

PERENCANAAN PENJADWALAN KANTOR GEDUNG PT GRESIK JASATAMA DENGAN METODE FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SCHEDULING (FLASH)

ARIF MIFTAKUL HUDA
PT. Jasa Tama – Gresik | jasatama@gmail.com

ABSTRACT

CV. Mukti Jaya Abadi is a company in the General Contractor and Supplier, for these companies in the project schedule based on the analysis of the head of the project and project estimator, Result there is uncertainty about the project completion time.

Therefore it takes the right approach to determine the time of the project, in this case the fuzzy method is able to provide a good completion to the things that are uncertain. Fuzzy Logic Application for Scheduling (FLASH) is an appropriate method to accommodate uncertainty. FLASH does not require statistical data but only qualitative observation.

The results obtained show the project canis overcomerange 119 days to 221 days with the most likely time of 163 days to 170 days defuzzyfication value.

Keywords: *FLASH scheduling method, the possibility, faint Set*

ABSTRAK

CV. Mukti Jaya Abadi adalah perusahaan dibidang General Kontraktor and Suplier, selama ini perusahaan dalam menjadwalkan proyek didasari oleh analisa kepala proyek dan estimator proyek, hasilnya terdapat ketidakpastian terhadap waktu penyelesaian proyek.

Oleh karena itu dibutuhkan pendekatan yang tepat untuk menentukan waktu proyek, dalam hal ini metode fuzzy mampu memberikan penyelesaian yang baik untuk hal-hal yang bersifat tidak pasti. *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) merupakan metode yang tepat untuk mengakomodasi ketidak pastian. FLASH tidak mensyaratkan data statistic tetapi hanya pengamatan secara kualitatif.

Hasil akhir yang diperoleh menunjukkan proyek dapat diselesaikan kisaran 119 hari sampai 221 hari dengan waktu paling mungkin 163 hari dengan nilai defuzzyfikasi 170 hari.

Kata kunci : *Metode penjadwalan FLASH, Posibilitas, Set samar*

1. Pendahuluan

Pembangunan gedung kantor PT. Gresik Jasatama merupakan salah satu respon dari PT. Gresik Jasatama untuk menyiapkan diri sebagai salah satu perusahaan jasa kepelabuhan di wilayah Gresik. Proyek ini merupakan proyek yang akan diperebutkan oleh beberapa kontraktor, sehingga penawaran yang tepat baik berupa biaya, kualitas dan waktu akan menjadi pemenangnya. Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (deadline).

Berkaitan dengan masalah ini maka keberhasilan pelaksanaan proyek tepat pada waktunya merupakan tujuan yang paling penting baik pemilik proyek maupun kontraktor. Perencanaan waktu atau jadwal proyek meliputi langkah-langkah yang bertujuan agar proyek dapat diselesaikan sesuai dengan sasaran waktu yang ditetapkan. Perencanaan waktu memberikan masukan kepada perencanaan sumber daya agar sumber daya tersebut siap pada waktu yang diperlukan,

kemudian baru perencanaan biaya bisa dilakukan. Dari perencanaan ini diharapkan akan menghasilkan penawaran yang tepat.

Pada penelitian ini Peneliti melakukan penelitian pada CV. Mukti Jaya Abadi, merupakan kontraktor yang akan merencanakan penjadualan proyek tersebut. CV. Mukti Jaya Abadi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang General Contractor and Suplier. Proyek yang didapat perusahaan berasal dari tender yang dimenangkan perusahaan maupun konsumen yang datang secara langsung.

Pada kenyataannya CV. Mukti Jaya Abadi dalam menyelesaikan aktifitas suatu proyek bisa lebih cepat bahkan juga bisa lebih lambat dari rencana yang sudah ditentukan. Berikut adalah waktu penyelesaian proyek yang memiliki kegiatan – kegiatan yang sejenis dengan kegiatan proyek pembangunan gedung kantor PT. Gresik Jasatama yang dilaksanakan oleh CV. Mukti Jaya Abadi:

No	Nama Proyek	Waktu yang ditetukan	Waktu pelaksanaan	Jumlah kelas
1	Pembangunan penambahan Ruang Kelas Sekolah SMKN 1 Duduk Sampeyan	60	69	5 kelas 1 lantai
2	Pembangunan penambahan Ruang Kelas Sekolah SMKN 1 Driyorejo	60	55	2 kelas 2 lantai
3	Pembangunan penambahan Ruang Kelas Sekolah SMKN 1 Selayu	60	67	2 kelas 2 lantai

Dari tabel diatas terlihat adanya ketidakpastian waktu penyelesaian proyek., hal ini disebabkan karena material terlambat didatangkan dan faktor cuaca yaitu hujan. Dalam kasus diatas CV. Mukti Jaya Abadi dalam penentuan waktu penyelesaian proyek yang dijanjikan pada konsumen didasari oleh analisa dari kepala proyek dan estimator proyek. Oleh karena itu dibutuhkan pendekatan yang tepat untuk menentukan waktu proyek. Dalam hal ini metode fuzzy mampu memberikan penyelesaian yang baik untuk hal-hal yang bersifat tidak pasti. Fuzzy Logic Application for sceduling (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.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam pemecahan masalah-masalah ini adalah :

1. Menentukan bentuk jaringan kerja pada proyek Pembangunan Kantor Gedung PT. Gresik Jasatama.
2. Mengetahui durasi pelaksanaan proyek Pembangunan Kantor Gedung PT. Gresik Jasatama dengan metode FLASH.
3. Mengetahui pekerjaan mana saja yang termasuk kegiatan kritis pada proyek Pembangunan Kantor Gedung PT. Gresik Jasatama.

3. Literatur Riview

Pengertian Proyek

Menurut Soeharto (1999) Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau deliverable yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas.

Manajemen proyek

Managemen proyek adalah ilmu dan seni yang berkaitan dengan memimpin dan menkoordinir sumber daya yang terdiri dari manusia dan meterial dengan menggunakan teknik pengolahan modern untuk mencapain sasaran yang telah ditentukan, yaitu lingkup, mutu, jadwal, dan biaya, serta memenuhi keinginan para stake holder.

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 efisien. Masalah akan timbul apabila terjadi ketidaksesuaian 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 beserta segala sumber daya untuk mencapai tujuan tersebut.

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 pelaksanaan masing masing bagian pekerjaan atau kegiatan, dalam rangka penyelesaian proyek sedemikian rupa, sehingga tercapai hasil yang optimal, dengan mempertimbangkan keterbatasan- keterbatasan yang ada.

