

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Manajemen Proyek**

Menurut Nurhayati (2010) manajemen proyek dapat diartikan sebagai penataan serta pengorganisasian atas faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keberhasilan proyek. Lebih dalam dijelaskan bahwa manajemen proyek meliputi kegiatan

merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan dan mengendalikan sumber daya organisasi perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu dengan sumber daya tertentu pula. Manajemen proyek sangat cocok untuk suatu lingkungan bisnis yang menuntut kemampuan akuntansi, fleksibilitas, inovasi, kecepatan, dan perbaikan yang berkelanjutan.

Manajemen Proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Render, 2005), yaitu :

- a. Perencanaan. Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi tim-nya.
- b. Penjadwalan. Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
- c. Pengendalian. Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Lebih lanjut dituturkan oleh Siswanto (2007), dalam manajemen proyek penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan, dari penjelasan tersebut maka sangat diharapkan dalam pelaksanaan proyek konstruksi berjalan lancar sesuai dengan rencana awal, namun apabila dalam pelaksanaan nantinya di lapangan ditemui kendala yang berdampak pada tertundanya durasi pengerjaan maka pihak pelaksana harus dapat memilih solusi yang tepat.

### 3.2. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan merupakan tahap awal yang sangat penting dalam memulai suatu pekerjaan. 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. Dengan adanya penjadwalan ini kita bisa mengetahui kapan kegiatan-kegiatan akan dimulai, ditunda, dan diselesaikan, sehingga pengendalian sumber-sumber daya akan disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang ditentukan (Husen, 2009).

Penjadwalan ini memfokuskan pada penentuan atau perhitungan waktu dari pada kegiatan-kegiatan operasional dalam pelaksanaan proyek dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang tersedia untuk dapat menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (Waryanto, 2001).

Lebih lanjut Arifudin (2011) menjelaskan bahwa penjadwalan proyek adalah pembuatan rencana pelaksanaan setiap kegiatan di dalam suatu proyek dengan mengoptimalkan efisiensi pemakaian waktu dan sumber daya yang tersedia, tetapi kesesuaian presedensi di antara kegiatan tetap dipenuhi. Ada beberapa tujuan penjadwalan proyek meliputi :

1. Menentukan jadwal paling awal dan paling akhir dari waktu mulai dan berakhir untuk setiap kegiatan yang mengarah ke waktu penyelesaian paling awal untuk keseluruhan proyek.
2. Menghitung kemungkinan bahwa proyek selesai dalam jangka waktu tertentu.
3. Mencari biaya jadwal minimum yang akan menyelesaikan sebuah proyek dengan tanggal tertentu.
4. Menginvestigasi bagaimana keterlambatan untuk kegiatan tertentu mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek.
5. Monitoring sebuah proyek untuk menentukan apakah berjalan tepat waktu dan sesuai anggaran.
6. Mencari jadwal kegiatan yang akan memuluskan alokasi sumber daya selama durasi proyek.

### 3.3. Keterlambatan Proyek

Pelaksanaan proyek yang tidak sesuai dengan rencana, dapat mengakibatkan keterlambatan proyek. Pada pelaksanaan proyek konstruksi, keterlambatan proyek seringkali terjadi, yang dapat menyebabkan berbagai bentuk kerugian bagi penyedia jasa dan pengguna jasa. Bagi kontraktor, keterlambatan selain dapat menyebabkan pembekakan biaya proyek akibat bertambahnya waktu pelaksanaan proyek, dapat pula mengakibatkan menurunnya kredibilitas kontraktor untuk waktu yang akan datang. Sedangkan bagi pemilik, keterlambatan penggunaan atau pengoperasian hasil proyek konstruksi dan berpotensi menyebabkan timbulnya perselisihan dan klaim antara pemilik dan kontraktor (Messah dkk, 2013).

