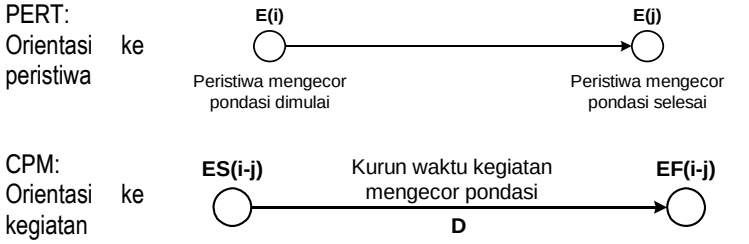
Pertemuan ke-11

Teknik Evaluasi dan Review Proyek (PERT)

11.1 Pendahuluan

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 (uncertainly) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. Situasi ini misalnya dijumpai pada proyek penelitian dan pengembangan, sampai menjadi produk yang sama sekali baru. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (range), yaitu dengan memakai tiga angka estimasi. PERT juga memperkenalkan parameter lain yang mencoba "mengukur" ketidakpastian tersebut secara kuantitatif seperti "deviasi standar" dan varians. 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.

PERT mula-mula diperkenalkan dalam rangka merencanakan dan mengendalikan proyek besar dan kompleks, yaitu pernbuatan peluru-kendali polaris yang dapat diluncurkan dari kapal selam di bawah permukaan air. Proyek tersebut melibatkan beberapa ribu kontraktor dan rekanan di mana pemilik proyek berkeinginan mengetahui apakah peristiwa-peristiwa yang memiliki arti penting dalam penyelenggaraan proyek, seperti *milestone* dapat dicapai oleh mereka, atau bila tidak, seberapa jauh menyimpangnya. Hal ini menunjukkan PERT lebih berorientasi ke terjadinya peristiwa *(event oriented)* sedangkan CPM condong ke orientasi kegiatan *(activity oriented).*



Gambar 11.1 Perbandingan kegiatan PERT vs CPM

11.2 Persamaan & Perbedaaan CPM dengan PERT

Persamaan:

- Sama-sama menggunakan diagram anak panah (activity on arrow) untuk menggambarkan kegiatan proyek
- Sama-sama mengenal istilah jalur kritis dan float (slack)

Perbedaan: Terletak pada estimasi kurun waktu

Pada PERT menggunakan 3 angka estimasi, yaitu:

a = kurun waktu optimistik (*optimistic duration time*)

Waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan segala sesuatunya berjalan mulus. Waktu demikian diungguli hanya sekali dalarn seratus kali bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

m = kurun waktu paling mungkin (*most likely time*)

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

b = kurun waktu pesimistik (pessimistic duration time)

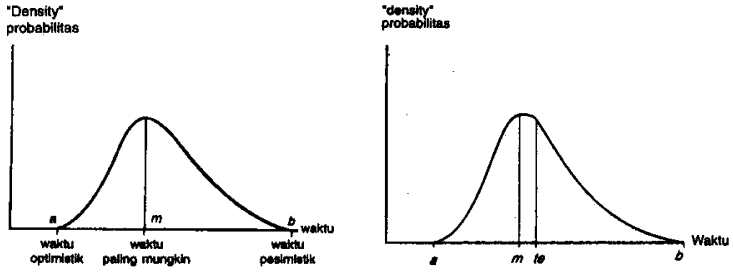
Waktu yang paling lama untuk rnenyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik. Waktu demikian dilampaui hanya sekali dalam seratus kali, bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

11.3 Kurun Waktu Yang Diharapkan (te) *(expected duration time)*

Angka *te* adalah angka rata-rata kalau kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah yang besar.

