak atau lingkaran. Anak panah hanya menjelaskan hubungan ketergantungan antara dua kegiatan. Contohnya metode PDM (*Precedence Diagram Method*).



Gambar 2.2 Hubungan Antar Kegiatan pada AON

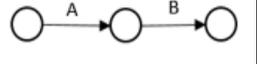
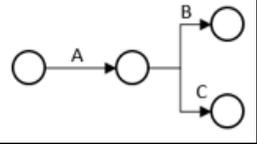
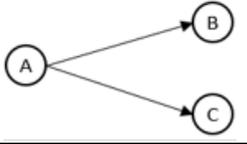
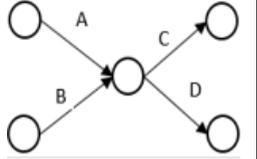
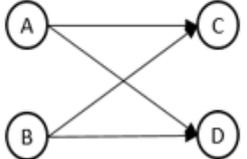
- b. Analisis jaringan kerja memecah lingkup proyek menjadi kegiatan-kegiatan yang merupakan komponennya, yaitu kurun waktu, tanggal mulai dan akhir. Atribut kegiatan ini memiliki sifat sebagai berikut:
 1. Memerlukan waktu dan sumber daya.
 2. Waktu mulai dan berakhir dapat diukur atau diberi tanda.
 3. Dapat berdiri sendiri atau dikelompokkan menjadi struktur rincian lingkup kerja.

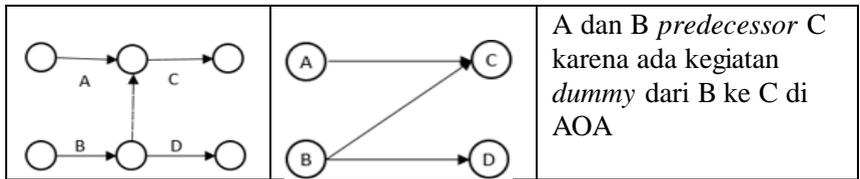
- c. Peristiwa atau kejadian (*event*) adalah suatu titik waktu dimana semua kegiatan-kegiatan sebelumnya (*predecessor*) sudah selesai, dan kegiatan sesudah itu (*sucessor*) dapat dimulai.
- d. Node *i* berada di ekor anak panah, sedangkan node *j* berada di kepala. Tetapi node *j* akan menjadi node *i* untuk kegiatan berikutnya.
- e. *Dummy* adalah anak panah yang menjelaskan hubungan ketergantungan antar dua kegiatan, tidak memerlukan sumber daya dan tidak membutuhkan waktu.
- f. Penyajian grafis jaringan kerja yang tidak membutuhkan skala, kecuali untuk keperluan-keperluan tertentu.

2.4 Perbedaan AOA dan AON

Penulisan diagram jaringan kerja pada AOA dan AON berbeda seperti penjelasan Subbab 2.3. Berikut contoh dalam tabel penulisan kedua klasifikasi dengan situasi yang berbeda.

Tabel 2.1 Perbedaan AOA dan AON

AOA	AON	Keterangan
a. Kegiatan B dimulai setelah kegiatan A selesai		
		A <i>predecessor</i> B, B <i>successor</i> A
b. Kegiatan B dan C dapat dimulai setelah kegiatan A selesai		
		A <i>predecessor</i> B dan C, B dan C <i>successor</i> A
c. Kegiatan C dan D dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai		
		A dan B <i>predecessor</i> C dan D, C dan D <i>successor</i> A dan B
d. Hubungan ketergantungan dengan memakai <i>dummy</i> pada AOA		



2.5 Jaringan Kerja

Jaringan kerja adalah untuk memperlihatkan urutan pekerjaan, kapan dimulai, dan kapan proyek secara keseluruhan selesai (Santosa, 1997). Jaringan kerja berguna untuk:

1. Menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks.
2. Membuat perkiraan jadwal proyek yang paling ekonomis.
3. Mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya.

Adapun teknik dalam menyusun jaringan kerja sebagai berikut (Soeharto, 1999):

1. Identifikasi lingkup proyek dan menguraikannya menjadi komponen-komponen kegiatan.
2. Komponen-komponen kegiatan sesuai urutan logika ketergantungan menjadi jaringan kerja.
3. Memberikan perkiraan kurun waktu masing-masing kegiatan.
4. Identifikasi jalur kritis, *float*, dan kurun waktu penyelesaian proyek.
5. Meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumber daya.

