

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Proyek

Proyek adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk mencapai hasil akhir yang ditentukan. Dalam mencapai hasil akhir, kegiatan proyek dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu, yang dikenal sebagai tiga kendala (*triple constraint*) (Rani, 2016).

Para ahli mengemukakan definisi proyek sebagai berikut (Raharja, 2014):

1. Iman Soeharto mengemukakan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu tertentu dengan alokasi sumberdaya terbatas dan dimaksudkan untuk melaksanakan suatu tugas yang telah digariskan.
2. D.I Cleand dan W.R. King mengemukakan proyek adalah gabungan dari berbagai kegiatan sumberdaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai suatu sasaran tertentu.

2.2 Pengertian Konstruksi

Kata “Konstruksi” dapat didefinisikan sebagai tatanan atau susunan dari elemen-elemen suatu bangunan yang kedudukan setiap bagian-bagiannya sesuai dengan fungsinya. Berbicara tentang konstruksi, maka yang terbayangkan adalah gedung bertingkat, jembatan, bendungan, dam, jalan raya, bangunan irigasi, lapangan terbang dan lain-lain (Rani, 2016).

Secara umum, konstruksi ada 2 (dua) macam yaitu (Rani, 2016) :

1. Konstruksi Bangunan Gedung, terdiri atas: bangunan gedung, perumahan, hotel dan lain-lain; dan
2. Konstruksi Bangunan Sipil, seperti jembatan, jalan, lapangan terbang, terowongan, irigasi, bendungan dan lain-lain.

Kedua macam konstruksi ini memiliki ciri-ciri yang berbeda, seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut(Rani, 2016) :

Tabel 2.1 Perbedaan Konstruksi Gedung dengan Konstruksi Sipil

No	Konstruksi Bangunan Gedung	Konstruksi Bangunan Sipil
1	Menghasilkan tempat orang bekerja (kantor, gudang dan lain-lain)	Proyek konstruksi mengendalikan alam untuk kepentingan manusia
2	Tempat kerja pada lokasi yang relatif kecil	Pekerjaan berlangsung pada lokasi yang luas dan panjang
3	Kondisi pondasi pada lokasi yang relatif kecil	Kondisi pondasi (geologi) pada setiap lokasi sangat berbeda satu dengan yang lainnya
4	Manajemen dibutuhkan untuk <i>progressing</i> pekerjaan	Manajemen dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan, bukan timbul progres

(Sumber: Rani, 2016)

2.3 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 (Rani, 2016)

Dalam manajemen proyek terdapat dua teknik analisis yang dipergunakan pada perencanaan, penjadwalan dan pengawasan suatu proyek. Teknik pertama adalah Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*) yang dirintis oleh E.I. du Pont de Nemours Company sebagai terapan untuk proyek Konstruksi dan Mauchly Associates. Teknik kedua adalah PERT (*Project Evaluation and Riview Technique*) yang merupakan lanjutan dari teknik pertama yang dikembangkan oleh U.S. Navy untuk jadwal penelitian dan pengembangan program peluru Polaris (Caesaron dan Andrey, 2015).

2.4 Fungsi Manajemen Proyek

Beberapa fungsi dari manajemen proyek menurut (Dimiyati dan Nurjaman, 2014) dalam (Arianie dan Nia, 2017) :

1. Fungsi perencanaan (*Planning*)

Fungsi ini bertujuan dalam pengambilan keputusan yang mengelola data dan informasi yang dipilih untuk dilakukan di masa mendatang, seperti menyusun rencana jangka panjang dan jangka pendek, dan lain-lain.

2. Fungsi Organisasi (*Organizing*)

Fungsi organisasi bertujuan untuk mempersatukan kumpulan kegiatan manusia, yang memiliki aktivitas masing-masing dan saling berhubungan, dan berinteraksi dengan lingkungannya dalam rangka mencapai tujuan organisasi, seperti menyusun lingkup aktivitas, -lain.

