

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam Batasan waktu, biaya, dan mutu tertentu. Proyek konstruksi selalu memerlukan *resources* (sumber daya) yaitu *man* (manusia), *material* (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *method* (metode pelaksana), *money* (uang), *information* (informasi) dan *time* (waktu).

Menurut (*An Introduction to Project Management by Kathy Schwalbe (z-lib.org)*, t.t.), proyek adalah usaha yang bersifat sementara untuk menghasilkan produk atau layanan yang unik. Proyek melibatkan beberapa orang yang saling berhubungan aktivitasnya dan sponsor utama proyek biasanya tertarik dalam penggunaan sumber daya yang efektif untuk menyelesaikan proyek secara efisien dan tepat waktu.

Aspek-aspek yang perlu di perhatikan untuk memahami arti proyek, yaitu :

- a. Tujuan: proyek adalah aktivitas yang berlangsung dalam kurun waktu tertentu dengan hasil akhir tertentu.
- b. Kompleksitas: proyek biasanya melibatkan beberapa fungsi organisasi, karena diperlukan bermacam-macam keterampilan dan bakat dari berbagai disiplin dalam menyelesaikan pekerjaan dalam proyek.
- c. Keunikan: suatu proyek adalah pekerjaan ya sekali terjadi, tidak pernah terulang dengan persis sama.
- d. Tidak permanen: proyek merupakan aktivitas temporer.
- e. Ketidakbiasaan: proyek biasanya menggunakan teknologi baru dan memiliki elemen yang tidak pasti dan beresiko.
- f. Siklus hidup: proyek adalah proses bekerja untuk mencapai tujuan, selama proses proyek akan melewati beberapa fase yang disebut siklus hidup proyek.

Pada hakikatnya proyek adalah suatu rangkaian kegiatan yang bersifat sementara yang sudah ditetapkan awal pekerjaannya dan waktu selesainya. Menurut Nurhayati

(2010), sebuah proyek merupakan suatu usaha/aktivitas yang kompleks, tidak rutin, dibatasi oleh waktu, anggaran, resources, dan spesifikasi performansi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Proyek memiliki ciri sebagai berikut :

1. Memiliki tujuan tertentu berupa hasil kerja akhir.
2. Sifatnya sementara karena siklus proyek relatif pendek.
3. Merupakan kegiatan non-rutin, tidak berulang-ulang.
4. Keperluan sumber daya berubah, baik macam maupun kuantitasnya.
5. Dalam proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, anggaran, biaya, dan mutu hasil akhir.

3.2 Manajemen Proyek

Menurut (Soeharto, 1999) manajemen proyek adalah salah satu cara yang ditawarkan untuk maksud tersebut, yaitu suatu metode pengelolaan yang dikembangkan secara ilmiah dan intensif sejak pertengahan abad ke-20 untuk menghadapi kegiatan khusus yang berbentuk proyek. Menurut (Implementasi & Santosa, 2009) manajemen proyek merupakan aplikasi dari ilmu pengetahuan, *skills*, *tools*, dan Teknik untuk aktivitas suatu proyek dengan maksud memenuhi atau melampaui kebutuhan *stakeholder* dan harapan dari sebuah proyek. Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh manajemen proyek menggunakan pendekatan system dan hierark (arus kegiatan) vertical dan horizontal (Soeharto, 1999).

Tujuan dari manajemen proyek adalah mengelola fungsi-fungsi manajemen sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil optimum sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan serta penggunaan sumber daya yang seefisien dan seefektif mungkin.

Pencapaian dari tujuan tersebut, perlu diusahakan pengawasan terhadap mutu, biaya, dan waktu. Maka dari itu dilaksanakan pengawasan mutu (*quality control*), pengawasan biaya (*cost control*), dan pengawasan waktu pelaksanaan (*time control*). Dari ketiga pengawasan tersebut mulai dilakukan dari tahap awal kebutuhan proyek konstruksi sampai dengan tahap pelaksanaannya.

Sebagai suatu proses, mengenai urutan pelaksanaan manajemen yang logis, menggambarkan bahwa tindakan manajemen semata-mata diarahkan pada pencapaian sasaran yang telah ditetapkan karena penetapan tujuan (sasaran) merupakan tindakan manajemen pertama, diikuti tindakan perencanaan (*planning*), organisasi (*organizing*) dan koordinasi (*coordinating*), dengan pemanfaatan sumberdaya yang tersedia secara efisien dan efektif. Kelima tindakan tersebut pada dasarnya merupakan fungsi-fungsi manajemen.