2.6 PDM (*Precedence Diagram Method*)

PDM merupakan analisa jaringan kerja yang termasuk dalam klasifikasi AON (*Activity On Node*) dan dikembangkan oleh J. W. Fondahl dari Stanford University pada awal dekade 1960-an. Metode ini menggunakan pendekatan deterministik dengan memakai satu angka estimasi dan dituliskan dalam bentuk segi empat yang berfungsi untuk menandai suatu kegiatan, identitas kegiatan dan kurun waktunya. Sedangkan anak panah sebagai petunjuk hubungan antara

dua kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian, *dummy* tidak diperlukan dalam metode ini. Pada Tabel 2.2 merupakan bentuk umum jaringan kerja metode PDM.

Tabel 2.2 Jaringan Kerja PDM

<i>Early Start</i>	<i>Duration</i>	<i>Early Finish</i>
<i>Event Code</i>		
<i>Late Start</i>	<i>Slack</i>	<i>Late Finish</i>

2.6.1 Kelebihan dan Kelemahan PDM

PDM memiliki kelebihan dan kelemahan dalam menyusun jaringan kerja. Kelebihan PDM yaitu:

- a. Penjadwalan proyek berupa diagram jaringan dengan hubungan ketergantungannya yang jelas.
- b. Ditunjukkan dengan garis/ anak panah.
- c. Digunakan untuk proyek yang mempunyai kegiatan tumpang tindih atau *overlapping*.
- d. Dapat menunjukkan hubungan logika ketergantungan antara dua kegiatan secara spesifik.
- e. Menunjukkan lintasan kritis kegiatan proyek sehingga jika terjadi keterlambatan proyek, prioritas pekerjaan proyek yang akan dikoreksi menjadi mudah dilakukan.

Sedangkan kelemahannya yaitu:

- a. Belum dapat memperlihatkan perhitungan kecepatan produksi dan hambatan atau gangguan antar kegiatan.

- b. Kegiatan yang berulang akan dijumpai dengan penumpukan pekerjaan.
- c. Adanya percepatan waktu mulai item pekerjaan mendahului item pekerjaan sebelumnya.
- d. Adanya penambahan sumber daya manusia untuk mengerjakan item pekerjaan yang mulai dikerjakan sebelum pekerjaan yang mnedahuluinya selesai.
- e. Tidak dapat mempertahankan kontinuitas tingkat produktifitas kegiatan berulang.

2.6.2 Faktor PDM

Dalam menyusun jaringan PDM, khususnya menentukan urutan ketergantungan, maka lebih banyak faktor yang harus diperhatikan daripada metode PERT dengan asumsi kegiatan A, B, dan C. Berikut beberapa faktor yang harus dianalisis sebelum menyusun jaringan PDM, yaitu:

- a. Kegiatan mana yang boleh mulai setelah kegiatan A selesai dan berapa lama jarak waktu antara selesainya kegiatan A dan mulainya kegiatan berikutnya.
- b. Sebelum kegiatan B dimulai, berapa lama tenggang waktunya.
- c. Kegiatan mana yang harus dimulai setelah kegiatan C mulai dan berapa lama waktunya.

2.6.3 Node dan Atribut dalam PDM

Node terbagi menjadi kompartemen kecil yang berisi keterangan spesifik kegiatan dan atribut yang berisi peristiwa yang bersangkutan. Macam-macam atribut PDM adalah:

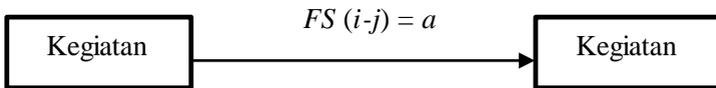
- a. Kurun waktu kegiatan: D
- b. Identitas kegiatan: Nomor dan nama kegiatan
- c. Mulai dan selesainya kegiatan
 - *ES (Earliest Start)*: waktu mulai paling awal
 - *EF (Earliest Finish)*: waktu selesai paling awal
 - *LS (Latest Start)*: waktu paling akhir kegiatan boleh mulai
 - *LF (Latest Finish)*: waktu paling akhir kegiatan boleh selesai.

