

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pengetahuan mengenai proyek dengan aktivitas perusahaan sangatlah bermacam-macam, namun ada aktivitas yang kegiatannya hanya berlangsung sekali dimana dalam aktivitas tersebut memiliki saat awal dan saat akhir. Kegiatan yang seperti itulah yang dinamakan proyek. Pengertian proyek dapat dilihat dari beberapa pengertian yang dikemukakan oleh para ahli, antara lain; Menurut Eddy Herjanto (2003) mendefinisikan bahwa: “Proyek meliputi tugas-tugas tertentu yang dirancang secara khusus dengan hasil dan waktu yang telah ditentukan terlebih dahulu dan dengan keterbatasan sumber daya”.

Menurut Hari Handoko (1993) Proyek adalah satu rangkaian aktivitas yang dilaksanakan satu kali dalam jadwal waktu yang pasti dan terperinci. Dari pengetahuan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa proyek merupakan kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumberdaya tertentu dan bertujuan untuk melaksanakan tugas yang sarannya telah digariskan dengan jelas. Kegiatan proyek dalam proses mencapai hasil akhirnya dibatasi oleh waktu dan biaya. Proyek sifatnya dinamis, tidak rutin, multi kegiatan dengan intensitas yang berubah-ubah, serta memiliki siklus yang pendek, aktivitasnya ditentukan dengan jelas kapan dimulai dan kapan berakhir, serta adanya pembatasan dana untuk menjalankan aktivitas proyek tersebut.

Pada tinjauan pustaka ini membahas pengetahuan mengenai konsep PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dan CPM (*Critical Path Method*) yang digunakan sebagai landasan teori mengevaluasi masalah yang dibahas dalam penelitian di CV. Hadi Jaya.

2.1. PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

2.1.1. Pengertian PERT

PERT merupakan singkatan dari *Program Evaluation and Review Technique* (teknik menilai dan meninjau kembali program), teknik PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkordinasikan berbagai bagian suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek .

PERT adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek (Febrianto,2011).

Menurut Hari Handoko (1993 hal. : 401) mengemukakan bahwa, PERT adalah suatu metode analisis yang dirancang untuk membantu dalam penjadwalan dan pengendalian proyek-proyek yang kompleks, yang menuntut bahwa masalah utama yang dibahas yaitu masalah teknik untuk menentukan jadwal kegiatan beserta anggaran biayanya sehingga dapat diselesaikan secara tepat waktu dan biaya

Menurut Saleh Mubarak (2010) dalam bukunya yang berjudul *Construction Project Scheduling and Control* : *“PERT is an event-oriented network analysis technique used to estimate project duration when individual activity duration estimates are highly uncertain.”* PERT adalah suatu kondisi yang berorientasi analisis jaringan teknik yang digunakan untuk memperkirakan durasi proyek ketika memperkirakan durasi kegiatan individu yang sangat tidak pasti.

PERT adalah suatu metode analisis yang dirancang untuk membantu dalam penjadwalan dan pengendalian proyek-proyek yang kompleks, yang menuntut bahwa masalah utama yang dibahas yaitu masalah teknik untuk menentukan jadwal kegiatan beserta anggaran biayanya sehingga dapat diselesaikan secara tepat waktu dan biaya (Andri, 2007).

2.1.2. Karakteristik

1.Karakteristik PERT

Dari langkah-langkah penjelasan metode PERT maka bisa dilihat suatu karakteristik dasar PERT, yaitu sebuah jalur kritis dengan diketahuinya jalur kritis ini maka suatu proyek dalam jangka waktu penyelesaian yang lama dapat diminimalisasi (Andri ,2007).

2.Karakteristik Proyek

- a. Kejadiannya dibatasi oleh waktu; sifatnya sementara, diketahui kapan mulai dan berakhirnya.
- b. Dibatasi oleh biaya.
- c. Dibatasi oleh kualitas.
- d. Biasanya tidak berulang-ulang.

2.1.3. Kelebihan dan Kekurangan metode PERT

1. Kelebihan pada metode PERT
 - a. Berguna pada tingkat manajemen proyek.
 - b. Secara matematis tidak terlalu rumit.
 - c. Menampilkan secara grafis menggunakan jaringan untuk menunjukkan hubungan antar kegiatan.
 - d. Dapat ditunjukkan jalur kritis, jalur yang tidak ada *slack* nya atau halangan.
 - e. Dapat memantau kemajuan proyek.
 - f. Dapat diketahui waktu seluruh proyek akan diselesaikan.
 - g. Mengetahui apa saja kegiatan kritis yaitu kegiatan yang akan menunda proyek jika terlambat dikerjakan.
 - h. Apa kegiatan non-kritis : kegiatan yang boleh dikerjakan terlambat.
 - i. Mengetahui probabilitas proyek selesai pada waktu tertentu.
 - j. Mengetahui jumlah uang yang dibelanjakan sesuai rencana sesuai dengan proyek tersebut.
 - k. Efisiensi jumlah sumberdaya yang ada dapat menyelesaikan proyek tepat waktu.

2. Kekurangan pada metode PERT
 - a. Kegiatan proyek harus didefinisikan dengan jelas.
 - b. Hubungan antar kegiatan harus ditunjukkan dan dikaitkan.
 - c. Perkiraan waktu cenderung subyektif oleh perancang PERT.
 - d. Terlalu focus pada jalur kritis, jalur yang terlama dan tanpa hambatan.

