

**OPTIMALISASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN  
PERUMAHAN GRAHA KAYEN ASRI MENGGUNAKAN  
*FUZZY TRAPEZOIDAL CRITICAL PATH METHOD***

SKRIPSI

OLEH  
**SIGIT FEMBRIANTO**  
NIM. 10610047



**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2017**

**OPTIMALISASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN  
PERUMAHAN GRAHA KAYEN ASRI MENGGUNAKAN *FUZZY*  
*TRAPEZOIDAL CRITICAL PATH METHOD***

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh  
Sigit Fembrianto  
NIM. 10610047**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2017**

**OPTIMALISASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN  
PERUMAHAN GRAHA KAYEN ASRI MENGGUNAKAN FUZZY  
TRAPEZOIDAL CRITICAL PATH METHOD**

**SKRIPSI**

**Oleh  
Sigit Fembrianto  
NIM. 10610047**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal 28 Desember 2016

Pembimbing I,

Evawati Alisah, M.Pd  
NIP. 19720604 199903 2 001

Pembimbing II,

Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si  
NIP. 19770521 200501 2 004

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd

NIP. 19751006 200312 1 001

**OPTIMALISASI PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN  
PERUMAHAN GRAHA KAYEN ASRI MENGGUNAKAN FUZZY  
TRAPEZOIDAL CRITICAL PATH METHOD**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Sigit Fembrianto**  
NIM. 10610047

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal 5 Januari 2017

Penguji Utama : Ir. Nanang Widodo, M.Si  
Ketua Penguji : Dr. Abdussakir, M.Pd  
Sekretaris Penguji : Evawati Alisah, M.Pd  
Anggota Penguji : Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika  
**Dr. Abdussakir, M.Pd**  
NIP. 197510062003121001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sigit Fembrianto

NIM : 10610047

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan  
Graha Kayen Asri Menggunakan *Fuzzy Trapezoidal Critical  
Path Method*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 28 Desember 2016

Yang membuat pernyataan,



Sigit Fembrianto  
NIM. 10610047

## MOTO

“Jangan selalu katakan "masih ada waktu" atau "nanti saja".

Lakukan segera, gunakan waktumu dengan bijak”



## PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Ayahanda Maruto, ibunda Susianah, adik tersayang Okta Dwi Cahyono, serta keluarga dan kerabat yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat yang berarti bagi penulis



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah Swt. atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan terutama kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Abdussakir, M.Pd, selaku ketua Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Evawati Alisah, M.Pd, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, motivasi, dan berbagai pengalaman yang berharga kepada penulis.
5. Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan berbagi ilmunya kepada penulis.
6. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen, terima kasih atas segala ilmu dan bimbingannya.

7. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan doa, semangat, serta motivasi kepada penulis sampai saat ini.
8. Seluruh sahabat di Jurusan Matematika angkatan 2010 dan adik-adik tingkat yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, baik moril maupun materiil.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Malang, Desember 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b>	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b>	
<b>HALAMAN MOTO</b>	
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>ملخص</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	6
2.2 Bilangan <i>Fuzzy</i> .....	8
2.2.1 Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapesium .....	9
2.2.2 Operasi pada Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapesium .....	10
2.2.3 Defuzzifikasi Metode <i>Magnitude</i> .....	11
2.3 <i>Critical Path Method</i> .....	11
2.3.1 Kerangka Kerja <i>Critical Path Method</i> .....	14
2.3.2 Model Aktivitas .....	14
2.3.3 Asumsi dan Cara Perhitungan .....	17
2.4 <i>Fuzzy Critical Path Method</i> .....	21
2.5 Lintasan Kritis .....	23
2.6 Kajian Agama Tentang Waktu .....	25

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Pendekatan Penelitian .....	27
3.2 Waktu dan Tempat .....	27
3.3 Data dan Sumber Data .....	27
3.4 Analisis Data .....	27
3.5 Diagram Alur Penelitian .....	28

### **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Penerapan <i>Fuzzy Critical Path Method</i> pada Jaringan Proyek .....	30
4.2 Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan <i>Fuzzy Critical Path Method</i> .....	31
4.2.1 Pembuatan Jaringan Kerja .....	31
4.2.2 Perhitungan Nilai <i>Earliest Time</i> untuk Setiap Aktivitas <i>Fuzzy</i> .....	32
4.2.3 Perhitungan Nilai <i>Latest Time</i> untuk Setiap Aktivitas <i>Fuzzy</i> .....	38
4.2.4 Perhitungan Nilai <i>Slack Time</i> untuk Setiap Aktivitas <i>Fuzzy</i> .....	45
4.2.5 Proses Defuzzifikasi pada <i>Slack Time</i> .....	48
4.2.6 Lintasan Kritis .....	51
4.3 Kajian Agama .....	51

### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	54

<b>DAFTAR RUJUKAN</b> .....	55
-----------------------------	----

### **RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri .....	30
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan <i>Earliest Time</i> , <i>Latest Time</i> , dan <i>Slack Time</i> ...	48
Tabel 4.3	Aktivitas Kritis .....	50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapesium .....	10
Gambar 2.2	<i>Activity on Arrow</i> .....	15
Gambar 2.3	<i>Activity on Node</i> .....	15
Gambar 2.4	Contoh Jaringan Kerja .....	15
Gambar 2.5	Hubungan Antar Aktivitas I .....	16
Gambar 2.6	Hubungan Antar Aktivitas II .....	16
Gambar 2.7	Hubungan Antar Aktivitas III .....	16
Gambar 2.8	Hubungan Antar Aktivitas IV .....	16
Gambar 2.9	Aktivitas yang Menggunakan Aktivitas <i>Dummy</i> .....	17
Gambar 2.10	Lingkaran Kejadian .....	18
Gambar 2.11	<i>Event</i> Beberapa Aktivitas Menggunakan Alur Maju .....	19
Gambar 2.12	<i>Event</i> Beberapa Aktivitas Menggunakan Alur Mundur .....	20
Gambar 3.1	Alur Penelitian .....	28
Gambar 4.1	Jaringan Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri .....	31
Gambar 4.2	Aktivitas 1-2 .....	32
Gambar 4.3	Aktivitas 2-3 .....	33
Gambar 4.4	Aktivitas 3-4 .....	33
Gambar 4.5	Aktivitas 3-6 .....	34
Gambar 4.6	Aktivitas-aktivitas yang Menuju <i>Node</i> 10 .....	35
Gambar 4.7	Aktivitas 4-5 .....	35
Gambar 4.8	Aktivitas 5-7 .....	36
Gambar 4.9	Aktivitas 7-8 .....	36
Gambar 4.10	Aktivitas-aktivitas yang Menuju <i>Node</i> 9 .....	37
Gambar 4.11	Aktivitas 9-11 .....	38

Gambar 4.12	Aktivitas 11-9 .....	39
Gambar 4.13	Aktivitas 9-6 .....	39
Gambar 4.14	Aktivitas 9-8 .....	40
Gambar 4.15	Aktivitas 9-10 .....	40
Gambar 4.16	Aktivitas 8-7 .....	41
Gambar 4.17	Aktivitas 7-5 .....	41
Gambar 4.18	Aktivitas-aktivitas yang Menuju <i>Node</i> 4 .....	42
Gambar 4.19	Aktivitas-aktivitas yang Menuju <i>Node</i> 3 .....	44
Gambar 4.20	Aktivitas 3-2 .....	44
Gambar 4.21	Aktivitas 2-1 .....	45
Gambar 4.22	Lintasan Kritis pada Jaringan Perumahan Graha Kayen Asri Jombang .....	51

## ABSTRAK

Fembrianto, Sigit. 2016. **Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri Menggunakan *Fuzzy Trapezoidal Critical Path Method***. Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Evawati Alisah, M.Pd. (II) Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si.