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.

Work Breakdown Structure (WBS)

Kegiatan menguraikan pekerjaan proyek menjadi elemen – elemen yang lebih kecil yang secara operasional mudah dilaksanakan serta mudah diestimasi biaya dan waktu pelaksanaannya. Hasil proses hirerarkis ini disebut *Work Breakdown Structure* (WBS). WBS adalah peta proyek. Penggunaan WBS dapat membantu meyakinkan manajer proyek bahwa semua produk dan elemen pekerjaan proyek telah diidentifikasi, untuk mengintegrasikan proyek dengan organisasi saat ini, dan untuk membangun dasar pengendalian (Clifford F. Gray, Erik W. Larson 2007 : 96).

Metode Diagram Batang (Bar Graph Method)


Yang pertama dikembangkan dalam perencanaan dan penjadwalan adalah *Gantt Charts*. Nama ini mengacu pada penemunya Henry L. Gantt, seorang konsultan manajemen terkenal. Apa yang diperlihatkan dalam *Gantt Charts* adalah hubungan antara aktivitas dan waktu pengerjaannya. Disini bisa juga dilihat aktivitas mana yang harus mulai dulu dan aktivitas mana yang menyusul. *Gantt Charts* dibuat menyusul selesainya WBS.


Jaringan Kerja

Network planning (Jaringan Kerja) pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu

pekerjaan belum dapat dimulai apabila kegiatan sebelumnya belum selesai dikerjakan.

Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu network adalah sebagai berikut :

- a.  (anak panah/busur), mewakili sebuah kegiatan atau aktivitas yaitu tugas yang dibutuhkan oleh proyek. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan duration (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah resources (sumber tenaga, peralatan, material, biaya). Kepala anak panah menunjukkan arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai pada permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan. Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini sama sekali tidak mempunyai arti. Jadi, tak perlu menggunakan skala.

- b.  (lingkaran kecil/simpul/node), mewakili sebuah kejadian atau peristiwa atau event. Kejadian (event) didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan. Sebuah kejadian mewakili satu titik dalam waktu yang menyatakan penyelesaian beberapa kegiatan dan awal beberapa kegiatan baru. Titik awal dan akhir dari sebuah kegiatan karena itu dijabarkan dengan dua kejadian yang biasanya dikenal sebagai kejadian kepala dan ekor. Kegiatan-kegiatan yang berawal dari saat kejadian tertentu tidak dapat dimulai sampai kegiatan-kegiatan yang berakhir pada kejadian yang sama diselesaikan. Suatu kejadian harus mendahului kegiatan yang keluar dari simpul/node tersebut.

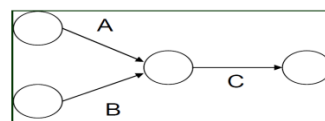
- c. (~~anak panah~~ terputus-putus), menyatakan kegiatan semu atau dummy activity. Setiap anak panah memiliki peranan ganda dalam mewakili kegiatan dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai kegiatan. Dummy di sini berguna untuk membatasi mulainya kegiatan seperti halnya kegiatan biasa, panjang dan kemiringan dummy ini juga tak berarti apa-apa sehingga tidak perlu berskala. Bedanya dengan kegiatan biasa ialah bahwa kegiatan dummy tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu kegiatan sama dengan nol.

Adapun logik ketergantungan kegiatan-kegiatan itu dapat dinyatakan sebagai berikut

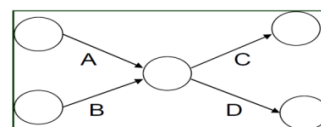
- a. Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan kegiatan C dimulai setelah kegiatan B selesai, maka hubungan antara kegiatan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4



- b. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, maka dapat dilihat pada gambar 2.5

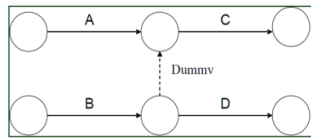


- c. Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D maka dapat dilihat pada gambar 2.6



- c. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi sudah dapat dimulai bila

kegiatan B sudah selesai, maka dapat dilihat pada gambar 2.7



Lintasan Kritis

Heizer dan Render (2005) menjelaskan bahwa dalam melakukan analisis jalur kritis, digunakan dua proses two-pass, terdiri atas forward pass dan backward pass. ES dan EF ditentukan selama forward pass, LS dan LF ditentukan selama backward pass. ES (earliest start) adalah waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai. EF (earliest finish) merupakan waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai. LS (latest start) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (latest finish) adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

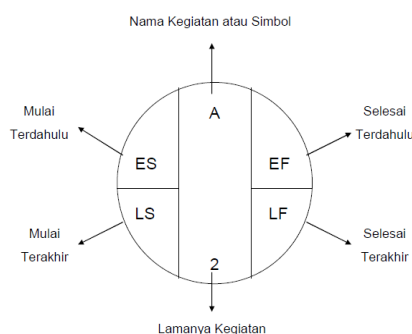
$$ES = \text{Max} \{EF \text{ semua pendahulu langsung}\}$$

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

$$LF = \text{Min} \{LS \text{ dari seluruh kegiatan yang langsung mengikutinya}\}$$

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

$$\text{Slack} = LS - ES \quad \text{atau} \quad \text{Slack} = LF - EF$$



Critical Path Method (CPM).

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), metode Jalur Kritis (Critical Path Method - CPM), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. CPM adalah model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis (Siswanto, 2007). CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

Dalam metode CPM (Critical Path Method - Metode Jalur Kritis) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama. Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1999). Lintasan kritis (Critical Path) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan

Durasi Proyek

Durasi proyek adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek (Maharany dan Fajarwati, 2006). Maharany dan Fajarwati (2006) menjelaskan bahwa faktor yang berpengaruh dalam menentukan durasi

pekerjaan adalah volume pekerjaan, metode kerja (construction method), keadaan lapangan, serta keterampilan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan proyek.

LogikaFuzzy

Titikawal dari konsep modern mengenai ketidakpastian adalah paper yang dibuat oleh Lofti AZadeh, dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki objek-objek dari himpunan Fuzzy yang memiliki batas yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan Fuzzy, dan bukannya dalam bentuk logika benar (true) atau salah (false), tapi dinyatakan dalam derajat (degree). Konsep seperti ini disebut dengan Fuzziness dan teorinya dinamakan Fuzzy Set Theory.