3.3 Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu adalah pengendalian dan pengontrolan yang dilaksanakan agar dapat berjalan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan sejak awal. Pengendalian jadwal pada *time schedule* adalah rencana waktu untuk menyelesaikan masing-masing *item* pekerjaan proyek, yang secara keseluruhan adalah rentang waktu yang ditetapkan untuk melaksanakan sebuah proyek. Keterlambatan pekerjaan pada suatu proyek akan berpengaruh pada anggaran biaya proyek. Agar dapat berlangsung tepat waktu, maka *time schedule* digunakan sebagai kontrol untuk mengatur tingkat prestasi pekerjaan dengan lamanya pelaksanaannya. Sehingga pekerjaan apa yang harus dikerjakan lebih dahulu dan kapan harus dimulai dapat terjadwal dengan baik, sehingga kemungkinan keterlambatan dapat diperkecil.

3.4 Penjadwalan Proyek

Suatu proyek memerlukan penjadwalan (*scheduling*), yaitu pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan tiap-tiap pekerjaan, dalam rangka menyelesaikan suatu proyek sehingga tercapai optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada. Penjadwalan mengikuti perkembangan proyek dengan berbagai permasalahan. Proses *monitoring* serta *updating* selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan yang paling realistis agar alokasi sumber daya dan

penetapan durasi sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek. Secara umum, penjadwalan proyek mempunyai manfaat sebagai berikut:

- a. Memberikan pedoman terhadap pekerjaan/kegiatan mengenai batasan-batasan waktu untuk memulai dan mengakhiri setiap pekerjaan.

- b. Memberikan sarana untuk memiliki kemajuan pekerjaan
- c. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat terselesaikan sebelum waktu yang sudah ditetapkan.
- d. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Adapun metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek. Metode penjadwalan proyek mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pertimbangan penggunaan metode-metode tersebut didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang diinginkan mencapai kinerja penjadwalan. Kinerja waktu akan berimplikasi terhadap kinerja biaya, sehingga proyek secara keseluruhan. Oleh karena variabel-variabel yang mempengaruhinya juga garis dimonitor, misalnya mutu, keselamatan kerjam ketersediaan peralatan dan bahan material, serta *stakeholder* proyek yang terlibat. Bila terjadi penyimpangan terhadap rencana semula, maka akan dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi agar proyek tetap pada kondisi yang diinginkan.

Tujuan dari perencanaan penjadwalan proyek adalah:

- a. Mempermudah perumusan masalah proyek
- b. Menentukan metode atau cara yang sesuai
- c. Kelancaran kegiatan terorganisir
- d. Mandapatlan hasil yang optimum

Manfaat dari perencanaan tersebut bagi proyek adalah:

- a. Mengetahui keterkaitan antar kegiatan.
- b. Menegetahui kegiatan yang perlu menjadi perhatian (kegiatan kritis).
- c. Mengetahui dengan jelas kapan memulai kegiatan dan kapan harus menyelesaikannya.

Adapun untuk menyusun pengendalian jadwal yang akan dilaksanakan dalam suatu pekerjaan yaitu:

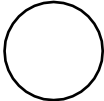


- Tanggal akhir yang akan ditetapkan.
- Tanggal akhir yang ditetapkan oleh pasar.
- Jadwal ditetapkan oleh klien.
- Memakai jaringan berdasarkan atas logika ketergantungan pekerjaan dan sumberdaya.
- Pertimbangan untuk persyaratan khusus.
- Memakai kualitas biaya besar.
- Memakai kuantitas produktifita untuk mendapatkan *schedule*.

3.5 Critical Path Method (CPM)

Menurut (Soeharto, 1999) dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Pendekatan dibagi menjadi dua yang pertama untuk menggambarkan jaringan proyek yakni kegiatan pada titik (*activity on node* – AON) dan kegiatan pada panah (*activity on arrow* – AOA). Konvensi AON, titik menunjukkan kegiatan, sedangkan pada AOA panah menunjukkan kegiatan.

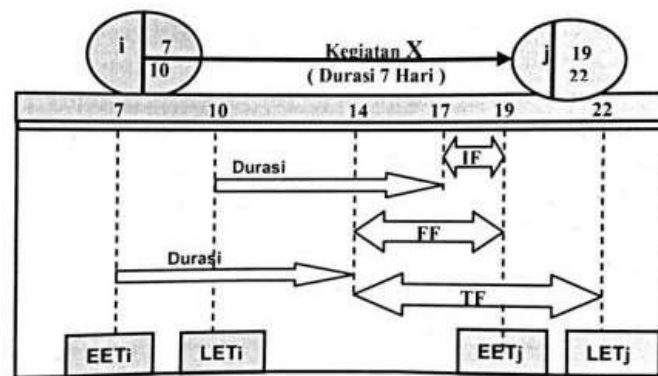


Keterangan

-  = Simbol peristiwa/kejadian (event), menunjukkan titik waktu mulainya/selesainya suatu kegiatan dan tidak mempunyai jangka
-  = Simbol kegiatan (*Activity*), kegiatan membutuhkan jangka waktu dan sumber daya
-  = Simbol kegiatan semu, kegiatan berdurasi nol, tidak membutuhkan sumber daya.