Asumsi penentuan te adalah kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik (a) dan pesimistik *(b)* adalah sama. Sedangkan jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin (m) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa tersebut di atas. Asumsi tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$te = (a + 4m + b) (1 / 6) \qquad \text{Persamaan (1)}$$



Gambar 11.2 : Kurva distribusi asimetris (beta) dengan letak a, b, m dan te

Bila garis tegak lurus dibuat melalui te, maka garis tersebut akan membagi dua sama besar area yang berada di bawah kurva beta distribusi, seperti terlihat pada Gambar 11.2. Perlu ditekankan di sini perbedaan antara kurun waktu yang diharapkan (te) dengan kurun waktu yang paling mungkin (m). Angka m menunjukkan angka "terkaan" atau perkiraan oleh seorang estimator. Sedangkan te adalah hasil dari rumus perhitungan matematis.
Contoh:

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

Maka → te = (4 + 4 x 5 + 9) (1 / 6)
= 55 hari

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

11.4 Estimasi angka – angka a, b, dan m

Sama halnya dengan CPM, maka mengingat besarnya pengaruh angka-angka a, *b* dan m dalam metode PERT, maka beberapa hal perlu diperhatikan dalam estimasi besarnya angka-angka tersebut. Di antaranya:

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

Jadi yang perlu digarisbawahi di sini adalah estimasi angka a, b dan m, hendaknya bersifat berdiri sendiri, artinya bebas dari karena bila ini

terjadi akan banyak mengurangi faedah metode PERT yang menggunakan unsur *probability* dalam merencanakan kurun waktu kegiatan.

11.5 Identifikasi Jalur Kritis dan Slack

Dengan menggunakan konsep te dan angka-angka waktu paling awal peristiwa terjadi (the earliest time of occurance – TE), dan waktu paling akhir peristiwa terjadi (the latest time of occurance – TL) maka identifikasi kegiatan kritis, jalur kritis dan slack dapat dikerjakan seperti halnya pada CPM, seperti:

$$(TE)_{-j} = (TE)_{-i} + te\ (i - j)$$
$$(TL)_{-i} = (TL)_{-j} - te\ (i - j)$$

Pada jalur kritis berlaku (seperti menentukan float total pada CPM):

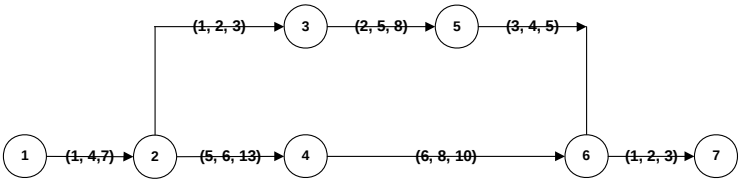
$$\text{Slack} = -0 \text{ atau } (TL) - (TE) = 0$$

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

$$(TE)\text{-}4 = (TE)\text{-}1 + te(1\text{-}2) + te(2\text{-}3) + te(3\text{-}4)$$

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

Contoh perhitungan menentukan jalur kritis dan slack proyek sederhana yang terdiri dari tujuh kegiatan seperti gambar 11.3. Angka a, m, dan b ditulis pada anak panah.

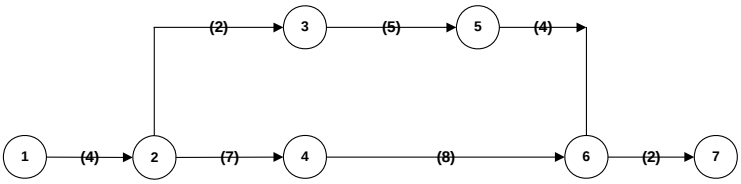


Gambar 11.3 Jaringan kerja dengan angka-angka a, m, dan b

Untuk mendapatkan te masing-masing kegiatan dipergunakan rumus pada persamaan 1 sebagai berikut:

$te(1\text{-}2) = (1/6)(1 + 4 \times 4 + 7) = 4$
$te(2\text{-}3) = (1/6)(1 + 4 \times 2 + 3) = 2$
$te(2\text{-}4) = (1/6)(5 + 4 \times 6 + 13) = 7$
$te(3\text{-}5) = (1/6)(2 + 4 \times 5 + 8) = 5$
$te(4\text{-}6) = (1/6)(6 + 4 \times 8 + 10) = 8$
$te(5\text{-}6) = (1/6)(3 + 4 \times 4 + 5) = 4$
$te(6\text{-}7) = (1/6)(1 + 4 \times 2 + 3) = 2$

Dengan membubuhkan angka te menggantikan a, m, dan b maka jaringan menjadi seperti Gambar 11.4.