2.6.4 Konstrain, Lead, dan Lag

Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari *node* sebelumnya ke *node* selanjutnya. Pada konstrain ditambahkan penjelasan waktu mendahului (*lead time*) atau waktu terlambat tertunda (*lag time*). Satu konstrain terdapat dua *node* yaitu awal (*S*) dan akhir (*F*), sehingga terdapat konstrain, yaitu:

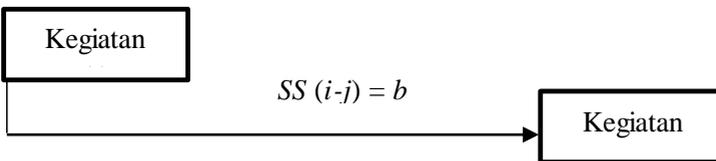
1. Konstrain *FS* (*Finish to Start*)

Hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya (*start*) kegiatan berikutnya (*successor*) bergantung pada selesainya (*finish*) kegiatan sebelumnya (*predecessor*). *FS* terbagi menjadi tiga macam, yaitu: *FS* dengan *lag* = 0, *FS* dengan *lag* positif, *FS* dengan *lag* negatif. *Lag* dinotasikan dengan *a*.



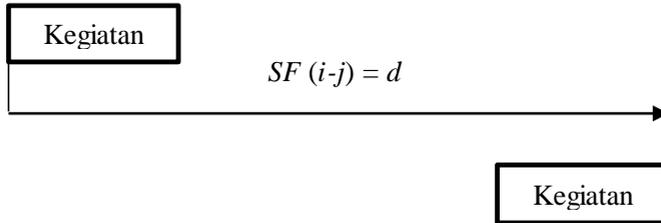
2. Konstrain *SS* (*Start to Start*)

Hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya (*start*) kegiatan berikutnya (*successor*) bergantung pada mulainya (*start*) kegiatan sebelumnya (*predecessor*). *SS* terbagi menjadi tiga macam, yaitu: *SS* dengan *lag* = 0, *SS* dengan *lag* positif, *SS* dengan *lag* negatif. Simbol *b* disebut *lead time*.



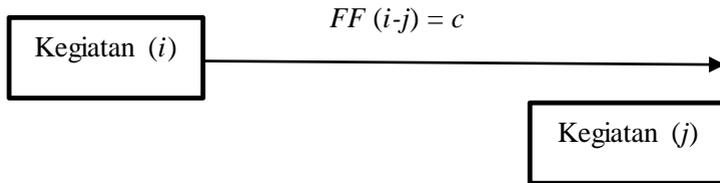
3. Konstrain *SF* (*Start to Finish*)

Hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya (*finish*) kegiatan berikutnya (*successor*) bergantung pada mulainya (*start*) kegiatan sebelumnya (*predecessor*). *SF* terbagi menjadi tiga macam, yaitu: *SF* dengan *lag* = 0, *SF* dengan *lag* positif, *SF* dengan *lag* negatif. Simbol *d* disebut *lead time*.



4. Konstrain *FF* (*Finish to Finish*)

Hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya (*finish*) kegiatan berikutnya (*successor*) bergantung pada selesainya (*finish*) kegiatan sebelumnya (*predecessor*). *FF* terbagi menjadi tiga macam, yaitu: *FF* dengan *lag* = 0, *FF* dengan *lag* positif, *FF* dengan *lag* negatif. *lag* dinotasikan dengan *c*.



2.6.5 Identifikasi Jalur Kritis dengan PDM

Untuk mengidentifikasi dan menentukan jalur kritis dengan parameter yang bertambah banyak, maka perhitungan akan lebih kompleks dan banyak faktor yang diperhatikan. Oleh karena itu, terlebih dahulu harus menyelesaikan perhitungan, yaitu:

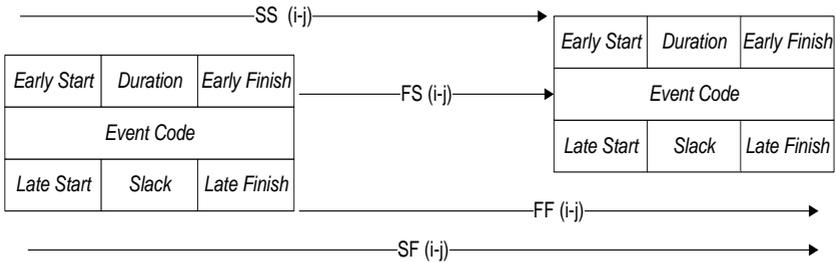
a. Perhitungan Maju

Berlaku untuk:

1. Menghasilkan *ES*, *EF*, dan kurun waktu penyelesaian proyek
2. Diambil angka *ES* terbesar jika lebih dari satu kegiatan bergabung.
3. Notasi *i* untuk kegiatan sebelumnya dan *j* untuk kegiatan yang ditinjau.
4. Waktu awal dianggap nol.