Critical Path Method (CPM) mempunyai istilah yaitu TE = E waktu paling awal peristiwa (node/event) dapat terjadi (Earliest Time of Occurance) yang berarti waktu paling awal suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai, karena menurut

aturan dasar jaringan kerja, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan terdahulu telah selesai. TL = L waktu yang paling akhir peristiwa boleh terjadi (Latest Allowable Event/Occurance Time), yang berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa terjadi. ES waktu mulai paling awal suatu kegiatan (Earliest Start Time). EF waktu selesai paling awal suatu kegiatan (Earliest Finish Time). LS waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (Latest Allowable Start Time) yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan. Melihat hubungan antara EET dan LET dapat dilihat pada. **Gambar 3.1** dibawah ini.



Gambar 3.1 Variasi Float dari Suatu Kegiatan

(Sumber: Husen, 2009)

Menurut Husen (2009) metode AOA atau CPM ini memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Diagram network dibuat menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan node-nya menggambarkan peristiwanya/*event*. Node pada awal anak panah ditentukan sebagai I-Node dan pada akhir anak panah ditentukan sebagai J-Node dengan hubungan keterkaitannya sebagai *Finish-Start*.
- b. Menggunakan perhitungan maju (*forward pass*) untuk memperoleh waktu mulai paling awal atau yang disebut EETi (*Earliest Event Time Node I*) pada I-Node dan waktu mulai paling awal EETj (*Earliest Event Time Node J*) pada J-Node dengan mengambil nilai maksimum. Begitu juga dengan nilai yang terdapat seperti dibawah ini.
 1. ES (*Earliest Start*) merupakan waktu paling awal suatu kegiatan.
 2. EF (*Earliest Finish*) merupakan waktu selesai paling awal suatu kegiatan.

- c. Menggunakan perhitungan mundur (*backward pass*) untuk memperoleh waktu selesai paling lambat LET_i (*Latest Event Time Node I*) pada I-Node dan waktu selesai paling lambat LET_j (*Latest Event Time Node J*) pada JNode dengan mengambil nilai minimum. Begitu juga dengan nilai yang terdapat seperti dibawah ini.
 - 1. LS (*Latest Start*) merupakan waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai.
 - 2. EF (*Latest Finish*) merupakan waktu selesai paling awal suatu kegiatan.
- d. Menggunakan CPM (*Critical Path Method*) atau metode lintasan kritis, di mana pendekatan yang dilakukan hanya menggunakan satu jenis durasi pada kegiatannya. Lintasan kritis adalah lintasan dengan kumpulan kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai *Total Float*, $TF = 0$.
- e. *Float* batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya.

Jenis-jenis *Float* adalah:

1. TF (*Total Float*)

Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek.

Berguna untuk menentukan lintasan kritis untuk mempercepat durasi proyek, bila nilai $TF = 0$.

$$TF_{ij} = LET_j - EET_i - Durasi_{ij} \text{ (Event Oriented)}$$

$$= LF - EF = LS - ES \text{ (Activity Oriented)}$$

2. FF (*Free Float*)

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling awal peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut.

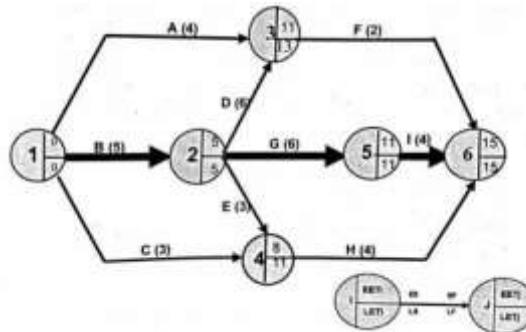
Berguna untuk alokasi sumber daya dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain.

$$FF_{ij} = EET_j - EET_i - Durasi_{ij}$$

3. IF (*Independent Float*)

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling lambat peristiwa dengan selesainya kegiatan tersebut.

$$IF_{ij} = EET_j - LET_i - \text{Durasi}_{ij}$$



Gambar 3.2 Diagram AOA dengan Metode CPM

(Sumber: Husen, 2009)

CPM atau *activity on arrow* (AOA) digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa. Metode CPM sangat bermanfaat dalam perencanaan dan pelaksanaan pengawasan dikarenakan banyak permasalahan yang dapat diatasi dengan penggunaan metode lintasan kritis. Dalam proses perencanaan dan pengawasan dengan sistem ini turut diperhitungkan dan dimasukkan konsep biaya yang lebih mendetail sehingga memungkinkan pelaksanaan pembangunan proyek lebih singkat dan ekonomis (Nurhayati, 2010).