2.1.4. Metodologi dan Komponen-komponen PERT

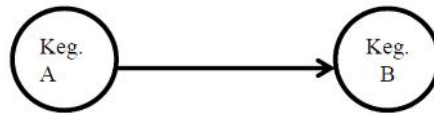
2.1.4.1. Metodologi PERT

PERT merupakan metode yang digunakan dalam analisis network. Analisis network bertujuan untuk membantu dalam penjadwalan dan pengawasan kompleks yang saling berhubungan dan saling tergantung satu sama lain. Hal ini dilakukan agar perencanaan dan pengawasan semua kegiatan itu dapat dilakukan secara sistematis, sehingga dapat diperoleh efisiensi kerja. Metodologi PERT divisualisasikan dengan suatu grafik atau bagan yang melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek. Diagram jaringan ini terdiri dari beberapa titik (nodes) yang merepresentasikan kejadian (event) (Hari Handoko 1993). Titik-titik tersebut dihubungkan oleh suatu vektor (garis yang memiliki arah) yang merepresentasikan suatu

pekerjaan (task) dalam sebuah proyek. Arah dari garis menunjukkan suatu urutan pekerjaan. Ada dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan proyek, yaitu:

a. Kegiatan pada titik (activity on node – AON)

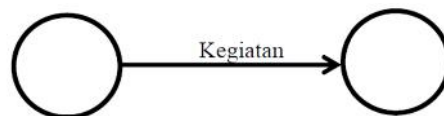
Pada AON, titik menunjukkan kegiatan.



Gambar 2.1 Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AON (Andri ,2007)

b. Kegiatan pada panah (activity on arrow – AOA)

Pada AOA, panah menunjukkan aktivitas.

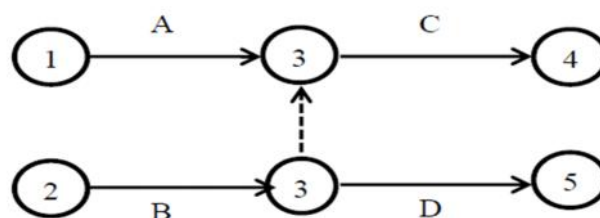


Gambar 2.2 Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AOA (Andri, 2007)

AOA kadang-kadang memerlukan tambahan kegiatan *dummy* untuk memperjelas hubungan. Kegiatan *dummy* adalah kegiatan yang sebenarnya tidak nyata, sehingga tidak membutuhkan waktu dan sumberdaya. *Dummy* digambarkan dengan garis putus-putus dan diperlukan bila terdapat lebih dari satu kegiatan yang mulai dan selesai pada *event* yang sama. Kegunaan dari kegiatan *dummy* (semu) yaitu:

- Untuk menunjukkan urutan pekerjaan yang lebih tepat bila suatu kegiatan tidak secara langsung tergantung pada suatu kegiatan lain.
- Untuk menghindari network dimulai dan diakhiri oleh lebih dari satu peristiwa dan menghindari dua kejadian dihubungkan oleh lebih dari satu kegiatan.

Contoh :



Gambar 2.3 Contoh Kegiatan Dummy (Andri, 2007)

Keterangan:

Kegiatan A dan B harus sudah selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai. Sedangkan D dapat dimulai segera setelah B selesai dan tidak bergantung dengan A.

2.1.4.2. Komponen-komponen dalam pembuatan PERT

Komponen-komponen dalam pembuatan PERT adalah :

a. Kegiatan (*activity*)

Suatu pekerjaan/tugas dimana penyelesaiannya memerlukan periode waktu, biaya, serta fasilitas tertentu. Kegiatan ini diberi simbol tanda panah.

b. Peristiwa (*event*)

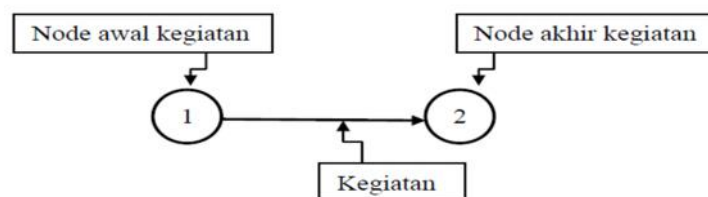
Menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Peristiwa diberi symbol lingkaran (nodes) dan nomor, dimana nomor dimulai dari nomor kecil bagi peristiwa yang mendahuluinya.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan network PERT:

1. Sebelum suatu kegiatan dimulai, semua kegiatan yang mendahului harus sudah selesai dikerjakan.
2. Anak panah menunjukkan urutan dalam mengerjakan pekerjaan.
3. Nodes diberi nomor supaya tidak terjadi penomoran nodes yang sama.
4. Dua buah peristiwa hanya bisa dihubungkan oleh satu kegiatan (anak panah).
5. *Network* hanya dimulai dari suatu kejadian awal yang sebelumnya tidak ada pekerjaan yang mendahului dan *network* diakhiri oleh satu kejadian saja ,Hari Handoko (1993).

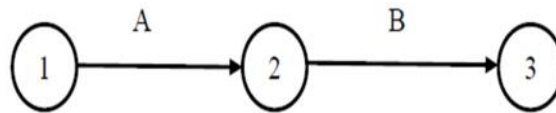
Berikut adalah penjelasan *network* PERT melalui contoh gambar.