3. Fungsi Pelaksanaan (*Actuating*)

Fungsi pelaksanaan bertujuan untuk menyelaraskan seluruh pelaku organisasi terkait dalam melaksanakan kegiatan/ proyek, seperti pengarahan tugas serta motivasi, dan lain-lain.

4. Fungsi Pengendalian (*Controlling*)

Fungsi pengendalian bertujuan untuk mengukur kualitas penampilan dan penganalisisan serta pengevaluasian kegiatan, seperti memberikan saran-saran perbaikan, dan lain-lain.

2.5 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek adalah kegiatan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja serta waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktivitas (Iwawo, 2016).

Dalam konteks penjadwalan, terdapat dua perbedaan, yaitu waktu (*Time*) dan kurun waktu (*duration*). Bila waktu menyatakan siang atau malam, sedangkan kurun waktu atau durasi menunjukkan lama waktu yang dibutuhkan dalam melakukan suatu kegiatan, seperti lamanya waktu kerja dalam satu hari adalah 8 Jam (Iwawo, 2016).

2.6 CPM (*Critical Path Method*)

Persoalan-persoalan perencanaan proyek pada umumnya timbul karena ruang lingkup mengembangkannya dibatasi oleh kondisi yang serba terbatas dan kelangkaan teknik serta prosedur yang cukup sistematis untuk merencanakan, menjadwalkan, mengendalikan proyek serta mengevaluasinya. Perencanaan jaringan kerja meletakkan dasar-dasar pendekatan yang lebih umum dan lebih formal terhadap disiplin suatu proyek. Salah satu sistem yang berkembang dengan baik dari konsep *Network planing* adalah Metode Lintasan Kritis (CPM). Metode ini berkembang pada tahun 1957 pada Du Pond De Numours & Co dan Rimington Rand Univac. Orientasi sistem ini semata-mata tidak terbatas pada waktu, melainkan juga menerapkan sistematika alokasi sumber daya maupun sumber dana. CPM memerlukan dana yang pasti dan merupakan pendekatan yang deterministik. Metode ini merupakan metode yang cocok diterapkan dalam bidang konstruksi, penelitian, dan sebagainya (Raharja, 2014)

Critical Path Method (CPM) merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Kegiatan yang digambarkan sebagai titik pada jaringan dan peristiwa yang menandakan awal atau akhir dari kegiatan digambarkan sebagai busur atau garis antara titik (Setiawati, dkk, 2016)

Menurut Badri (1997:24) dalam (Setiawati, dkk, 2016) manfaat yang diperoleh jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut:

1. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh proyek tertunda penyelesaiannya.
2. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya bila pekerjaan-pekerjaan yang ada dilintasan kritis dapat dipercepat.
3. Pengawasan atau kontrol hanya diperketat pada lintasan kritis saja, sehingga pekerjaan-pekerjaan dilintasan 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.

Berikut adalah komponen yang terdapat dalam metode Jalur Kritis (Caesaron dan Andrey, 2015) :

1. ES (*earliest activity start time*)
Waktu paling awal untuk memulai suatu pekerjaan.
2. EF (*earliest activity finish time*)
Waktu selesai paling awal dari suatu pekerjaan, EF kegiatan terdahulu = ES kegiatan berikutnya.
3. LS (*latest activity start time*)
Waktu paling lambat untuk diperbolehkan memulai suatu pekerjaan.
4. LF (*latest activity finish time*)
Waktu paling lambat untuk menyelesaikan suatu kegiatan tanpa memperlambat penyelesaian proyek.
5. T (*activity duration time*)
Adalah kurun waktu yang diperlukan untuk suatu kegiatan (hari, minggu, bulan).
6. S (*activity slack*)
Adalah waktu tenggang untuk memulai suatu pekerjaan atau waktu tenggang untuk menyelesaikan pekerjaan. Kegiatan yang memiliki slack bernilai nol (0), maka kegiatan tersebut dikategorikan sebagai kegiatan yang memiliki lintasan kritis (berada dalam jalur kritis).

CPM dikenal istilah *critical path* atau jalur kritis yang bertujuan untuk mengetahui kegiatan-kegiatan yang memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga dapat menentukan tingkat prioritas kebijakan dalam penyelenggaraan proyek (Arianie dan Nia, 2017).

