

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kriteria kesuksesan suatu pengelolaan proyek adalah apabila sasaran proyek dapat terpenuhi, (Kerzner, 1984) penyelesaian proyek tidak melebihi waktu yang ditentukan, tidak melebihi biaya yang ditentukan, mencapai kinerja dan teknologi yang diinginkan, serta menggunakan sumber daya yang telah ditentukan secara *efektif* dan *efisien*. Sejalan dengan perkembangan zaman, sasaran suatu proyek menjadi lebih luas, yaitu dengan menambahkan factor kualitas, keamana dan lingkungan sebagai sasaran utama yang harus dicapai dalam pengolahan suatu proyek.

2.1. Pengertian Manajemen Proyek

Proyek adalah kegiatan sementara yang dilakukan untuk menciptakan suatu produk atau jasa. Menurut Imam Soeharto, proyek adalah gabungan dari berbagai sumber daya berupa manusia, material dan alat untuk melaksanakan serangkaian kegiatan yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara guna mewujudkan gagasan yang timbul karena naluri manusia untuk berkembang dengan batasan biaya, waktu dan mutu yang telah ditentukan. (Imam Soeharto, 1997) Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam waktu yang terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sasaran telah digariskan dengan jelas.

Dari pengertian diatas terlihat bahwa ciri pokok proyek adalah:

1. Memiliki tujuan yang khusus dan produk akhir atau hasil kerja akhir.
2. Jumlah biaya, sasaran, jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan telah ditentukan.
3. Bersifat sementara, dalam arti umumnya dibatasi oleh waktu selesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
4. Non-ruti, tidak berulang-ulang, jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

Sedangkan menurut *Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guide, 2004)* sebuah proyek memiliki beberapa karakteristik penting yang terkandung didalamnya yaitu :

1. Sementara (temporary) berarti setiap proyek selalu memiliki jadwal yang jelas kapan dimulai dan kapan diselesaikan. Sebuah proyek berakhir jika tujuannya telah tercapai atau kebutuhan terhadap proyek itu tidak lagi sehingga proyek tersebut dihentikan.
2. Unik artinya bahwa setiap proyek menghasilkan suatu produk, solusi, service atau output tertentu yang berbeda-beda satu dan lainnya.
3. Progressive elaboration adalah karakteristik proyek yang berhubungan dengan dua konsep sebelumnya yaitu sementara dan unik. Setiap proyek terdiri dari langkah-langkah yang terus berkembang dan berlanjut sampai proyek berakhir. Setiap langkah semakin memperjelas tujuan proyek.

Karakteristik-karakteristik tersebut diatas yang membedakan aktifitas suatu proyek terhadap aktifitas rutin operasional. Aktifitas operasional cenderung bersifat terus menerus dan berulang-ulang, sementara aktifitas proyek bersifat temporer dan unik. Dari segi tujuannya, aktifitas proyek akan berhenti ketika tujuan telah tercapai. Sementara aktifitas operasional akan terus menyesuaikan tujuannya agar pekerjaan tetap berjalan lancar.

2.2.Manajemen Proyek

Salah satu pemikiran manajemen modern, yaitu Henry Fayol (1841-1925) seorang industrialis perancis adalah orang pertama yang menjelaskan secara sistematis bermacam-macam aspek pengetahuan manajemen dengan menghubungkan fungsi-fungsinya. Fungsi-fungsi yang dimaksud adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan. Aliran pemikiran diatas kemudian dikenal sebagai manajemen klasik atau fungsional. H. Koontz (1982) memberikan definisi sebagai berikut, manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota

serta sumber daya yang lain untuk mencapai organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan (ImamSoeharto, 1997)

Dari definisi tersebut manajemen proyek merupakan salah satu disiplin ilmu dalam pengelolaan sebuah proyek. Menurut para ahli pengertian manajemen proyek adalah :

1. Menurut (*Project Management Body Of Knowledge*, 2004) Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*Knowledge*), ketrampilan (*skill*), alat (*tools*), dan teknis (*techniques*) dalam aktifitas_aktifitas-aktifitas proyek untuk memenuhi kebutuhan proyek.
2. Menurut (Harold Kerzner, 1984) melihat wawasan manajemen berdasarkan fungsi dan bila digabungkan dengan pendekatan system maka, 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 sistem dan hirarki (arus kegiatan) vertical maupun horizontal.

Dari pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa pengertian manajemen proyek secara umum adalah suatu cabang khusus dalam manajemen yang memiliki fungsi merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran.

2.3. Perencanaan dan Penjadwalan proyek

2.3.1. Pengertian Perencanaan Proyek

Dalam manajemen proyek, perencanaan dan pengendalian adalah tahap yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan proyek .perencanaan dan pengendalian yang baik adalah paduan untuk melaksanakan pekerjaan proyek secara *efektif* dan *efesien*. Masalah akan timbul apabila tidakpastian antara rencana awal dengan realisasi yang ada dalam pelaksanaan proyek, perencanaan awal berupa penyusunan (anggaran biaya, jadwal induk/waktu, penetapan *spesifikasi/mutu*)

Perencanaan menempati urutan pertama dari fungsi – fungsi manajemen seperti mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan. Perencanaan adalah suatu

proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan langkah – langkah kegiatan bersertasegalah sumber daya untuk mencapai tujuan tersebut.

Dalam pada itu fungsi pengendalian bermaksud memantau dan mengkaji (bila perlu mengadakan koreksi) agar langkah – langkah kegiatan tersebut terbimbing kearah tujuan yang telah ditetapkan. Terlihat disini adanya hubungan antara fungsi perencanaan dan pengendalian. Lebih – lebih bagi kegiatan proyek dengan siklus yang relativependek dan intensitas serta macam kegiatan yang cepat berubah, maka keterkaitan yang erat antara fungsi tersebut amat diperlukan.