Jaringan kerja memiliki dua cara perhitungan yaitu perhitungan maju dan perhitungan mundur.

a. Perhitungan maju

Terdapat tiga Langkah yang dilakukan pada perhitungan maju, yaitu :

1. Saat terjadinya *initial event* ditentukan pada hari ke-nol sehingga untuk *initial event* berlaku

$$TE=0 \tag{3.1}$$

2. Jika *initial event* terjadi pada hari ke-nol

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

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

$$=TE(i)+t(i,j) \tag{3.2}$$

3. Peristiwa yang menghubungkan beberapa aktivitas (*merge event*)

Sebuah peristiwa dapat terjadi jika aktivitas-aktivitas yang mendahuluinya telah diselesaikan, maka saat paling cepat terjadinya sebuah peristiwa sama dengan nilai terbesar dari saat tercepat untuk menyelesaikan aktivitas-aktivitas yang terakhir pada event tersebut.

$$TE = \max (EF(i_{1,j}), EF(i_{2,j}), \dots, EF(i_{n,j})) \quad (3.3)$$

b. Perhitungan mundur

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu dan tanggal paling akhir kita “masih” dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari hitungan maju. Terdapat tiga Langkah yang dilakukakn pada perhitungan mundur, yaitu :

1. Pada akhir peristiwa berlaku

$$TL = TE \quad (3.4)$$

2. Saat paling lambat untuk memulai suatu aktivitas sama dengan saat paling lambat untuk menyelesaikan aktivitas itu dikurangi dengan duration aktivitas tersebut.

$$LS = LF - t$$

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

Maka :

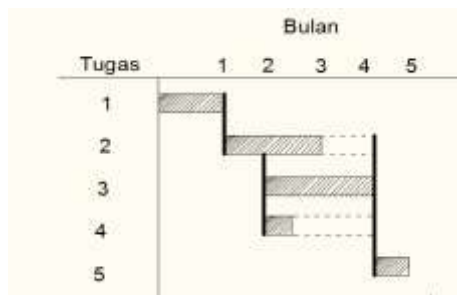
$$LS(i,j) = TL(j) - t(i,j) \quad (3.5)$$

3. Peristiwa yang mengeluarkan beberapa kegiatan (*burst event*). Setiap kegiatan hanya dapat dimulai apabila kegiatan yang mendahuluinya telah selesai. Oleh karena itu, waktu paling lambat terjadinya suatu kegiatan sama dengan nilai terkecil dari saat-saat paling lambat untuk memulai aktivitas yang berpangkal pada peristiwa tersebut.

$$TL(i) = \min(LS(i,1j), LS(i,2j), \dots, LS(i,nj)) \quad (3.6)$$

3.6 Precedence Diagram Method (PDM)

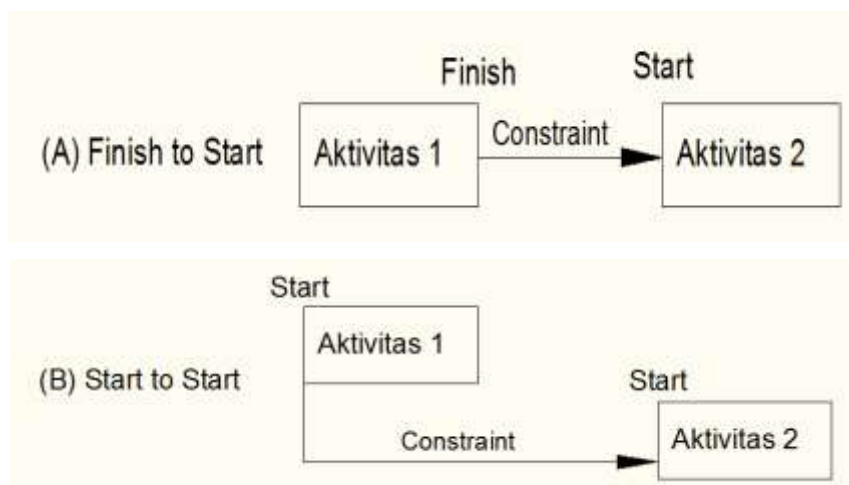
Terlepas dari kecanggihan sistem komputer, *printers* dan *plotters* lebih suka menggambar garis lurus daripada lingkaran. Sebagian besar sistem perangkat lunak saat ini menggunakan PDM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 yang menunjukkan hubungan timbal balik pada diagram batang (Kerzner & Saladis, 2009).