Keterlambatan proyek konstruksi berarti bertambahnya waktu pelaksanaan penyelesaian yang telah direncanakan dan tercantum dalam dokumen kontrak. Penyelesaian pekerjaan tidak tepat waktu adalah merupakan kekurangan dari tingkat produktifitas dan sudah tentu kesemuanya ini akan mengakibatkan pemborosan dalam pembiayaan, baik berupa pembiayaan langsung yang dibelanjakan untuk proyek-proyek pemerintah, maupun berwujud pembengkakan investasi dan kerugian-kerugian pada proyek-proyek swasta. Keterlambatan proyek disebabkan oleh beberapa faktor yang berasal dari Kontraktor, Owner, dan selain kedua belah pihak (Hasan dkk, 2016).

1. Keterlambatan akibat kesalahan Kontraktor, antara lain terlambatnya memulai pelaksanaan proyek, pekerja ataupun pelaksana kurang berpengalaman, terlambat mendatangkan peralatan, mandor yang kurang aktif, dan rencana kerja yang kurang baik.
2. Keterlambatan akibat kesalahan Owner seperti terlambatnya angsuran pembayaran oleh Kontraktor, terlambatnya penyediaan lahan, mengadakan perubahan pekerjaan yang besar, dan pemilik menugaskan Kontraktor lain untuk mengerjakan proyek tersebut.
3. Keterlambatan yang diakibatkan selain kedua belah pihak diatas, antara lain kebakaran yang bukan kesalahan perang, gempa, banjir, ataupun bencana lainnya, serta perubahan moneter.

### 3.4. Faktor Penyebab Keterlambatan

Menurut Ahmed et al (2003) dan Alaghbari (2005) faktor keterlambatan terdisiri dari faktor eksternal dan internal. Faktor internal timbul dari empat pihak yang terlibat dalam proyek pengadaan jasa konstruksi. Pihak-pihak tersebut yaitu owner, kontraktor, konsultan perencana, dan konsultan pengawas sedangkan faktor keterlambatan eksternal disebabkan pihak diluar keempat pihak tadi antara lain pemerintah, supplier, dancuaca.

Penelitian mengenai faktor keterlambatan penyelesaian proyek yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Budiman Praboyo (1999) dalam tesisnya yang berjudul Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Dan Peringkat Dari Peyebab-Peyebabnya untuk proyek yang ada di wilayah Surabaya, I.A. Rai Widhiawati (2009) dalam tesisnya yang berjudul Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi untuk proyek- proyek yang ada di wilayah Bali, dan Suyatno (2010) dalam tesisnya yang berjudul Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Peyeleasaan Proyek Gedung (Aplikasi Model Regresi) untuk proyek yang ada di wilayah Surakarta. Setiap peneliti mempunyai faktor-faktor keterlambatan yang berbeda yang ditampilkan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 3.1 Penelitian Sejenis Mengenai Faktor Penyebab Keterlambatan**

No	Peneliti	Tahun	Faktor-Faktor Keterlambatan
1	Budiman Praboyo	1999	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kesiapan/Penyiapan SumberDaya</li> <li>2. Perencanaan dan PenjadwalanPekerjaan</li> <li>3. Sistem Organisasi, Koordinasi dan Komunikasi</li> <li>4. Lingkup dan Dokumen Pekerjaan</li> <li>5. Sistem Inspeksi, Kontrol dan Evaluasi Pekerjaan</li> <li>6. Aspek lain-lain</li> </ol>

**Lanjutan Tabel 3.1 Penelitian Sejenis Mengenai Faktor Penyebab  
Keterlambatan**

No	Peneliti	Tahun	Faktor-Faktor Keterlambatan
2	I.A. Rai Widhiawati	2009	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Keahlian TenagaKerja</li> <li>2. Perubahan Desain/Detail PekerjaanPada waktu pelaksanaan</li> <li>3. Keterlambatan Pengiriman Bahan</li> <li>4. Tidak Lengkapnya Identifikasi Jenis Pekerjaan</li> <li>5. Lamanya Waktu Proses Persetujuan Contoh Bahan OlehPemilik</li> <li>6. Keterlambatan PenyediaanPeralatan</li> <li>7. Akses ke Lokasi Proyek</li> <li>8. Komunikasi antara Perencanaan dan Kontraktor</li> <li>9. Keterlambatan Pembayaran Oleh Pemilik</li> <li>10. Intensitas CurahHujan</li> </ol>
3	Suyatno	2010	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kekurangan TenagaKerja</li> <li>2. Kesalahan Dalam Perencanaan dan Spesifikasi</li> <li>3. Cuaca Buruk/Hujan Deras/Lokasi Tergenang</li> <li>4. Produktivitas Tidak Optimal Oleh Kontraktor</li> <li>5. Kesalahan PengolahanMaterial</li> <li>6. Perubahan Scope Pekerjaan Oleh Konsultan</li> </ol>

Sumber: Praboyo (1999), Widhiawati (2009) dan Suyatno (2010)

### 3.5. CPM (*Critical Path Method*)

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), metode Jalur Kritis (*Critical Path Method* - CPM), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.