Ada

beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika Fuzzy, antaralain:

1. Konsep dengan logika Fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran Fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika Fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika Fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika Fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks.
5. Logika Fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika Fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.

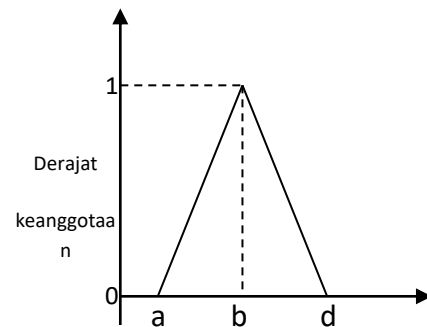
7. Logika Fuzzy didasarkan pada Bahasa

Fuzzy logic application for sceduling (FLASH)

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

Durasi Fuzzy Kegiatan.

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



Kurva Segitiga

Nilai a dikenal sebagai durasi terpendek yang mungkin (*most optimistic time*), d adalah durasi paling lama (*most pessimistic time*) dan b adalah durasi yang paling mungkin (*most likely time*). Dalam kaitannya dengan manajemen proyek, bilangan fuzzy akan dioperasikan antara lain menurut operasi – operasi sebagai berikut :

Misalnya 2 buah TFN M(a,b,c,d) dan N(e,f,g,h)

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

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

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

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

Dimana (+) = operasi penjumlahan fuzzy

(-) = operasi pengurangan fuzzy.

V = maksimum.

Λ = minimum.

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

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.

3 Perhitungan Maju

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

$$FES_x = \max (FEF_p)$$

$$FEF_x = FES_x (+)FD_x$$

Dimana FEF_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.

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) .

Dimana PLF_x = waktu selesai terlama sementara, FLS_s = waktu mulai terlama dari kegiatan sebelumnya (arah dari akhir proyek keawal)

3. PLF kemudian dikonversi menjadi FLF_u (Batas atas dari waktu selesai terlama) dengan rumus :

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

4. Dengan FEF (a,b,c,d) dan FLF_u (-∞,-∞,e,f) dari suatu kegiatan diketahui maka akan dicari FLF dengan langkah- langkah sebagai berikut :

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

b. Menghitung Y, yaitu sebuah besaran fuzzy terbesar yang memenuhi syarat FEF (+)Y < FLF_u

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

d. Jika kemiringan ke kanan dari FLF_u yang lebih besar maka bagian kanan FLF disamakan dengan FLF_u 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 :

$$FLS (+)FD = F$$

Waktu Ambang (Floats)

Waktu ambang adalah sejumlah waktu yg tersedia dalam suatu aktifitas sehingga memungkinkan aktifitas tersebut dapat ditunda tanpa menyebabkan penambahan total durasi proyek. Ada tiga tipe waktu ambang, waktu ambang total atau *total float* (TF), waktu ambang bebas atau *free float* (FF), dan waktu ambang independen atau *independent float* (IF). Waktu ambang total suatu aktivitas adalah jumlah unit waktu aktivitas yang dapat diundur tanpa berpengaruh pada waktu penyelesaian total proyek. Waktu ambang bebas adalah jumlah unit waktu aktivitas yang dapat diundur tanpa berpengaruh pada ambang total aktivitas sesudahnya, sementara waktu ambang independen adalah jumlah unit waktu aktivitas yang dapat diundur tanpa mempengaruhi waktu ambang total dari aktivitas suksesor dan predesesor. TF, FF dan IF Pada metode fuzzy, *slack* dapat dihitung dengan rumus (Gin-Shuh Liang,2004) :

$$TF_x = FLF_x - FD_x - FES_x$$

$$FF_x = FES_x - FD_x - FEF_x$$

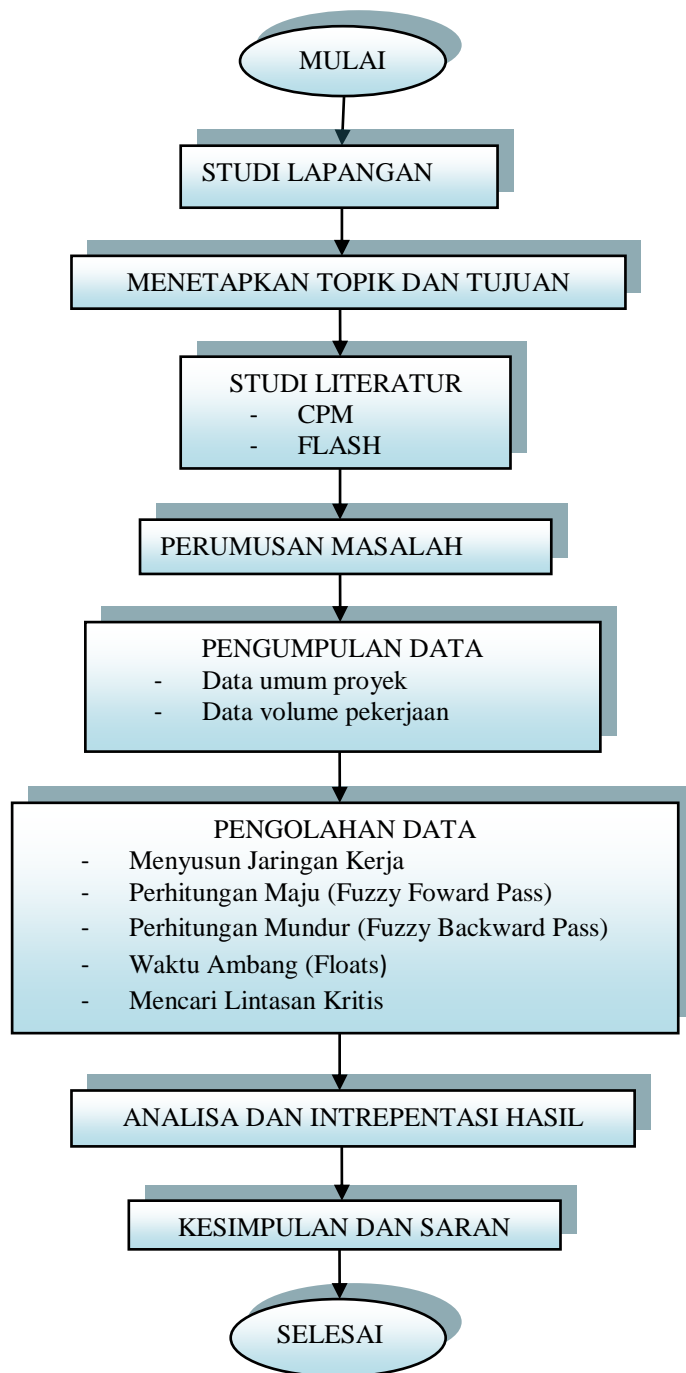
$$IF_x = FES_x - FD_x - FLS_x$$

nilai centroid. Sedangkan centroid (C) dari sebuah TFN (a,b,c,d) dapat dihitung dengan rumus (N. Ravi Shankar,2010) :

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

4. Metodologi Penelitian

Dalam point ini dijelaskan tentang langkah-langkah yang ditempuh untuk memecahkan permasalahan penelitian. Tahap penelitian dimulai dari tahap identifikasi permasalahan sampai pada tahap penyelesaian, sehingga dapat diperoleh sebuah kesimpulan yang merupakan hasil ringkasan dari peneletian tersebut dan juga saran yang akan disampaikan penulis.