Berikut merupakan Tabel 2.3 dan rumus perhitungan maju dan perhitungan mundur dengan empat konstrain:

Tabel 2.3 Menghitung *ES*, *EF*, *LS*, dan *LF*



$$ES(j) = maks \begin{cases} ES(i) + SS(i - j), \\ ES(i) + SF(i - j) - D(j), \\ EF(i) + FS(i - j), \\ EF(i) + FF(i - j) - D(j) \end{cases}$$

$$EF(j) = ES(j) + D(j)$$

keterangan;

ES(j): waktu mulai paling awal suatu kegiatan yang sedang ditinjau

ES(i): waktu mulai paling awal suatu kegiatan yang sebelumnya

EF(i): waktu selesai paling awal suatu kegiatan sebelumnya

EF(j): waktu selesai paling awal suatu kegiatan yang sedang ditinjau

D(j): kurun waktu kegiatan yang bersangkutan

a. Perhitungan Mundur

Berlaku untuk:

1. Menentukan *LS*, *LF*, dan kurun waktu *float*.
2. Bisa lebih dari satu kegiatan bergabung diambil angka *LS* terkecil.
3. Notasi *i* untuk kegiatan yang ditinjau dan *j* untuk kegiatan berikutnya.

$$LF(i) = \min \left\{ \begin{array}{l} LF(j) - FF(i - j), \\ LF(j) - SF(i - j) + D(i), \\ LS(j) - FS(i - j), \\ LS(j) - SS(i - j) + D(i) \end{array} \right.$$

$$LS(i) = LF(i) - D(i)$$

Keterangan:

$LF(i)$ = waktu selesai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau

$LS(i)$ = waktu mulai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau

$LF(j)$ = waktu selesai paling akhir kegiatan yang sebelumnya

$LS(j)$ = waktu mulai paling akhir kegiatan yang sebelumnya

$D(i)$ = kurun waktu yang bersangkutan

2.6.6 Jalur Kritis dan *Float*

Aktivitas kritis merupakan kegiatan yang berpengaruh terhadap pengerjaan proyek. Jika sebuah kegiatan kritis terlambat, maka proyek akan mengalami keterlambatan juga. Sifat kritis ini disebabkan karena kegiatan tersebut tidak mempunyai waktu tenggang (*float*). *Float* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LF - EF = 0 \text{ atau } LS - ES = 0$$

Jalur dan kegiatan kritis memiliki sifat sebagai berikut (Soeharto, 1999):

- a. Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama ($ES = LS$)
- b. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ($EF = LF$)
- c. Kurun waktu kegiatan sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal ($LF - ES = D$)

2.7 PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

PERT adalah sebuah model *Management Science* untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek (Siswanto, 2007).

PERT merupakan analisa jaringan kerja yang diperkenalkan oleh Booz Allen Hamilton pada tahun 1958. PERT termasuk dalam klasifikasi AOA (*Activity On Arrow*) yang direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan (Soeharto, 1999). Dengan menggunakan pendekatan probabilistik, PERT memakai tiga angka estimasi untuk menyelesaikan suatu kegiatan, yaitu:

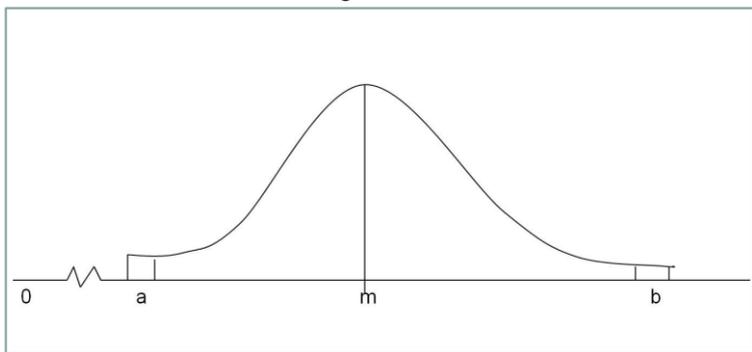
- Kurun waktu optimistik (*optimistic duration time*), adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan dengan baik. waktu yang digunakan hanya sekali dalam seratus kali jika kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama. Biasanya dinotasikan dengan huruf “*a*”.
- Kurun waktu paling mungkin (*most likely time*), adalah waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama. Biasanya dinotasikan dengan huruf “*m*”.
- Kurun waktu pesimistik (*pessimistic duration time*), adalah waktu terlama untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya serba tidak baik. Waktu demikian dilampaui hanya sekali dalam seratus kali jika kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama. Biasanya dinotasikan dengan huruf “*b*”.