Seperti pengertian dari namanya, dalam CPM ini dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama. Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek. Lintasan kritis (*Critical Path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

### 3.6. PERT (*Program Evolution and Riview Technique*)

Metode PERT merupakan suatu metode yang dapat menghitung lama suatu penyelesaian proyek yang mengandung unsur ketidakpastian, yaitu terdapat pada durasi aktivitasnya. Durasi aktivitas diekspresikan dalam 3 angka penduga, yakni waktu optimis, waktu *most likely* dan waktu pesimis (Krajewski, 2010).

Cara ini merupakan dasar perhitungan untuk PERT yang mempunyai asumsi dasar bahwa jika suatu kegiatan dilakukan berkali-kali, maka actual time (waktu nyata untuk menyelesaikan kegiatan itu) akan membentuk distribusi frekuensi Beta dimana *optimistic* dan *pessimistic duration* merupakan buntut (*tail*), sedangkan *most likely duration* adalah mode dari distribusi Beta tersebut. Selanjutnya diasumsikan bahwa suatu pendekatan dari durasi rata-rata yang disebut *expected duration* ( $T_e$ ) diberikan dengan formula :

$$T_e = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (3.1)$$

Dimana:

$T_e$  = Waktu yang diharapkan

$a$  = waktu optimis

$m$  = waktu normal

$b$  = waktu pesimis

Setelah perhitungan durasi optimal dilakukan, selanjutnya adalah menghitung varian yang dirincikan sebagai berikut :

$$V_{T_e} = s^2 = \sigma^2 = \left( \frac{b-a}{6} \right)^2 \quad (3.2)$$

Dimana :

$V_{T_e}$  = varians waktu yang diharapkan

$s^2 = \sigma^2$  = standar deviasi

Setelah menghitung varian pada sebuah waktu kegiatan proyek, langkah selanjutnya adalah menghitung probabilitas proyek. Perhitungan dilakukan dengan mengembangkan probabilitas sebuah proyek dapat diasumsikan dengan menjumlah semua durasi optimal serta varian pada jalur kritis yang dirumuskan sebagai berikut:

$$TE = \sum (\text{Durasi normal pada kegiatan di jalur kritis})$$

$$\text{Maka } V_{T_e} = \sum (\text{Varians pada kegiatan di jalur kritis})$$

$$z = \frac{T - T_e}{\sqrt{\sigma^2}} \quad (3.3)$$

Dimana

$z$  = nilai peluang pada tabel distribusi normal

Menurut Suwoto dan Tampubolon (2013) dalam jurnalnya menyebutkan bahwa nilai dari  $z$  dalam tabel distribusi normal akan menunjukkan seberapa besar suatu proyek akan terselesaikan. Adapun manfaat penerapan metode PERT adalah:

- a) Mengetahui ketergantungan dan keterhubungan tiap pekerjaan dalam suatu proyek.
- b) Dapat mengetahui implikasi dan waktu jika terjadi keterlambatan suatu pekerjaan.

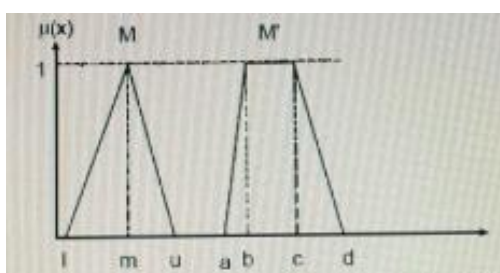
- c) Dapat mengetahui kemungkinan untuk mencari jalur alternatif lain yang lebih baik untuk kelancaran proyek.
- d) Dapat mengetahui kemungkinan percepatan dari salah satu atau beberapa jalur kegiatan.
- e) Dapat mengetahui batas waktu penyelesaian proyek.