Dari segi penggunaan sumber daya, perencanaan dapat diartikan sebagai memberi pegangan bagi pelaksana mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan, sedangkan pengendalian memantau apakah hasil kegiatan yang telah dilakukan sesuai dengan patokan yang telah digariskan dan memastikan penggunaan sumber daya yang *efektif danefesien*. Dengan demikian, perencanaan dan pengendalian akan berlangsung sepanjang siklus proyek dalam bentuk perencanaan, pemantauan, pengendalian, dan koreksi.

Menurut Michale B. Stanfort dan Lim C. Stuckenburck, perencanaan proyek memiliki tujuan dan kegunaan sebagai berikut:

1. Mengarahkan tujuan proyek

Dalam mengarahkan maksud dan tujuan dari proyek, rencana harus mengidentifikasi secara jelas sasaran, tujuan dan pengaruh khusus lainnya atau hambatan – hambatan.

2. Mengidentifikasi tindakan, resiko dan tanggung jawab dalam proyek.

Identifikasi tindakan, resiko dan tanggung jawab menyediakan substansi bagi rencana proyek. Hal ini diterjemahkan menjadi penentu *aktifitas* dan alokasi sumber daya proyek.

3. Memandu aktifitas – aktifitas proyek yang telah berlangsung.

Dasar lainnya untuk membangun tujuan proyek adalah dengan memandu aktivitas – aktivitas yang telah berlangsung. Melalui indentifikasi yang layak akan seluruh aktivitas yang dibutuhkan untuk dapat mempertemukan tujuan dan sasaran serta penentuan prosedur yang worktable untuk menghasilkan dinamika proyek.

4. Mempersiapkan perubahan – perubahan proyek

Tujuan akhir dari perencanaan proyek adalah untuk mempersiapkan perubahan – perubahan proyek. Rencana harus memiliki *Fleksibilitas* yang cukup untuk mengadaptasi perubahan tapi masih mempertahankan kualitas ketuhan dan durabilitas.

2.3.2. Pengertian Penjadwalan Proyek

Jadwal adalah penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah – langkah pelaksanaan pekerjaan yang telah dimasukkan faktor waktu untuk mencapai sasaran. Secara umum dapat dikatakan bahwa penjadwalan adalah perhitungan pengalokasian waktu yang tersedia kepada pelaksana masing – masing bagian pekerja atau kegiatan, dalam rangka penyelesaian proyek sedemikian rupa, sehingga tercapai hasil yang optimal, dengan mempertimbangkan keterbatasan – keterbatasan yang ada.

2.3.3. bakuan Proses Penjadwalan

Proses – proses yang digunakan pada penjadwalan proyek yang lazim digunakan dapat dilihat acuan proyek secara umum, seperti pada *Project Management Body Of Knowledge* (PMBOK). Pembahasan penjadwalan proyek dalam PMBOK, yaitu *Project Time Management* meliputi proses yang diperlukan untuk memastikan bahwa proyek diselesaikan dalam waktu yang disetujui yang meliputi lima prosesnya: activity definition, activity sequencing, activity duration estimating, schedule development dan schedule control, dengan adanya acuan tersebut kita dapat mengetahui pekerjaan mana yang lebih diutamakan sehingga penjadwalan dapat disusun dengan baik.

2.4. Jenis-jenis Proyek

Menurut Nurhayati (2010), jenis-jenis proyek dapat dikategorikan pada:

1. Proyek Engineering-Konstruksi, aktivitas utama jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain *Engineering*, pengadaan dan konstruksi. Contoh : pembangunan *real estate*, jalan layang, bangunan pabrik, dan lain-lain.

2. Proyek Engineering Manufaktur, aktifitas proyek ini adalah untuk menghasilkan produk baru. Jadi proyek manufaktur merupakan proses untuk menghasilkan produk baru. Contoh pembuatan boiler, kendaraan, computer, dan lain-lain.
3. Proyek Pelayanan Manajemen, aktivitas utamanya antara lain adalah merancang sistem informasi manajemen, merancang program efisiensi dan penghematan, diversifikasi, penggabungan dan pengambilalihan, memberikan bantuan *emergency* untuk daerah yang terkena musibah, merancang strategi untuk mengurangi kriminalitas dan penggunaan obat-obatan terlarang, dan lain-lain.
4. Proyek Penelitian dan Pengembangan, aktivitas utamanya adalah melakukan penelitian dan pengembangan suatu produk tertentu. Misalnya, penelitian pengaruh penggunaan metode tertentu dalam pembuatan sebuah produk, penelitian pengaruh tingkat pendidikan terhadap kesadaran berpolitik, dan lain sebagainya.
5. Proyek Kapital, biasanya digunakan oleh sebuah badan usaha tau pemerintah. Proyek capital umumnya meliputi : pembebasan tanah, penyiapan lahan, pembelian material dan peralatan, manufaktur dan kontruksi pembangunan fasilitas produksi.

2.5.Metode Penjadwalan Proyek

Pemilihan metode penjadwalan pada suatu proyek dapat dipengaruhi oleh jenis pekerjaannya apakah merupakan pekerjaan berulang atau tidak, besar atau kecilnya proyek, ataupun sifat/karakteristik dari proyek yang lain. Metode dalam penjadwalan dan pengendalian proyek saat ini mengalami perkembangan, dalam usaha meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian proyek telah diperkenalkan berbagai teknik dan metode.