Bentuk CPM tersebut dapat memberikan informasi terkait dengan kegiatan yang dilaksanakan terlebih dahulu atau sesudahnya, dan durasi kegiatan (Arianie dan Nia, 2017).

Pada CPM dikenal pula istilah *slack time*, yaitu waktu penundaan suatu kegiatan tanpa mengubah jangka waktu proyek secara keseluruhan. *Slack time* didapatkan dengan menggunakan rumus berikut (Arianie dan Nia, 2017) :

$$S_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} \text{ atau } S_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij} \quad \dots (2.1)$$

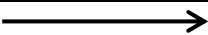
Jaringan yang telah dibuat pada CPM dapat direfleksikan sebagai dasar penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek biasa dibuat dalam bentuk grafik *Gantt Chart*.

2.6.1 Jaringan Kerja

Menurut Eka dalam (Ridho dan Syahrizal, 2015), *Network planning* (Jaringan Kerja) pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan.

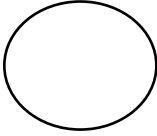
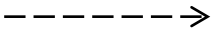

Menurut (Hayum, 2005) dalam (Ridho dan Syahrizal, 2015) Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu *network* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Simbol-simbol didalam *Network*

No	Simbol	Keterangan
1		(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.

(Sumber: Ridho dan Syahrizal, 2015)

Tabel 2.2 Simbol-simbol didalam *Network* (Lanjutan)

No	Simbol	Keterangan
2		(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 mendahulukan kegiatan yang keluar dari simpul atau <i>node</i> tersebut.
3		(anak panah terputus-putus), menyatakan kegiatan semu atau dummy activity. Setiap anak memiliki peranan ganda dalam mewakili kegiatan dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai kegiatan. Dummy disini 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.
4		(anak panah tebal), merupakan kegiatan pada lintasan kritis.

(Sumber: Ridho dan Syahrizal, 2015)

Menurut (Hayum, 2005) dalam (Ridho dan Syahrizal, 2015) Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut :

1. Di antara dua kejadian (event) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.

2. Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian.
3. Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.

2.6.2 Hitungan Maju (*Forward Pass*)

Hitungan maju dimulai pada titik mulai (*Start*) dan selesai pada titik akhir (*Finish*), dan memiliki komponen ES (waktu tercepat memulai suatu kegiatan) dan EF (waktu tercepat untuk menyelesaikan suatu kegiatan). Berikut adalah aturan dalam hitungan maju (Caesaron dan Andrey, 2015) :

1. Kegiatan awal dimulai pada saat kegiatan terdahulu telah selesai (kecuali kegiatan paling awal)
2. Waktu selesai paling awal sama dengan waktu mulai paling awal setelah di tambah lamanya kegiatan terdahulu
3. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan terdahulu yang bergabung, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

2.6.3 Hitungan Mundur (*Backward Pass*)

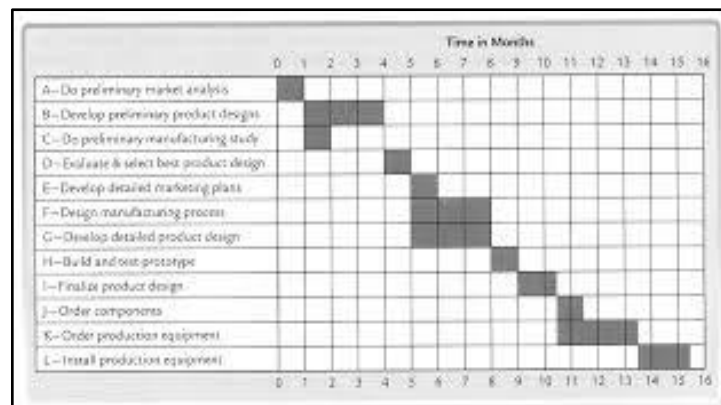
Hitungan mundur dimulai pada titik akhir (*Finish*) menuju titik awal (*Start*) yang berguna mengidentifikasi waktu paling lambat suatu pekerjaan, dan memiliki komponen berupa LF (waktu paling lambat selesainya kegiatan dan LS (waktu paling lambat untuk memulai pekerjaan). Berikut adalah aturan dalam menghitung waktu mundur (Caesaron dan Andrey, 2015) :

1. Waktu mulai paling akhir sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi durasi kegiatan tersebut.
2. Bila suatu kegiatan terpecah menjadi dua kegiatan atau lebih, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang paling terkecil.