- 1) Sebuah kegiatan (*activity*) merupakan proses penyelesaian suatu pekerjaan selama waktu tertentu dan selalu diawali oleh node awal dan diakhiri oleh node akhir yaitu saat tertentu atau *event* yang menandai awal dan akhir suatu kegiatan.



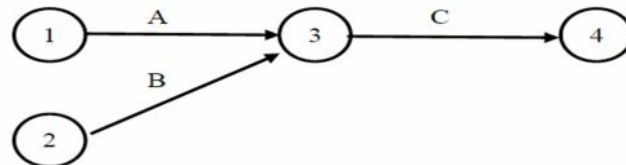
Gambar 2.4 Awal kegiatan 1 ke 2 ,Hari Handoko (1993)

- 2) Kegiatan B baru bisa dimulai dikerjakan setelah kegiatan A selesai



Gambar 2.5 Kegiatan B dikerjakan setelah kegiatan A ,Hari Handoko (1993)

3) Kegiatan C baru bisa mulai dikerjakan setelah kegiatan A dan B selesai.



Gambar 2.6 Kegiatan C dikerjakan setelah kegiatan A dan B ,Hari Handoko (1993)

c. Waktu Kegiatan (*activity time*)

Activity time adalah kegiatan yang akan dilaksanakan dan berapa lama waktu penyelesaiannya. Ada 3 estimasi waktu yang digunakan dalam penyelesaian suatu kegiatan:

1) Waktu optimistik (a)

Waktu kegiatan yang dilaksanakan berjalan baik tidak ada hambatan.

2) Waktu realistik (m)

Waktu kegiatan yang dilaksanakan dalam kondisi normal dengan hambatan tertentu yang dapat diterima.

3) Waktu pesimistik (b)

Waktu kegiatan dilaksanakan terjadi hambatan lebih dari semestinya.

d. Taksiran Waktu Penyelesaian Kegiatan

Ketiga estimasi waktu kemudian digunakan untuk mendapatkan waktu kegiatan yang diharapkan (*expected time*) dengan rumus:

$$t = \frac{a+4m+b}{6}$$

Sumber: Hari Handoko (1993)

Untuk menghitung varians waktu penyelesaian kegiatan, maka dihitung dengan rumus:

$$v = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2$$

Sumber: Hari Handoko (1993)

PERT menggunakan varians kegiatan jalur kritis untuk membantu menentukan varians proyek keseluruhan. Varians proyek dihitung dengan menjumlahkan varians kegiatan kritis :

$$\sigma^2_p = \text{variens proyek} = \sum (\text{variens kegiatan pada jalur kritis})$$

Sumber: (Andri, 2007)

Untuk menghitung standar deviasi , maka dihitung dengan rumus:

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\text{Variansi } \sigma^2_{\text{Proyek}}}$$

Sumber: (Andri, 2007)

e. Penjadwalan Proyek

Untuk menentukan jadwal proyek, harus dihitung dua waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan. Adapun dua waktu awal dan dua waktu akhir yaitu:

- 1) *Earliest Start* (ES) : *early start* atau mulai terdahulu adalah waktu paling awal dimana suatu kegiatan sudah dapat dimulai, dengan asumsi semua kegiatan pendahulu atau semua kegiatan yang mengawalinya sudah selesai dikerjakan.
- 2) *Earliest Finish* (EF) : *early finish* atau selesai terdahulu adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat selesai.
- 3) *Latest Start* (LS) : *latest start* atau mulai terakhir adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. *Latest start* menunjukkan waktu toleransi terakhir dimana suatu kegiatan harus mulai dilakukan.
- 4) *Latest Finish* (LF) : *Latest Finish* atau selesai terakhir adalah waktu toleransi terakhir suatu kegiatan harus dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian kegiatan berikutnya dan keseluruhan proyek (Febrianto,2011).

Dalam menentukan jadwal proyek dapat menggunakan proses *two-pass* yang terdiri dari *forward pass* dan *backward pass*. ES dan EF ditentukan selama *forward pass*, sedangkan LS dan LF ditentukan selama *backward pass*.

- 1) Forward Pass

Forward pass digunakan untuk mengidentifikasi waktu-waktu terdahulu. Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

Jika suatu kegiatan hanya mempunyai satu pendahulu langsung, ES-nya sama dengan EF dari pendahulunya. Jika suatu kegiatan mempunyai beberapa pendahulu langsung, ES-nya adalah nilai maksimum dari semua EF pendahulunya, dengan rumusan:

$$ES = \text{Max (EF semua pendahulu langsung)}$$

Sumber: (Febrianto,2011)

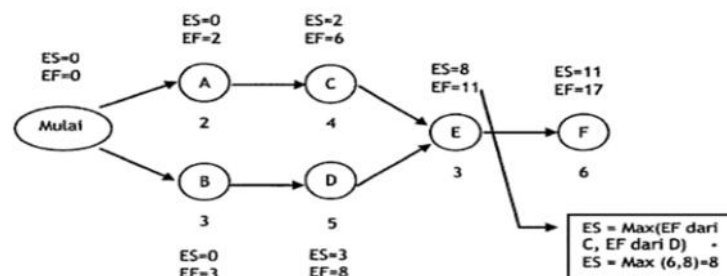
Waktu selesai terdahulu (EF) dari suatu kegiatan adalah jumlah dari waktu mulai terdahulu (ES) dan waktu kegiatannya, dengan rumusan:

$$EF = ES + \text{waktu kegiatan}$$

Sumber: (Febrianto,2011)

Meskipun forward pass memungkinkan untuk menentukan waktu penyelesaian proyek terdahulu, ia tidak mengidentifikasi jalur kritis. Untuk mengidentifikasi jalur kritis, perlu dilakukan *backward pass* untuk menentukan nilai LS dan LF untuk semua kegiatan.