2.5.1. Work Breakdown Structure (WBS)

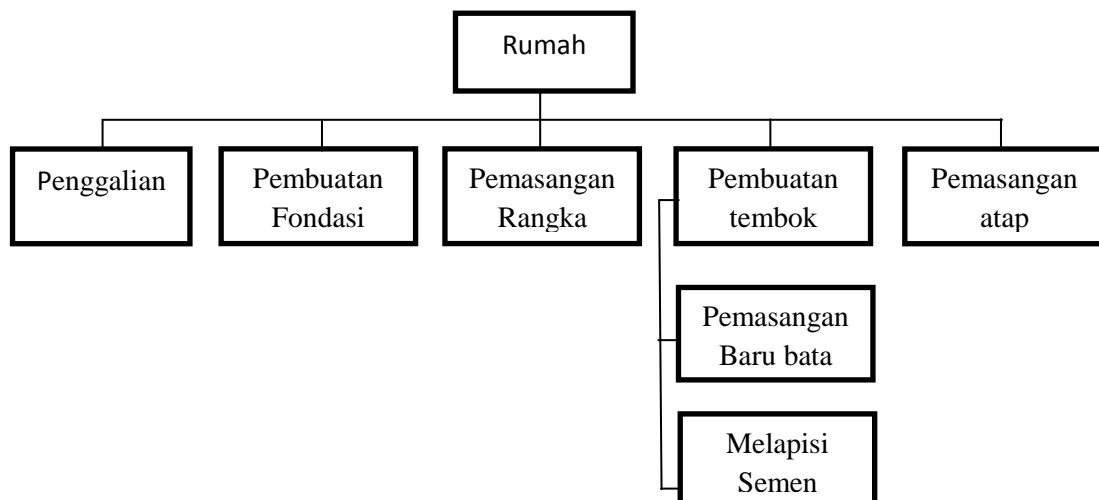
Pemecahan pekerjaan besar menjadi elemen-elemen pekerjaan yang lebih kecil sering disebut *Work Breakdown Structure* (WBS). Pemecahan ini

akan memudahkan pembuatan jadwal proyek dan estimasi ongkos serta menentukan siapa yang harus bertanggung jawab. Sampai sejauh mana pekerjaan harus dipecah tidak ada pedoman yang baku. Sejahter pekerjaan itu sudah cukup mudah dilaksanakan, dapat ditentukan waktu penyelesaiannya, bisa diukur kemajuannya, sumber daya apa yang diperlukan dan biaya yang diperlukan bisa dihitung, itu berarti sudah cukup memadai tingkat pemecahan proyek ini bisa mengikuti tingkatan seperti tabel 2.1

Tabel 2.1 Tingkatan dalam WBS

Sumber (Santoso, 2009)

Tingkat	Deskripsi
1	Proyek
2	Tugas
3	Sub-Tugas
4	Paket Pekerjaan



Gambar 2.2 WBS untuk membangun rumah

Sumber (Santoso, 2009)

2.6. Metode PERT

2.6.1. Pengertian Metode PERT

PERT atau *Project Evaluation and Review Technique* adalah sebuah model Management Science untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek (Siswanto, 2007). Metode ini pertama kali digunakan dalam proyek sistem rudal Polaris di Angkatan Laut Amerika Serikat. Proyek ini penuh ketidakpastian dalam hal waktu kegiatan. PERT adalah salah satu metode yang menggunakan jaringan kerja (network), di samping CPM (*Critical Path Method*).

Ciri utama PERT adalah adanya tiga perkiraan waktu: waktu pesimis (b), waktu paling mungkin (m), dan waktu optimis (a). Ketiga waktu perkiraan itu selanjutnya digunakan untuk menghitung waktu yang diharapkan (expected time).

Waktu optimis, a, adalah waktu minimum dari suatu kegiatan, di mana segala sesuatu akan berjalan baik, sangat kecil kemungkinan kegiatan selesai sebelum waktu ini.

Waktu paling mungkin, m, adalah waktu normal untuk menyelesaikan kegiatan. Waktu ini paling sering terjadi seandainya kegiatannya bisa diulang.

Sedangkan waktu pesimis, b, adalah waktu maksimal yang diperlukan suatu kegiatan, situasi ini terjadi bila nasib buruk terjadi. Estimasi waktu-waktu tersebut diperoleh dari orang yang ahli atau orang yang akan melakukan kegiatan tersebut. Ketiga waktu estimasi tersebut berhubungan dengan bentuk distribusi beta dengan parameter a dan b pada titik akhir dan m sebagai modus, data yang paling sering terjadi.

2.6.2. 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 (AryoandriNugroho, 2007).

2.6.3 Metodologi dan Komponen-komponen PERT

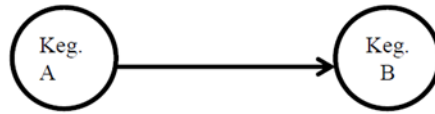
2.6.3.1. Metodologi PERT

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*) (Aryo Ardi Nugroho, 2007). 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)

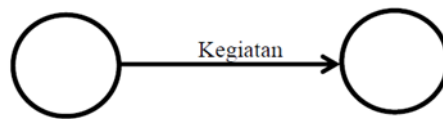
Pada AON, titik menunjukkan kegiatan.



Gambar 2.3 Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AON (AryoAndriNugroho, 2007)

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

Pada AOA, panah menunjukkan aktivitas.

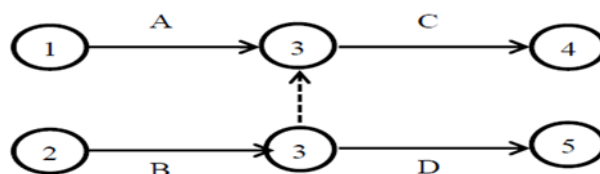


Gambar 2.4 Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AOA (AryoAndriNugroho, 2007)

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 2.5 Contoh Kegiatan Dummy (AryoAndriNugroho, 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.