Setelah mendapatkan kedua hitunga diatas, maka akan didapat nilai *Slack* dan *Float* yang merupakan sejumlah kelonggaran waktu pada sebuah jaringan kerja.

2.6.4 Gantt Chart

Pada permasalahan proyek yang kompleks, suatu representasi visual yang menunjukkan macam-macam pekerjaan beserta waktu dan nilai uang yang terlibat biasanya sangat membantu pelaksanaan proyek tersebut. Salah satu representasi visual tersebut adalah *bar chart* yang dikembangkan oleh Henry Gantt sekitar tahun 1900, sehingga *bar chart* sering juga disebut sebagai *Gantt Chart*. *Chart* ini terdiri dari dua koordinat aksis, dimana satu aksis merepresentasikan waktu yang telah dilalui dan aksis lainnya merepresentasikan pekerjaan atau aktivitas yang dilakukan. Pekerjaan dinyatakan dalam bentuk batangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Nasution, 2006).



Gambar 2.1 Contoh *Gantt Chart*
(Sumber: Nasution, 2006)

Panjang dari suatu batang mengindikasikan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu *job* atau aktivitas. Pada beberapa proyek biasanya terdapat banyak pekerjaan yang dapat dilakukan bersama-sama dan beberapa di antaranya akan diselesaikan sebelum pekerjaan yang lain dimulai. Hal ini berarti bahwa beberapa batang dari *bar chart* tersebut dapat tergambar secara paralel (Bila dua atau lebih aktivitas harus dilakukan secara bersamaan) maupun seri (bila suatu aktivitas baru dapat dimulai bila aktivitas pendahulunya telah diselesaikan) (Nasution, 2006).

2.7 PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

Metode PERT digunakan dalam penelitian ini karena PERT memegang peranan yang sangat penting bukan hanya dalam hal peningkatan akurasi

penentuan waktu kegiatan, tetapi juga dalam hal pengkoordinasian dan pengendalian kegiatan-kegiatan (Susilo, 2012)

Pada PERT, penekanan diarahkan kepada suatu kegiatan yang mendapatkan kurun waktu yang paling akurat. Menurut Krajewski (2010) dalam (Caesaron dan Andrey, 2015) *The Statistical analysis approach requires that activity times be stated in term of three reasonable times estimates (optimistic time, most likely time, and pessimistic time), with three estimates the project manager has enough information to estimate probability that an activity will be completed on schedule.* Artinya bahwa dalam melakukan perkiraan waktu proyek cukup menggunakan tiga waktu yang dirincikan sebagai berikut :

1. Prakiraan waktu paling optimis (a)

Merupakan waktu perkiraan kegiatan terbaik yang dapat diharapkan bila segala sesuatu kondisinya berjalan baik, dan hal ini dapat dicapai hanya sekitar 1% dari waktu.

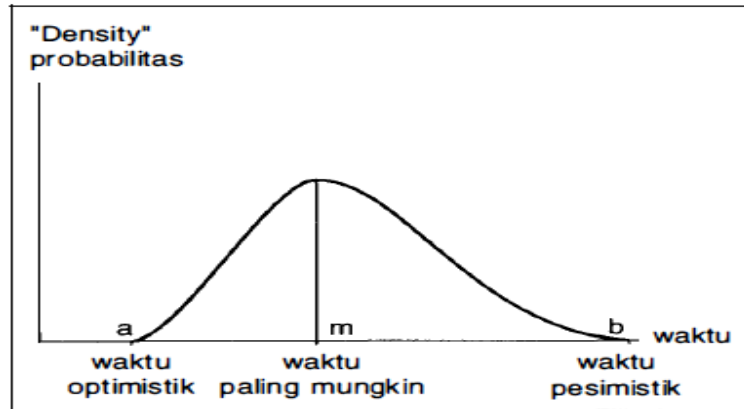
2. Waktu Realistis (m)

Merupakan perkiraan waktu terbaik, yang didasarkan pada modus waktu.