### 3.7. FLASH (*FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SHEDULLING*)

FLASH pada dasarnya sama dengan CPM dalam hal *activity on arrow* (AOA) diagram dan perhitungannya kecuali karakteristik durasinya. Durasi aktivitas  $i$ - $j$  dinyatakan dalam tiga nilai berbeda: batas bawah, paling mungkin, dan batas atas. Karena FLASH mengasumsikan durasi aktivitas dinyatakan dalam bilangan *fuzzy* segitiga, ketiga nilai tersebut merupakan nilai  $l$ ,  $m$ , dan  $u$  atau  $D_{i-j}(l,m,u)$ . Untuk *node*  $i$ , *Early start* ( $E_i$ ), dan *Latest start* ( $L_i$ ) merupakan bilangan *fuzzy* juga tetapi tidak harus selalu bilangan *fuzzy* segitiga (Wibowo, 2001).

#### 3.7.1. Durasi *Fuzzy* Kegiatan

Durasi kegiatan dinyatakan dalam TFN (*Triangular Fuzzy Number*) seperti terlihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Kurva Segitiga (*Trigular Fuzzy Number*)**

Sumber: Wibowo (2001)

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa fungsi keanggotaan kurva segitiga tersebut adalah sebagai berikut.



$$\mu_x = \begin{cases} 0 & , x \leq l \\ (x-l)/(m-l), l < x \leq m \\ (u-x)/(u-m), m < x \leq u \\ 0 & , x > u \end{cases} \quad (3.4)$$

Dimana:

$\mu$  = fungsi keanggotaan (*membership function*)

$l$  = waktu optimis

$m$  = waktu normal

$u$  = waktu pesimis

$x$  = nilai *crisp output*

Pada derajat keanggotaan *fuzzy* terdapat nilai  $\alpha$  – cut,  $\alpha$  – cut dari *fuzzy* adalah sebuah set ordinary yang anggota *fuzzy*  $A$  sekurang-kurangnya mempunyai derajat  $\alpha$ . Karena itu,  $\alpha$ - cut didefinisikan sebagai:

$$A_\alpha = \{X \in U \mid \mu A(x) \geq \alpha\} \quad (3.5)$$

$$\alpha_i = 1 - \frac{\sum \text{Faktor penyebab keterlambatan}}{4} \quad (3.6)$$

$\alpha$  – cut merupakan kasus umum dari sebuah *fuzzy*. Nilai  $\alpha$  – cut didapat dari faktor keterlambatan.

Nilai  $m$  dikenal sebagai durasi terpendek yang mungkin (*most optimistic time*),  $u$  adalah durasi paling lama (*most pessimistic time*) dan  $l$  adalah durasi yang paling mungkin (*most likely time*).

Dalam kaitannya dengan manajemen proyek, bilangan *fuzzy* akan dioperasikan antara lain menurut operasi – operasi sebagai berikut : Misalnya 2 buah TFN  $M(a,b,c,d)$  dan  $N(e,f,g,h)$ .

$$M (+) N = (a + e, b + f, c + g, d + h) \quad (3.7)$$

$$M (-) N = (a - h, b - g, c - f, d - e) \quad (3.8)$$

$$\text{Min}(M, N) = [\wedge(a, e), \wedge(b, f), \wedge(c, g), \wedge(d, h)] \quad (3.9)$$

$$\text{Max}(M, N) = [\vee(a, e), \vee(b, f), \vee(c, g), \vee(d, h)] \quad (3.10)$$

Dimana:

M = Bilangan *Fuzzy* yang terdiri dari  $(a, b, c, d)$

N = Bilangan *Fuzzy* yang terdiri dari  $(e, f, g, h)$

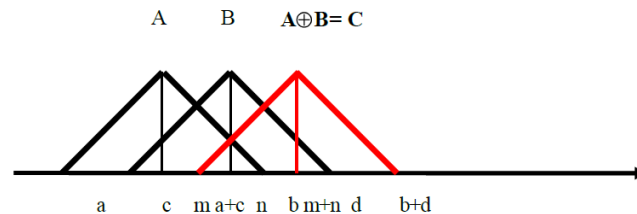
(+) = operasi penjumlahan *fuzzy*

(-) = operasi pengurangan *fuzzy*

V = maksimum

Λ = minimum

Operasi maksimum dan minimum merupakan perbandingan pada tiap titik dalam dua TFN, dan keluarannya merupakan bilangan-bilangan yang sesuai dengan operatornya (maksimum /minimum). Jadi misalkan A(1,5,5,6) dan B(3,4,4,7), maka max (A,B) menghasilkan (3,5,5,7).



**Gambar 3.2 Penjumlahan Dua Bilangan *Fuzzy* Segitiga**

Sumber: Wibowo (2001)

### 3.7.2. Parameter Waktu Kegiatan *Fuzzy*

Untuk mencari jalur kritis, sebelumnya harus dicari parameter-parameter waktu dari tiap kegiatan. Parameter waktu tersebut adalah:

1. FES (*Fuzzy Early Start*) yakni waktu mulai paling awal suatu kegiatan dapat dilaksanakan.
2. FEF (*Fuzzy Early Finish*) yakni waktu selesai paling awal dari suatu kegiatan.
3. FLS (*Fuzzy Latest Start*) merupakan waktu paling akhir suatu kegiatan boleh dimulai, yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat

proyek secara keseluruhan.

4. FLF (*Fuzzy Latest Finish*) adalah waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpamemperlambat penyelesaian proyek.

### 3.7.3. Perhitungan Maju

Pencarian jalur kritis dan parameter waktu kegiatan dimulai dengan proses *forward pass*, yang menghitung FES dan FEF yang diawali dari awal kegiatan sampai ke akhir kegiatan. FES dan FEF dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$FES_x = \max(FEF_p) \quad (3.11)$$

$$FEF_x = FES_x (+) FD_x \quad (3.12)$$

Dengan:

$FES_x$  = waktu mulai tercepat dalam *fuzzy* dari aktivitas x,

$p$  = aktivitas yang mendahului,

$FEF$  = waktu selesai tercepat dalam bentuk *fuzzy*,

$FD_x$  = durasi dari sebuah aktivitas x

### 3.7.4. Perhitungan Mundur

Proses backward pass dilakukan untuk mencari FLS dan FLF, diawali dengan kegiatan terakhir sampai dengan kegiatan awal. Backward pass dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

1. FLS dari kegiatan terakhir dalam proyek adalah sama dengan FES-nya (kegiatan terakhir dalam proyek adalah simpul finish yang FD-nya adalah (0,0,0,0))
2. Kemudian dihitung FLFx dengan persamaan 3.10 berikut.

$$FLF_x = \min(FLS_s) \quad (3.13)$$

Dimana:

FLFx = waktu selesai terlama sementara,

FLSs = waktu mulai terlama dari kegiatan sebelumnya (arah dari akhir proyek keawal)

3. FLF kemudian dikonversi menjadi FLFu (Batas atas dari waktu selesai terlama) dengan rumus 3.10 dibawah ini:

$$Au = (a,b,c,d) (-) (0,0, \infty, \infty) = (-\infty,-\infty,c,d) \quad (3.14)$$

4. Dengan FEF  $(a,b,c,d)$  dan FLFu  $(-\infty,-\infty,e,f)$  dari suatu kegiatan diketahui maka akan dicari FLF dengan langkah- langkah sebagai berikut.

- a. Mencari dari kedua angka tersebut mana yang mempunyai kemiringan ke kanan lebih besar, dengan cara membandingkan  $(f - e)$  dengan  $(d - c)$ .

