

ANALISA PENJADWALAN PROYEK PIPA CARBON DENGAN METODE *FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SCHEDULING*

Moh. Nadirul Ihwanudin
PT. Semar Anugrah Mandiri
nadirulihwanudin@gmail.com

ABSTRAK

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 metode *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) untuk mengetahui kemungkinan terselesaikannya proyek. *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH), merupakan metode penjadwalan dengan tetap mengakomodasi ketidakpastian durasi. FLASH menggunakan terminologi posibilitas dari pada probabilitas untuk mengekspresikan ketidakpastian. Hal ini menjadikan FLASH lebih terbuka dalam hal ketidakpastian. FLASH menganalisis semua jalur untuk menghasilkan posibilitas suatu total durasi proyek yang diharapkan.

Berdasarkan hasil akhir penjadwalan menggunakan metode *fuzzy*, dari jadwal yang dihasilkan waktu pelaksanaan proyek Gresik Gas Cogeneration dapat diketahui bahwa proyek dapat terselesaikan dalam waktu (77,91,110) hari kerja, dengan nilai defuzzyfikasi 93 hari kerja.

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

Kata kunci : Analisa Penjadwalan Proyek Pipa Carbon Dengan Metode *Fuzzy Logic Application For Scheduling*.

PENDAHULUAN

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. Setiap proyek adalah unik, bahkan tidak ada dua proyek yang persis sama. Dipohusodo (1995) menyatakan bahwa suatu proyek merupakan upaya yang mengerahkan sumber daya yang tersedia, yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan penting tertentu serta harus diselesaikan dalam jangka waktu terbatas sesuai dengan kesepakatan. Proyek adalah aktivitas sementara dari personil, material, serta sarana untuk menjadikan/mewujudkan sasaran - sasaran (*goals*) proyek dalam kurun waktu tertentu yang kemudian berakhir.

Pada penelitian ini peneliti melakukan penelitian pada PT. Semar Anugrah Mandiri, merupakan kontraktor yang bergerak di bidang *Perpipaan*. Proyek yang didapat perusahaan berasal dari *lelang* yang dimenangkan perusahaan. Pada kenyataannya dalam menyelesaikan aktifitas suatu proyek mengalami keterlambatan dari durasi waktu yang ditentukan. Tabel 1 adalah waktu penyelesaian proyek yang memiliki kegiatan – kegiatan yang sejenis dengan kegiatan Project Gresik Gas Cogeneration Plant yang dilaksanakan oleh PT. Semar Anugrah Mandiri.

Dari tabel 1 terlihat adanya keterlambatan waktu/durasi penyelesaian proyek yang bisa jadi sebenarnya proyek – proyek tersebut tidak mengalami keterlambatan, tetapi ada faktor yang menyebabkan proyek terlambat diantaranya pada saat penentuan waktu penyelesaian proyek yang dijanjikan pada pemilik proyek didasari oleh analisa dari kepala

proyek dan estimator proyek yang bersifat subyektif, sehingga terjadi penjadwalan yang tidak akurat dan mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Oleh karena itu dibutuhkan pendekatan yang tepat untuk menentukan waktu proyek. Adapun faktor yang mempengaruhi keterlambatan tersebut terdiri dari faktor teknis dan non teknis. Factor teknis terdiri dari adanya kesalahan pada saat pengukuran dilapangan dan perubahan desain jalur pipa. Hal ini disebabkan karena kekeliruan pada saat perencanaan pemasangan pipa. Selain itu juga factor non teknis, contohnya adalah masalah pengadaan pipa, aksesoris pipa dan kebutuhan bahan baku seperti tabung gas argon, gas oksigen yang memerlukan waktu lebih dari target waktu awal, sehingga waktu pengerjaan pemasangan pipa mengalami penundaan dan juga kondisi atau gejala alam tidak dapat diperkirakan.

Tabel 1. Waktu Penyelesaian Proyek

NO	Nama Proyek	Total Diameter Pipa (Inch)	Planning (Hari)	Aktual (Hari)	Keterangan
1	Penambahan Line Piping di CPC	20.272 Inch	120	150	Terlambat 30 hari disebabkan : - Perubahan desain jalur pipa - Terlambatnya pengadaan gas argon - Perubahan aksesoris pipa seperti : Sapot pipa & warna cat pada sapot pipa
2	Penambahan Line Pipa limbah Air panas	5000 Inch	90	110	Terlambat 20 hari disebabkan : - Terjadinya kesalahan saat pengukuran dilapangan - Terlambatnya pengadaan gas argon
3	Penambahan Line Piping di Boiler	4.318 Inch	90	97	Terlambat 7 hari disebabkan : - Perubahan aksesoris pipa seperti : sapot pipa & warna cat pada sapot