Mengingat besarnya pengaruh angka *a*, *m*, dan *b* dalam metode PERT, maka hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan angka estimasi, diantaranya:

- Estimator perlu mengetahui fungsi dari *a*, *m*, dan *b* dalam hubungannya dengan perhitungan dan pengaruhnya terhadap metode PERT.
- Pada proses estimasi angka *a*, *m*, dan *b* masing-masing kegiatan jangan sampai dipengaruhi atau dihubungkan dengan target kurun waktu penyelesaian proyek.
- Jika tersedia data terdahulu (*historical record*), maka data demikian akan berguna sebagai pembandingan dan banyak membantu mendapatkan hasil yang akurat.

Setelah menentukan nilai a , m , dan b , selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka menjadi satu angka yang disebut te . Te (*expected duration time*) merupakan angka rata-rata jika suatu kegiatan dilakukan berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Berikut rumus untuk menentukan nilai te pada Persamaan (2.1) dan grafik yang menjelaskan letak a , m , dan b pada kurva distribusi beta seperti Gambar 2.3.

$$te = \frac{a+4m+b}{6} \quad (2.1)$$



Gambar 2.3 Kurva Distribusi Beta dengan Letak a , m , dan b

2.7.1 Kelebihan dan Kekurangan PERT

Menurut Jay Heizer & Barry Render (2006) kelebihan PERT adalah:

1. Sangat berguna terutama saat menjadwalkan dan mengendalikan proyek.
2. Konsep yang lugas atau secara langsung dan tidak memerlukan perhitungan matematis yang rumit.
3. Jaringan grafis membantu melihat hubungan antar kegiatan secara cepat.
4. Analisis jalur kritis dan waktu *slack* membantu menunjukkan kegiatan yang perlu diperhatikan lebih dekat.
5. Dapat diterapkan untuk proyek yang bervariasi.

6. Berguna dalam mengawasi jadwal dan biaya.

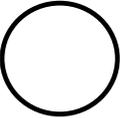
Sedangkan kekurangan PERT adalah:

1. Cenderung terlalu optimis dalam menetapkan waktu penyelesaian sebuah proyek.
2. Perkiraan atas waktu yang dibutuhkan bagi masing-masing kegiatan bersifat subjektif dan tergantung pada asumsi.

2.7.2 Simbol yang Digunakan pada PERT

Untuk dapat memahami diagram jaringan kerja pada PERT, perlu mengetahui hubungan antar simbol yang ada. Simbol-simbol tersebut sebagai berikut:

Tabel 2.4 Simbol PERT

Simbol	Keterangan
	Anak panah tebal menggambarkan lintasan kritis pada diagram jaringan kerja.
	Lingkaran menggambarkan peristiwa (<i>events</i>). Setiap kegiatan selalu dimulai dan diakhiri dengan peristiwa.
	Anak panah putus-putus (<i>dummy</i>) menunjukkan suatu kegiatan semu. <i>Dummy</i> diperlukan untuk menggambarkan adanya hubungan antara dua kegiatan semu dengan nilai nol.
	Anak panah menggambarkan kegiatan (<i>activity</i>). Arahnya menunjukkan arah kegiatan, sehingga dapat diketahui kegiatan yang mendahului ataupun kegiatan yang mengikutinya.

Selanjutnya, pengertian waktu kegiatan jaringan kerja seperti Gambar 2.1 pada Subbab 2.3.2 adalah sebagai berikut:

- *ES (earliest activity start time)* menunjukkan saat paling awal suatu kegiatan dapat dimulai.