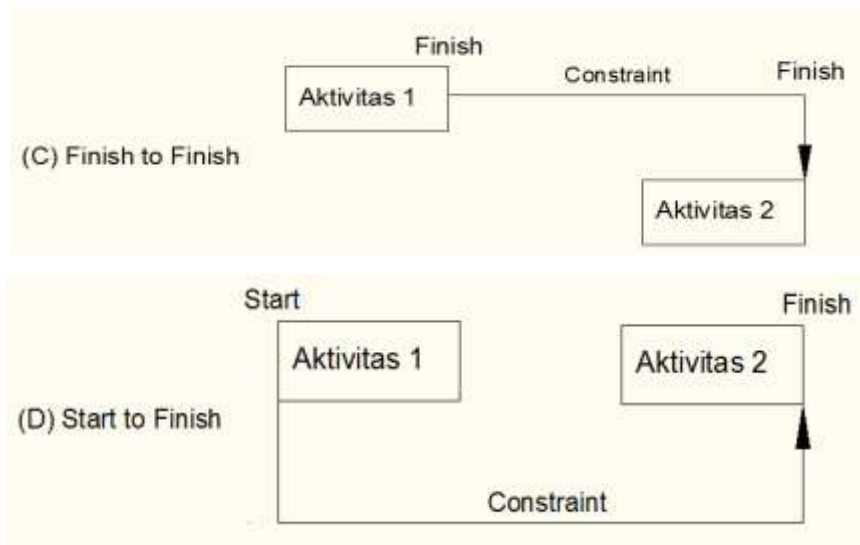


Gambar 3.3 Jaringan PDM Dengan Diagram Batang

(Sumber: Kerzner, 2009)

Pada Gambar 3.3, tugas 1 dan tugas 2 berhubungan karena garis tebal di antara keduanya. Tugas 3 dan tugas 4 dapat dimulai saat tugas 2 sudah sebagian selesai. Garis putus-putus menunjukkan *slack*. Lintasan kritis dapat diidentifikasi baik dengan meletakkan tanda bintang (*) di samping elemen kritis, dengan membuat lintasan kritis dalam tinta yang berbeda, atau dengan membuat lintasan kritis menjadi tipe huruf tebal. menunjukkan hubungan atau konstrain pada jaringan PDM yang dapat dilihat pada Gambar 3.4. Anak panah mewakili hubungan atau konstrain antar aktivitas





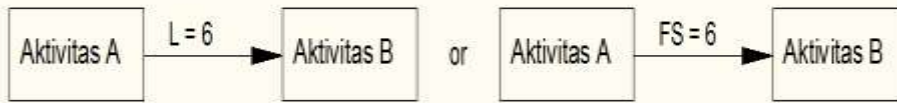
Gambar 3.4 Konstrain PDM

(Sumber: Kerzner, 2009)

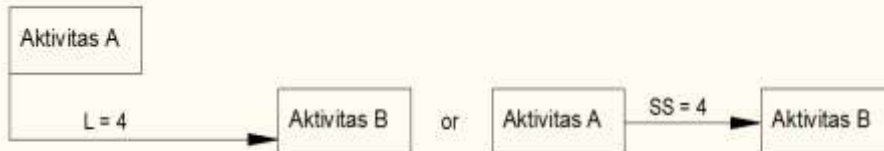
Gambar 3.4 A mengilustrasikan konstrain *finish-to-start*. Dalam gambar ini, aktivitas 2 bisa dimulai apabila aktivitas 1 telah selesai. Gambar 3.4 B mengilustrasikan konstrain *start-to-start*. Aktivitas 2 tidak dapat dimulai sebelum dimulainya aktivitas 1. Gambar 3.4 C mengilustrasikan konstrain *finish-to-finish*. Pada gambar ini, aktivitas 2 tidak bisa selesai sampai aktivitas 1 selesai. Gambar 3.4 D mengilustrasikan konstrain *start-to-finish*. Aktivitas 2 selesai apabila aktivitas 1 telah dimulai.