Sumber : PT. Semar Anugrah Mandiri

Dalam hal ini metode penjadwalan dengan mengakomodasikan ketidakpastian durasi menggunakan teori *Fuzzy Set* yang dinamakan metode *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) untuk mengetahui kemungkinan terselesaikannya proyek (M. Hamzah H., Saifoe EL Unas, Widiarsa). Salah satu aplikasi terpentingnya adalah untuk membantu dalam melakukan pengambilan keputusan. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti, sangat fleksibel, dan memiliki toleransi terhadap data – data yang tidak tepat (Sri Kusumadewi Hari Purnomo, 2004). *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH), merupakan metode penjadwalan dengan tetap

mengakomodasi ketidakpastian durasi. FLASH menggunakan terminology posibilitas dari pada probabilitas untuk mengekspresikan ketidakpastian. Hal ini menjadikan FLASH lebih terbuka dalam hal ketidakpastian. FLASH menganalisis semua jalur untuk menghasilkan posibilitas suatu total durasi proyek yang diharapkan (Wibowo, A, 2001).

BAHAN DAN METODE

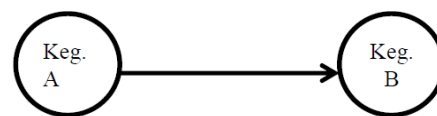
Metodologi PERT

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*)

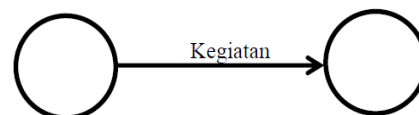
Pada AON, titik menunjukkan kegiatan.



Gambar 1. Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AON (Aryo Andri Nugroho, 2007)

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

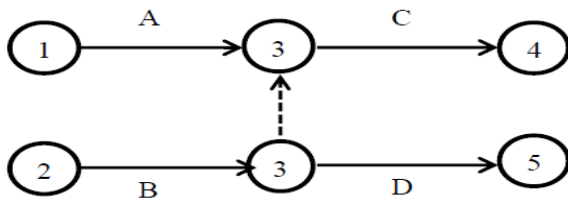
Pada AOA, panah menunjukkan aktivitas.



Gambar 2. Hubungan peristiwa dan kegiatan pada AOA (Aryo Andri Nugroho, 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:

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



Gambar 3. Contoh Kegiatan Dummy (Aryo Andri Nugroho, 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.

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.

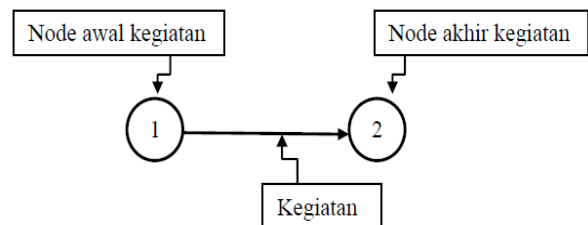
Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan network PERT:

- 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 (Aryo Andri Nugroho, 2007).

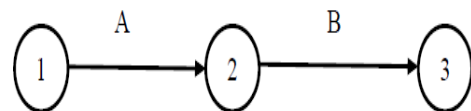
Berikut adalah penjelasan *network* PERT melalui contoh gambar.

- 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.



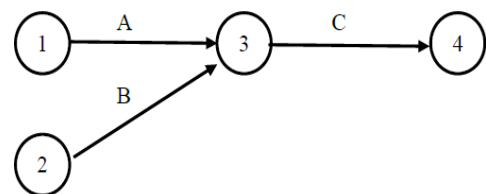
Gambar 4. Awal kegiatan 1 ke 2 (Aryo Andri Nugroho, 2007)

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



Gambar 5. Kegiatan B dikerjakan setelah kegiatan A (Aryo Andri Nugroho, 2007)

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



Gambar 6. Kegiatan C dikerjakan setelah kegiatan A dan B (Aryo Andri Nugroho, 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: Aryo Andri Nugroho, 2007)

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

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

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

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

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

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

Untuk menghitung standar deviasi, maka dihitung dengan rumus:

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

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 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 (Aryo Andri Nugroho, 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 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:

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

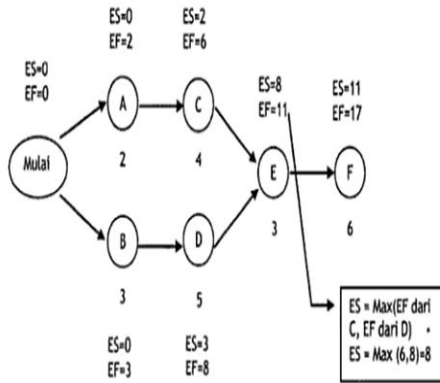
(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 2007)

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: Aryo Andri Nugroho, 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.