**Kata kunci:** lintasan kritis, *magnitude measure*, penjadwalan proyek

Perkembangan ilmu mengenai *Critical Path Method* tidak hanya dalam matematika saja, namun juga dapat membantu manusia dalam menyelesaikan permasalahan kehidupan seperti pada penjadwalan suatu proyek.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perhitungan proses *Fuzzy Critical Path Method* pada optimalisasi penjadwalan proyek pembangunan perumahan Graha Kayen Asri menggunakan *Fuzzy Critical Path Method* bilangan trapesium tak simetri. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dimana data diambil dari penjadwalan proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri Jombang yang berupa data sekunder.

Dengan menggunakan *Fuzzy Critical Path Method*, jaringan kerja pada penjadwalan proyek pembangunan tersebut akan menghasilkan suatu lintasan kritis. Lintasan kritis menunjukkan kegiatan dari awal pada jaringan kerja sampai dengan kegiatan akhir, yang mana waktu pengerjaannya tidak boleh ditunda karena jika tidak akan mempengaruhi penyelesaian pengerjaan proyek

Hasil penelitian ini, *earliets time* didapat (285, 299, 323, 377), *lastest time* didapat (27, 29, 33, 37), dan lintasan kritisnya didapat melewati aktivitas-aktivitas 1-2-3-4-5-7-8-9-11

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan beberapa kasus dengan kemungkinan pekerjaan yang dapat diselesaikan lebih cepat sehingga bilangan *fuzzy* trapesium yang digunakan secara tidak simetri lebih panjang ke depan. Sedangkan jumlah data yang lebih banyak dan kompleks dapat diselesaikan lebih cepat, lebih tepat, dan akurat dengan menggunakan program komputasi.

## ABSTRACT

Fembrianto, Sigit. 2016. **Optimization Project Scheduling of Graha Kayen Asri Housing Construction Using Fuzzy Trapezoidal Critical Path Method**. Thesis. Department of Mathematics Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Evawati Alisah, M.Pd. (II) Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si.

**Keyword:** Critical path, Magnitude Measure, Project Scheduling

The development of the Critical Path Method is not only in mathematics, but also in real live problem solving of life such as the scheduling of a project.

The purpose of this study was to analyze the calculation process Fuzzy Critical Path Method on optimizing project scheduling of Kayen Graha Asri housing construction using non symmetrical trapezoidal number Fuzzy Critical Path Method. This study used a quantitative approach in which data is retrieved from the project scheduling of Graha Kayen Asri housing construction in the form of secondary data.

By using the *Fuzzy Critical Path Method*, the scheduling network in these development projects will result in a critical path . Critical path indicates activity on the network from the beginning until the end of the activity, in wich time the process should not be delayed since it will affect the completion of the project.

The result of this study are: the earliest time is (285, 299, 323, 377), the lastest time is (27, 29, 33, 37), and it is obtained that the critical path passed through 1-2-3-4-5-7-8-9-11 activities.

For further research it is expected to use multiple cases with the possibility of jobs that can be completed quickly so fuzzy trapezoidal numbers used are not symmetric and have front longer. While the amount of data that is more complex can be completed quickly, more precisely, and accurately using computational program

## ملخص

فيم بري أنتو، سيحيت. ٢٠١٦. أمثل مشروع جدولة جراها كاين لعصري إسكان كونتراكتينج اند كونستركشن عن طريق شبيه منحرف ضبابي أسلوب المسار الحرج. أطروحة. قسم الرياضيات كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة ولاية إسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (١) إيفا واتي علي سح، العلم الماجستير. (٢) آري كو سو ماس توتي، التربية الماجستير، العلم الماجستير.

الكلمة الأساسية: المسار الحرج، حجم التدبير، جدولة المشاريع

تطوير Critical Path Method ليست فقط في الرياضيات، ولكن أيضا في حل مشكلة الحي الحقيقي للحياة مثل جدولة المشروع.

وكان الغرض من هذه الدراسة لتحليل عملية حسابة Fuzzy Critical Path Method على تحسين جدولة المشروع من بناء المساكن كاين جراها العصري باستخدام غير رقم رباعي متناظرة Fuzzy Critical Path Method. استخدمت هذه الدراسة المنهج الكمي الذي يتم استرداد البيانات من جدولة المشروع من جراها كاين العصري سيتدخل الإسكان في شكل بيانات الثانوية.

باستخدام الاجتماع التحضيري للمؤتمر، فإن الشبكة جدولة في هذه المشاريع التنموية يؤدي إلى المسار الحرج. المسار الحرج يشير النشاط على الشبكة من البداية حتى نهاية النشاط، في الوقت اللي تبونه يجب عدم تاخير عملية لاجها سوف تؤثر على إنجاز المشروع.

ونتيجة لهذه الدراسة هي: أقرب وقت هو (٢٨٥، ٢٩٩، ٣٢٣، ٣٧٧)، وأحدث هذه المرة هو (٢٧، ٢٩، ٣٣، ٣٧)، ويتم الحصول عليها أن المسار الحرج مرت ١-٢-٣-٤-٥-٧-٨-٩-١١ الأنشطة.

لمزيد من البحث أنه من المتوقع أن تستخدم حالات متعددة مع إمكانية الوظائف التي يمكن أن تكتمل بسرعة حتى أرقام غامض المستخدمة هي لا متماثل ويكون الساقين أمام أطول. في حين أن كمية البيانات التي يمكن أن تكتمل أكثر تعقيدا بسرعة، وبشكل أكثر تحديدا ودقة باستخدام برنامج حاسوبي.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Islam mengajarkan bahwa pentingnya dalam menggunakan waktu sebaik-baiknya. Sebagaimana firman Allah Swt. dalam al-Quran Surat al-‘Ashr/103:1-3, yaitu:

وَالْعَصْرِ ۱  
إِنَّا لِنَسُنَّ لِفِي خُسْرٍ ۲  
إِلَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَّصُوا بِالحَقِّ وَتَوَّصُوا  
بِالصَّبْرِ ۳

*“Demi masa, sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh dan nasihat-menasihati supaya mentaati kebenaran dan nasihat-menasihati supaya menepati kesabaran” (QS. al-‘Ashr/103:1-3).*

Demi masa, dengan demikian Allah Swt. telah bersumpah dengan masa tersebut bahwa manusia itu dalam kerugian, yakni benar-benar merugi dan

binasa. ﴿إِلَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ﴾ *kecuali orang-orang yang beriman dan*

*mengerjakan amal saleh.”* Dengan demikian, Allah Swt. memberikan

pengecualian dari kerugian itu bagi orang-orang yang beriman dengan hati mereka

dan mengerjakan amal *saleh* melalui anggota tubuhnya. ﴿وَتَوَّصُوا بِالحَقِّ﴾ *“Dan*

*nasihat-menasihati supaya mentaati kebenaran.”* Yaitu, mewujudkan semua

bentuk ketaatan dan meninggalkan semua yang diharamkan. ﴿وَتَوَّصُوا بِالصَّبْرِ﴾

*“Dan nasihat-menasihati supaya menepati kesabaran.”* Yakni bersabar atas

segala macam cobaan, takdir, serta gangguan yang dilancarkan kepada orang-

orang yang menegakkan amar makruf nahi munkar (Abdullah, 2005:535).