- b. Menghitung Y, yaitu sebuah besaran *fuzzy* terbesar yang memenuhi syarat

$$FEF (+) Y < FLF_u$$

- c. Jika kemiringan ke kanan dari FEF lebih besar  $(d - c) > (f - e)$  atau bisa dikatakan lebih tidak pasti maka bagian kanan dari FLF dibuat sama dengan FEF. Dan Y didapat dari:

$$Y = (f - d, f - d, f - d, f - d) \quad (3.15)$$

- d. Jika kemiringan ke kanan dari FLFu yang lebih besar maka bagian kanan FLF disamakan dengan FLFu namun bagian kiri disamakan dengan bagiankiri dari FEF. Maka Y adalah :

$$Y = (e - c, e - c, e - c, f - d) \quad (3.16)$$

Kemudian FLF dapat dihitung dengan rumus :

$$FLF = FEF (+) Y \quad (3.17)$$

6. Dan FLS kemudian didapatdari penurunanrumus :

$$FLS_x = FLF_x (-) FD_x \quad (3.18)$$

### 3.7.5. Waktu Ambang (*Floats*)

Menurut Hamzah, Unas, Widiarsa (2012) waktu ambang adalah sejumlah waktu yg tersedia dalam suatu aktifitas sehingga memungkinkan aktifitas tersebut

dapat ditunda tanpa menyebabkan penambahan total durasi proyek. Ada tiga tipe waktu ambang, waktu ambang total atau *total float* (TF), waktu ambang bebas atau *free float* (FF), dan waktu ambang independen atau *independent float* (IF).

Waktu ambang total suatu aktivitas adalah jumlah unit waktu aktivitas yang dapat diundur tanpa berpengaruh pada waktu penyelesaian total proyek. Waktu ambang bebas adalah jumlah unit waktu aktivitas yang dapat diundur tanpa berpengaruh pada ambang total aktivitas sesudahnya, sementara waktu ambang independen adalah jumlah unit waktu aktivitas yang dapat diundur tanpa dan IF dapat didefinisikan sebagai berikut (Gin-Shuh Liang, 2004):

$$TF_x = FLF_x - FD_x - FES_x \quad (3.19)$$

$$FF_x = FEF_x - FD_x - FES_x \quad (3.20)$$

$$IF_x = FES_x - FD_x - FLS_x \quad (3.21)$$

Sedangkan *centroid* (C) dari sebuah TFN (a,b,c,d) dapat dihitung dengan rumus (Shankar et.al., 2010) :

$$C = \frac{a+b+c}{3} \quad (3.22)$$

### 3.8. Perbedaan antara CPM, PERT dan FLASH

Dalam manajemen proyek ada beberapa metode penjadwalan lain yang biasa digunakan seperti *Gantt Chart*, *Precedence Diagram method* (PDM), *Program Evaluation Review Technique* (PERT), *Graphical Evaluation Review Technique* (GERT) dan sebagainya. Berbeda dengan CPM, PERT memberikan alternatif lain dengan mengasumsikan durasi aktivitas bersifat tidak pasti (Wibowo, 2001). Metode ini mengambil probabilitas untuk menganalisis hasil akhirnya, yaitu untuk mengetahui peluang terselesaikannya proyek dalam jangka waktu yang ditentukan berdasarkan data sebelumnya. Akan tetapi di pelaksanaan nyatanya tidak semua aktivitas pernah dilakukan, sehingga membutuhkan pertimbangan subjektif untuk mengetahui durasi aktivitasnya (Sharafi et al, 2008).

Untuk mengatasi kekurangan PERT tersebut, maka dapat digunakan sebuah metode integrasi antara PERT dan *fuzzy logic* yang disebut *Fuzzy Logic Application*

*for Scheduling* (FLASH). Metode ini menggunakan terminologi posibilitas daripada probabilitas untuk mengekspresikan ketidakpastian dalam menganalisis waktu penyelesaian proyek dengan durasi aktivitas dinyatakan dalam *Triangular Fuzzy Number* (TFN). Menurut Wibowo (2001), probabilitas didasarkan pada sampling acak di mana terjadinya suatu sampel mempunyai peranan penting. Di lain pihak, posibilitas tidak mendasarkan analisisnya pada data statistik tetapi berdasarkan pengamatan-pengamatan yang mungkin tidak akurat, tidak tepat, subjektif, dan intuitif tetapi masih dalam pertimbangan logis.

Probabilitas dan posibilitas memiliki kesamaan utama yaitu keduanya menjelaskan mengenai ketidakpastian (*uncertainty*) dan memiliki nilai antara 0 dan 1 (Kwang, 2005). Akan tetapi interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua istilah tersebut. Posibilitas merupakan suatu ukuran terhadap pendapat/ keputusan subjektif, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil (kejadian) bernilai benar dalam jangka panjang.