Gambar 7. Contoh penghitungan ES dan EF (Aryo Andri Nugroho, 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:

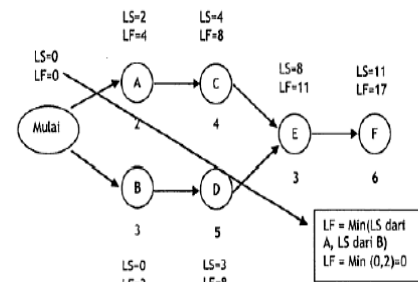
$$LF = \min(\text{LS dari seluruh kegiatan yang langsung})$$

(Sumber: Aryo Andri Nugroho, 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 8. Contoh menghitung LS dan LF (Aryo Andri Nugroho, 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)

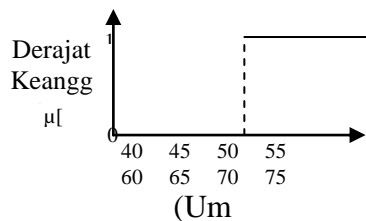
Jumlah waktu di mana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan.

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*.

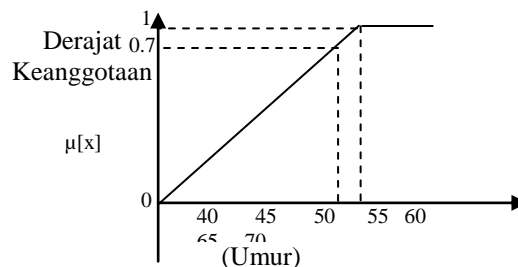
Pengertian Logika Fuzzy

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 kontinu. 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 9. 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 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 10. Konsep “Tua” Dalam Pengertian Fuzzy

Gambar 10 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”.

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 :

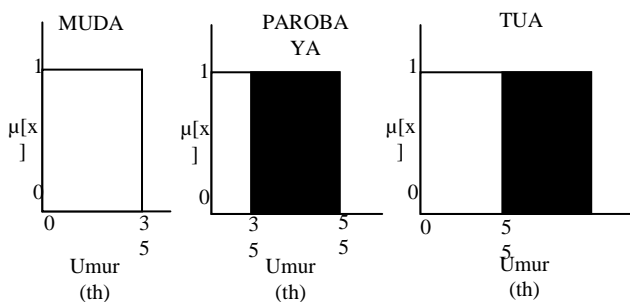
1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan atau
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

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 11.



Gambar 11. Himpunan MUDA, PAROBAYA dan TUA

Sumber: (Kusumadewi, 2004)

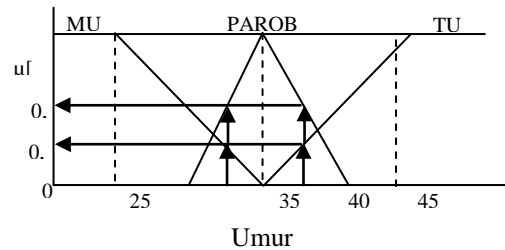
Pada gambar 11 di atas, dapat dijelaskan bahwa:

- a. Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan MUDA ($\mu_{\text{MUDA}}[34]=1$)
- b. Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ($\mu_{\text{MUDA}}[35]=0$)
- 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 12 menunjukkan himpunan fuzzy untuk variabel umur.



Gambar 12. Himpunan Fuzzy Untuk Variabel Umur

Sumber: (Kusumadewi, 2004)

Pada gambar 12 di atas dapat dilihat bahwa:

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

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 = $[30, 40]$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan waktu fuzzy tiap aktivitas

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.

Data Hubungan Antar Pekerjaan

Secara garis besar pada proyek ini terdapat saling ketergantungan antara kelompok pekerjaan yang satu dengan yang lainnya, beberapa diantaranya merupakan pekerjaan tipikal dan saling tumpang tindih (*overlapping*). Dalam pelaksanaannya suatu kegiatan dapat dikerjakan tanpa harus menunggu kegiatan sebelumnya diselesaikan. Berikut adalah nilai waktu dan keterkaitan antar kegiatan proyek Gresik Gas Cogeneration Plant.

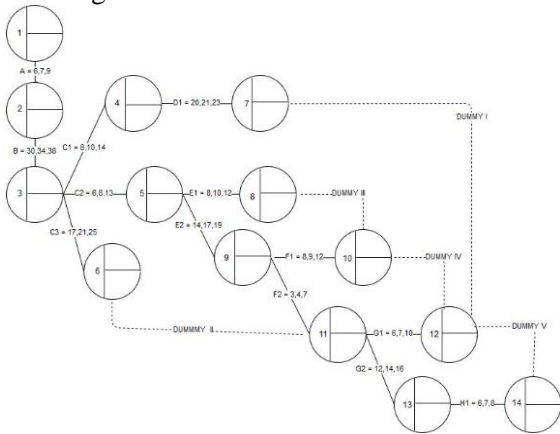
Tabel 2. Hubungan Antar Pekerjaan Project Gresik Gas Cogeneration Plant.