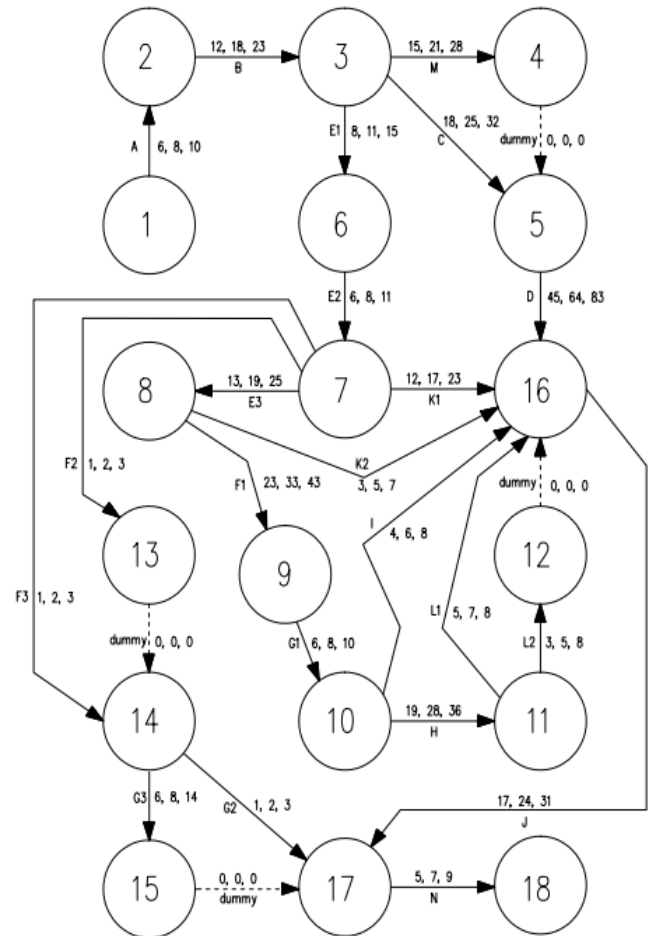


Flowchart Pemecahan masalah.

5. Pengumpulan dan Pengolahan data

Hubungan keterkaitan pekerjaan diperoleh dari logika ketergantungan yang disebabkan oleh sifat kegiatan itu sendiri, dengan memperhatikan kegiatan apa yang dimulai terlebih dahulu (prodecessor), kegiatan apa yang mengikuti (successor) dan adakah kegiatan yang bisa dilakukan secara bersamaan / sejajar untuk menghemat waktu. Disamping itu juga hubungan antar pekerjaan memiliki ketergantungan yang disebabkan oleh sifat kegiatan itu sendiri dikarenakan pekerjaan tersebut tidak dapat dimulai tanpa adanya *input* berupa hasil pengerjaan pekerjaan sebelumnya.

Durasi kegiatan dinyatakan dalam TFN (Triangular Fuzzy Number). Berikut adalah nilai waktu kendor untuk data kegiatan dan keterkaitan antar kegiatan proyek pembangunan kantor gedung PT. Gresik Jasatama :



Kegiatan	Aktivitas	Waktu fuzzy			Kegiatan pendahulu
		a	b	c	
A.	PEKERJAAN PENDAHULUAN	6	8	10	
B.	PEKERJAAN TANAH	12	18	23	A
C.	PEKERJAAN PASANGAN	18	25	32	B
D.	PEKERJAAN PLESTERAN, ACIAN DAN BENANGAN	45	64	83	C,M
E.	PEKERJAAN BETON				
E.1.	BETON LANTAI 1	8	11	15	B
E.2.	BETON LANTAI 2	5	8	11	E1
E.3.	BETON ATAP LANTAI 2	13	19	25	E2
F.	PEKERJAAN RANGKA ATAP				
F.1.	RANGKA PENUTUP ATAP LT.2	23	33	43	E3
F.2.	RANGKA ATAP KANOPI DEPAN	1	2	3	E2
F.3.	RANGKA ATAP KANOPI SAMPING	1	2	3	E2
G.	PEKERJAAN PENUTUP ATAP DAN LISPLANK				
G.1.	PENUTUP ATAP LANTAI 2	6	8	10	F1
G.2.	PENUTUP ATAP KANOPI DEPAN	1	2	3	F1,F2
G.3.	PENUTUP ATAP KANOPI SAMPING	1	2	3	F1,F2
H.	PEKERJAAN LANTAI	19	28	36	G1
I.	PEKERJAAN PLAFOND	4	6	8	G1
J.	PEKERJAAN PENGECATAN	17	24	31	D,I,K1,K2,L1,L2
K.	PEKERJAAN KUSEN PINTU DAN JENDELA				
K.1.	PINTU DAN JENDELA LANTAI 1	12	17	23	E2
K.2.	PINTU DAN JENDELA LANTAI 2	13	18	23	E3
L.	PEKERJAAN PARTISI				
L.1.	PARTISI LANTAI 1	5	7	8	H
L.2.	PARTISI LANTAI 2	3	5	7	H
M.	PEKERJAAN SANITAIR	15	21	28	B
N.	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN LECTRICAL	5	7	9	N

jaringan kerja (diagram network)

Untuk membentuk suatu diagram jaringan kerja dengan metode CPM maka dibutuhkan hubungan ketergantungan antar pekerjaan yang satu dengan pekerjaan lainnya dimana hubungan pekerjaan tersebut merupakan kendala (*constraints*) yang dapat mempengaruhi kemampuan sumber daya untuk melaksanakan proyek. Dalam kasus proyek pembangunan gedung kantor PT. Gresik Jasatama, ada beberapa penjadwalan kegiatan pada pekerjaan tipikal ditempatkan tumpang tindih, beberapa diantaranya adalah pada pekerjaan beton yang belum selesai 100% sudah harus dimulai dengan pekerjaan pemasangan, hal ini akan mempengaruhi dalam penyusunan jaringan kerja.