3. Waktu Pesimis (b)

Merupakan waktu terjelek yang masih beralasan untuk diharapkan, andaikata segala sesuatu kondisi berjalan buruk, dan hal ini dapat terjadi kira-kira 1% dari waktu.

PERT mencoba mengestimasi waktu aktivitas ini dengan formula. Bahkan, *PERT* juga mencoba mencari suatu ukuran tentang variabilitas waktu penyelesaian paling awal. Dengan *PERT*, waktu penyelesaian aktivitas diasumsikan sebagai variabel acak yang bebas (*independent random variables*) yang mempunyai distribusi probabilitas probabilitas beta. Distribusi probabilitas beta untuk waktu aktivitas (Muslich, 2010)



Gambar 2.2 Distribusi Probabilitas Beta
(Sumber: Muslich, 2010)

Berdasarkan distribusi probabilitas beta ini tampak bahwa m merupakan mode dari distribusi, a batas bawah waktu aktivitas dan b merupakan batas atas dari waktu aktivitas. Dengan asumsi bahwa waktu aktivitas mempunyai distribusi probabilitas beta seperti ini maka besarnya *expected* waktu aktivitas t (Muslich, 2010)

Dalam menentukan nilai (t_e) dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik (a) dan pesimistik (b) adalah sama. Sedangkan kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin adalah empat kali lebih besar dari kedua peristiwa optimistik dan pesimistik sehingga apabila dijumlah akan bernilai 6 (enam) sesuai dengan rentang kurva distribusi peristiwa yang telah di standarkan (Ridho dan Syahrizal, 2015).

$$t_e = \text{expeted duration} = \frac{a + 4m + b}{6} \quad \dots (2.2)$$

Setelah perhitungan durasi optimal dilakukan, selanjutnya adalah menghitung varian yang dirincikan sebagai berikut (Caesaron dan Andrey, 2015) :

$$V (TE) = s^2 = \sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2 \quad \dots (2.3)$$

Setelah menghitung varian pada sebuah waktu kegiatan proyek, langkah selanjutnya adalah menghitung probabilitas proyek. Menurut Krajewski (2010) dalam (Caesaron dan Andrey, 2015) *to develop the probability distribution for project completion time, we assume that the duration time of one activity does not depend on that of any other activity. This assumption enables us to estimate the mean and variance of the probability distribution of the time duration of the entire*

project by summing the duration times and variance of the activities along the critical path. Artinya bahwa untuk mengembangkan probabilitas sebuah proyek dapat diasumsikan dengan menjumlah semua durasi optimal serta varian pada jalur kritis yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Z = \frac{T-TE}{\sqrt{(\sigma^2)}} \quad \dots (2.4)$$

Keterangan :

Z = Kemungkinan target yang hendak dicapai

T = Target waktu penyelesaian

TE = Varian Kegiatan

Angka z merupakan angka probabilitas yang persentasenya dapat dicari dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif z.

2.8 Mempercepat Waktu Proyek (*Crashing Project*)

Dalam suatu proyek yang dikehendaki selesai dalam jangka waktu yang telah ditentukan, dapat dilakukan percepatan durasi kegiatan dengan konsekuensi akan terjadi peningkatan biaya. Menurut (Badri, 1991) dalam (Ridho dan Syahrizal, 2015) Percepatan durasi pelaksanaan proyek dengan biaya serendah mungkin dinamakan *Crashing Project*.