Contoh:



Gambar 2.6 Contoh penghitungan ES dan EF (Febrianto,2011)

Penjelasan:

- ES dari A = 0 diperoleh dari EF sebelumnya (mulai) = 0
- EF dari A = 2 diperoleh dari ES = 0 + waktu dari A (2)
- Apabila ada dua jalur untuk ES, pilihlah EF yang paling maksimum.

2) Backward Pass

Backward Pass digunakan untuk menentukan waktu paling akhir yang masih dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan *forward*

pass. Untuk setiap kegiatan, pertama-tama harus menentukan nilai LF-nya, diikuti dengan nilai LS. Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, seluruh pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi hanya satu kegiatan, LF-nya sama dengan LS dari kegiatan yang secara langsung mengikutinya. Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi lebih dari satu kegiatan, maka LF-nya adalah nilai minimum dari seluruh nilai LS dari kegiatan-kegiatan yang secara langsung mengikutinya, dengan rumusan:

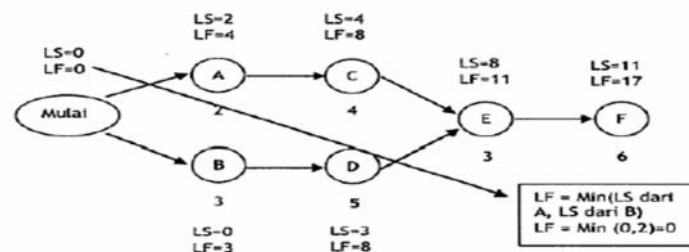
$$LF = \min(\text{LS dari seluruh kegiatan yang langsung})$$

Sumber : (Febrianto,2011)

waktu mulai terakhir (LS) dari suatu kegiatan adalah perbedaan antara waktu selesai terakhir (LF) dan waktu kegiatannya, dengan rumusan:

$$LS = LF - \text{Waktu}$$

Contoh:



Gambar 2.7 Contoh menghitung LS dan LF (Febrianto,2011)

Penjelasan :

- LS dan LF dari F diperoleh dari ES = 11 dan EF=17 (contoh dari forward pass)
- LF dari E = 11 diperoleh dari LS sebelumnya (F) = 11
- LS dari E = 8 diperoleh dari LF = 11 – waktu dari E (3)
- Apabila ada dua jalur untuk LF, yang dipilih adalah LS yang paling minimum.

f. Jalur Kritis

Menurut Eddy Herjanto (2003) "Lintasan kritis merupakan lintasan dengan jumlah waktu yang paling lama dibandingkan dengan semua lintasan lain yang mungkin. Jumlah waktu pada lintasan kritis sama dengan umur proyek". Dalam *network planning*, apabila terjadi penundaan pada lintasan atau kegiatan kritis maka akan menyebabkan terjadinya penundaan penyelesaian pada seluruh rangkaian proyek atau produksi. Sehingga dengan

adanya lintasan kritis, akan membantu perusahaan dalam mengidentifikasi dan memfokuskan pengerjaan pada kegiatan-kegiatan yang memerlukan perhatian khusus Badri, S. (1997).

Waktu penyelesaian rangkaian kegiatan-kegiatan di dalam sebuah proyek akan memberikan gambaran mengenai waktu penyelesaian proyek itu. Namun, karena sebuah proyek terdiri atas rangkaian kegiatan-kegiatan yang saling berhubungan, maka penentuan waktu penyelesaian sebuah proyek ditentukan oleh jalur kritis (*critical path*), yaitu jalur penyelesaian rangkaian kegiatan terpanjang. Waktu penyelesaian jalur ini akan menandai waktu penyelesaian proyek. Oleh karena itu, istilah jalur kritis juga mengisyaratkan bahwa perubahan waktu penyelesaian kegiatan-kegiatan pada jalur kritis akan mempengaruhi waktu penyelesaian proyek.

Pada *network* proyek, dapat ditemukan *float/slack* yaitu sisa waktu atau waktu mundur aktivitas, sama dengan LS-ES atau LF-EF. *Float/slack* memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah jaringan kerja. *Slack time* akan selalu muncul pada rangkaian kegiatan yang bukan merupakan jalur kritis, dan tidak akan pernah muncul pada jalur kritis. Badri, S. (1997).

Slack time menjadi perhatian manajemen karena *slack time* akan menjadi sumber daya yang bisa digunakan dan sumber penghematan yang mungkin dilakukan oleh manajemen. Ini dipakai pada waktu penggunaan *network* dalam praktek, atau digunakan pada waktu mengerjakan penentuan jumlah material, peralatan, dan tenaga kerja.

Slack terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1) *Total float/slack* (S)

Jumlah waktu di mana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan.

2) *Free float/slack* (SF)

Jumlah waktu di mana penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari dimulainya aktivitas yang lain atau saat paling cepat terjadinya *event* lain pada *network*.

2.1.5. Teknik Memperpendek Jadwal Proyek

Proyek adalah serangkaian kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu tertentu dengan alokasi sumber daya yang tersedia dan bertujuan untuk melaksanakan tugas yang telah ditetapkan. Penjadwalan proyek adalah rencana pengurutan kerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan sasaran khusus dengan saat penyelesaian yang jelas.