Kegiatan	Aktivitas	Waktu Fuzzy			Kegiatan Pendahulu
		a	b	c	
A	Mobilization	6	7	9	-
B	Supervision & Engineering	30	34	38	A
Permanent Work					
C	• Piping Work				
	C.1 Fit Up / Welding Joint Fabrication	8	10	14	B
	C.2 Fit Up / Welding Joint & Erection	6	8	13	B
	C.3 Fit Up / Welding Joint Installation	17	21	25	B
D	• Pipe Support Work				
	D.1 Fabrication & Installation of Pipe Support	20	21	23	C1
E	• Erection & Piping Accessories				
	E.1 Erection Pipe	8	10	12	C2
	E.2 Erection & Piping Accessories	14	17	19	C2
F	• Installation Piping Accessories				
	F.1 Instal Valve (erection & instal)	8	9	12	E2
	F.2 Install Stream Tracing Cooper Tubing	3	4	7	E2
G	• Testing & Repairing				
	G.1 Non Destructive Test	6	7	10	F.2
	G.2 Pressure Test & Test Package	12	14	16	F.2
H	• End Preparatory Work				
	H.1 Demobilization	6	7	8	G.1

Sumber: PT. Semar Anugrah Mandiri

Jaringan Kerja (Diagram Network)

Untuk membentuk suatu diagram jaringan kerja dengan metode CPM maka dibutuhkan hubungan ketergantungan antar pekerjaan yang satu dengan yang lainnya dimana hubungan pekerjaan tersebut merupakan kendala (*constraint*) yang dapat mempengaruhi kemampuan sumber daya untuk melaksanakan proyek. Berikut jaringan kerja Project Gresik Gas Cogeneration:



Gambar 13. Bentuk Jaringan Kerja Proyek Gresik Gas Cogeneration

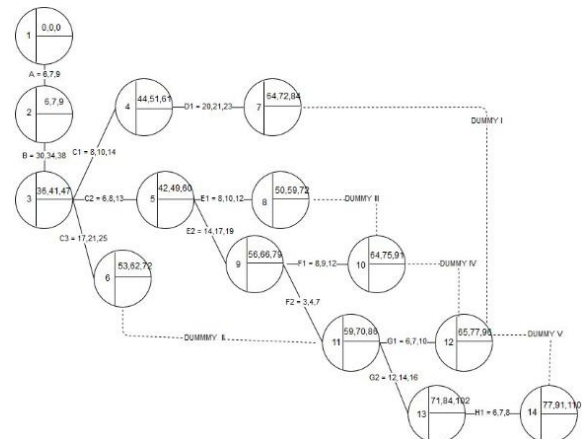
Fuzzy Forward Pass (Perhitungan Maju)

Perhitungan maju adalah perhitungan yang dimulai dari node start (awal) dan bergerak ke end (akhir) untuk menghitung *Fuzzy Early Start* (FES) dan *Fuzzy Early Finish* (FEF).

- Perhitungan Maju

$$FES = \text{Max} (FEF_p)$$

$$FEF = FES_x (+) FD_x$$



Gambar 14. Bentuk Jaringan Kerja perhitungan maju Proyek Gresik Gas Cogeneration

Tabel 3. Hasil perhitungan *Fuzzy Forward Pass* (Perhitungan Maju) proyek Gresik Gas Cogeneration

Kegiatan	Aktivitas	Durasi			Kegiatan Pendahulu	FES			FEF		
		a	b	c		a	b	c	a	b	c
A	Mobilization	6	7	9	-	0	0	0	6	7	9
B	Supervision & Engineering	30	34	38	A	6	7	9	36	41	47
C											
	• Piping Work										
	C1. Fit Up welding joint fabrication	8	10	14	B	36	41	47	44	51	61
	C2. Fit Up welding joint & erection	6	8	13	B	36	41	47	42	49	60
	C3. Fit Up welding joint Installation	17	21	25	B	36	41	47	53	62	72
D											
	• Pipe Support Work										
	D1. Fabrication & Installation of Pipe support	20	21	23	C1	44	51	61	64	72	84
E											
	• Erection & piping Accessories										
	E1. Erection pipe	8	10	12	C2	42	49	60	50	59	72
	E2. Erection & piping Accessories	14	17	19	C2	42	49	60	56	66	79
F											
	• Installation piping accessories										
	F1. Install valve	8	9	12	E2	56	66	79	64	73	91
	F2. Install stream tracing cooper tubing	3	4	7	E2	56	66	79	59	70	86
G											
	• Testing & Repairing										
	G1. Non Destructive Test	6	7	10	F2	59	70	86	65	77	96
	G2. Pressure Test & Test Package	12	14	16	F2	59	70	86	71	84	102
H											
	• End Preparatory Work										
	H1. Demobilization	6	7	8	G1	71	84	102	77	91	110