2.6.3.2. 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*)

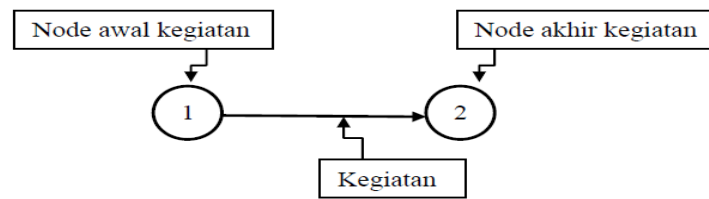
Menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Peristiwa diberi symbol lingkaran (*nodes*) dan nomor, dimana nomor dimulai dari nomor kecil bagi peristiwa yang mendahuluinya.

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 (AryoAndriNugroho, 2007).

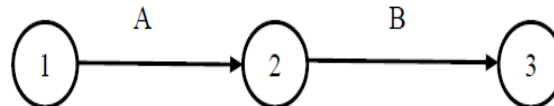
Berikut adalah penjelasan *network* PERT melalui contoh gambar.

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.



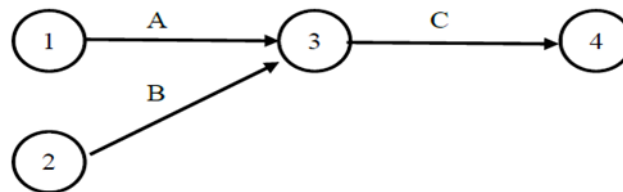
Gambar 2.6 Awal kegiatan 1 ke 2 (AryoAndriNugroho, 2007)

2. Kegiatan B baru bisa dimulai dikerjakan setelah kegiatan A selesai



Gambar 2.7 Kegiatan B dikerjakan setelah kegiatan A (AryoAndriNugroho, 2007)

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



Gambar 2.8 Kegiatan C dikerjakan setelah kegiatan A dan B (AryoAndriNugroho, 2007)

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 :AryoAndriNugroho, 2007)

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

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

(Sumber: AryoAndriNugroho, 2007)

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

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

(Sumber: AryoAndriNugroho, 2007)

Untuk menghitung standar deviasi , maka dihitung dengan rumus :

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\text{Variansi Proyek}}$$

(Sumber: AryoAndriNugroho, 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 (AryoAndriNugroho, 2007).

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 pas*.

a. 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: AryoAndriNugroho, 2007)

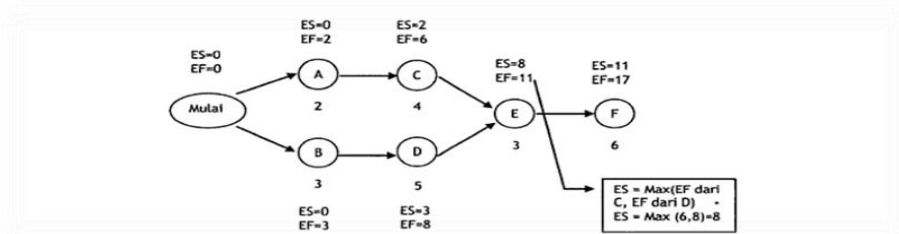
Waktu selesai terdahulu (EF) dari suatu kegiatan adalah jumlah dari waktu mulai terdahulu (ES) dan waktu kegiatannya, dengan rumusan:

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

(Sumber: AryoAndriNugroho, 2007)

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 2.9 Contoh penghitungan ES dan EF (AryoAndriNugroho, 2007)

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:

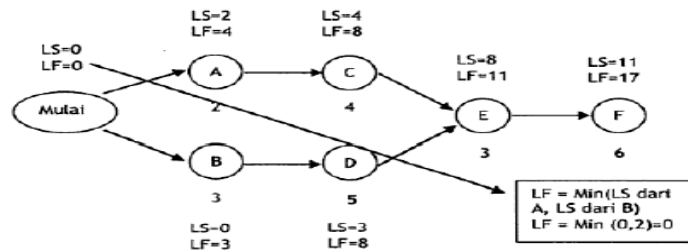
$$LF = \min(\text{LS dari seluruh kegiatan yang langsung})$$

(Sumber: AryoAndriNugroho, 2007)

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 2.10 Contoh menghitung LS dan LF (AryoAndriNugroho, 2007)

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

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.

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.

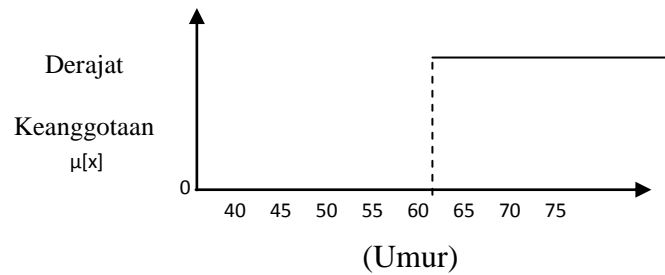
2) *Free float/slack* (SF)

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*.

2.7. Metode Fuzzy

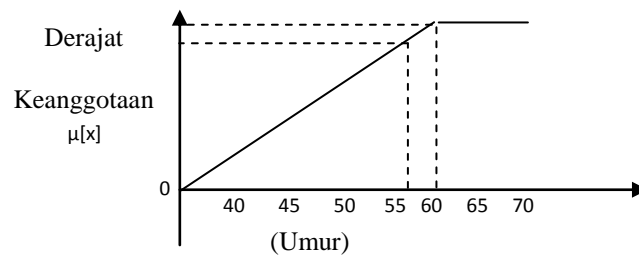
2.7.1. Pengertian Dasar Logika Fuzzy

Teori himpunan *fuzzy* dikembangkan oleh Prof. Dr. Lotfi Zadeh pada tahun 1960-an. *Logika fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Zadeh berpendapat bahwa logika benar dan salah dari logika Boolean tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Untuk mengatasi masalah gradasi yang tidak terhingga tersebut, Zadeh mengembangkan sebuah himpunan *fuzzy*. Tidak seperti logika Boolean, *logika fuzzy* mempunyai nilai yang kontinyu. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. Contoh berikut akan menjelaskan bagaimana konsep “umur” yang digolongkan “tua” dalam pengertian *fuzzy*/samar dan crisp (tegas). Misalnya diberikan suatu definisi bahwa setiap orang yang berumur 60 tahun atau lebih adalah “tua”.