Dalam firman Allah Swt. telah ditunjukkan bahwa pentingnya dalam memanfaatkan waktu dengan sebaik-baiknya, demikian juga dengan permasalahan penyelesaian suatu proyek terutama proyek pembangunan yang terdiri dari banyak aktivitas dan setiap aktivitas memiliki durasi pengerjaan yang berbeda, maka diperlukan suatu manajemen yang dapat mengoptimalkan waktu pengerjaan. Dalam hal tersebut *Critical Path Method* merupakan salah satu teknik perencanaan jaringan kerja yang terpopuler (Herjanto, 2008:358).

*Critical Path Method* adalah suatu metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang paling banyak digunakan di antara semua sistem yang menggunakan prinsip pembentukan jaringan (Hutching, 2004:55). *Critical Path Method* digunakan untuk menentukan lintasan kritis suatu proyek. Lintasan kritis merupakan suatu lintasan yang memiliki kegiatan dengan total waktu paling lama dibandingkan dengan lintasan lain yang mungkin. Jumlah waktu pada lintasan kritis sama dengan umur proyek. Lintasan kritis terdiri dari aktivitas-aktivitas kritis yang selalu menjadi perhatian dalam proyek, karena terlambat atau tidaknya proyek tergantung pada lintasan kritis tersebut (Kumar, 2010).

Dalam suatu proyek skala besar, waktu prosedur kerja biasanya tidak pasti untuk beberapa faktor yang tidak pasti ada. Baru-baru ini, banyak peneliti telah mempelajari kekritisian kemungkinan jalan dan kegiatan dalam jaringan dengan interval waktu (Dubois dan Fargier, 2003:266-280). Metode ini tidak mendukung perhitungan alur mundur secara langsung mirip dengan menggunakan alur depan. Hal ini disebabkan bahwa pengurangan interval *fuzzy* tidak proporsional dengan kebalikan dari penambahan *fuzzy*.

Pada penelitian sebelumnya sudah ada yang menggunakan *Fuzzy Critical Path Method* dengan menerapkan pada jaringan proyek yang menggunakan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* segitiga sedangkan pada penelitian saat ini penulis menggunakan *Fuzzy Critical Path Method* dengan menerapkan pada jaringan proyek yang menggunakan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* trapesium. Maka penulis tertarik akan mengambil judul “*Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri Menggunakan Fuzzy Trapezoidal Critical Path Method*”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana analisis *Fuzzy Critical Path Method* pada optimalisasi penjadwalan proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri menggunakan bilangan *fuzzy* trapesium tak simetri.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian skripsi ini adalah untuk mengetahui dan mendeskripsikan perhitungan proses *Fuzzy Critical Path Method* pada optimalisasi penjadwalan proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis hanya membatasi durasi waktu aktivitas menggunakan bilangan *fuzzy* trapesium tak simetri.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menentukan prioritas pekerjaan dalam penyelesaian suatu proyek sehingga mengoptimalkan target proyek.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam memahami skripsi ini secara keseluruhan maka penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari 5 bab dan masing-masing akan dijelaskan sebagai berikut:

#### Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dipaparkan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini memberikan kajian-kajian yang menjadi landasan masalah yang dibahas, yaitu himpunan *fuzzy*, bilangan *fuzzy*, *Critical Path Method*, *Fuzzy Critical Path Method*, lintasan kritis, dan kajian keagamaan.

#### Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini berisi tentang pendekatan penelitian, waktu dan tempat, data dan sumber data, analisis data, dan diagram alur penelitian.

#### Bab IV Pembahasan

Pada bab ini membahas mengenai penerapan *Fuzzy Critical Path Method* pada jaringan proyek, analisis penjadwalan proyek

menggunakan *Fuzzy Critical Path Method* untuk menentukan lintasan kritis pada jaringan proyek, dan kajian keagamaan.

#### Bab V Kesimpulan

Pada bab ini dijabarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah diperoleh dari pembahasan dan saran bagi peneliti untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang masalah yang terkait.



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Himpunan *Fuzzy*

Pada himpunan klasik, keberadaan suatu elemen  $x$  dalam suatu himpunan  $A$  hanya memiliki dua kemungkinan, yaitu  $x$  menjadi anggota  $A$  atau  $x$  tidak menjadi anggota  $A$ . Suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar tingkat keanggotaan suatu elemen  $x$  dalam suatu himpunan  $A$  biasa disebut dengan nilai keanggotaan, biasa ditulis dengan  $\mu_A(x)$ . Pada himpunan klasik, nilai keanggotaan hanya memasang nilai 0 atau 1 untuk unsur-unsur pada semesta pembicaraan yang menyatakan anggota atau bukan anggota.

Nilai keanggotaan untuk himpunan  $A$  adalah fungsi  $\mu_A: X \rightarrow \{0, 1\}$  dengan

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

Fungsi tersebut pada himpunan *fuzzy* diperluas sehingga nilai yang dipasangkan pada unsur-unsur dalam semesta pembicaraan tidak hanya 0 dan 1 saja, tetapi keseluruhan nilai dalam interval  $[0, 1]$  yang menyatakan derajat keanggotaan suatu unsur pada himpunan yang dibicarakan. Fungsi ini disebut fungsi keanggotaan, dan himpunan yang didefinisikan dengan fungsi keanggotaan ini disebut himpunan *fuzzy*.

Andaikan  $X$  adalah himpunan semesta yang elemennya dinotasikan sebagai  $x$ , maka himpunan *fuzzy*  $A$  dinotasikan  $\tilde{A}$  yang dinyatakan sebagai himpunan pasangan terurut.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\}$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$  adalah sebuah nilai yang berada di antara 0 dan 1 yang menggambarkan

nilai keanggotaan  $x$  dalam himpunan  $\tilde{A}$ . Jadi

$$\mu_{\tilde{A}}: X \rightarrow [0, 1]$$

Nilai fungsi  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  menyatakan derajat keanggotaan unsur  $x \in X$  dalam himpunan fuzzy  $\tilde{A}$ . Nilai fungsi  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  sama dengan 1 menyatakan keanggotaan penuh dan nilai fungsi sama dengan 0 menyatakan sama sekali bukan anggota himpunan fuzzy tersebut (Susilo, 2006).