CPM, PERT dan FLASH akan menghasilkan jalur kritis yang sama. Namun biasanya hasil perhitungan FLASH menunjukkan rentang (interval) yang cukup besar antara batas bawah (optimis) dan atas (pesimis) terhadap nilai *most likely* terutama pada interval bawahnya. Hal tersebut dikarenakan adanya pengaruh jumlah aktivitas terhadap interval dalam bilangan *fuzzy*. Semakin banyak aktivitas maka semakin besar pula interval pada bilangan *fuzzy*-nya. Dikarenakan aturan pengurangan pada operasi bilangan *fuzzy* pula mengakibatkan TL memiliki interval yang cenderung lebih besar dibanding TE. Dengan kata lain, FLASH akan lebih optimal apabila digunakan pada proyek yang memiliki jumlah aktivitas relatif sedikit.

Semakin besar interval bilangan *fuzzy* cukup jauh maka semakin besar pula tingkat ketidakpastiannya. Lebih lanjut dikatakan bahwa, semakin besar rentang antara waktu optimis dan pesimis maka semakin besar pula tingkat ketidakpastian dan standar deviasinya. Dimana semakin besar standar deviasi semakin besar pula kemungkinan "*actual time*" yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek akan berbeda dengan  $T_e$  / waktu yang direncanakan.

Tabel 3.2 Perbedaan antara CPM, PERT, dan FLASH

Pembandingan	CPM	PERT	FLASH
Penggunaan	Penjadwalan dan pengendalian aktivitas yang sudah pernah dikerjakan	Perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan	Perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan
Jenis waktu	normal	Optimis, normal, pesimis	Optimis, normal, pesimis
Penekanan waktu dan biaya	Tepat biaya	Tepat waktu	Tepat waktu dan biaya
Anak panah dalam AOA ( <i>activity on Arrow</i> )	Kegiatan	Tata urutan (hubungan presidentil)	Kegiatan
Derajat keanggotaan Waktu Penyelesaian Proyek	-	-	Ada. Dipengaruhi oleh faktor keterlambatan masing masing aktivitas (sebagai $\alpha$ -cut) Dapat juga diperoleh dari total penyelesaian proyek (sebagai $\mu$ proyek)

Lanjutan Tabel 3.2 Perbedaan antara CPM, PERT, dan FLASH

Pembanding	CPM	PERT	FLASH
Peluang Waktu Penyelesaian Proyek	-	Dapat dihitung probabilitasnya dari jalur kritisnya saja	-
Penentuan Jalur kritis proyek	Berdasarkan nilai slack time $\leq 0$	Berdasarkan nilai slack time untuk waktu normal $\leq 0$	Berdasarkan nilai total floating time $\leq 0$

Sumber: vizkia et al (2014); dan Caesaron dan Thio (2015)

### 3.9. Estimasi Biaya

Yusuf (2010) mendefinisikan estimasi biaya sebagai proses menaksir hubungan antara biaya-biaya dan pengaruh penyebab biaya tersebut. Estimasi ini merupakan hal penting dalam dunia industri konstruksi. Hal ini dikerjakan sebelum pelaksanaan fisik dilakukan dan memerlukan analisa detail, kompilasi dokumen penawaran dan lainnya. Keakuratan dalam estimasi biaya tergantung pada keahlian dan keaktifan estimator dalam mengikuti seluruh proses pekerjaan dan sesuai dengan informasi terbaru. Ketidaktepatan dalam estimasi dapat memberikan efek negatif pada seluruh proses konstruksi dan semua pihak.