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*)

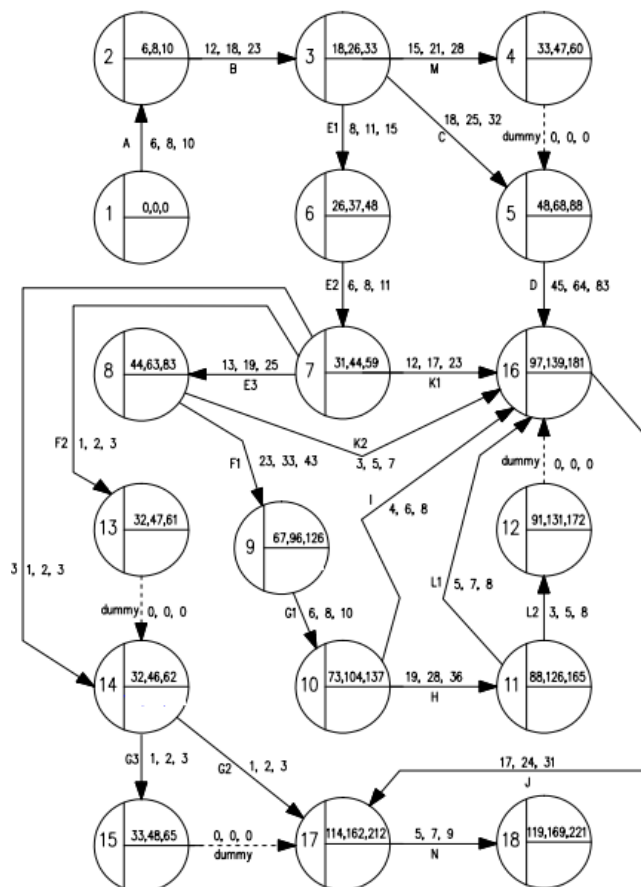
Waktu paling akhir suatu kegiatan boleh dimulai, yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan

4. FLF (*Fuzzy Late Finish*)

Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpamemperlambat penyelesaian proyek.

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).



Dari jaringan kerja diatas dapat dilakukan perhitungan maju sebagai mana berikut:

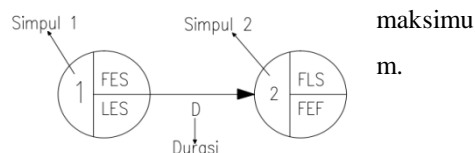
$$FESx = \max (FEFp)$$

$$FEFx = FESx (+) FDx$$

Bila FESa = 0 (waktu mulai proyek), FESb dapat dihitung yaitu

$$\begin{aligned} FESb &= FESa + FDa. \\ &= (0,0,0) + (6,8,10) \\ &= (0+6, 0+8 , 0+10) \\ &= (6,8,10) \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama FESc, FESe1, FESe2, FESe3, FESf1, FESf2, FESg1, FESh, FESI, FESk1, FESk2, FESl1, FESl2, dan FESm dapat dihitung. Karena kegiatan pendahulu D lebih dari satu kegiatan maka FESd dapat dicari dengan cara membandingkan kegiatan pendahulu tersebut, mana kegiatan yang memiliki nilai paling



maksimum.

$$C = (18, 26, 33) + (18, 25, 32)$$

$$= (36, 51, 65)$$

$$M = (18, 26, 33) + (15, 21, 28)$$

$$= (33, 47, 61)$$

$$\text{Max}(A, B) = V [(36, 33) V (51, 47) V (65, 61)]$$

$$= (36, 51, 65)$$

Jadi FESd = (36, 51, 65)

Dengan cara yang sama FESd, FESj, FESg2, FESg3 dan FESn dapat dihitung, Berikut adalah hasil perhitungan maju :

Kegiatan	Aktivitas	Durasi				Kegiatan pendahulu	FES			FEF		
		a	b	c	C		a	b	c	a	b	c
A.	PEKERJAAN PENDAHULUAN	6	8	10	8		0	0	0	6	8	10
B.	PEKERJAAN TANAH	12	18	23	18	A	6	8	10	18	26	33
C.	PEKERJAAN PASANGAN	18	25	32	25	B	18	26	33	48	68	88
D.	PEKERJAAN PLESTERAN, ACIAN	45	64	83	64	C,M	48	68	88	97	139	181
E.	PEKERJAAN BETON											
E.1.	BETON LANTAI 1	8	11	15	11	B	18	26	33	26	37	48
E.2.	BETON LANTAI 2	5	8	11	8	E1	26	37	48	31	44	59
E.3.	BETON ATAP LANTAI 2	13	19	25	19	E2	31	44	59	44	63	83
F.	PEKERJAAN RANGKA ATAP											
F.1.	RANGKA PENUTUP ATAP LT.2	23	33	43	33	E3	44	63	83	67	96	126
F.2.	RANGKA ATAP KANOPI DEPAN	1	2	3	2	E2	31	44	59	32	46	62
F.3.	RANGKA ATAP KANOPI SAMPING	1	2	3	2	E2	31	44	59	32	46	62
G.	PEKERJAAN PENUTUP ATAP DAN LISPLANK											
G.1.	PENUTUP ATAP LANTAI 2	6	8	10	8	F1	67	96	126	73	104	137
G.2.	PENUTUP ATAP KANOPI DEPAN	1	2	3	2	F1,F2	32	46	62	114	162	212
G.3.	PENUTUP ATAP KANOPI SAMPING	1	2	3	2	F1,F2	32	46	62	114	162	212
H.	PEKERJAAN LANTAI	19	28	36	28	G1	73	104	137	92	132	173
I.	PEKERJAAN PLAFOND	4	6	8	6	G1	73	104	137	97	139	181
J.	PEKERJAAN PENGECATAN	17	24	31	24	D,I,K1,K2,L1,L2	97	139	181	114	162	212
K.	PEKERJAAN KUSEN PINTU DAN JENDELA											
K.1.	PINTU DAN JENDELA LANTAI 1	12	17	23	17	E2	31	44	59	97	139	181
K.2.	PINTU DAN JENDELA LANTAI 2	13	18	23	18	E3	44	63	83	97	139	181
L.	PEKERJAAN PARTISI											
L.1.	PARTISI LANTAI 1	5	7	8	7	H	92	132	173	97	139	181
L.2.	PARTISI LANTAI 2	3	5	7	5	H	92	132	173	97	139	181
M.	PEKERJAAN SANITAIR	15	21	28	21	B	18	26	33	48	68	88
N.	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN LECTRICAL	5	7	9	7	N	114	162	212	119	169	221

Fuzzy Backward Pass (Perhitungan mundur).