**Definisi 1:**

$\alpha$ -cut adalah himpunan tegas dari himpunan fuzzy  $\tilde{A}$  yang mempunyai derajat keanggotaan lebih dari atau sama dengan derajat keanggotaan yang ditentukan, dapat didefinisikan dengan  $A_{\alpha} = \{x \in A \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}$ . Selain itu juga terdapat *strong*  $\alpha$ -cut, yakni himpunan tegas dari himpunan fuzzy  $\tilde{A}$  yang mempunyai derajat keanggotaan lebih dari derajat keanggotaan yang ditentukan atau dengan kata lain  $A_{\alpha} = \{x \in A \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha\}$  (Dubbois dan Prade, 1980:19).

**Definisi 2:**

Misalkan  $\tilde{A}$  adalah himpunan fuzzy pada  $X$ . *Support* dari  $\tilde{A}$  adalah himpunan tegas yang memuat semua anggota  $\tilde{A}$  yang mempunyai derajat keanggotaan tidak nol (Klir dan Yuan, 1995:21).

Berdasarkan definisi *support*, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$S(\tilde{A}) = \{x \in A \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\}$$

Dalam konteks  $X = R$ , maka *support* dari  $\tilde{A}$ , atau  $S(\tilde{A})$ , dikatakan terbatas di atas (*bounded above*) jika terdapat  $r \in R$  sehingga  $x \leq r$ , untuk setiap  $x \in S(\tilde{A})$ .

*Support* dari  $\tilde{A}$ , atau  $S(\tilde{A})$ , dikatakan terbatas di bawah (*bounded below*) jika terdapat  $r \in R$  sehingga  $r \leq x$ , untuk setiap  $x \in S(\tilde{A})$ . Selanjutnya,  $S(\tilde{A})$  dikatakan terbatas (*bounded*) jika terbatas di atas dan terbatas di bawah.

**Definisi 3:**

Misalkan  $\tilde{A}$  adalah himpunan *fuzzy* pada  $X$ . Tinggi dari  $\tilde{A}$  dinotasikan dengan  $h(\tilde{A})$  adalah derajat keanggotaan terbesar yang dicapai oleh sebarang unsur di  $\tilde{A}$  (Klir dan Yuan, 1995:21). Secara simbolik dapat ditulis

$$h(\tilde{A}) = \max\{\mu_{\tilde{A}}(x)\}$$

**Definisi 4:**

Misalkan  $\tilde{A}$  adalah himpunan *fuzzy* pada  $X$ .  $\tilde{A}$  disebut sebagai himpunan *fuzzy* normal jika  $h(\tilde{A}) = 1$  dan subnormal jika  $h(\tilde{A}) < 1$  (Klir dan Yuan, 1995:21).

**Definisi 5:**

Misalkan  $\tilde{A}$  adalah himpunan *fuzzy* pada  $X$ .  $\tilde{A}$  disebut konvek jika fungsi keanggotaannya monoton naik, atau monoton turun, atau monoton naik dan monoton turun pada saat nilai unsur pada himpunan semesta semakin naik (Sivanandam, dkk, 2006:75).

## 2.2 Bilangan *Fuzzy*

Secara formal suatu bilangan *fuzzy* didefinisikan sebagai himpunan *fuzzy* dalam semesta himpunan semua bilangan *real*  $R$  yang memenuhi empat sifat sebagai berikut:

1. Himpunan  $\tilde{A}$  haruslah himpunan *fuzzy* yang normal
2.  $S(\tilde{A})$  merupakan himpunan terbatas
3. Semua  $\alpha$ -cut nya adalah selang tertutup dalam  $R$
4. Himpunan  $\tilde{A}$  adalah konvek (Susilo, 2006).

Suatu bilangan *fuzzy* bersifat normal, sebab bilangan *fuzzy* “kurang lebih  $a$ ” seyogyanya mempunyai fungsi keanggotaan yang nilainya sama dengan 1 untuk  $x = a$ . Ketiga sifat lainnya diperlukan untuk dapat mendefinisikan operasi-operasi aritmetik (penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian) pada bilangan *fuzzy*.

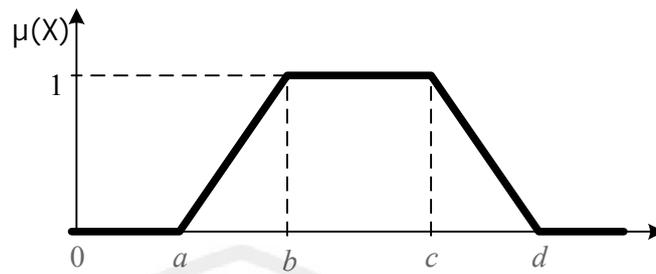
Bilangan *fuzzy* yang paling banyak dipakai dalam aplikasi adalah bilangan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga (bilangan *fuzzy* segitiga) dan bilangan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan trapesium (bilangan *fuzzy* trapesium).

### 2.2.1 Bilangan *Fuzzy* Trapesium

Bilangan *fuzzy* trapesium  $A$  dinyatakan dengan  $A = (a, b, c, d)$  adalah himpunan *fuzzy*  $A$  di  $\mu_A(x)$  yang fungsi keanggotaannya adalah:

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

Bilangan *fuzzy* trapesium ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Gambar 2.1 Bilangan *Fuzzy* Trapesium

Nilai  $a$  merupakan nilai terkecil yang mungkin, nilai  $b$  dan  $c$  adalah nilai yang paling mungkin dan nilai  $d$  adalah nilai terbesar yang mungkin dalam suatu aktivitas (Susilo, 2006).

### 2.2.2 Operasi pada Bilangan *Fuzzy* Trapesium

#### a. Operasi penjumlahan

Misal  $\tilde{A}$  dan  $\tilde{B}$  adalah dua bilangan *fuzzy* dengan  $\tilde{A} = (c_1, c_2, c_3, c_4)$  dan  $\tilde{B} = (t_1, t_2, t_3, t_4)$ , maka:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (c_1, c_2, c_3, c_4) \oplus (t_1, t_2, t_3, t_4)$$

$$= (c_1 + t_1, c_2 + t_2, c_3 + t_3, c_4 + t_4)$$

Contoh, diberikan bilangan *fuzzy*  $\tilde{A} = (1, 2, 4, 5)$  dan  $\tilde{B} = (3, 6, 11, 14)$

$$\text{Maka } \tilde{A} \oplus \tilde{B} = (1, 2, 4, 5) \oplus (3, 6, 11, 14)$$

$$= (1 + 3, 2 + 6, 4 + 11, 5 + 14)$$

$$= (4, 8, 15, 19)$$

#### b. Operasi Pengurangan

Misal  $\tilde{A}$  dan  $\tilde{B}$  adalah dua bilangan *fuzzy* dengan  $\tilde{A} = (c_1, c_2, c_3, c_4)$

dan  $\tilde{B} = (t_1, t_2, t_3, t_4)$ , maka:

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (c_1, c_2, c_3, c_4) \ominus (t_1, t_2, t_3, t_4)$$

$$= (c_1 - l_1, c_2 - l_2, c_3 - l_3, c_4 - l_4)$$

Contoh, diberikan bilangan *fuzzy*  $\tilde{A} = (3, 6, 11, 14)$  dan  $\tilde{B} = (1, 2, 4, 5)$  maka:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \ominus \tilde{B} &= (3, 6, 11, 14) \ominus (1, 2, 4, 5) \\ &= (3 - 1, 6 - 2, 11 - 4, 14 - 5) \\ &= (2, 4, 7, 9)\end{aligned}$$

(Shankar dan Saradhi, 2011).