- *EF* (*earliest activity finish time*) menunjukkan saat paling awal selesainya suatu kegiatan.
- *LS* (*latest activity start time*) menunjukkan saat paling lambat suatu kegiatan harus dimulai.
- *LF* (*latest activity finish time*) menunjukkan saat paling lambat suatu kegiatan harus sudah selesai.
- *EN* (*event number*) menunjukkan nomor kegiatan.
- *te* menunjukkan kurun waktu yang diharapkan pada kegiatan.
- *X* merupakan nama kegiatan diagram kerja.

2.7.3 Identifikasi Jalur Kritis dan Waktu Mengambang (*Slack*) pada PERT

Jalur kritis merupakan jalur dengan jumlah waktu yang paling lama dibandingkan dengan jalur lain yang mungkin. Menurut Soeharto (1999), dengan menggunakan konsep *te*, nilai waktu paling awal peristiwa terjadi (*EF*) dan nilai waktu paling akhir peristiwa terjadi (*LF*) maka identifikasi jalur kritis terbagi menjadi dua macam yaitu:

a. Perhitungan Maju

Aturan yang berlaku sebagai berikut:

1. Kecuali kegiatan awal, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya selesai.
2. Waktu paling awal sama dengan nol.
3. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan ke-*j* sama dengan waktu mulai paling awal kegiatan ke-*i* ditambah kurun waktu (*D*) kegiatan yang bersangkutan.

$$ES(j) = \text{maks}\{ES(i) + D\}$$

4. Jika suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulunya, maka nilai *ES* adalah *EF* terbesar dari kegiatan tersebut.

b. Perhitungan Mundur

Aturan yang berlaku sebagai berikut:

1. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan, yaitu dari hasil terakhir perhitungan maju.
2. Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan ke- i adalah sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan ke- j dikurangi kurun waktu (D) kegiatan yang bersangkutan.

$$LF(i) = \min\{LF(j) - D\}$$

3. Jika suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulunya, maka waktu paling akhir (LF) adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang paling kecil.

Dan *slack* pada jalur kritis berlaku:

$$Slack = 0 \text{ atau } ES - LF = 0 \quad (2.2)$$

2.7.4 Deviasi Standar dan Variansi pada PERT

Rentang waktu pada PERT menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Parameter yang digunakan adalah deviasi standar dan variansi. Berdasarkan ilmu statistik, angka deviasi standar adalah $\frac{1}{6}$ dari rentang distribusi ($b-a$) atau dapat ditulis:

Deviasi Standar Kegiatan

$$S(te) = \frac{1}{6}(b - a) \quad (2.3)$$

Variansi Kegiatan

$$Var(te) \rightarrow \sigma^2 = \left[\left(\frac{1}{6}\right)(b - a)\right]^2 \quad (2.4)$$

2.7.5 Teori Probabilitas

Teori probabilitas digunakan untuk mengkaji dan mengukur ketidakpastian (*uncertainty*) serta mencoba menjelaskan secara kuantitatif (Soeharto, 1995). Dalam penelitian ini menggunakan dua macam distribusi, yaitu:

1. Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan probabilitas yang paling banyak digunakan dalam berbagai analisis statistika. Pada metode PERT digunakan rumus standar baku untuk memperkirakan probabilitas waktu penyelesaian yang dijadwalkan ($T(d)$). Rumus Normal Standar (z), yaitu:

$$z = \frac{T(d) - te}{\sigma^2} \quad (2.5)$$

2. Distribusi Beta

Distribusi beta merupakan distribusi yang bertipe kontinu dengan adanya fungsi kepadatan peluang dari distribusi Beta adalah:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, & 0 < x < 1, \alpha, \beta > 0 \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$$

Dimana α dan β adalah parameter distribusi beta, dan $B(\alpha, \beta)$ merupakan fungsi beta, yaitu:

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha + \beta)}$$

Γ adalah fungsi gamma, sehingga fungsi kepadatan distribusi beta dapat diubah menjadi:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, & 0 < x < 1, \alpha, \beta > 0 \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$$

Untuk mengestimasi rata-rata (*mean*) probabilitas dari waktu kegiatan, diasumsikan sebuah bentuk fungsional untuk distribusi probabilitas tersebut. Distribusi beta digunakan dalam metode PERT karena memiliki sifat yang memuat keseluruhan antar suatu interval terbatas seperti a sebagai optimis suatu kegiatan, b sebagai waktu pesimis, dan m sebagai waktu yang paling mungkin.