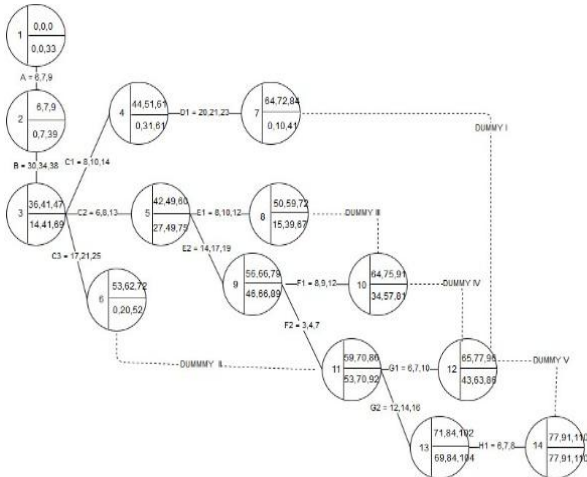
Fuzzy Backward Pass (Perhitungan Mundur)

Perhitungan mundur dilakukan untuk mencari menghitung *Fuzzy Late Star* dan *Fuzzy Late Finish* (FEF). Perhitungan dimulai dari kegiatan paling terakhir sampai dengan kegiatan awal. Berikut Gambar jaringan kerja:

- Perhitungan Mundur

$$FLF = \text{Min} (FLS_p)$$

$$FLS_x = FLF - FD_x$$



Gambar 15. Bentuk Jaringan Kerja Perhitungan Mundur Proyek Gresik Gas Cogeneration

Tabel 4. Hasil perhitungan *fuzzy backward pass* (perhitungan mundur) proyek gresik gas cogeneration

Kegiatan	Aktivitas	Durasi			Kegiatan Pendahulu	FLS			FLF		
		a	b	c		a	b	c	a	b	c
A	Mobilization	6	7	9	-	0	0	33	0	7	39
B	Supervision & Engineering	30	34	38	A	0	7	39	14	41	69
C	• Piping Work										
	C1. Fit Up welding joint fabrication	8	10	14	B	0	31	61	14	41	69
	C2. Fit Up welding joint & section	6	8	13	B	14	41	69	27	49	75
D	• Installation										
	D1. Fabrication & installation of Pipe support	17	21	25	B	0	20	52	14	41	69
E	• Pipe Support Work										
	E1. Fabrication & installation of Pipe support	20	21	23	C1	0	10	41	0	31	61
	• Erection & piping Accessories										
E	E1. Erection pipe	8	10	12	C2	15	35	67	27	49	75
	E2. Erection & piping Accessories	14	17	19	C2	27	49	75	46	66	89
F	• Installation piping accessories										
	F1. Install valve	8	9	12	E2	34	57	81	46	66	89
	F2. Install stream tracing cooper tubing	3	4	7	E2	46	66	89	53	70	92
G	• Testing & Repairing										
	G1. Non Destructive Test	6	7	10	F2	43	63	86	53	70	92
G	G2. Pressure Test & Test Package	12	14	16	F2	53	70	92	69	84	104
	• End Preparatory										
H	H1. Demobilization	6	7	8	G1	69	84	104	77	91	110

Perhitungan Slack (Waktu Ambang)

Ada tiga tipe waktu ambang yaitu waktu ambang Total Float (TF), waktu ambang bebas atau Free Float (FF), dan waktu ambang independent (IF). Pada metode fuzzy, slack dapat dihitung dengan rumus:

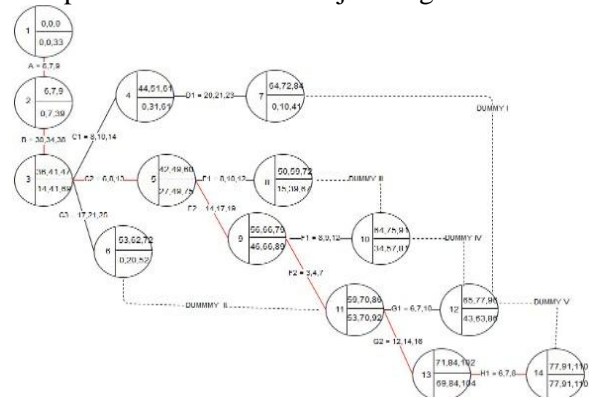
- $TF_x = FLF_x - FD_x - FES_x$
- $FF_x = FEF_x - FD_x - FES_x$
- $IF_x = FEF_x - FD_x - FLS_x$

Tabel 5. Hasil perhitungan slack atau waktu ambang proyek gresik gas cogeneration