3.6.1 Lag

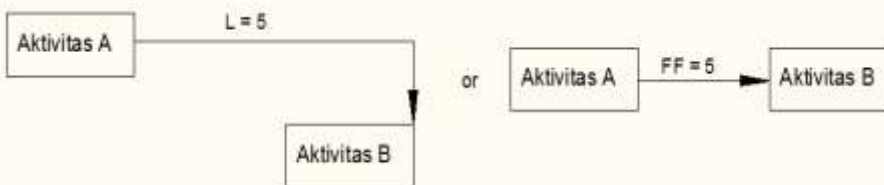
Periode waktu antara awal atau akhir dari satu aktivitas dan awal atau akhir aktivitas lain dalam rantai sekuensial disebut dengan *lag*. Lag biasanya digunakan pada jaringan PDM. Gambar 2.3 menunjukkan lima cara berbeda untuk mengidentifikasi *lag* pada konstrain.



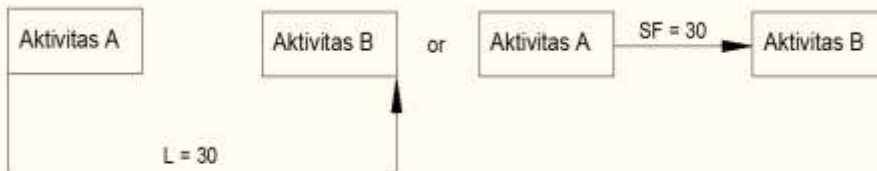
(A) Hubungan Finish-to-Start (FS). Aktivitas B dimulai 6 hari setelah aktivitas A selesai.



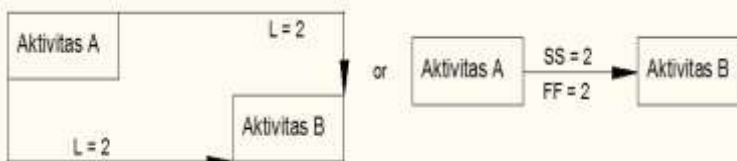
(B) Hubungan Start-to-Start (SS). Aktivitas B dimulai 4 hari setelah aktivitas A dimulai.



(C) Hubungan Finish-to-Finish (FF). Aktivitas B selesai 5 hari setelah aktivitas A selesai.



(D) Hubungan Start-to-Finish (SF). Aktivitas B selesai 30 hari setelah aktivitas A dimulai.



(E) Gabungan antara hubungan Start-to-Start (SS) dan Finish-to-Finish (FF). Aktivitas B dimulai 2 hari setelah aktivitas A dimulai, dan aktivitas B selesai 2 hari setelah aktivitas A selesai.

Gambar 3.5 Jaringan PDM Dengan Lag

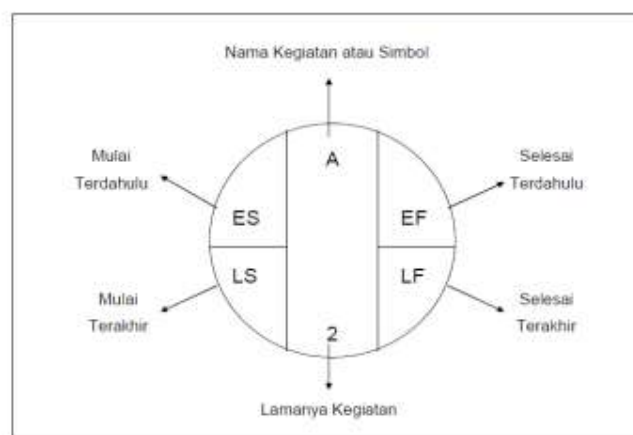
(Sumber: Kerzner, 2009)

3.6.2 Perhitungan Dalam *Precedence Diagram Method (PDM)*

Kegiatan dan peristiwa pada PDM ditulis dalam node yang berbentuk kotak segiempat. Definisi kegiatan dan peristiwa sama seperti pada CPM. Hanya perlu ditekankan disini bahwa dalam PDM kotak tersebut menandai suatu kegiatan, dengan demikian harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktunya. Adapun peristiwa merupakan ujung-ujung kegiatan. Setiap node mempunyai ujung-ujung kegiatan. Setiap node mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan akhir. Notasi-notasi tersebut adalah sebagaiberikut :

- ES = waktu mulai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Start Time*).
- EF = waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Finish Time*). Apabila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu adalah ES kegiatan berikutnya.
- LS = waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (*Latest Allowable Start Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
- LF = waktu paling akhir kegiatan boleh selesai (*Latest Allowable Finish Time*).