### 2.2.3 Defuzzifikasi Metode *Magnitude*

Andaikan  $\tilde{A} = (a, l_1 = \frac{b+c}{2}, d)$  merupakan bilangan *fuzzy* trapesium, maka defuzzifikasi dengan menggunakan *magnitude* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Mag}(A) = \frac{a + 7l_1 + d}{12}$$

(Shankar, dkk, 2010).

## 2.3 *Critical Path Method*

Teknik evaluasi dan review proyek atau biasa dikenal *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* dan metode lintasan kritis yang biasa dikenal *Critical Path Method* dikembangkan sekitar tahun 1950-an untuk membantu para manajer melakukan penjadwalan, pemantauan, serta pengendalian proyek-proyek besar dan kompleks. Pada tahun 1957, *Critical Path Method* muncul sebagai perangkat yang dikembangkan oleh J.E. Kelly dari Remington Rand dan M.R.

Walker dari duPont untuk membantu pembangunan dan pemeliharaan pabrik kimia di duPont (Heizer dan Render, 2009).

*Critical Path Method* adalah metode penjadwalan proyek yang diaplikasikan dalam bentuk diagram panah yang dalam diagram ini status aktivitas ditentukan dan digambarkan dalam jaringan kerja (*network*). Urutan aktivitas yang digambarkan dalam diagram jaringan tersebut menggambarkan ketergantungan suatu aktivitas terhadap aktivitas yang lain, yang mana setiap aktivitas memiliki kurun waktu pelaksanaan yang sudah ditentukan (*deterministic*) (Laksito, 2005).

*Critical Path Method* merupakan metode yang menggunakan satu angka estimasi durasi aktivitas tertentu atau perkiraan waktu (durasi) tunggal untuk setiap aktivitasnya. *Critical Path Method* banyak digunakan kalangan industri atau proyek konstruksi teknik. Cara ini digunakan apabila durasi aktivitas dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi.

Pada metode *Critical Path Method* terdapat dua perkiraan waktu dan biaya untuk setiap aktivitas yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan tersebut yaitu perkiraan waktu penyelesaian serta biaya yang sifatnya normal (*normal estimate*) dan perkiraan waktu penyelesaian serta biaya yang sifatnya dipercepat (*crash estimate*) (Hong, dkk, 2011). Pada penentuan perkiraan waktu penyelesaian akan dikenal istilah lintasan kritis, yaitu lintasan yang memiliki rangkaian-rangkaian aktivitas dengan total jumlah waktu terlama dan waktu penyelesaian proyek yang tercepat, sehingga dapat disimpulkan bahwa lintasan kritis berisikan aktivitas-aktivitas kritis dari awal sampai akhir lintasan.

Hutchings (2004:55-65) menyatakan bahwa teknik *Critical Path Method* menggambarkan suatu proyek dalam bentuk jaringan dengan komponen aktivitas-aktivitas yang ada di dalamnya. Agar teknik ini dapat diterapkan, suatu proyek harus mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

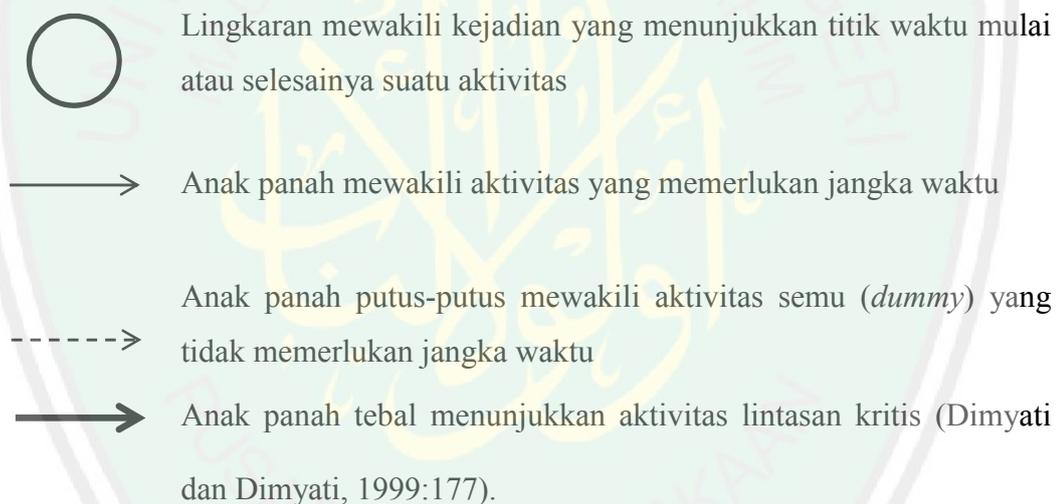
1. Aktivitas-aktivitas dalam proyek harus memiliki waktu mulai dan waktu selesai.
2. Aktivitas-aktivitas dapat diatur menurut suatu rangkaian tertentu.
3. Aktivitas-aktivitas dapat dimulai, diakhiri, dan dilaksanakan secara terhubung dalam suatu rangkaian tertentu.

Selain ciri-ciri yang harus dimiliki oleh proyek tersebut, untuk membuat suatu jaringan dengan benar diperlukan sejumlah aturan antara lain:

1. Setiap aktivitas ditunjukkan dengan suatu cabang tertentu (hubungan antara dua kejadian).
2. Antara satu cabang dengan cabang yang lainnya menunjukkan hubungan antara aktivitas atau aktivitas yang berbeda.
3. Jika sejumlah aktivitas berakhir pada suatu kejadian yang sama maka kejadian tersebut tidak dapat dimulai sebelum sejumlah aktivitas lainnya yang berakhir pada kejadian ini selesai.
4. Aktivitas *dummy* digunakan untuk menggabungkan dua buah kejadian, bila antara kejadian dan kejadian yang mendahuluinya tidak dihubungkan dengan suatu aktivitas tertentu. Aktivitas *dummy* ini tidak mempunyai biaya dan waktu.
5. Setiap kejadian diberikan angka dan pada setiap aktivitas diberikan durasi masing-masing (Hutchings, 2004).

### 2.3.1 Kerangka Kerja *Critical Path Method*

*Critical Path Method* sering disebut juga dengan *Activity On Arrow (AOA)* yang terdiri dari anak panah dari lingkaran. Anak panah menggambarkan aktivitas, sedangkan lingkaran menggambarkan kejadian (*node*). Kejadian di awal anak panah disebut *node "i"*, sedangkan kejadian di akhir anak panah disebut *node "j"*. Bagan yang terdiri dari simbol-simbol anak dan lingkaran tersebut melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek seperti ditunjukkan sebagai berikut:



### 2.3.2 Model Aktivitas

Menurut Dimiyati dan Dimiyati (1999:182-183), aktivitas-aktivitas yang merupakan komponen proyek dan hubungan antara satu dengan yang lainnya disajikan dengan menggunakan tanda-tanda sebagai berikut:

- a. Aktivitas pada anak panah atau *AOA*. Aktivitas digambarkan dengan anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua kejadian. Setiap aktivitas memiliki durasi masing-masing.