Kegiatan	Aktivitas	TF			FF			IF					
		a	b	c	a	b	c	a	b	c			
A	Mobilization	0	0	33	11	0	0	3	1	0	0	3	1
B	Supervision & Engineering	0	0	33	11	0	0	11	4	0	0	17	6
C	• Piping Work												
	C1. Fit Up welding joint fabrication	0	0	25	8	0	0	17	6	0	10	53	21
	C2. Fit Up welding joint & section	10	0	25	14	0	0	18	6	0	0	40	13
D	• Installation												
	D1. Fabrication & installation of Pipe support	0	0	16	5	0	0	19	6	0	21	55	25
	• Pipe Support Work												
D	D1. Fabrication & installation of Pipe support	0	0	0	0	0	0	20	7	0	41	64	35
E	• Erection & piping Accessories												
	E1. Erection pipe	0	0	25	8	0	0	22	7	0	14	49	21
	E2. Erection & piping Accessories	0	0	28	9	0	0	23	8	0	0	38	13
F	• Installation piping accessories												
	F1. Install valve	0	0	25	8	0	0	27	9	0	9	49	19
	F2. Install stream tracing cooper tubing	0	0	33	11	0	0	27	9	0	0	37	12
G	• Testing & Repairing												
	G1. Non Destructive Test	0	0	27	9	0	0	31	10	0	7	47	18
G	G2. Pressure Test & Test Package	0	0	39	13	0	0	31	10	0	0	37	12
H	• End Preparatory												
	H1. Demobilization	0	0	33	11	0	0	33	11	0	0	35	12

Menentukan Lintasan Kritis

Lintasan kritis merupakan lintasan pada aktifitas kegiatan yang tidak boleh terjadi keterlambatan, apabila terjadi keterlambatan maka umur proyek akan bertambah sebesar keterlambatan tersebut. Dari pengolahan diatas didapatkan alur lintasan kerja sebagai berikut:



Gambar 16. Lintasan Jaringan kerja proyek gresik gas cogeneration

Dari alur kegiatan pada jaringan kerja diperoleh lintasan kerja sebagai berikut:

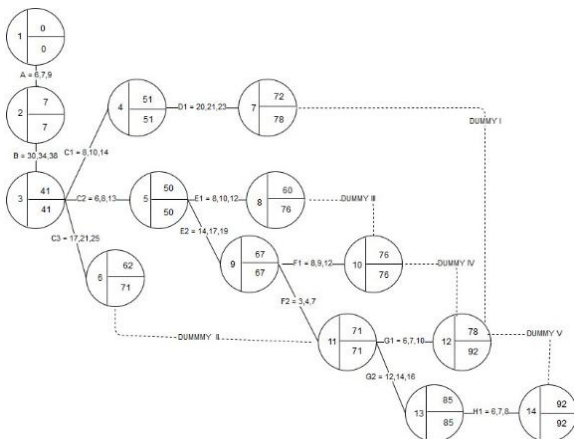
Tabel 6. Lintasan kerja proyek gresik gas cogeneration.

NO	LINTASAN	SLACK
1	A-B-C2-E2-F2-G2-H1	1-6-13-13-12-12-12
2	A-B-C2-E1-F1-G1-H1	1-6-13-21-12-12-12
3	A-B-C2-E2-F1-G1-H1	1-6-13-13-19-12-12
4	A-B-C2-E2-F1-G1-H1	1-6-13-13-12-13-12
5	A-B-C2-E1-F1-G1-H1	1-6-13-21-19-12-12
6	A-B-C2-E1-F1-G1-H1	1-6-13-21-19-13-12
7	A-B-C1-D1-G1-H1	1-6-21-33-12-12
8	A-B-C3-F2-G1-H1	1-6-23-12-12-12
9	A-B-C3-F2-G1-H1	1-6-23-12-12-12

Jadi lintasan kritis dari proyek gresikgas cogeneration adalah A – B – C2 –E2 – F2 – G2 – H1. Kegiatannya yaitu Mobilization – Supervision & Engineering – Fit-Up welding joint erection – Erection Piping & Accessories – Install Stream Tracing Cooper Tubing – Pressure Test & Test Package – Demobilization. Waktu penyelesaian = $\frac{77+91+110}{3} = 93$ hari.

Analisa Jaringan Kerja Metode PERT

Analisa jaringan kerja metode PERT dapat dilakukan dengan cara nilai ES dari kegiatan – kegiatan sesudahnya serta waktu LF dari kegiatan – kegiatan sebelumnya untuk metode PERT. Sama seperti analisa dalam metode fuzzy, bila jaringan kerja telah memenuhi syarat maka jaringan kerja akan dianalisa jalur kritis akan dapat diketahui. Pada pembuatan jaringan kerja yangyang diujikan, jalur kritis dari metode PERT dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Diagram Network Proyek Gresik Gas Cogeneration

Cara untuk perhitungan selanjutnya yaitu menghitung ES (*Early Start*) dan EF (*Early Finish*) dengan rumus sebagai berikut (Budi Santoso, 2009):

$$ES_x = \text{nilai terbesar dari } (EF_p)$$

$$EF_x = ES_x + ET_x$$

Notasi p menunjukkan aktivitas yang mendahului, sedangkan notasi x menunjukkan suatu kegiatan pada jaringan kerja.