Setiap aktivitas dalam proyek, pada dasarnya dituntut agar mampu menggunakan waktu secara efektif dan efisien dengan hasil yang berkualitas. Untuk itu digunakan analisis dengan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). PERT adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek. Febrianto, (2011).

a. Metode Menggunakan Model Optimasi

Pada percepatan PERT menggunakan model optimasi sasarannya yaitu pada probabilitas yang dihasilkan. Pada tahap ini diasumsikan biaya yang dikeluarkan adalah biaya percepatan secara keseluruhan. Sedangkan biaya pada hasil optimasi hanya sebagai nilai untuk mencari probabilitas yang dimaksud.

Percepatan waktu pada proyek dengan metode PERT merupakan percepatan secara probabilitas. Dengan mengalokasikan sejumlah biaya tambahan pada jalur kritis, diharapkan dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek beberapa hari. Untuk itu digunakan model matematika yang akan dibentuk dari distribusi probabilitas normal. Dalam kaitannya digunakan distribusi probabilitas standar. Pangestu Subagyo, (2000).

b. Metode Menggunakan CPM

Pada percepatan PERT menggunakan metode percepatan CPM. Pada metode ini biaya yang dikeluarkan diharapkan sesuai dengan waktu percepatan yang dihasilkan. Sehingga pada pengerjaannya lebih terarah pada biaya tiap satuan waktu dan jalur kegiatannya.

2.2. CPM (*Critical Path Methode*)

2.2.1. Pengertian CPM

CPM (*Critical Path Method*) merupakan suatu metode dalam mengidentifikasi jalur atau item pekerjaan yang kritis dan membuatnya agar dapat menjadi secara manual matematis (Yundha, 2011)

Critical Path Method yang dikenal pula sebagai jalur kritis, dikembangkan oleh J.E Kelly dari perusahaan Remington Rand dan M.R Walker dari Dupont dalam rangka mengembangkan suatu sistem kontrol manajemen. Sistem ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang kompleks dalam masalah desain dan konstruksi.

Menurut Yugi (2005) CPM (*Critical Path Method*) atau Analisis Jalur Kritis merupakan salah satu metode analisis jaringan kerja yang digunakan untuk merencanakan,

menjadwal dan memonitor proyek-proyek seperti membangun gedung, memelihara sistem komputer, riset dan pengembangan, dan lain-lain.

Menurut Samuel (2004) Metode Jalur Kritis (CPM) adalah salah satu dari beberapa teknik yang saling terkait untuk melakukan perencanaan proyek. CPM adalah proyek-proyek yang terdiri dari sejumlah kegiatan. Jika beberapa kegiatan memerlukan kegiatan lain untuk menyelesaikan sebelum mereka dapat memulainya, maka proyek menjadi jaringan yang kompleks dari kegiatan.

Menurut Eddy Herjanto (2003) “ CPM merupakan suatu keseimbangan antara waktu dan biaya, sehingga CPM merupakan penjadwalan proyek dengan menggunakan fungsi waktu dan biaya” .Dalam proses identifikasi jalur kritis, terdapat beberapa notasi-notasi yang digunakan dalam CPM yaitu :

- Mulai terdahulu (*earliest start* – ES), adalah waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai.
- Selesai terdahulu (*earliest finish* – EF) adalah waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai.
- Mulai terakhir (*latest start* – LS) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

CPM merupakan suatu metode dalam mengidentifikasi jalur atau item pekerjaan yang kritis dan membuatnya agar dapat menjadi secara manual matematis. Menurut (Andri, 2007) CPM atau analisis jalur kritis merupakan salah satu metode analisis jaringan kerja yang digunakan untuk merencanakan, menjadwal dan memonitor proyek-proyek seperti membangun gedung, memelihara sistem komputer, riset dan pengembangan, dan lain-lain.

Critical Path Method merupakan suatu metode perencanaan dan pengendalian proyek-proyek yang merupakan sistem yang paling banyak digunakan diantara semua sistem yang memakai prinsip pembentukan jaringan (Newbold, 1998).

Jalur Metode Kritis (CPM) adalah teknik untuk menganalisis proyek dengan menentukan urutan terpanjang tugas atau urutan tugas sesuai dengan tingkat kekenduran melalui jaringan proyek (Andri, 2007). Jika beberapa kegiatan memerlukan kegiatan lain untuk menyelesaikan sebelum mereka dapat memulainya, maka proyek menjadi jaringan yang kompleks dari kegiatan. Metode CPM merupakan metode perencanaan penjadwalan proyek konstruksi yang dapat menunjukkan aktivitas-aktivitas kritis. Aktivitas-aktivitas kritis tersebut sangat mempengaruhi waktu penyelesaian pekerjaan dari salah satu aktivitas kritis terlambat maka proyek akan mengalami keterlambatan pelaksanaannya, yang berarti akan

menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Pangestu Subagyo, (2000).

Jadi CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

2.2.2. Kelebihan dan Kelemahan CPM

1. Kelebihan *Critical Path Method*

- a. Menghemat waktu dan biaya proyek.
- b. Alat komunikasi yang efektif.
- c. Sangat berguna untuk mengetahui pekerjaan mana yang bersifat kritis.
- d. Dapat digunakan untuk menghitung toleransi keterlambatan suatu pekerjaan yang tidak bersifat kritis.