Gambar 11.4 Jaringan kerja dengan angka te

Setelah nilai te diperoleh, prinsip perhitungan selanjutnya adalah sama dengan CPM. Perhitungan ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 11.1 Hasil Perhitungan TE, TL, dan Slack

Peristiwa (event)	Kurun Waktu (te)	(TE)	(TL)	Slack (TL) – (TE)
1	-	0	0	0
2	1-2 (4)	4	4	0
3	2-3 (2)	6	10	4
4	2-4 (7)	11	11	0
5	3-5 (5)	11	15	4
6	4-6 (8)	19	19	0
	5-6 (4)	15	19	4
7	6-7 (2)	21	21	0

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan :
1 – 2 – 4 – 6 – 7 dengan total waktu penvelesaian proyek = 21 satuan waktu. Sedangkan jalur nonkritis ialah 2 – 3 – 5 – 6 dengan total slack = 4 satuan waktu.
Perhitungan di atas belum memasukkan faktor deviasi standar atau varians masing-masing kegiatan komponen proyek yang merupakan salah satu konsep penting PERT.

11.6. Deviasi Standar Kegiatan dan Varians Kegiatan

Estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT memakai rentang waktu dan bukan satu kurun waktu yang relatif mudah dibayangkan. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Berapa besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperlukan untuk a dan b. Pada PERT parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai Deviasi

Standar dan Varians. Berdasarkan ilmu statistik, angka deviasi standar adalah sebesar 1/6 dari rentang distribusi (b-a) atau bila ditulis sebagai rumus menjadi sebagai berikut:

Deviasi Standar Kegiatan:

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

Varians Kegiatan:

$$V(te) = S^2 = [(\frac{1}{6})(b - a)]^2 \qquad \text{Persamaan (3)}$$

Meskipun kegiatan dua atau lebih kegiatan memiliki te sama besarnya, tetapi besar rentang waktu untuk masing-masing kegiatan belum tentu sama besarnya juga.

Contoh:

Tabel 11.2 : Kegiatan A dan B dengan te sama besar = 6

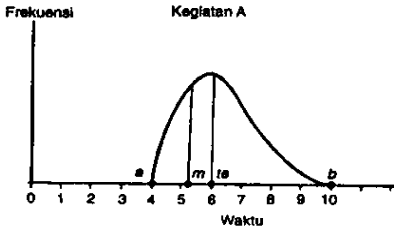
Kegiatan	Kurun Waktu		Paling mungkin (m)	Kurun Waktu yang diharapkan (te)
	Optimistik (a)	Pesimistik (b)		
A	4	10	5,5	6
B	2	14	5,0	6

Kegiatan A

$$te = \frac{4 + 22 + 10}{6} = 6$$

$$S = \frac{1}{6}(10 - 4) = 1{,}0$$

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



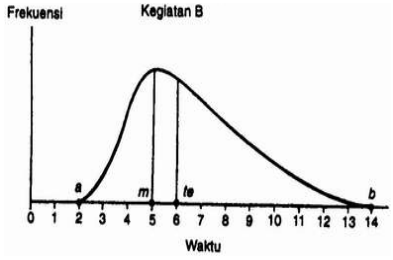
Gambar 11.5

Kegiatan B

$$te = \frac{2 + 20 + 14}{6} = 6$$

$$S = \frac{1}{6}(14 - 2) = 2{,}0$$

$$V(te) = (\frac{12}{6})^2 = 4$$



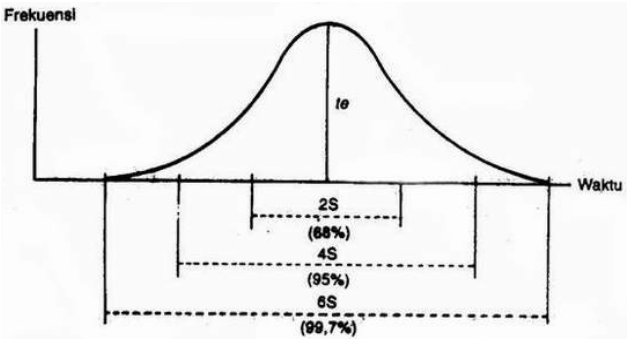
Gambar 11.6

Dari contoh di atas terlihat bahwa meskipun kegiatan A dan B memiliki te sama besarnya, tetapi besar rentang waktu untuk A (10 – 4 = 6) jauh

berbeda dibanding B (14 – 2 = 12). Ini berarti kegiatan B mernpunyai derajat ketidakpastian lebih besar dibanding kegiatan A dalarn kaitannya dengan estimasi kurun waktu. Garnbar 11.5 dan 11.6 memperlihatkan bila contoh di atas disajikan dengan grafik.