Untuk menghitung nilai LF dari kegiatan terakhir pada jaringan kerja sama dengan nilai EF-nya. Pencarian LF (Late Start) dan LS (Late Finish) tersebut menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LF_x = \text{Nilai terminimum dari } LS_p$$

$$LS_x = LF_x - ET_x$$

Dimana notasi x menunjukkan suatu kegiatan dan notasi p menunjukkan kegiatan sesudahnya.

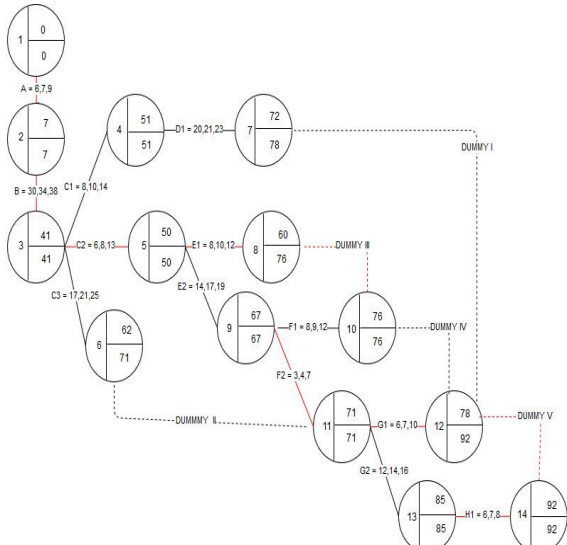
Slack atau total float (TF) yang merupakan waktu suatu kegiatan dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian proyek pada metode PERT dapat dihitung dengan rumus (Budi Santoso, 2009):

$$TF_x = LF_x - D_x - Es_x$$

Tabel 7. Hasil Analisa Kegiatan Metode PERT

Kegiatan	Aktivitas	Durasi	ES	EF	LS	LF	Slack
	Start	0	0	0	0	0	0
A	Mobilization	7	0	7	0	7	0
B	Supervision & Engineering	34	7	41	7	41	0
C	• Piping Work						
	C1. Fit Up welding joint fabrication	10	41	51	41	51	0
	C2. Fit Up welding joint & erection	9	41	50	42	50	0
D	• Pipe Support Work						
	D1. Fabrication & Installation of Pipe support	21	41	62	41	62	0
E	• Erection & piping Accessories						
	E1. Erection pipe	10	50	60	50	60	0
F	• Installation piping accessories						
	F1. Install valve	9	67	76	67	76	0
G	• Testing & Repairing						
	G1. Non Destructive Test	7	71	78	71	78	0
H	• End Preparatory						
	H1. Demobilization	7	85	92	85	92	0
	Finish	0	92	92	92	92	0

Dari alur kegiatan pada jaringan kerja pada metode PERT diperoleh lintasan kerja sebagai berikut:



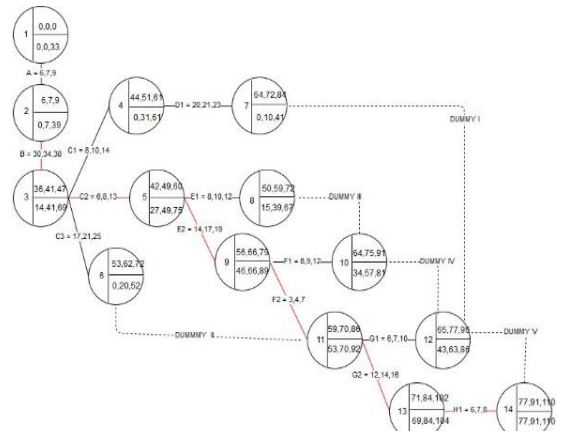
Gambar 18. Bentuk Diagram Network Proyek Gresik Gas Cogeneration

- Kegiatan = A – B – C2 – E2 – F2 – G2 – H1 = 7 + 34 + 9 + 17 + 4 + 14 + 7 = 92 hari
- Kegiatan = A – B – C2 – E1 – F2 – G2 – H1 = 7 + 34 + 9 + 10 + 4 + 14 + 7 = 85 hari
- Kegiatan = A – B – C2 – E2 – F1 – G2 – H1 = 7 + 34 + 9 + 17 + 9 + 14 + 7 = 97 hari
- Kegiatan = A – B – C2 – E1 – F1 – G2 – H1 = 7 + 34 + 9 + 10 + 9 + 14 + 7 = 90 hari
- Kegiatan = A – B – C2 – E1 – F2 – G1 – H1 = 7 + 34 + 9 + 10 + 4 + 7 + 7 = 78 hari

Maka yang menjadi jalur kritis adalah A – B – C2 – E1 – F2 – G1 – H1 dengan nama kegiatan Mobilization – Supervision & engineering – fit up welding joint erection – erection pipe – install stream tracing tubing – non destructive test – demobilization lama durasi 78 hari.