Pada CPM, untuk mempercepat waktu pengerjaan proyek maka diadakan percepatan durasi kegiatan pada jalur-jalur kritis, dengan syarat bahwa pengurangan waktu tidak akan menimbulkan jalur kritis baru. Salah satu cara untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek diantaranya dengan menambah waktu kerja dengan tenaga yang tersedia (kerja lembur) Penambahan jam kerja bisa dilakukan dengan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam penambahan sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Dengan adanya penambahan jam kerja, maka akan mengurangi produktivitas tenaga kerja, hal ini disebabkan karena adanya faktor kelelahan oleh para pekerja (Ridho dan Syahrizal, 2015).

Adapun beberapa parameter yang harus dicari untuk mengetahui percepatan waktu proyek adalah sebagai berikut (Ridho dan Syahrizal, 2015) :

1. Produktivitas Harian = $\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$ \quad \dots (2.5)

$$2. \text{ Produktivitas Tiap Jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{7 \text{ jam}} \dots (2.6)$$

3. Produktivitas Harian Sesudah Cash

$$= (7 \text{ jam} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam}) \dots (2.7)$$

Dimana :

a = Lama penambahan jam kerja

b = Koefisien penurunan produktivitas penambahan jam kerja

Tabel 2.3 Koefisien Penurun Produktivitas

Jam Lembur (Jam)	Penurunan Indeks Produktifitas	Prestasi Kerja (%)
1	0,1	90
2	0,2	80
3	0,3	70
4	0,4	60

(Sumber : Soeharto, 1997 dalam (Ridho dan Syahrizal, 2015))

$$4. \text{ Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}} \dots (2.8)$$

2.8.1 Biaya Tambahan Pekerja (*Crash Cost*)

Dengan adanya penambahan waktu kerja, maka biaya untuk tenaga kerja akan bertambah dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 bahwa upah penambahan kerja bervariasi, untuk penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal, dan untuk penambahan waktu kerja berikutnya pekerja mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Adapun perhitungan biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut, yaitu (Ridho dan Syahrizal, 2015) :

1. Normal ongkos pekerja perhari

$$= \text{Produktivitas Harian} \times \text{Harga Satuan Upah Pekerja} \dots (2.9)$$

2. Normal ongkos pejam

$$= \text{Produktivitas perjam} \times \text{harga satuan upah pekerja} \dots (2.10)$$

3. Biaya lembur kerja

$$= 1,5 \times \text{upah sejam normal untuk jam kerja lembur pertama} + 2 \times n \times \text{upah sejam normal untuk jam kerja lembur berikutnya} \dots (2.11)$$

dimana n = Jumlah penambahan jam kerja

4. *Crash cost* pekerjaan harian

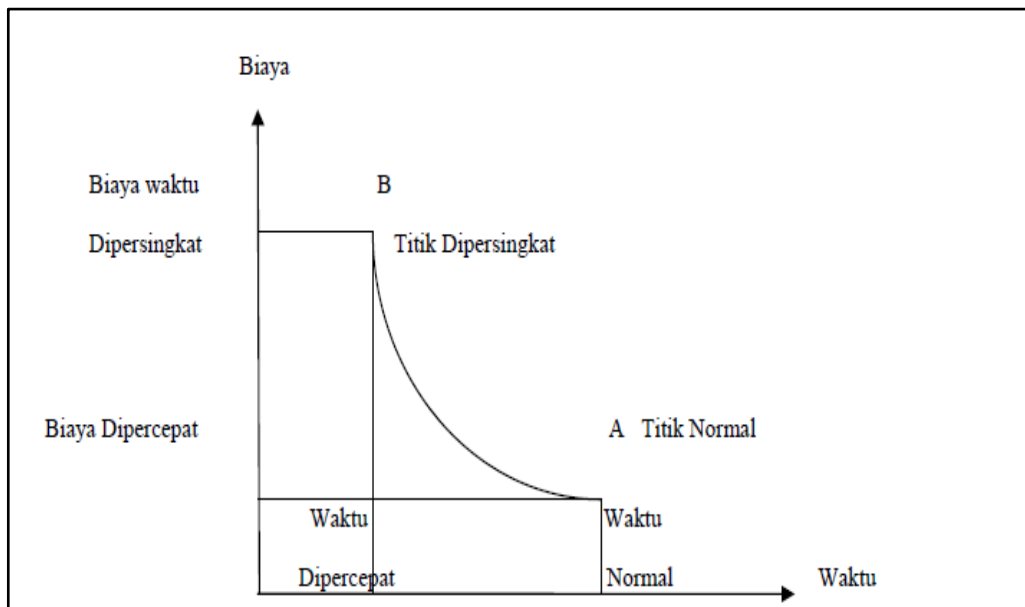
$$= (7 \text{ jam} \times \text{normal cost pekerja}) + (n \times \text{biaya lembur perjam}) \dots (2.12)$$