Gambar 2.11 Konsep “Tua” Dalam Pengertian Tegas (Crisp)

Dalam pengertian crisp (tegas), batas-batas antara “tua” dan tidak “tua” sangat jelas, setiap orang yang berumur (40,...,55) adalah tidak “tua” (Gambar 2.10). Tidak ada derajat ketuaan, sedangkan dalam fuzzy setiap anggota memiliki nilai berdasarkan pada derajat keanggotaan, adapun konsep “umur” yang digolongkan “tua” dalam pengertian fuzzy :



Gambar 2.12 Konsep “Tua” Dalam Pengertian *Fuzzy*.

Gambar 2.11 memperlihatkan bahwa anggota yang berumur 55 tahun, derajat keanggotaannya bernilai 0.7, sedangkan anggota yang berumur 60 tahun derajat keanggotaannya bernilai 1. Untuk yang berumur mewakili secara tepat konsep “tua” yaitu memiliki derajat keanggotaan 1, sedangkan anggota yang berumur kurang dari 60 tahun memiliki derajat yang berlainan. Derajat keanggotaan ini, menunjukkan seberapa dekat nilai tiap-tiap umur dalam anggota himpunan itu dalam konsep “tua”. Dapat dikatakan bahwa anggota yang berumur 55 tahun adalah 70% (0.7) mendekati “tua”, atau dengan bahasa alami “hampir atau mendekati tua”.

2.7.2. Himpunan fuzzy

Pada himpunan tegas (Crisp), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki dua kemungkinan, yaitu :

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan atau
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

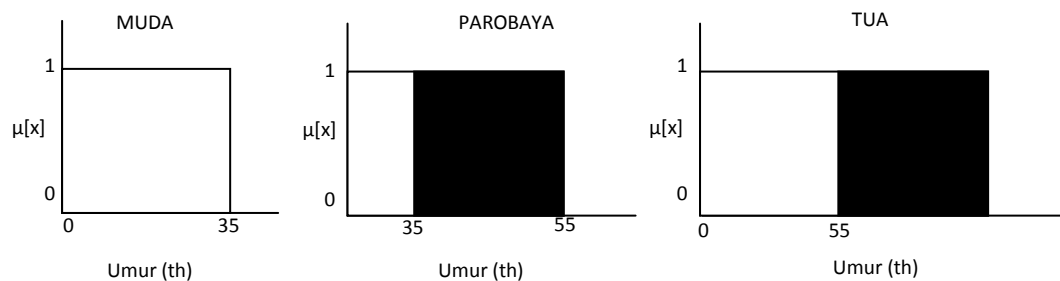
Contoh : Misalkan variabel umur dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

MUDA umur < 35 tahun

PAROBAYA $35 \leq \text{umur} \leq 55$ tahun

TUA umur > 55 tahun

Nilai keanggotaan secara grafis, himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA ini dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.13 Himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA

Sumber : (Kusumadewi, 2004)

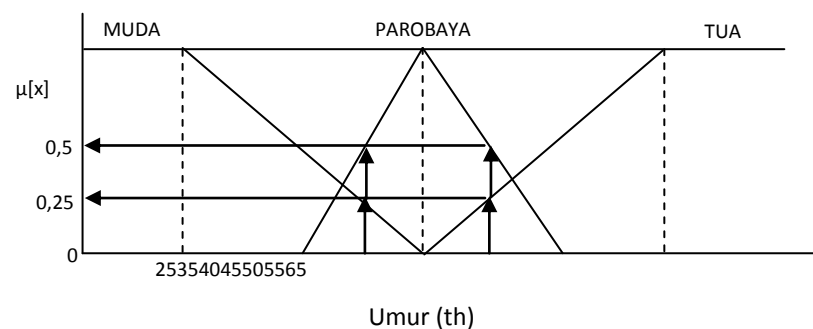
Pada gambar 2.13 di atas, dapat dijelaskan bahwa :

- a. Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan MUDA ($\mu_{MUDA}[34]=1$)
- b. Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ($\mu_{MUDA}[35]=0$)

- c. Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ($\mu_{\text{MUDA}}[35-1 \text{ hari}]=0$)
- d. Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA ($\mu_{\text{PAROBAYA}}[35]=1$)
- e. Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA ($\mu_{\text{PAROBAYA}}[34]=0$)
- f. Apabila seseorang berusia 55 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA ($\mu_{\text{PAROBAYA}}[55]=1$)
- g. Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA ($\mu_{\text{PAROBAYA}}[35-1 \text{ hari}]=0$)

Dari sini bisa dikatakan bahwa pemakaian himpunan tegas (crisp) untuk menyatakan umur sangat tidak adil. Adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan.

Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut. Seseorang dapat masuk dalam dua himpunan yang berbeda, MUDA dan PAROBAYA, PAROBAYA dan TUA dan sebagainya, seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotannya.



Gambar 2.14 Himpunan Fuzzy Untuk Variabel Umur

Sumber : (Kusumadewi, 2004)

Pada gambar 2.14 di atas dapat dilihat bahwa :

- a. Seseorang yang berumur 40 tahun, termasuk dalam himpunan MUDA dengan $\mu_{MUDA}[40]=0,25$; namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan $\mu_{PAROBAYA}[40]=0,5$.
- b. Seseorang yang berumur 50 tahun, termasuk dalam himpunan TUA dengan $\mu_{TUA}[50]=0,25$; namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan $\mu_{PAROBAYA}[50]=0,5$.