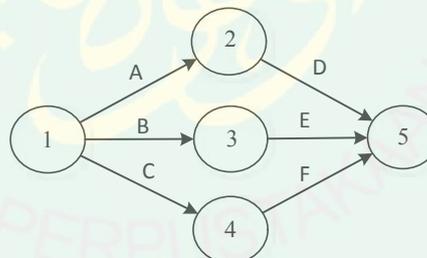
Gambar 2.2 Activity on Arrow

- b. Aktivitas ditulis dalam kotak atau lingkaran, yang disebut *Activity on Node* (AON). Anak panah menjelaskan hubungan ketergantungan di antara aktivitas-aktivitas.



Gambar 2.3 Activity on Node

Seluruh kejadian yang telah terhubung menjadi aktivitas-aktivitas akan membentuk jaringan kerja.

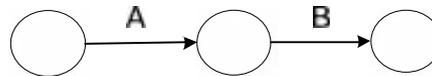


Gambar 2.4 Contoh Jaringan Kerja

Gambar 2.4 menunjukkan suatu contoh jaringan kerja yang memiliki 6 kejadian. Kejadian 1-2 menunjukkan aktivitas A, kejadian 1-3 menunjukkan aktivitas B dan seterusnya.

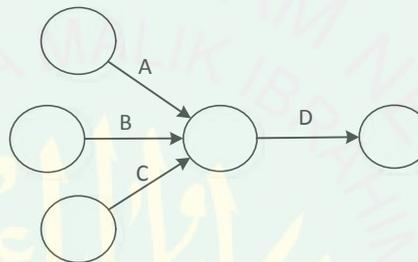
Pada *Critical Path Method* terdapat logika ketergantungan antar aktivitas-aktivitas yang ditunjukkan pada gambar-gambar berikut:

1. Aktivitas A harus selesai sebelum aktivitas B dimulai, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



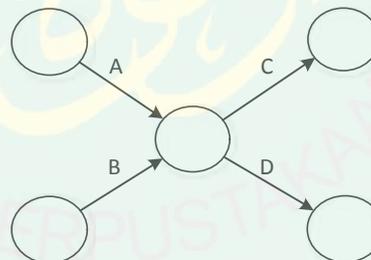
Gambar 2.5 Hubungan Antar Aktivitas I

2. Aktivitas A, B, dan C harus selesai sebelum aktivitas D dapat dimulai, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



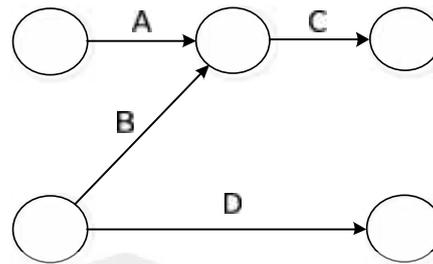
Gambar 2.6 Hubungan Antar Aktivitas II

3. Aktivitas A dan B harus selesai sebelum aktivitas C dan D dapat dimulai, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7.



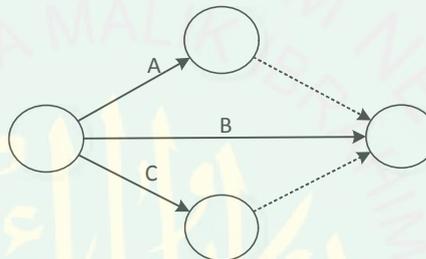
Gambar 2.7 Hubungan Antar Aktivitas III

4. Aktivitas A dan B harus selesai sebelum aktivitas C dapat dimulai, tetapi aktivitas D sudah dapat dimulai tanpa harus menunggu aktivitas A dan B telah selesai, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Hubungan Antar Aktivitas IV

5. Aktivitas A, B, dan C dimulai dari kejadian yang sama dan selesai pada kejadian yang sama lainnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9.

Gambar 2.9 Aktivitas yang Menggunakan Aktivitas *Dummy*

### 2.3.3 Asumsi dan Cara Perhitungan

Untuk memudahkan perhitungan durasi digunakan notasi-notasi sebagai berikut:

TE : saat tercepat terjadinya kegiatan

TL : saat paling lambat terjadinya kegiatan

ES : saat tercepat dimulainya kegiatan

EF : saat tercepat diselesaikannya kegiatan

LS : saat paling lambat dimulainya kegiatan

LF : saat paling lambat diselesaikannya kegiatan

$t$  : durasi yang diperlukan suatu kegiatan

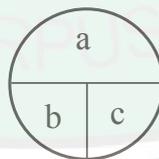
TF : total float

Dimiyati dan Dimiyati (1999) menyebutkan bahwa perhitungan penentuan waktu ini digunakan tiga asumsi dasar, yaitu sebagai berikut:

1. Proyek hanya memiliki satu *initial event* dan satu *terminal event*.
2. Saat tercepat terjadinya *initial event* adalah hari ke-nol.
3. Saat paling lambat terjadinya *terminal event* adalah  $TL = TE$  untuk *event* ini.

Adapun perhitungan yang harus dilakukan terdiri atas dua cara yaitu cara perhitungan maju dan perhitungan mundur. Pada perhitungan maju, perhitungan bergerak mulai dari *initial event* menuju *terminal event* maksudnya saat tercepat terjadinya *event* dan saat paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas ( $TE$ ,  $ES$ , dan  $EF$ ).

Pada perhitungan mundur, perhitungan bergerak dari *terminal event* menuju ke *initial event*. Tujuannya adalah untuk menghitung saat paling lambat terjadinya *event* dan saat paling lambat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas ( $TL$ ,  $LS$ , dan  $LF$ ). Dengan selesainya kedua perhitungan di atas, barulah *float* dapat dihitung. Untuk melakukan perhitungan maju dan mundur, lingkaran kejadian dibagi menjadi tiga. Dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Lingkaran Kejadian

Dengan:

a : ruang untuk nomor *event*.

b : ruang untuk menunjukkan saat paling cepat terjadinya *event* ( $TE$ ), yang merupakan hasil perhitungan maju.

c : ruang untuk menunjukkan saat paling lambat terjadinya *event* ( $TL$ ), yang merupakan hasil perhitungan mundur.

a. Perhitungan Maju

Ada tiga langkah yang dilakukan pada perhitungan maju, yaitu sebagai berikut:

1. Saat tercepat terjadinya *initial event* ditentukan pada hari ke-nol sehingga untuk *initial event* berlaku  $TE = 0$  (asumsi ini tidak benar untuk proyek yang berhubungan dengan proyek-proyek lain).