5. *Cost Slope* (Penambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktifitas persatuan waktu)

$$= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \dots (2.13)$$

2.8.2 Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sama dengan jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat tergantung terhadap waktu penyelesaian proyek, semakin lama proyek selesai maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada gambar 2.1. Titik A menunjukkan titik normal, sedangkan titik B adalah titik dipersingkat. Garis yang menghubungkan antara titik A dan titik B disebut kurva waktu-biaya (Ridho dan Syahrizal, 2015).



Gambar 2.3 Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipersingkat untuk Suatu Kegiatan (Sumber: Soeharto, 1997 dalam (Ridho dan Syahrizal, 2015))

2.9 Perbedaan CPM dan PERT

Perbedaan pokok antara CPM dengan PERT ialah bahwa CPM memasukkan konsep biaya dalam proses perencanaan dan pengendalian. Namun bukan berarti bahwa PERT sama sekali mengabaikan konsep biaya, dan PERT diasumsikan bahwa besarnya biaya berubah-ubah sesuai dengan lamanya waktu dari semua aktivitas yang terdapat dalam suatu proyek. Dalam sistem CPM ditentukan dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk semua aktivitas yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan ini adalah perkiraan normal dan perkiraan cepat. Perkiraan waktu normal adalah sama dengan perkiraan waktu yang paling mungkin dalam PERT. Biaya normal adalah biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam waktu normal (Raharja, 2014).

2.10 *Root Cause Analysis (RCA)*

Metode ini digunakan setelah melakukan pemetaan terhadap aktivitas-aktivitas yang menimbulkan *waste* dan merupakan aktivitas-aktivitas *non-value added*. Metode ini digunakan untuk mengetahui penyebab-penyebab apa sajakah yang menyebabkan terjadinya *waste* pada suatu aktivitas atau proses. Sifat penggunaan metode ini adalah dengan melakukan identifikasi kepada aktivitas-aktivitas berpotensi pada *waste* dan melakukan identifikasi penyebab awal hingga akhir pada aktivitas tersebut (Syawalludin, 2016).

Menurut Jucan (2005) dalam (Syawalludin, 2016), RCA (*Root Cause Analysis*) merupakan suatu metodologi untuk mengidentifikasi dan mengoreksi sebab-sebab yang fungsional. Metode RCA sangat berguna untuk menganalisis suatu kegagalan sistem tentang hal yang tidak diharapkan yang terjadi, bagaimana hal itu bisa jadi, dan mengapa hal itu bisa terjadi. Tujuan dari penggunaan RCA adalah untuk mengetahui penyebab masalah atau kejadian untuk mengidentifikasi akar-akar penyebab masalah tersebut. Jika akar penyebab dari suatu masalah tidak teridentifikasi, maka hanya akan mengetahui gejalanya saja dan masalah itu sendiri akan tetap ada. Dengan demikian RCA sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi akar dari suatu masalah yang berpotensi dapat menimbulkan risiko operasional di bagian jasa.

Langkah-langkah RCA antara lain (Faith Chlander, 2004) dalam (Syawalludin, 2016) yaitu mengidentifikasi dan memperjelas definisi *undesired outcome*, mengumpulkan data, menempatkan kejadiankejadian dan kondisi-kondisi pada *event and causal factor table* (tabel kejadian dan faktor penyebab), gunakan tabel penyebab atau metode yang lain untuk mengidentifikasi seluruh penyebab yang berpotensi, mengidentifikasi mode kegagalan sampai dengan mode kegagala paling bawah, dan lanjutkan pertanyaan “mengapa” untuk menidentifikasi *root causes* yang paling kritis.