2. Kelemahan *Critical Path method*:

- a. Pekerjaan yang terlalu banyak.
- b. Penilaian durasi pekerjaan.
- c. Penilaian interdependensi pekerjaan.
- d. Pembuatan dan pembacaan jadwal yang jauh lebih sulit.

2.2.3. Identifikasi Jalur Kritis

Salah satu hal penting didalam identifikasi jalur kritis adalah mengetahui kapan proyek tersebut dapat diselesaikan. Untuk menjawab hal tersebut, perlu diketahui terlebih dahulu waktu yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan, hubungannya dengan kegiatan lain dan kapan kegiatan tersebut dimulai dan berakhir. Badri, S. (1997).

Setelah hal-hal tersebut diketahui, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan-perhitungan, adapun cara perhitungan yang harus dilakukan terdiri atas dua cara yaitu perhitungan maju (*forward computation*) dan perhitungan mundur (*backward computation*). Sehingga dengan dilakukannya kedua perhitungan tadi dapat diketahui jalur kritis dan juga kapan proyek atau produksi tersebut dapat diselesaikan.

a. Perhitungan Maju (*Forward Computation*)

Perhitungan maju merupakan perhitungan bergerak mulai dari *initial event* menuju *terminal event*. Maksudnya ialah menghitung saat yang paling cepat terjadinya *event* dan saat paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivitas.

Ada tiga langkah yang dilakukan di dalam perhitungan maju, yaitu :

1. Saat tercepat terjadinya *initial event* ditentukan pada hari ke-nol sehingga untuk *initial event* berlaku $TE = 0$.
2. Jika *initial event* terjadi pada hari yang ke-nol maka,



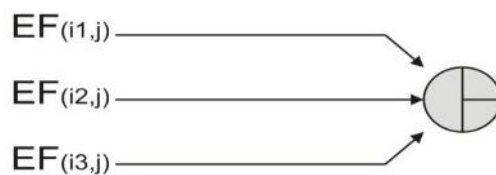
Gambar 2.8 *Initial event* pada hari ke-nol

Rumus :

$$ES(ij) = TE(j) = 0$$

$$EF(ij) = ES(Ij) + t(ij) = TE(i) + t(Ij)$$

3. *Event* yang menggambarkan beberapa aktivitas (*merge event*)



Gambar 2.9 *Merge event*

Sebuah *event* hanya dapat terjadi jika aktivitas-aktivitas yang mendahuluinya telah diselesaikan. Maka saat paling cepat terjadi sebuah *event* sama dengan nilai terbesar dari saat tercepat untuk menyelesaikan aktivitas-aktivitas yang berakhir pada *event* tersebut.

$$TE(j) = \text{maks}(EF(i1j), EF(i2j), \dots, EF(inj))$$

Rumus:

$$ES(i,j) = TE(j) = 0$$

$$EF(i,j) = ES(i,j) + t(i,j)$$

Dimana :

ES = Saat tercepat dimulainya aktivitas

TE = Saat tercepat terjadinya event

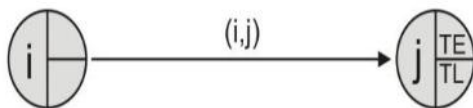
EF = Saat tercepat diselesaikannya aktivitas

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

b. Perhitungan Mundur (*Backward Computation*)

Pada perhitungan mundur, perhitungan bergerak dari *terminal event* menuju *initial event*. Tujuannya adalah untuk menghitung saat paling lambat terjadinya *events* dan saat paling lambat dimulainya dan diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TL, LS dan LF), seperti halnya pada perhitungan maju, terdapat tiga langkah yang dilakukan di dalam perhitungan mundur (*backward computation*), yaitu :

1. Pada *terminal event* berlaku $TL = TE$
2. Saat paling lambat untuk memulai suatu aktivitas sama dengan saat paling lambat untuk menyelesaikan aktivitas itu dikurangi dengan durasi atau waktu aktivitas tersebut.



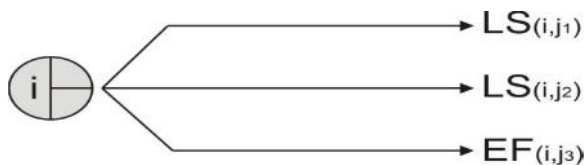
Gambar 2.9.1 Saat paling lambat memulai aktivitas

$$LS = LF - t$$

$$LF(ij) = TL \text{ dimana } TL = TE$$

$$\text{Maka : } LS(ij) = TL(j) - t(ij)$$

3. *Event* yang “mengeluarkan” beberapa aktivitas (*burst event*)



Gambar 2.9.2 *Burst Event*

Setiap aktivitas hanya dapat dimulai apabila *event* yang mendahuluinya telah terjadi.

Oleh karena itu saat paling lambat terjadinya sebuah *event* sama dengan nilai terkecil dari saat-saat paling lambat untuk memulai aktivitas-aktivitas yang berpangkal pada *event* tersebut.