Estimasi biaya proyek diperlukan sebagai pedoman atau pegangan ketika proyek mulai dijalankan. Tentu saja diharapkan nantinya biaya riil (biaya yang benar-benar terjadi untuk menyelesaikan sebuah proyek) tidak terlalu jauh dari estimasi yang sudah dibuat. Estimasi biaya proyek diperlukan oleh semua yang terlibat dalam sebuah proyek konstruksi. Bagi pemborong, estimasi biaya proyek sangat penting karena pemborong harus memperhitungkan, proyek yang akan dijalankan nantinya biayanya tidak melebihi budget atau anggarannya. Jika pemborongnya adalah pemerintah (proyek pemerintah), anggaran ini bahkan sudah ditetapkan dalam APBN (Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara) atau APBD (Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah), jika pemborongnya adalah *developer* properti, estimasi ini diperlukan agar ia bisa menentukan harga jual propertinya, dan jika pemborongnya adalah orang biasa yang ingin membangun rumah tinggal



juga diperlukan, bahkan sangat penting karena biasanya mereka yang ingin membangun rumah tinggal lebih terbatas anggaran keuangannya (Imaduddin dkk, 2013)

Biaya proyek dikelompokkan menjadi dua komponen yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung (Laksana dkk, 2014).

1. Biaya langsung (*direct cost*)

Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek atau biaya yang diperlukan untuk mendapatkan sumber daya yang dipergunakan untuk penyelesaian proyek.

2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*)

Biaya tidak langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pengawasan, pengarahannya dan pengeluaran umum di luar biaya konstruksi, biaya ini disebut juga sebagai biaya *overhead*. Biaya ini tidak tergantung pada volume pekerjaan tetapi juga tergantung pada jangka waktu pelaksanaan pekerjaan. Biaya tidak langsung akan naik apabila waktu pelaksanaan semakin lama karena biaya untuk gaji pegawai, biaya umum perkantoran tetap dan biaya-biaya lainnya juga tetap dibayar.

Perhitungan Biaya Material, Biaya Tenaga kerja dan Peralatan dapat dilihat dengan persamaan 3.20 berikut ini.

$$\text{Biaya Material} = \text{Harga Satuan Kebutuhan Material} \times \text{Volume} \quad (3.23)$$

$$\text{Biaya tenaga kerja dan peralatan} = \text{Harga Satuan} \times \text{Volume} \quad (3.24)$$

### 3.10. Hubungan Antara Penjadwalan dengan Biaya

Apabila dalam suatu proyek Perencanaan waktu atau time scheduling proyek didasarkan pada durasi atau waktu normal untuk kegiatan atau pekerjaan. Durasi normal adalah durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan berdasarkan pengalaman pada proyek-proyek sebelumnya, dengan menggunakan sumber daya secara normal seperti: sumber daya manusia pada batas kepadatan, alat umum atau biasa, serta teknologi umum atau biasa. Dalam perencanaan waktu atau durasi setiap kegiatan dipengaruhi oleh : alokasi dan kualifikasi sumber daya manusia, alokasi dan spesifikasi alat, jam kerja, dan metode atau teknologi kondisi

lapangan. Pengaruh keterlambatan yang terjadi tidak hanya menyebabkan meningkatnya durasi kegiatan, tetapi akan berpengaruh terhadap meningkatnya biaya konstruksi (Ervianto, 2005).

Senada dengan penuturan diatas, Laksana dkk (2014) juga menjelaskan bahwa biaya langsung akan meningkat bila waktu pelaksanaan proyek dipercepat, namun biaya langsung ini akan meningkat juga bila waktu pelaksanaan proyek diperlambat. Biaya tidak langsung tidak tergantung pada kuantitas pekerjaan, melainkan tergantung pada jangka waktu pelaksanaan proyek. Bila biaya tidak langsung ini dianggap tetap selama umur proyek, maka biaya kumulatifnya akan naik secara linier menurut umur proyek yang dilaksanakan.

Perhitungan Biaya dengan FLASH menurut Sukma, Diputra, dan Wiguna (2014) adalah sebagai berikut.

- a. Biaya pada kondisi optimis.

$$\text{biaya proyek kondisi optimis} = (\text{biaya jasa sebenarnya}) \times \left( \frac{\text{waktu optimis}}{\text{waktu sebenarnya}} \right) \quad (3.25)$$

- b. Biaya pada kondisi pesimis.

$$\text{biaya proyek kondisi pesimis} = (\text{biaya jasa sebenarnya}) \times \left( \frac{\text{waktu pesimis}}{\text{waktu sebenarnya}} \right) \quad (3.26)$$