Penerapan metode RCA sudah tersebar luas, dengan menggunakan teknik akal yang dapat menghasilkan pendekatan yang sistematis, terukur dan terdokumentasikan untuk identifikasi pemahaman, dan resolusi penyebab yang mendasarinya (Vorley; 2008) dalam (Kuswardana, dkk, 2017). Berikut merupakan poin utama dalam metode RCA :

1. *Identify the problem*
2. *Define the problem*
3. *Understand the problem*
4. *Identify the root cause*
5. *Corrective action*
6. *Monitor the system*

Menurut Rooney dan Heuvel (2004) dalam (Widyastuti, 2014), RCA adalah proses empat langkah yang meliputi:

1. Pengumpulan data

Tanpa lengkap informasi dan pemahaman tentang kejadian tersebut, faktor-faktor penyebab dan akar penyebab yang terkait dengan kejadian tersebut tidak dapat diidentifikasi. Sebagian besar waktu yang dihabiskan dalam menganalisis suatu peristiwa akan dihabiskan dalam pengumpulan data.

2. Pembuatan diagram faktor penyebab.

Dimulai dengan fishbone chart yang dimodifikasi setiap kali fakta yang lebih relevan terungkap. Faktor penyebab adalah semua hal yang berkontribusi (kesalahan manusia dan kegagalan komponen) pada kejadian, yang jika dihilangkan, akan mampu mencegah terjadinya atau mengurangi

keparahan. Dalam banyak analisis tradisional, semua perhatian akan dicurahkan pada faktor penyebab yang paling terlihat.

3. Identifikasi akar penyebab.

Langkah ini melibatkan penggunaan diagram keputusan untuk mengidentifikasi alasan yang mendasari atau alasan dari setiap faktor penyebab. Struktur diagram menunjukkan proses penalaran dari para peneliti dengan membantu mereka menjawab pertanyaan tentang mengapa faktor penyebab tertentu ada atau terjadi. Identifikasi akar penyebab membantu penyidik menentukan alasan mengapa peristiwa itu terjadi sehingga masalah di sekitar kejadian dapat diatasi.

4. Pencarian Rekomendasi dan implementasi.

Langkah berikutnya adalah pencarian rekomendasi. Setelah identifikasi akar penyebab untuk faktor penyebab tertentu, rekomendasi yang dapat dicapai untuk mencegah kekambuhan.

2.10.1 Fault Tree Analysis (FTA)

FTA adalah pendekatan *Top-Down* untuk menentukan penyebab potensi terjadinya sebuah kegagalan dalam sistem yang mengarah kepada sebuah kecelakaan. Analisis dilakukan dari kegagalan yang mungkin terjadi ditelusur mundur kebelakang untuk semua kemungkinan penyebabnya. Oleh karena itu, jika kejadian yang tidak diinginkan dalam sebuah plant telah diketahui, maka FTA tepat digunakan (Suntoro, 2012).

	A adalah deskripsi kejadian sebagai akibat dari kejadian dibawahnya.		O akan terjadi, jika A, B, C ... dan semua input terjadi (logik AND).
	O akan terjadi, jika A terjadi dan berkembang menjadi B.		O akan terjadi, jika A atau B atau C atau salah satu atau lebih dari input terjadi (logik OR).
	Sumber penyebab kejadian. A terjadi karena kesalahan.		O akan terjadi, jika B terjadi dan A telah terjadi sebelumnya.
	Sumber penyebab kejadian. A terjadi diluar kendali sistem (faktor external).		Transfer-in, A adalah hasil operasi dari tempat lain yang sengaja untuk di-transfer.
	Sumber penyebab kejadian. A terjadi karena dalam proses selalu melalui kondisi tsb (faktor internal).		Transfer-out, A adalah hasil operasi yang disiapkan untuk di-transfer ke tempat lain.

Gambar 2.4 Simbol FTA yang Digunakan
(Sumber: Suntoro, 2012)