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

Rumus :

$$LS = LF - t$$

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

Maka :

$$LS(i,j) = TL(j) - t(i,j)$$

Dimana :

LS = Saat paling lambat dimulainya aktivitas

LF = Saat paling lambat diselesaikannya aktivitas

TL = Saat paling lambat terjadinya *event*

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

Ada dua metode dimana CPM (Critical Path Method) dapat diidentifikasi jalur kritisnya, antara lain :

1. Mengarah ke depan.

Forward Pass (mengarah ke depan) merupakan waktu yang paling awal dimana proyek dapat diselesaikan. Waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk memulai disebut “*early start*” sedangkan waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk mengakhiri disebut “*early finish*”. Dalam metode penentuan jalur kritis, yang paling awal diidentifikasi adalah kemungkinan waktu untuk memulai proyek dan kemudian serangkaian kegiatan untuk mengidentifikasi waktu penyelesaian (Andri, 2007).

2. Mengarah ke belakang

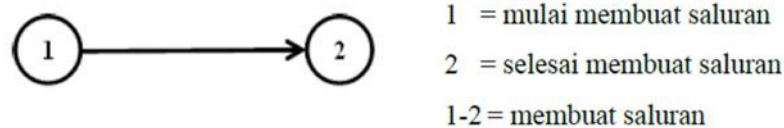
Backward Pass (mengarah ke belakang) merupakan waktu paling akhir dimana proyek dapat diselesaikan. Waktu penyelesaian proyek didasarkan pada kerja mundur dari waktu akhir pada kegiatan terakhir untuk mengawali kegiatan pertama. Waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk memulai disebut “*latest start*” sedangkan waktu setiap kegiatan yang dijadwalkan untuk mengakhiri disebut “*latest finish*” (Andri, 2007).

2.3. Perbedaan PERT dan CPM

- a. PERT merupakan teknik manajemen proyek yang menggunakan tiga perkiraan waktu untuk tiap kegiatan yaitu waktu tercepat, terlama, serta terlayak. CPM hanya memiliki satu jenis informasi waktu pengerjaan yaitu waktu yang paling tepat dan layak untuk menyelesaikan suatu proyek.
- b. PERT menekankan tepat waktu, sebab dengan penyingkatan waktu maka biaya proyek turut mengecil, sedangkan pada CPM menekankan tepat biaya.

- c. Dalam PERT anak panah menunjukkan tata urutan (hubungan presidentil), sedangkan pada CPM tanda panah adalah kegiatan. Meskipun demikian, CPM dan PERT mempunyai tujuan yang sama dimana analisis yang digunakan adalah sangat mirip yaitu dengan menggunakan diagram anak panah.
- d. PERT memusatkan perhatian pada penemuan waktu penyelesaian kegiatan yang bersifat probabilistik sehingga waktu penyelesaian proyek bisa dianalisis dengan menggunakan hukum-hukum statistik. CPM lebih memusatkan perhatiannya pada penemuan waktu percepatan suatu kegiatan dengan biaya minimum agar proyek bisa selesai dalam waktu tertentu, contohnya mengerahkan sumberdaya tambahan untuk memperpendek durasi pekerjaan.
- e. PERT digunakan pada proyek yang taksiran waktu kegiatannya tidak bisa dipastikan, misal kegiatan tersebut belum pernah dilakukan atau memiliki variasi waktu yang besar. CPM digunakan apabila taksiran waktu pengerjaan setiap kegiatan dapat diketahui dengan baik, dimana penyimpangannya relatif kecil atau dapat diabaikan.
- f. PERT *events oriented*, menggunakan pendekatan *activity on node* (AON).

Contoh :



CPM *activities oriented*, menggunakan pendekatan *activity on arrow* (AOA).

Contoh :



Gambar 2.9.3 Pendekatan menggunakan *activity on node* (AON)

- g. PERT mencentakkan perhatiannya di area penelitian dan pengembangan program. CPM terutama digunakan untuk program konstruksi.
- h. PERT mengasumsikan sebuah distribusi probabilitas untuk waktu di tiap kegiatan sehingga kelengkapan perkiraan waktu untuk semua kegiatan diperlukan.

2.4. Persamaan PERT dan CPM

CPM (*critical path method*) dan PERT (*program evaluation review technique*) keduanya merupakan teknik yang terdapat didalam *network planning*. Kedua teknik tersebut dapat digunakan dalam penyelenggaraan proyek ataupun produksi, dimana penggunaannya disesuaikan dengan kondisi perusahaan tersebut adalah :

- a. Menggunakan diagram anak panah untuk menggambarkan kegiatan, perencanaan, dan pengendalian proyek.
- b. Mengenal istilah jalur kritis dan float (slack).
- c. Memerlukan prasyarat dalam melaksanakan kegiatan.
- d. Mendeskripsikan aktifitas proyek dalam jaringan kerja dan mampu dilakukan berbagai analisis untuk pengambilan keputusan tentang waktu, biaya serta penggunaan sumber daya.

2.5. Penelitian Terdahulu

1. Mangacu pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Andri (2007) Universitas Negeri Semarang dengan judul Skripsi “Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Gedung Khusus (Laboratorium) Stasiun Karantina Ikan Kelas 1 Tanjung Mas Semarang “.

Dari analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Dalam mencari lintasan kritis dengan menggunakan metode PERT-CPM mempunyai beberapa langkah yaitu pertama membuat tabel rencana kegiatan, kedua membuat network, ketiga menghitung maju dan mundur dan terakhir menghitung kelonggaran waktu. Lintasan kritis yang diperoleh yaitu (X1) pekerjaan pembongkaran bangunan lama, (X2) pekerjaan bouplank, (X6) pekerjaan kolom 20/40, X13 yaitu pekerjaan balok anak 20/40, (X19) pekerjaan kolom 20/30 pada lantai 2, (X32) pekerjaan plesteran 1pc:3ps pada lantai 2 (tahap 1), (X62) pekerjaan gording bengkirai (tahap 1), (X90) pekerjaan list plafond gypsum, (X156) pekerjaan tangga kayu (tahap 2), (X169) pekerjaan penangkal petir (tahap 2). Hasil perhitungan dengan menggunakan metode PERT-CPM membutuhkan waktu 144 hari dengan biaya Rp.606.360.753,00.