Notasi-notasi ES, EF, LS, LF pada jaringan PDM dapat berbentuk lingkaran atau kotak seperti pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Notasi ES, EF, LS, dan LF Pada Jaringan PDM

(Sumber: Soeharto 1999)

(Soeharto, 1999) Perhitungan yang terdapat pada jaringan PDM ada dua, yaitu perhitungan maju (*forward pass*) dan perhitungan mundur (*backward pass*). Perhitungan dalam PDM adalah sebagai berikut :

a. Perhitungan Maju (Forward Pass) Karena ada empat hubungan logis ketergantungan, maka untuk mencari ES dan EF berlaku :

1. Hubungan kegiatan FF

$$ESB = EFA + FFAB$$

$$EFB = ESB + DB$$

2. Hubungan kegiatan FS

$$ESB = EFA + FSAB$$

$$EFB = ESB + DB$$

3. Hubungan Kegiatan SS

$$ESB = EFA + SSA$$

$$EFB = ESB + DB$$

4. Hubungan Kegiatan SF

$$ESB = EFA + SFAB$$

$$EFB = ESB + DB$$

Jika pada perhitungan maju ada lebih dari satu kegiatan predecessor yang hubungan ketergantungannya (konstrains) berlainan, maka diambil ES dan EF yang maksimum.

b. Perhitungan Mundur (*Backward Pass*)

Karena ada empat hubungan logis ketergantungan, maka untuk mencari LS dan LF berlaku :

1. Hubungan kegiatan FF

$$LF_A = LS_B - FF_{AB}$$

$$LS_A = LF_A - D_A$$

2. Hubungan kegiatan FS

$$LF_A = LS_B - FS_{AB}$$

$$LS_A = LF_A - D_A$$

3. Hubungan Kegiatan SS

$$LF_A = LS_B - SS_{AB}$$

$$LS_A = LF_A - D_A$$

4. Hubungan Kegiatan SF

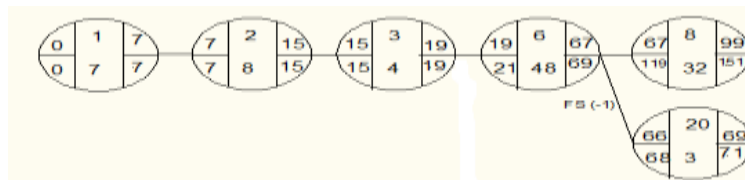
$$LF_A = LS_B - SF_{AB}$$

$$LS_A = LF_A - D_A$$

Jika pada perhitungan ke belakang ada lebih dari satu kegiatan *successor* yang hubungan ketergantungannya (konstran) berlainan, maka diambil LS dan LF yang minimum.

Cara perhitungan pada jaringan PDM sama dengan cara perhitungan pada jaringan CPM, yang membedakan adalah pada perhitungan maju dan mundur dalam jaringan PDM terdapat empat konstrain yang mempengaruhi. Mencari ES dan EF dalam perhitungan jaringan PDM pada tiap aktivitas dimulai dari *node start* dengan $ES = 0$. Jika terdapat lebih dari satu anak panah masuk, maka dipilih nilai EF yang terbesar.

Contoh perhitungan maju pada jaringan PDM adalah sebagai berikut :



Gambar 3.7 Perhitungan maju pada jaringan PDM

(Sumber: Kerzner, 2009)

- Pada aktivitas 1, $ES = 0$, Durasi = 7. Maka nilai $EF = 0 + 7 = 7$. Begitu pun perhitungan pada aktivitas 2, 3, dan 6, dan 8.
- Pada aktivitas 20, terdapat hubungan konstrain FS (-1). Maka, untuk perhitungan nilai ES dan EF adalah :

$$ES_B = EF_A + FS_{AB}$$

$$EF_B = ES_B + D_B$$

di mana A adalah aktivitas sebelumnya, dan B adalah aktivitas 20. $EF_6 = 67$,

$FS_{6-20} = -1$, Durasi = 3, Maka :

$$ES_{20} = 67 - 1 = 66$$

$$EF_{20} = 66 + 3 = 69$$

c. Lintasan Kritis

Lintasan kritis adalah suatu lintasan yang memiliki lintasan terpanjang dengan waktu penyelesaian tercepat. Suatu kegiatan dikatakan kritis di dalam PDM jika :

1. Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama ($ES = LS$)
2. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ($EF = LF$)
3. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal ($LF - ES = D$)
4. Total float = 0 ($LF - EF = 0$ atau $LS - ES = 0$)

Dalam penggunaannya, PDM lebih mudah diselesaikan dengan bantuan program komputer, seperti Harvard total project manager, Project scheduler network, Primavera project planner, *Microsoft project*, dan lain-lain.