Perhitungan mundur dilakukan untuk mencari menghitung *Fuzzy Late Start* (FLS) dan *Fuzzy late Finish* (FEF). Perhitungan dimulai dari kegiatan paling terakhir sampai dengan kegiatan awal.

Dari jaringan kerja diatas dapat dilakukan perhitungan maju sebagai mana berikut:

$$FLFx = \min(FLSp).$$

$$FLSx = FLFx (-) FDx.$$

FLS dari kegiatan terakhir proyek adalah sama dengan FES-nya, sehingga FD-nya adalah (0,0,0). FLSm dapat dihitung yaitu :

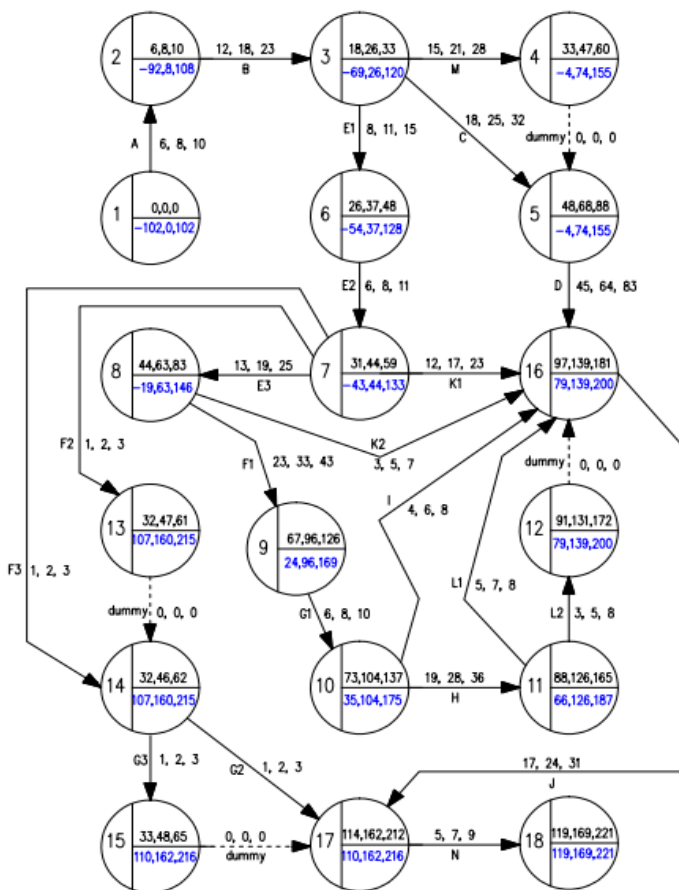
$$FLSm = FLFm - FDM.$$

$$= (114, 163, 213) - (5, 7, 9)$$

$$= (114 - 9, 163 - 7, 213 - 5)$$

$$= (105, 156, 208)$$

Dengan cara yang sama FLSj, FLSd, FLSg12, FLSe2, FLSb1, dan FLSa2, dapat dihitung. Karena FLS11, FLS12 diawali oleh kegiatan yang sama, maka FLS11, FLS12, dapat dicari dengan cara membandingkan kegiatan yang mengawali L1 dan L2 kegiatan mana yang memiliki nilai paling minimum.



$$L1 = (79, 139, 200) (5, 7, 8)$$

$$= (79 - 8, 139 - 7, 200 - 5)$$

$$= (71, 132, 195)$$

$$L2 = (79, 139, 200) (3, 5, 7)$$

$$= (79 - 7, 139 - 5, 200 - 3)$$

$$= (72, 134, 197)$$

$$\text{Min} (A, B) = [\Lambda (71, 72) \Lambda (132, 134) \Lambda (195, 197)]$$

$$= (71, 132, 195)$$

$$\text{Jadi FESd} = (71, 132, 195)$$

Dengan cara yang sama juga (FLSf1 dan FLSk2), (FLSg2, FLSg3, (FLSc, FLSe1, dan FLSm) dan (FLSk1, FLSe3, FLSf2 dan, FLSf3) dibandingkan dan dicari nilai minimum sebagai FLS masing-masing kegiatan tersebut. Berikut adalah hasil perhitungan mundur :

Kegiatan	Aktivitas	Durasi				Kegiatan pendahulu	FLS			FLF		
		a	b	c	C		a	b	c	a	b	c
A.	PEKERJAAN PENDAHULUAN	6	8	10	8		-102	0	102	-92	8	108
B.	PEKERJAAN TANAH	12	18	23	18	A	-92	8	108	-69	26	120
C.	PEKERJAAN PASANGAN	18	25	32	25	B	-69	26	120	-4	74	155
D.	PEKERJAAN PLESTERAN, ACIAN	45	64	83	64	C,M	-4	74	155	79	139	200
E.	PEKERJAAN BETON											
E.1.	BETON LANTAI 1	8	11	15	11	B	-69	26	120	-54	37	128
E.2.	BETON LANTAI 2	5	8	11	8	E1	-54	37	128	-43	44	133
E.3.	BETON ATAP LANTAI 2	13	19	25	19	E2	-43	44	133	-19	63	146
F.	PEKERJAAN RANGKA ATAP											
F.1.	RANGKA PENUTUP ATAP LT.2	23	33	43	33	E3	-19	63	146	24	96	169
F.2.	RANGKA ATAP KANOPI DEPAN	1	2	3	2	E2	-43	44	133	107	160	215
F.3.	RANGKA ATAP KANOPI SAMPING	1	2	3	2	E2	-43	44	133	107	160	215
G.	PEKERJAAN PENUTUP ATAP DAN LISPLANK											
G.1.	PENUTUP ATAP LANTAI 2	6	8	10	8	F1	24	96	169	35	104	175
G.2.	PENUTUP ATAP KANOPI DEPAN	1	2	3	2	F1,F2	107	160	215	110	162	216
G.3.	PENUTUP ATAP KANOPI SAMPING	1	2	3	2	F1,F2	107	160	215	110	162	216
H.	PEKERJAAN LANTAI	19	28	36	28	G1	35	104	175	71	132	195
I.	PEKERJAAN PLAFOND	4	6	8	6	G1	35	104	175	79	139	200
J.	PEKERJAAN PENGECATAN	17	24	31	24	D,J,K1,K2,L1,L2	79	139	200	110	162	216
K.	PEKERJAAN KUSEN PINTU DAN JENDELA											
K.1.	PINTU DAN JENDELA LANTAI 1	12	17	23	17	E2	-43	44	133	79	139	200
K.2.	PINTU DAN JENDELA LANTAI 2	13	18	23	18	E3	-19	63	146	79	139	200
L.	PEKERJAAN PARTISI											
L.1.	PARTISI LANTAI 1	5	7	8	7	H	71	132	195	79	139	200
L.2.	PARTISI LANTAI 2	3	5	7	5	H	92	132	173	96	137	200
M.	PEKERJAAN SANITAIR	15	21	28	21	B	-69	26	120	-4	74	155
N.	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN LECTRICAL	5	7	9	7	N	110	162	216	119	169	221