Langkah mencari lintasan kritis dalam Excel yaitu pertama membuat table rencana kegiatan, kedua membuat network, ketiga membuat model matematika dan terakhir mengaplikasikan model matematika tersebut ke dalam Excel dengan cara Solver.

Lintasan kritis yang diperoleh dari Excel sama dengan metode PERT-CPM yaitu (X1) pekerjaan pembongkaran bangunan lama, (X2) pekerjaan bouplank, (X6) pekerjaan kolom 20/40, X13 yaitu pekerjaan balok anak 20/40, (X19) pekerjaan kolom 20/30 pada lantai 2, (X32) pekerjaan plesteran 1pc:3ps pada lantai 2 (tahap 1), (X62) pekerjaan gording bengkirai (tahap 1), (X90) pekerjaan list plafond gypsum, (X156) pekerjaan tangga kayu (tahap 2), (X169) pekerjaan penangkal petir (tahap 2). Hasil perhitungan dengan Excel sama dengan metode PERT-CPM yaitu membutuhkan waktu 144 hari / 24 minggu dengan biaya Rp.606.360.753,00 sedangkan perhitungan yang dilakukan PT MUNICA PRATAMA GROUP membutuhkan waktu 150 hari dengan biaya Rp.616.634.000,00 sehingga dapat menghemat waktu 6 hari dan biaya sebesar Rp.10.273.247,00.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Sakdiyah (2014) dengan judul Skripsi “*Network Planning* Dengan CPM dan PERT Dalam Usaha Meningkatkan Efisiensi Waktu Pada Proyek Pembangunan Perkantoran di PT. Nilano Malang”. Jalur Kritis merupakan jalur yang tidak terputus dari aktivitas pertama yang dilaksanakan pada proyek hingga berhentinya pada aktivitas terakhir proyek. Berdasarkan data yang diolah, pada metode CPM dan PERT dalam bentuk Network Diagram pekerjaan yang berada pada jalur kritis yaitu mulai dari Pekerjaan Persiapan- Pekerjaan Struktur – Pekerjaan Arsitektur - Pekerjaan Cover Lover - Pekerjaan Atap - Pekerjaan Arena – dan Pekerjaan Finishing . Berdasarkan beberapa analisa data yang sudah diteliti dan dikemukakan, maka penulis dapat membuat beberapa kesimpulan bahwa :

Hasil analisis adalah sebagai berikut: dengan menggunakan metode CPM dan PERT dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek, maka proyek dapat dipersingkat waktu penyelesaiannya. Penyelesaian proyek yang biasanya memerlukan waktu selama 225 hari, dapat dipercepat berdasarkan analisis *Network* dengan waktu selama 217 hari. jadi ada penghematan waktu 8 hari.

3. Mangacu pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Wahyu Fitrianto (2016) Universitas Muhammadiyah Gresik dengan judul Skripsi “Analisis Keterlambatan Pembangunan Chimney Dengan Metode Critical Path Method Dan Project Evaluation And Review Technique Di PT. Bangun Sarana Baja”.

Berdasarkan beberapa analisa data yang sudah diteliti dan dikemukakan, maka penulis dapat membuat beberapa kesimpulan bahwa:

Dari perhitungan maju dan mundur dengan metode CPM dan PERT terdapat 19 kegiatan kritis, berikut kegiatan-kegiatan kritis tersebut: perancangan, pesan bahan material sampai kedatangan material, pemeriksaan material, penyiapan alat kerja, pengukuran material, pemotongan plat menggunakan mesin potong otomatis, penghalusan plat, pengerolan plat, pengecatan, pengemasan, pengiriman, penurunan material, penyambungan plat, pengelasan, pekerjaan battom plat, penyambungan sel plat, pekerjaan finishing, pemasangan listrik, pemasangan penangkal petir.

Dengan analisa perbandingan secara keseluruhan riil pelaksanaan proyek dibandingkan dengan penjadwalan yang dilakukan perusahaan maka proyek terlambat 70 hari itu berarti perusahaan melebihi batas toleransi proyek otomatis perusahaan terkena penalti, tetapi kalau riil pelaksanaan proyek dibandingkan dengan penjadwalan PERT-CPM maka hanya terlambat 9 hari dan itu masi dalam batas toleransi proyek.

Hal tersebut yang dijadikan perusahaan sebagai bahan evaluasi bahwa ketika melakukan penjadwalan harus memperhatikan waktu optimis, waktu paling mungkin, dan waktu pesimis tidak hanya berdasarkan intuisi belaka yang didasari dari pengalaman sebelumnya. Sehingga dalam kasus ini bisa jadi sebenarnya proyek hanya terlambat 9 hari bukan 70 hari. Hal itu juga bisa dijadikan dasar perusahaan untuk memerlukan due date (waktu penyelesaian yang dijanjikan ke pihak owner). Sehingga penalti/denda tidak dialami perusahaan dalam jumlah yang besar.