Kalau pada himpunan tegas (crisp), nilai keanggotaan hanya ada dua kemungkinan yaitu 0 atau 1, maka pada himpunan fuzzy nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x]=0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x]=1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Himpunan fuzzy memiliki dua atribut, yaitu :

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 25, 35, 40 dan sebagainya.

Hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu :

- a. Variabel fuzzy
Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy, contoh : umur, temperatur dll.
- b. Himpunan fuzzy
Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu *variabel fuzzy*.

Contoh :

1. Variabel umur terbagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu : MUDA, PAROBAYA dan TUA.
 2. Variabel temperatur terbagi menjadi lima himpunan fuzzy, yaitu : DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT dan PANAS.
- c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu *variabel fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Pada suatu kondisi tertentu nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh :

1. Semesta pembicaraan untuk variabel umur $[0 + \infty]$
2. Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur $[0 40]$

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh domain himpunan fuzzy :

- | | |
|-------------|-------------------|
| a. MUDA | = $[0, 45]$ |
| b. PAROBAYA | = $[35, 55]$ |
| c. TUA | = $[45, +\infty]$ |
| d. DINGIN | = $[0, 20]$ |
| e. SEJUK | = $[15, 25]$ |
| f. NORMAL | = $[20, 30]$ |
| g. HANGAT | = $[25, 35]$ |

h. PANAS = [30, 40]

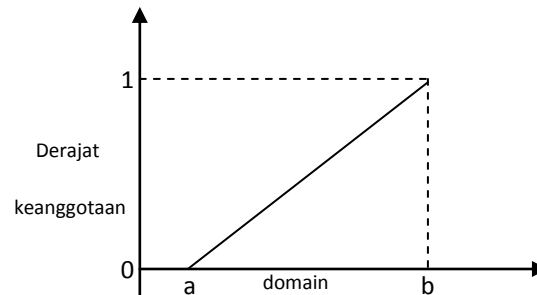
2.7.3. Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk kurva ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Gambar 2.14).



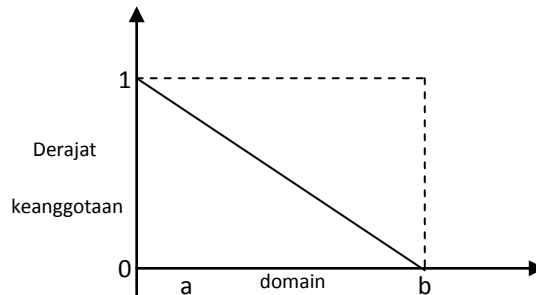
Gambar 2.15 Representasi Linear Naik

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x < a \\ (x - a)/(b - a); & a < x \leq b \\ 1; & \end{cases}$$

Kedua, merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian

bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah (Gambar 2.15).



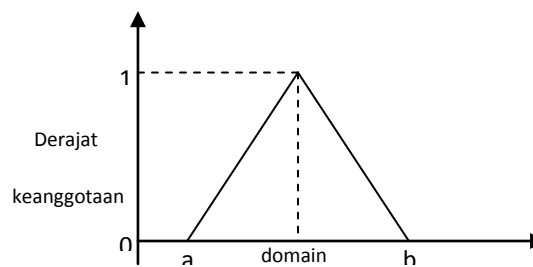
Gambar 2.16 Representasi Linear Turun

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x < b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada gambar



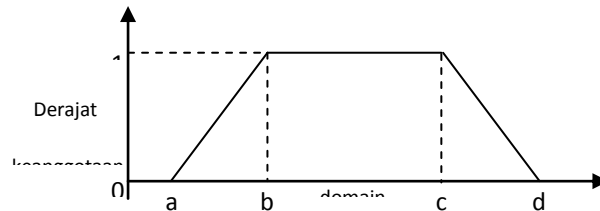
Gambar 2.17 Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a < x \leq b \\ (c-x)/(c-b); & a < x \leq b \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



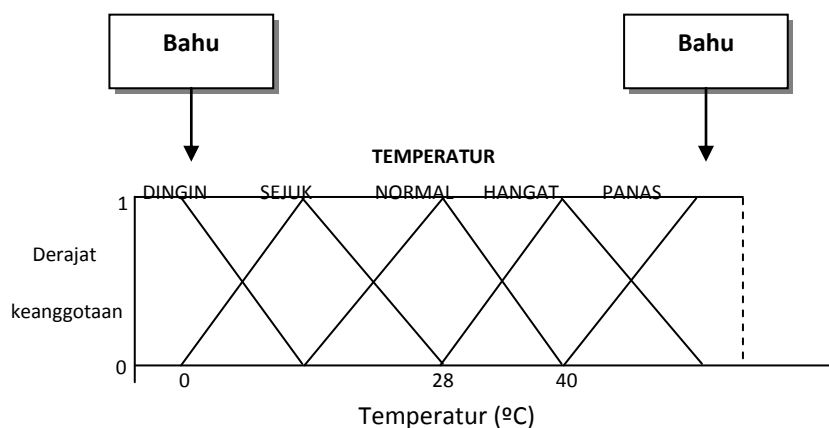
Gambar 2.18 Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & \end{cases}$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan : DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan fuzzy 'bahu', bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar dibawah menunjukkan variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.

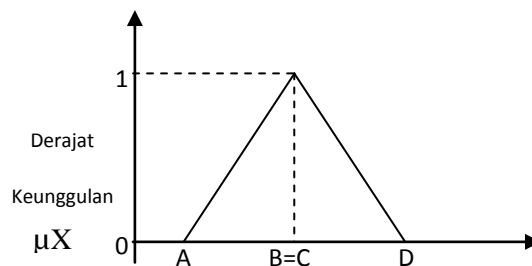


2.8 Fuzzy Logic Application for Scheduling

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 1, m, dan u atau D_{i-j} (1,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.