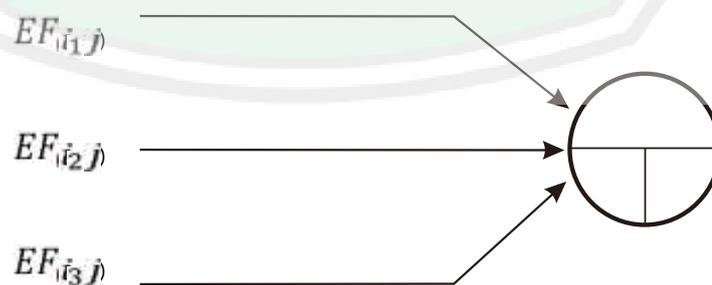
2. Kalau *initial event* terjadi pada hari yang ke-nol, maka:

$$ES_{(ij)} = TE_{(ij)} = 0$$

$$EF_{(ij)} = ES_{(ij)} + t_{(ij)}$$

$$EF_{(ij)} = TE_{(ij)} + t_{(ij)}$$

3. *Event* yang menggabungkan beberapa aktivitas, dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Event* Beberapa Aktivitas Menggunakan Alur Maju

Sebuah *event* hanya dapat terjadi jika aktivitas-aktivitas yang mendahuluinya telah diselesaikan. Maka saat paling cepat terjadinya sebuah *event*

sama dengan nilai terbesar dari saat tercepat untuk menyelesaikan aktivitas yang berakhir pada *event* tersebut, maka:

$$\widehat{TE}_j = \max(\bar{EF}_{(1j)}, \bar{EF}_{(2j)}, \dots, \bar{EF}_{(nj)})$$

(Dimiyati dan Dimiyati, 1999:182-183).

#### b. Perhitungan Mundur

Seperti pada perhitungan maju, perhitungan mundur juga terdapat tiga langkah yaitu sebagai berikut:

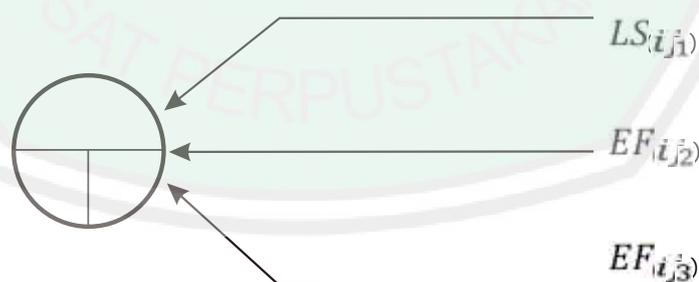
1. Saat paling lambat untuk memulai suatu aktivitas sama dengan saat paling lambat untuk menyelesaikan aktivitas itu dikurangi dengan durasi aktivitas tersebut.
2. Pada *terminal event* berlaku  $TL = TE$ , maka:

$$LS = LF - t$$

$$LF_{ij} = TL \text{ dan } TL = TE, \text{ maka}$$

$$LS_{ij} = TL_{(j)} - t_{(ij)}$$

3. *Event* yang mengeluarkan beberapa aktivitas, dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Event* Beberapa Aktivitas Menggunakan Alur Mundur

Setiap aktivitas hanya dimulai apabila *event* yang mendahuluinya telah terjadi. Oleh karena itu, saat paling lambat terjadinya sebuah *event* sama dengan

nilai terkecil dari saat paling lambat untuk memulai aktivitas yang berpangkal pada *event* tersebut, maka:

$$\bar{TL}_{(i)} = \min(\bar{LS}_{(i,j_1)}, \bar{LS}_{(i,j_2)}, \dots, \bar{LS}_{(i,j_n)})$$

(Dimiyati dan Dimiyati, 1999:185).

### c. Perhitungan Kelonggaran Waktu (*Float/Slack*)

Setelah perhitungan maju dan mundur selesai dilakukan, maka akan dilakukan perhitungan kelonggaran waktu dari aktivitas (*i, j*) yang terdiri atas *total float* dan *free float*.

*Total float* dihitung dengan cara mencari selisih antara saat paling lambat dimulainya aktivitas dengan saat paling cepat diselesaikannya aktivitas (*LS – ES*), atau dapat juga dengan mencari selisih antara saat paling lambat diselesaikannya aktivitas dengan saat paling cepat diselesaikannya aktivitas (*LF – EF*).

Jika akan menggunakan persamaan  $TF = LS - ES$ , maka *total float* aktivitas (*i, j*) adalah:

$$TF_{(i)} = LS_{(i,j)} - ES_{(i,j)}$$

Dari perhitungan mundur diketahui bahwa  $LS_{(i,j)} = TL_{(j)} - t_{(i,j)}$ , sedangkan dari perhitungan maju  $ES_{(i)} = TE_{(i)}$ , maka:

$$TF_{(i,j)} = TL_{(j)} - t_{(i,j)} - TE_{(i)}$$

(Dimiyati dan Dimiyati, 1999:187).

## 2.4 Fuzzy Critical Path Method

*Fuzzy Critical Path Method* merupakan metode untuk mengidentifikasi lintasan kritis pada jaringan proyek dengan durasi aktivitas menggunakan bilangan *fuzzy* atau interval *fuzzy* (Nasution, 1996). *Fuzzy Critical Path Method* telah memberikan suatu cara menemukan lintasan-lintasan kritis yang sesungguhnya dalam suatu jaringan proyek *fuzzy*. Sama halnya dengan perhitungan *Critical Path Method* biasa, untuk menentukan lintasan kritis dari sebuah jaringan proyek *fuzzy* dengan melakukan perhitungan waktu mulai tercepat dan perhitungan selesai terlama pada masing-masing aktivitas. Perhitungan *earliest time* menggunakan perhitungan maju sedangkan perhitungan *latest time* menggunakan perhitungan mundur.

a. Perhitungan Maju *Fuzzy Critical Path Method*

Perhitungan maju *Fuzzy Critical Path Method* adalah perhitungan yang dimulai dari *node start* dan bergerak ke *node end*. Pada perhitungan maju *Fuzzy Critical Path Method*, akan dihitung waktu *fuzzy* paling awal ( $\widehat{TF}_j$ ) dari kejadian  $j$ , waktu *fuzzy* awal mulai ( $\bar{E}_{i,j}^s$ ) dari aktivitas ( $i,j$ ), waktu *fuzzy* awal selesai ( $\bar{E}_{i,j}^f$ ) dari aktivitas ( $i,j$ ), dan waktu penyelesaian *fuzzy* ( $\widehat{TF}$ ) dari proyek.