KESIMPULAN

1. Bentuk lintasan kerja metode Fuzzy sebagai berikut:



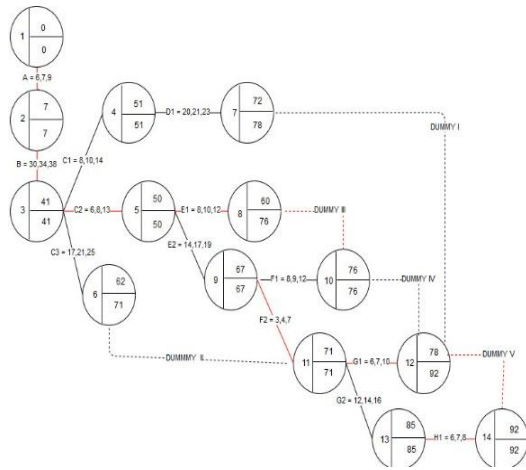
2. Pada jaringan kerja proyek gresik gas cogeneration dengan menggunakan metode Fuzzy Logic for Scheduling diperoleh 9 lintasan. Yaitu:

- A – B – C2 – E2 – F2 – G2 – H1
- A – B – C2 – E1 – F2 – G2 – H1
- A – B – C2 – E2 – F1 – G2 – H1
- A – B – C2 – E2 – F1 – G1 – H1
- A – B – C2 – E1 – F1 – G2 – H1
- A – B – C2 – E1 – F1 – G1 – H1
- A – B – C1 – D1 – G1 – H1
- A – B – C3 – F2 – G1 – H1
- A – B – C3 – F2 – G2 – H1

3. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic Application for Scheduling*, menunjukkan waktu penyelesaian proyek berada pada kisaran 77 hari sampai dengan 110 hari dengan waktu paling mungkin 91 hari dengan nilai defuzzyfikasi 93 hari.

4. Pada proyek gresik gas cogeneration dengan metode *Fuzzy Logic Application for Scheduling* kegiatan yang tidak boleh mengalami keterlambatan yaitu A – B – C2 – E2 – F2 – G2 – H1 dengan nama kegiatan *Mobilization – Supervision & Engineering – Fit-Up welding joint erection – Erection Piping & Accessories – Install Stream Tracing Cooper Tubing – Pressure Test & Test Package – Demobilization*.

5. Bentuk lintasan kerja metode PERT sebagai berikut:



Pada jaringan kerja kerja proyek gresik gas cogeneration dengan menggunakan metode PERT diperoleh 5 lintasan yaitu:

- Kegiatan = A – B – C2 – E2 – F2 – G2 – H1
- Kegiatan = A – B – C2 – E1 – F2 – G2 – H1
- Kegiatan = A – B – C2 – E2 – F1 – G2 – H1
- Kegiatan = A – B – C2 – E1 – F1 – G2 – H1
- Kegiatan = A – B – C2 – E1 – F2 – G1 – H1

7. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode PERT, menunjukkan waktu penyelesaian 78 hari.
8. Pada proyek gresik gas cogeneration dengan metode PERT kegiatan yang tidak boleh mengalami keterlambatan adalah A – B – C2 – E1 – F2 – G1 – H1 dengan nama kegiatan *Mobilization – Supervision & engineering – fit up welding joint erection – erection pipe – install stream tracing tubing – non desdructive test – demobilization* lama durasi 78 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- www.google.com. Diakses 26 Maret 2017.
- Wibowo, S. 2015. “Penerapan Logika Fuzzy Dalam Penjadwalan Waktu Kuliah”.
- Wibowo, A. 2001. “Alternatif Metode Penjadwalan Proyek Kontruksi Menggunakan Teori Set Samar”.
- Santosa, Budi. 2009.” *Manajemen Proyek*”. Surabaya: Graha Ilmu.
- Nurhayati. 2010. “*Manajemen Proyek*”. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nugroho, A A. 2007. “Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Gedung Khusus (LABORATORIUM) Stasiun Karantina Ikan Kelas 1 Tanjung Emas”. Semarang: SKRIPSI.
- Miftakhul, A H. 2014. *Perencanaan Penjadwalan Proyek Kantor PT. Gresik Jasatama Dengan Metode Fuzzy Logic Application For Scheduling (FLASH)*. Gresik: SKRIPSI.
- Latif, M A. 2016. “Penerapan Fuzzy Critical Path Methode Pada Jaringan Proyek”. Malang: SKRIPSI.
- Kusumadewi, Sri. 2004. “Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan”. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Julkarnaen, Irwan Tubagus. 2014. “Analisa Perbaikan Penjadwalan Perakitan Panel Listrik Dengan Metode CPM Dan Pert: Studi Kasus PT. Mega Karya Engineering”. www.google .com. Diakses 27 Maret 2017.
- Insani, M H. 2014. “Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Critical Chain Project Management”. Gresik: SKRIPSI.
- Hamzah, M H, El Unas. Saefoe dan Widiarsa. “Penjadwalan Proyek Kontruksi dengan Metode Flash (Fuzzy Logic Application For Scheduling)”.

Halaman ini sengaja dikosongkan