2.8.1. Durasi Fuzzy Kegiatan

Durasi kegiatan dinyatakan dalam TFN (*Triangular Fuzzy Number*) seperti terlihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Waktu Fuzzy dalam bentuk TFN

Nilai A dikenal sebagai durasi terpendek yang mungkin (*most optimistic time*). D adalah durasi paling lama (*most pessimistic time*) dan 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 $N(e,f,g,h)$

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

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

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

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

Dimana (+) = operasi penjumlahan *fuzzy*
 (-) = operasi pengurangan *fuzzy*
 Λ =maksimum
 \vee =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 dan B menghasilkan (3,5,5,7)

(Dikutip dari Aries, A. 2015. “*perencanaan jadwal proyek pembangunan dermaga VI dengan metode PERT dan fuzzy PERT*”. Gresik: SKRIPSI).

2.8.2. 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)

Waktu mulai paling awal suatu kegiatan dapat dilaksanakan.

2. FEF (Fuzzy Early Finish)

Waktu selesai paling awal dari suatu kegiatan.

3. FLS (Fuzzy Late Start)

Waktu paling akhir suatu kegiatan boleh dimulai, yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

4. FLF (Fuzzy Late Finish)

Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

2.8.3. Fuzzy Forward Past(Perhitungan Maju)

Pencarian jalur kritis dan parameter waktu kegiatan dimulai dengan proses forward pass, yang menghitung FES dan FEF yang diawali dari awalkegiatan sampai keakhir kegiatan. Fes dan FEF dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$FES_x = \max (FEF_p)$$

$$FEF_x = FES_x (+) FD_x$$

Dimana FES_x = waktu mulai tercepat dalam fuzzy dari aktivitas x , p = aktivitas yang mendahului, FEF = waktu selesai tercepat dalam bentuk fuzzy, FD = durasi dari sebuah kegiatan.

2.8.4. Fuzzy Backward Pass (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 $PLF_x = \min (FLS_s = \text{waktu mulai terlama dari kegiatan sebelumnya (arah dari akhir proyek ke awal)})$.
3. PLF kemudian dikonversi menjadi FLF_u (Batas atas dari waktu selesai terlama) dengan rumus :

$$A_u = (a,b,c,d) (-) (0,0,\infty, \infty) = (-\infty, -\infty, c, d)$$
4. dengan $FEF (a,b,c,d)$ dan $FLF_u ((-\infty, -\infty, e, f))$ dari suatu kegiatan diketahui maka akan dicari FLF dengan langkah – langkah sebagai berikut :
 - a. Mencari dari kedua angka tersebut mana yang mempunyai kemiringan kekanan 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 kekanan 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 : $Y = (f - d, f - d, f - d, f - d)$

- d. Jika kemiringan ke kanan dari FLFu yang lebih besar maka bagian kanan FLF disamakan dengan FLFu namun bagian kiri disamakan dengan bagian kiri dari FEF. Maka Y adalah : $Y = (e - c, e - c, e - c, f - d)$
5. Kemudian FLF dapat dihitung dengan rumus :
- $$FLF = FEF (+)Y$$
6. dan FLS kemudian didapat dari penurunan rumus :
- $$FLS (+) FD = F$$

2.8.5. Durasi Proyek Metode *Fuzzy*

Setelah dilakukan pencarian parameter – parameter waktu dari seluruh kegiatan dalam proyek, maka akan ditemukan durasi dari keseluruhan proyek. Durasi dari keseluruhan proyek adalah nilai FEF dari kegiatan terakhir pada proyek (pada kegiatan terakhir FEF = FLF)

2.8.6. Waktu Ambang (Floats)

Waktu ambang adalah sejumlah waktu yang 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 independent 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 memengaruhi waktu ambang total dari aktivitas suksesor dan predesesor. TF, FF, dan IF pada metode fuzzy, slack dapat dihitung dengan rumus (Gin-Shuh Liang, 2004) :

$$TF_x = FLF_x - FD_x - FES_x$$

$$FF_x = FES_x - FD_x \times FEF_x$$

$$IF_x = FES_x - FD_x - FLS_x$$

Sedangkan centroid (C) dari sebuah TFN (a,b,c,d) dapat dihitung dengan Rumus (Dikutip dari Miftakhul, A H. 2014. *Perencanaan Penjadwalan Proyek Kantor PT. Gresik Jasatama Dengan Metode Fuzzy Logic Application For Scheduling (FLASH)*. Gresik: SKRIPSI) :

$$C = \frac{a+b+c}{3}$$

2.9. Penelitian terdahulu

a. Naura Vizkia, Sugiono, Ceria Farela Mada Tantrika, Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

“PERBANDINGAN METODE PERT DAN *FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SCHEDULLING* (FLASH) PADA PENJADWALAN PROSES FABRIKASI BOILER” Studi Kasus: PT Indonesian Marine Corp. Ltd.

PT Indonesian Marine Corp. Ltd. (Indomarine) saat ini menggunakan Critical Path Method (CPM) dalam melakukan penjadwalan proses fabrikasi boiler. Pada pelaksanaannya, sering terjadi ketidaksesuaian waktu penyelesaian proses fabrikasi antara rencana dengan aktualnya. Untuk mendapatkan metode yang memberikan hasil penjadwalan yang paling optimal, penelitian ini membandingkan waktu penyelesaian proses fabrikasi pada boiler menggunakan metode saat ini (CPM), PERT dan *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) terhadap waktu aktualnya. Di akhir penelitian juga dibandingkan terminologi probabilitas dan posibilitas dalam memperkirakan waktu penyelesaian proses fabrikasi. Berdasarkan hasil analisis dan perbandingan metode, PERT memberikan rata-rata waktu penyelesaian proyek paling optimal untuk kedua produk yaitu Boiler WR-11100 FM selama 147 hari dan Fire Tube Boiler F 30 L selama 37 hari dengan selisih terhadap waktu penyelesaian aktual terkecil masing-masing 11 dan 6 hari. Terdapat perbedaan antara probabilitas dan posibilitas, dimana besarnya probabilitas bergantung pada standar deviasi serta perbedaan nilai yang dicari dengan rata-ratanya, sedangkan posibilitas akan semakin besar jika nilai tersebut mendekati nilai most likely-nya.