11.6 Deviasi Standar Peristiwa dan Varians Peristiwa

Menurut “J. Moder 1983" berdasarkan teori "Central Limit Theorem” maka kurva distribusi peristiwa atau kejadian (event time distribution curve) bersifat simetris disebut Kurva Distribusi Normal. Kurva ini berbentuk genta seperti terlihat pada Gambar 11.7



Gambar 11.7: Kurva distribusi untuk peristiwa kejadian disebut kurva distribusi normal dan berbentuk genta.

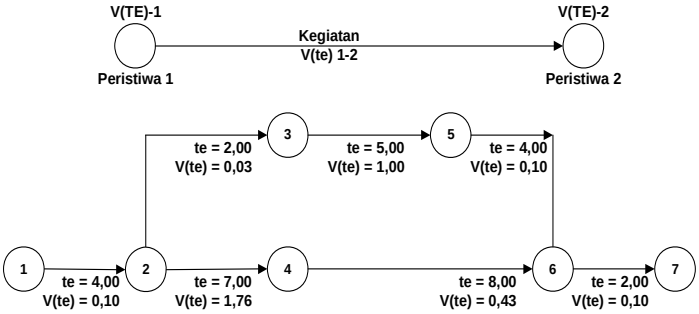
Sifat-sifat kurva distribusi normal adalah:

- Seluas 68% arena di bawah kurva terletak dalem rentang 2S
- Seluas 95% area di bawah kurva terletak dalam rentang 4S
- Seluas 99,7% area di bawah kurva terletak dalam rentang 6S

Untuk menghitung varians kegiatan V(te), varians peristiwa V(TE) yang terdiri dari serangkaian kegiatan-kegiatan dengan rumus berikut:

1. (TE)-4 = (TE)-1 + te(1-2) + te(2-3)
2. V(TE) pada saat proyek mulai = 0
3. V(TE) peristiwa yang terjadi setelah suatu kegiatan berlangsung, adalah sama besar dengan V(TE) peristiwa sebelumnya ditambah V(te) kegiatan tersebut, bila dalam rangkaian kegiatan tersebut tidak ada penggabungan.
   V(TE)-2 = V(TE)-1 + V(te)1-2
4. Bila terjadi penggabungan kegiatan-kegiatan, total V(TE) diperoleh dari perhitungan pada jalur dengan kurun waktu terpanjang atau varians terbesar.

Contoh: (lihat gambar 11.3)
Dengan memasukkan faktor deviasi standar dan varians, maka gambar 11.3 diubah menjadi gambar 11.8



Gambar 11.8: Jaringan kerja dengan te dan V pada masing-masing kegiatan sesuai tabel 11.3

Tabel 11.3 Tabulasi S dan V

Kegiatan	te	S = 1/6 (b-a)	V(te) = S^2
1-2 (4)	4	1,00	1,00
2-3 (2)	2	0,16	0,03
2-4 (7)	7	1,33	1,76
3-5 (5)	5	1,00	1,00
4-6 (8)	8	0,66	0,43
5-6 (4)	4	0,33	0,10
6-7 (2)	2	0,33	0,10

Dari perhitungan terdahulu diketahui jalur kritis adalah 1 – 2 – 4 – 6 – 7 dengan total waktu:

(TE)-7 =(TE)-1 + te(1-2) + te(2-4) + te(4-6) + te(6-7) = 0+4+7+8+2 = 21

V(TE)-7 = V(TE)-1 + V(te)1-2 + V(te)2-4 + V(te)4-6 + V(te)6-7
= 0 + 1,00 + 1,76 + 0,43 + 0,10 = 3,29