. Perhitungan Slack (Waktu ambang).

Ada tiga tipe waktu ambang yaitu waktu ambang total total float (TF),waktu ambang bebas atau free floats (FF), dan weaktu ambang independen (IF) . Pada metode fuzzy, slack dapat dihitung dengan rumus (Gin-Shuh Liang,2004) :

$$TFx = FLFx - FDx - FESx$$

$$FFx = FEFx - FDx - FESx$$

$$IFx = FEFx - FDx - FLSx$$

Dimana notasi x menunjukkan suatu kegiatan, dan C = nilai centroid.

Sedangkan nilai centroid (C) dari sebuah TFN (a,b,c) dapat dihitung dengan rumus (N. Ravi Shankar,2010) :

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

$$TFa = FLFa - Fda - FESa$$

$$= (-92, 8, 108) - (6, 8, 10) - (0, 0, 0)$$

$$= (92 - 10 - 0) - (8 - 8 - 0) - (10$$

$$= (-102, 0, 102)$$

$$\text{Sehingga nilai centroidnya (C)} = \frac{-102 + 0 + 102}{3} = 0$$

$$FFa = FEFa - Fda - FESa$$

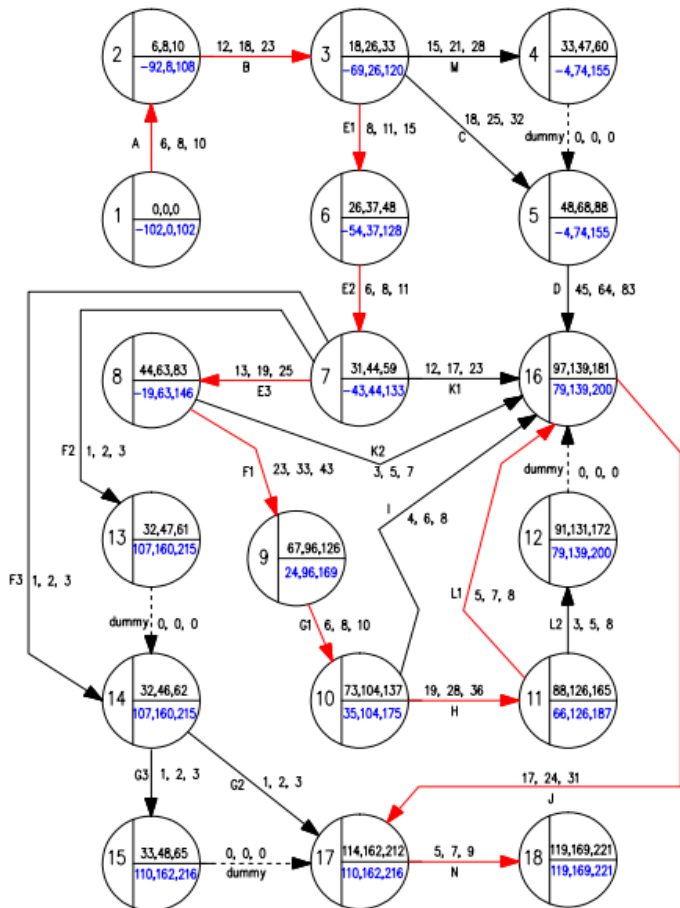
$$= (6, 8, 10) - (6, 8, 10) - (0, 0, 0)$$

$$= (6 - 10 - 0) - (8 - 8 - 0) - (10 - 6 - 0)$$

$$= (-4, 0, 4)$$

$$\text{Sehingga nilai centroidnya (C)} = \frac{-4 + 0 + 4}{3} = 0$$

Dengan cara yang sama total float (TF), free float (FF) dan independen float (IF) dapat dihitung. Berikut adalah hasil perhitungan TF, FF, dan IF dari masing-masing kegiatan :



keterlambatan, apabila terjadi keterlambatan maka umur proyek akan bertambah sebesar keterlambatan tersebut. Kegiatan ini adalah kegiatan yang memiliki slack atau total float (TF) 0, sehingga kegiatan ini harus memperoleh perhatian khusus, dari pengolahan data diatas dapat digambarkan alur lintasan kerja sebagai berikut :

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

LINTASAN	SLACK
A - B - M - D - J - N	0 - 0 - 28 - 24 - 0 - 0
A - B - C - D - J - N	0 - 0 - 24 - 24 - 0 - 0
A - B - E1 - E2 - F3 - G3 - N	0 - 0 - 0 - 0 - 114 - 114 - 0
A - B - E1 - E2 - F3 - G2 - N	0 - 0 - 0 - 0 - 114 - 114 - 0
A - B - E1 - E2 - F2 - G3 - N	0 - 0 - 0 - 0 - 114 - 114 - 0
A - B - E1 - E2 - F2 - G2 - N	0 - 0 - 0 - 0 - 114 - 114 - 0
A - B - E1 - E2 - K1 - J - N	0 - 0 - 0 - 0 - 77 - 0 - 0
A - B - E1 - E2 - E3 - K2 - J - N	0 - 0 - 0 - 0 - 52 - 0 - 0
A - B - E1 - E2 - E3 - F1 - G1 - I - J - N	0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 28 - 0 - 0
A - B - E1 - E2 - E3 - F1 - G1 - H - L1 - J - N	0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0
A - B - E1 - E2 - E3 - F1 - G1 - H - L2 - J - N	0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 7 - 0 - 0