b. Irwan Raharja, Alumni program Studi Ekonomi Manajemen, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

“ANALISA PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PERT DI PT. HASANA DAMAI PUTRA YOGYAKARTA PADA PROYEK PERUMAHAN TIRTA SANI”

Dalam perencanaan dan pengendalian proses produksi sering dihadapi adanya berbagai kendala, misalnya terjadi stock out (kekurangan) bahan, banyaknya waktu longgar, kesalahan dalam urutan kerja dan sebagainya. Ada beberapa permasalahan dalam proses pembuatan perumahan, antara lain adanya keterlambatan waktu penyelesaian dari yang telah direncanakan yang mengakibatkan pihak perusahaan mengalami kerugian.

Metode penelitian melakukan penelitian untuk mendapatkan data secara langsung pada perusahaan yang menjadi objek penelitian, yaitu Interview dan Dekuenter. Selanjutnya dilakukan analisis data menggunakan Diagram Network dan untuk mempermudah digunakan metode “Algorithma”. Selain itu menggunakan Metode Penulisan ES, EF, LS, LF dan PERT z(program evaluation and review technique), menggunakan 3 estimasi waktu penyesuaian, yaitu Expected Time (ET) dan Estimasi probabilitas waktu penyelesaian (Z).

Berdasarkan hasil analisis bahwa kebutuhan proyek pada dasarnya cukup baik, namun tidak diikuti dengan pengawasan yang baik. Dengan penerapan metode PERT dan CPM maka dapat diketahui besarnya waktu yang dibutuhkan, besarnya tingkat keyakinan yang diinginkan dalam menentukan waktu setiap kegiatan, pengawasan terdapat aktivitas khususnya yang berada dalam jalur kritis dapat lebih dikonsentrasikan, dan dari segi waktu penyelesaian untuk awal adalah 201 hari dan untuk usulan (dipercepat) adalah selama 168 hari, sehingga terjadi efisiensi waktu selama 33 hari.

c. Aries Andrianto (2015), Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gresik dalam tugas akhir yang berjudul ” Perencanaan Proyek Pembangunan Dermaga VI Di Lokasi Pelabuhan Gresik Dengan Metode PERT dan *Fuzzy* PERT”

proses perencanaan hingga pengendalian proyek selama pelaksanaan proyek selama pelaksanaan proyek merupakan kegiatan penting dalam dalam suatu proyek. Keberhasilan atau kegagalan dari suatu proyek dapat disebabkan perencanaan yang tidak matang serta pengendalian yang kurang *efektif*, sehingga proyek tidak *efisien*. Jalur kritis dan waktu kritis ditentukan dengan menganalisa jaringan kerja pada proyek pembangunan dermaga VI di lokasi pelabuangresik yang digunakan adalah metode PERT dan *fuzzy* PERT. Metode *fuzzy* PERT pada dasarnya menggunakan bilangan*fuzzy* untuk tiap parameter waktu dari kegiatan. Pada proses analisa jaringan kerja metode ini juga menggunakan operasi – operasi bilangan*fuzzy*.

Hasil penelitian diketahui jalur kritis pada proyek pembanguna dermaga VI di lokasi pelabuan Gresik, yaitu: pekerjaan pendahuluan, pekerjaan beton trestle dermaga, pekerjaan perlengkapan trestle dermaga, pekerjaan finishing dermaga dan crane, pekerjaan urukan, pekerjaansheetpile turap, pekerja Benton turap, pekerjaan perlengkapan tiang angker, pekerjaan finishing tiang angker dan turap. Dengan menggunakan metode PERT waktu penyelesaian proyek yang sebenarnya 120 hari menjadi 111 hari, sedangkan metode *fuzzy* PERT mampu menyelesaikan 110 hari. Jadi perencanaan jadwal proyek dengan menggunakan PERT dan *fuzzy* PERT lebih efisien dari segi waktu maupun biaya.

d. Moh. Nadiruiwahnuhin (2017), Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gresik dalam tugas akhir yang berjudul “analisa penjadwalan project gresik gas cogeneration plant di area petro dengan metode *fuzzy logic application for scheduling*”

Proyek merupakan sekumpulan aktivitas yang saling berhubungan dimana ada titik awal dan titik akhir serta hasil tertentu. Proyek biasanya bersifat lintas fungsi organisasi sehingga membutuhkan bermacam keahlian (*skills*) dari berbagai profesi dan organisasi. Pada kenyataannya dalam menyelesaikan aktifitas suatu proyek mengalami keterlambatan dari durasi waktu yang ditentukan.

Dalam hal ini metode penjadwalan dengan mengakomodasikan ketidakpastian durasi menggunakan teori Fuzzy set yang dinamakan *fuzzy logic application for scheduling* (FLASH) untuk mengetahui kemungkinan

terselesainkannya proyek. FLASH menggunakan terminology posibilitas dari pada probabilitas untuk ketidakpastian.

Dari hasil analisa dapat dibandingkan bahwa antara metode PERT & Fuzzy didapatkan waktu penyelesaian yang berbeda akan tetapi, selisih waktu dari kedua metode tersebut tidak terlalu jauh. Untuk metode PERT menghasilkan durasi pekerjaan selama 78 hari sedangkan metode Fuzzy durasi pekerjaan selama 93 hari , selisih durasi antar kedua metode yaitu 15 hari.