Dengan total varians V(TE) = 3,29 maka deviasi standar S = $\sqrt{}$(3,29) = 1,81 atau 3S = 5,43. Jadi diperoleh angka untuk titik peristiwa selesainya proyek yaitu pada hari ke-21 (bila hari dipakai sebagai satuan waktu) dengan besar rentang 3S peristiwa 7 adalah = 5,43. Atau dengan kata lain kurun waktu penyelesaian proyek adalah 21 ± 5,43 hari. Dengan demikian dapat digambarkan kurva distribusi normal (TE)-7 seperti terlihat pada gambar 11.9.
Pada ilustrasi gambar tersebut teratat :

bedanya hasil hitungan sebelum dan sesudah memasukkan faktor deviasi standar dan varians yaitu peristiwa selesainya proyek mempunyai rentang waktu yang dalam contoh di atas sebesar ± 5,43 hari. Akibat dari keadaan ini adalah perlunya pengarnatan dan analisis yang seksama dalarn mengidentiffikasi jalur kritis.

11.7. Target Jadwal Penyelesaian (TD)

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

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

Contoh gambar 11.9:

Misalnya ditentukan target penyelesaian pada hari Td = 20, kemudian ingin diketahui sejauh mana target tersebut dapat dicapai.

Dihitung z:

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

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

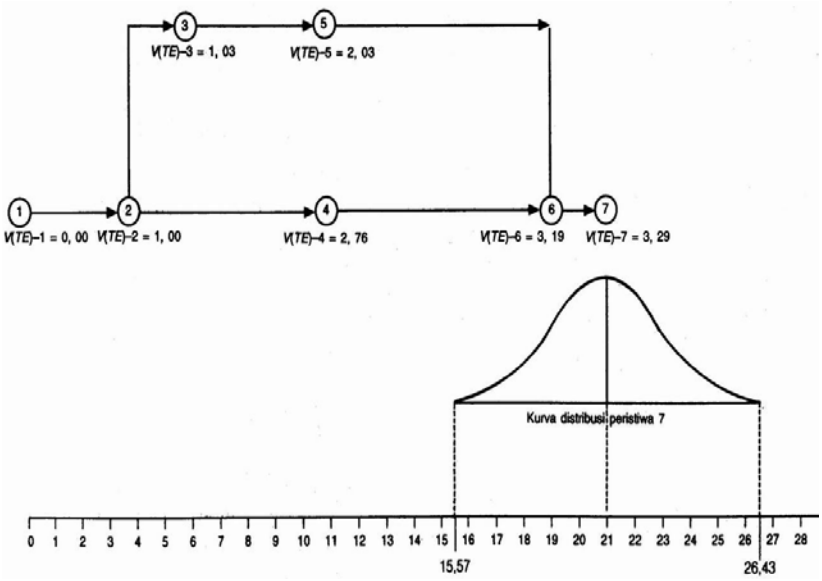
11.8 Ringkasan Menghitung Td (Target yang Diingini)

Garis besar urutan menghitung kemungkinan mencapai target dalam metode PERT adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kepada masing-masing kornponen kegiatan angka estimasi a, b, dan m.
2. Menghitung te untuk masing-masing komponen kegiatan
3. Identifikasi kegiatan kritis. Hitung kurun waktu penyelesaian proyek atau milestone, yaitu TE = jumlah te kegiatan-kegiatan kritis.

4. Tentukan varians untuk masing-masing kegiatan kritis pada jalur kritis terpanjang menuju titik peristiwa TE yang dimaksud.
   Dipakai rumus = dengan rumus V(TE) = Jumlah V(te) kegiatan kritis.
5. Analisis kemungkinan mencapai target T(d) dengan menggunakan rumus,

   $z = \frac{T(d) - TE}{S}$, dimana $S^2 = V(TE)$
6. Dengan megunakan tabel *cumulative normal distribution function* akan dapat ditentukan kemungkinan (%) proyek selesai pada target T(d).



Gambar 11.9: Peristiwa selesainya proyek dan kurva distribusi yang bersangkutan