Kegiatan	Aktivitas	TF				FF				F			
		a	b	c	C	a	b	c	C	a	b	c	C
A.	PEKERJAAN PENDAHULUAN	-102	0	102	0	-4	0	4	0	-106	0	106	0
B.	PEKERJAAN TANAH	-102	0	102	0	-15	0	15	0	-113	0	113	0
C.	PEKERJAAN PASANGAN	-68	23	119	24	-29	0	29	0	-116	0	116	0
D.	PEKERJAAN PLESTERAN, ACIAN	-68	23	119	24	-50	23	100	24	-140	0	140	0
E.	PEKERJAAN BETON												
	E.1. BETON LANTAI 1	-102	0	102	0	-22	0	22	0	-110	0	110	0
	E.2. BETON LANTAI 2	-102	0	102	0	-28	0	28	0	-108	0	108	0
	E.3. BETON ATAP LANTAI 2	-102	0	102	0	-39	0	39	0	-114	0	114	0
F.	PEKERJAAN RANGKA ATAP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F.1. RANGKA PENUTUP ATAP LT.2	-102	0	102	0	-59	0	59	0	-122	0	122	0
	F.2. RANGKA ATAP KANOPI DEPAN	45	114	184	114	-30	-1	30	0	-104	-1	105	0
	F.3. RANGKA ATAP KANOPI SAMPING	45	114	183	114	-30	0	30	0	-105	0	104	0
G.	PEKERJAAN PENUTUP ATAP DAN LISPLANK												
	G.1. PENUTUP ATAP LANTAI 2	-102	0	102	0	-64	0	64	0	-107	0	107	0
	G.2. PENUTUP ATAP KANOPI DEPAN	45	114	183	114	49	114	179	114	-104	0	104	0
	G.3. PENUTUP ATAP KANOPI SAMPING	45	114	184	114	49	114	179	114	-104	0	104	0
H.	PEKERJAAN LANTAI	-102	0	102	0	-80	0	80	0	-119	0	119	0
I.	PEKERJAAN PLAFOND	-65	28	122	28	-47	28	104	28	-85	28	142	28
J.	PEKERJAAN PENGECATAN	-102	0	102	0	-98	0	98	0	-116	0	116	0
K.	PEKERJAAN KUSEN PINTU DAN JENDELA												
	K.1. PINTU DAN JENDELA LANTAI 1	-2	77	157	77	16	77	138	77	-59	77	213	77
	K.2. PINTU DAN JENDELA LANTAI 2	-28	57	143	57	-9	57	124	57	-72	57	187	57
L.	PEKERJAAN PARTISI												
	L.1. PARTISI LANTAI 1	-102	0	103	0	-84	0	84	0	-106	0	106	0
	L.2. PARTISI LANTAI 2	-84	0	104	7	-82	2	86	2	-82	2	86	2
M.	PEKERJAAN SANITAIR	-64	27	122	28	-24	4	32	4	-112	4	119	4
N.	PEKERJAAN MEKANIKAL DAN LECTRICAL	-102	0	102	0	-102	0	102	0	-106	0	106	0

Menentukan Lintasan Kritis.

Lintasan kritis merupakan lintasan pada aktifitas kegiatan yang tidak boleh terjadi

3. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisis yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada jaringan kerja Proyek pembangunan kantor PT. Gresik Jasatama diperoleh 11 lintasan.
2. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode Fuzzy Logic Application for Scheduling (FLASH), menunjukan waktu penyelesaian proyek berada pada kisaran 119 hari sampai dengan 221 hari dengan waktu paling mungkin 163 hari dengan nilai defuzzyfikasi 170 hari.
3. Pada proyek pembangunan gedung kantor PT. Gresik Jasatama kegiatan yang tidak boleh mengalami keterlambatan adalah

pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan plesteran acian dan benangan, pekerjaan beton lantai 1, pekerjaan beton lantai 2, pekerjaan atap lantai 2, pekerjaan penutup atap lantai 2, pekerjaan penutup atap kanopi samping, pekerjaan lantai, pekerjaan pengecatan, pekerjaan partisi lantai 2, dan pekerjaan electrical dan mechanical.

Daftar Pustaka

- Badri, S. 1997. *“Dasar-dasar Network Planing”*. Jakarta : PT Rika Cipta.
- Clifford F. Gray, Erik W. Larson, (2007), *Manajemen Proyek Proses Manajerial, Edisi 3*, ANDI, Yogyakarta.
- Efendi, Moch. 2012. *“Analisa Jaringan Kerja Proyek pembuatan Gudang Kavling Q Di Lokasi PT. Kawasan Industri Gresik Dengan Metode Pert Dan Fuzzy”*. Gresik: SKRIPSI.
- Dannyanty, Eka. *“Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode Pert dan Cpm”*. Eprint. Undip.ac.id. Diakses 26 mei 2014.
- Hamzah. M H, El Unas. Saefoe dan Widiarsa. *“Penjadwalan Proyek konstuksi dengan metode Flash (Fuzzy Logic Application For Scheduling)”*.www.google.com. Diakses 25 mei 2014
- Handoko, T.H.. 1999. *“Dasar-dasar Manajemen Produksi Dan Operas”i*, Edisi Pertama. BPFE : Yogyakarta.
- Hayun, Anggara. 2005. *“Perencanaan dan Pengendalian Proyek dengan Metode PERT-CPM : Studi Kasus Fly Over Ahmad Yani, Karawang.”* Journal The Winners, Vol. 6, No.2, h. 155-174.
- Heizer, Jay dan Barry Render. 2005. *Operations Management : Manajemen Operasi*. Jakarta : Salemba Empat.
- Kusumadewi, Sri. 2004. *“Aplikasi Logika fuzzy Untuk Pendukung Keputusan”*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Levin, Richard I. dan Charles A Kirkpatrick. 1972. *“Perentjanaan dan Pengawasan Dengan PERT dan CPM”*. Jakarta : Bhratara
- Maharany, Leny dan Fajarwati. 2006. *“Analisis Optimasi Percepatan Durasi Proyek dengan Metode Least Cost Analysis.”* Utilitas, Vol. 14, No. 1, h. 113-130.
- N. Ravi Shankar, V. Shireesa and P. Phani Bhusan Rao.2010,” *An Analytical Method For Finding Critical Path in a Fuzzy Project Network”*. India Departement of Applied Mathematics GIS.
- Santosa, Budi. 2009. *“Manajemen Proyek”*. Surabaya: Graha ilmu.