3.7 Program Evaluation and Review Technique (PERT)

(pdf-manajemen-proyek-konstruksi-wulfram-i-erviantopdf_compress, t.t.), metode PERT dikembangkan sejak tahun 1958 oleh *US Navy* dalam proyek pengembangan *Polaris Missile System*. PERT merupakan suatu metode yang ditemukan dalam upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian dalam proyek selain metode CPM. Bila CPM memperkirakan waktukomponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasidengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan.

Menurut (Soeharto, 1999), PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. Situasi ini, misalnya dijumpai pada proyek penelitian dan pengembangan sampai menjadi produk yang sama sekali baru. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak factor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), yaitu dengan memakai tiga angka estimasi. PERT juga memperkenalkan parameter lain yang mencoba “mengukur” ketidakpastian tersebut

secara kuantitatif seperti “deviasi standar” dan varians. Dengan demikian, metode ini memiliki cara yang spesifik untuk menghadapi hal tersebut yang memang hampir selalu terjadi pada kenyataannya dan mengakomodasinya dalam berbagai bentuk perhitungan.

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

a. *optimistic Estimate* (a)

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

b. *Pessimistic Estimate* (b)

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

c. *Most Likely Estimate* (m)

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

Kurun waktu kegiatan yang diharapkan:

$$te = \frac{(a+txm+b)}{6} \quad (3.7)$$

Standar Devias Kegiatan (S) merupakan pengukuran variabilitas distribusi berdasarkan ilmu statistic. Sedangkan angka varians (V), adalah pangka dua dari

deviasi standar. Deviasi standar menunjukkan keketan distribusi probabilitas. Berapa besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b. Pada PERT parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai standart deviasi. Ilmu statistik, angka standart deviasi sebesar 1/6 dari rentang distribusi (-) atau dapat ditulis dengan rumus menjadi sebagai berikut :

$$S = \frac{(b-a)}{6} \quad (3.8)$$

Varians kegiatan yaitu hasil kuadrat standart deviasi. Digunakan untuk mengetahui rentang waktu selesainya proyek. Dirumuskan sebagai berikut:

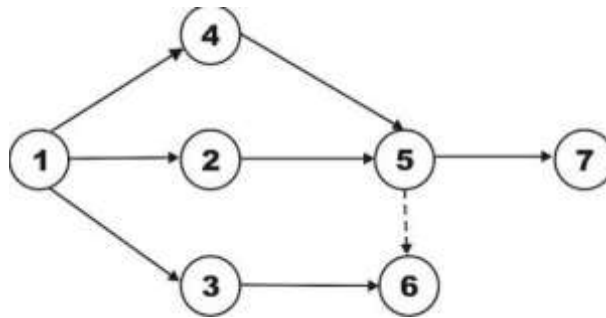
$$V(te) = S^2 \left\{ \frac{(b-a)^2}{6} \right\} \quad (3.9)$$

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

$$z = \frac{T(d)-te}{S} \quad (3.10)$$

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

PERT divisualisasikan dengan suatu grafik atau bagan yang melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek. Diagram jaringan ini terdiri dari beberapa titik (*nodes*) yang menjelaskan kejadian (*event*) atau suatu titik tempuh (*milestone*). Titik-titik tersebut dihubungkan oleh suatu vektor (garis yang memiliki arah) yang menjelaskan suatu pekerjaan (*task*) di dalam sebuah proyek. Arah dari vektor atau garis tersebut menunjukkan suatu urutan pekerjaan.



Gambar 3.8 Analogi Diagram PERT

(Sumber: <https://layangantw.wordpress.com>)

Adapun komponen dari digram PERT tersebut adalah:

1) Kegiatan (*activity*)

Merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang mempunyai waktu mulaidan waktu berakhirnya kegiatan.

2) *Peristiwa (event)*

Merupakan menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Biasanya peristiwa digambarkan dengan suatu lingkaran atau nodes dan diberi bagi peristiwa-peristiwa yang mendahuluinya dan dihubungkan dengan menggunakan anak panah.

3) Waktu Kegiatan (*activity time*)

Merupakan suatu unsur yang merupakan bagian dari keseluruhan pkerjaan yan harus dilaksanakan.

4) Waktu Mulai dan Waktu Berakhir

Waktu mulai dan waktu berakhir yang terdiri dari:

ES = waktu mulai paling awal

LS = waktu mulai paling lambat

EF = waktu selesai paling awal

LF = waktu selesai paling lambat