Dengan menerapkan metode perhitungan maju *Critical Path Method* dalam lingkup *fuzzy*, dapat dihitung  $\widehat{TF}_j$  dan  $\bar{E}_{i,j}^f$  sebagai berikut:

$$\bar{E}_{i,j}^f = \bar{E}_{i,j}^s \oplus \tilde{t}_{ij}$$

$$\text{Dengan } \bar{E}_{i,j}^s = \widehat{TE}_{i,j}, \text{ maka diperoleh } \bar{E}_{i,j}^f = \widehat{TE}_{i,j} \oplus \tilde{t}_{ij}$$

Sebuah kejadian  $j$  hanya dapat dilakukan jika aktivitas-aktivitas yang mendahuluinya telah diselesaikan, maka  $\widehat{TF}_j$  sama dengan nilai terbesar dari waktu *fuzzy* awal selesainya aktivitas yang berakhir pada kejadian tersebut.

$$\widehat{T\bar{E}}_j = \max(\bar{E}_{(i_1j)}^f, \bar{E}_{(i_2j)}^f, \dots, \bar{E}_{(i_nj)}^f)$$

Jika tidak ada kejadian sebelumnya yang mendahului dari kejadian  $j$ , maka waktu *fuzzy* dimulainya suatu proyek ( $\widehat{T\bar{E}}$ ) adalah (0, 0, 0, 0).

b. Perhitungan Mundur *Fuzzy Critical Path Method*

Perhitungan mundur *Fuzzy Critical Path Method* adalah perhitungan yang dimulai dari *node end* dan bergerak ke *node start*. Pada perhitungan mundur, akan dihitung waktu *fuzzy* paling akhir ( $\widehat{T\bar{L}}_i$ ) dari kejadian  $i$ , waktu *fuzzy* akhir mulai  $\bar{L}_{(ij)}^s$  dari aktivitas  $(i, j)$ , dan waktu *fuzzy* akhir selesai ( $\bar{L}_{(ij)}^f$ ) dari aktivitas  $(i, j)$ .

Pada akhir aktivitas suatu proyek berlaku  $\widehat{T\bar{L}} = \widehat{T\bar{E}}$ .

Dengan menerapkan metode perhitungan maju *Critical Path Method* dalam lingkup *fuzzy*, dapat dihitung  $\widehat{T\bar{L}}_i$  dan  $\bar{L}_{(ij)}^s$  sebagai berikut:

$$\bar{L}_{(ij)}^s = \bar{L}_{(ij)}^f - \bar{t}_{(ij)}$$

Dengan  $\bar{L}_{(ij)}^f = \widehat{T\bar{L}}$ , maka diperoleh  $\bar{L}_{(ij)}^s = \bar{L}_{(ij)}^f - \bar{t}_{(ij)}$ .

Setiap aktivitas hanya dimulai apabila *event* yang mendahuluinya telah terjadi. Oleh karena itu, waktu paling akhir terjadinya sebuah *event* sama dengan nilai terkecil dari waktu *fuzzy* akhir untuk memulai aktivitas yang berpangkal pada *event* tersebut.

$$\widehat{T\bar{L}}_i = \min(\bar{L}_{(i_1j)}^s, \bar{L}_{(i_2j)}^s, \dots, \bar{L}_{(i_nj)}^s)$$

c. Perhitungan Kelonggaran waktu (*Float/Slack*)

Setelah perhitungan maju dan mundur telah selesai dilakukan dan diperoleh nilai  $\widehat{T\bar{E}}$  dan  $\widehat{T\bar{L}}$  untuk semua *node*, maka akan dilakukan perhitungan kelonggaran waktu (*slack time*) dari setiap aktivitas  $(i, j)$ . Pada perhitungan

mundur diketahui bahwa  $\bar{L}_i^S = \bar{T}L \quad t_{(i,j)}$  dan dari perhitungan maju diketahui bahwa  $\bar{E}_i^S = \bar{T}E$ , maka:

$$\bar{T}F = \bar{T}L \quad t_{(i,j)} \quad \bar{T}E$$

## 2.5 Lintasan Kritis

Dalam menganalisis dan mengestimasi waktu akan didapatkan satu atau beberapa lintasan tertentu dari aktivitas-aktivitas pada jaringan tersebut yang menentukan jangka waktu penyelesaian seluruh proyek. Lintasan ini disebut lintasan kritis (Dimiyati dan Dimiyati, 1999:180). Lintasan kritis adalah lintasan dalam jaringan kerja yang memiliki rangkaian komponen-komponen aktivitas dengan total waktu terlama dan menunjukkan waktu penyelesaian proyek tercepat.

Lintasan kritis paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal. Lintasan kritis terdiri dari rangkaian aktivitas pertama sampai pada aktivitas terakhir proyek. Disebut aktivitas kritis bila penundaan waktu aktivitas akan mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Jadi lintasan kritis merupakan suatu lintasan yang di dalamnya terdapat aktivitas-aktivitas yang saling berurutan pelaksanaannya dari waktu dimulainya aktivitas sampai berakhirnya aktivitas, akibatnya pelaksanaan aktivitas-aktivitas yang ada pada lintasan ini tidak boleh mengalami penundaan, karena akan menyebabkan terlambatnya proyek yang dijalankan. Manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut:

- a. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, jika pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat.

- b. Pengawasan atau kontrol dapat dikontrol melalui penyelesaian lintasan kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur.
- c. *Time slack* atau kelonggaran waktu terdapat pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi manajer untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan efisien (Dimiyati dan Dimiyati, 1999).

Lintasan kritis mempunyai arti penting dalam suatu proyek, karena aktivitas-aktivitas yang melewati lintasan kritis diusahakan tidak mengalami keterlambatan penyelesaian. Jika pelaksanaan aktivitas-aktivitas dalam lintasan kritis tertunda, maka proyek secara keseluruhan akan mengalami keterlambatan, maka akan mengakibatkan penambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh perusahaan. Ciri-ciri lintasan kritis di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Lintasan yang memiliki rangkaian aktivitas terpanjang dalam jaringan proyek.
2. Lintasan yang biasanya memakan waktu terpanjang dalam jaringan proyek.
3. Lintasan yang tidak memiliki tenggang waktu antara selesainya suatu tahap aktivitas dengan mulainya suatu tahap aktivitas berikutnya (Dimiyati dan Dimiyati, 1999).

## 2.6 Kajian Agama Tentang Waktu

Islam mengajarkan pentingnya menggunakan waktu sebaik-baiknya. Sebagaimana firman Allah Swt. dalam al-Quran surat al-‘Ashr/103:1-3 yang telah

dibahas pada bab sebelumnya dan hadits dari Ibnu ‘Abbas *radliyallaahu ‘anhuma*, dari Nabi *shallallaahu ‘alaihi wasallam* bahwasannya beliau berkata kepada seorang laki-laki untuk menasihatinya:

إِغْتَنِمْ سَاعًا قَبْلَ مَسِّ حَيَاتِكَ قَبْلَ مَوْتِكَ وَصِحَّتِكَ قَبْلَ سَقَمِكَ وَفَرَاغَكَ قَبْلَ شُغْلِكَ وَشَبَابَكَ قَبْلَ  
هَرَمِكَ وَغِنَاكَ قَبْلَ فَقْرِكَ

*”Manfaatkanlah lima (keadaan) sebelum (datangnya) lima (keadaan yang lain) hidupmu sebelum matimu, sehatmu sebelum sakitmu, waktu luangmu sebelum waktu sempitmu, masa mudamu sebelum masa tuamu, dan kayamu sebelum miskinmu”* (HR. Al Hakim dalam Al Mustadroknnya)

Masa kayamu sebelum datang masa kefakiranmu, maksudnya:

“Bersedekahlah dengan kelebihan hartamu sebelum datang bencana yang dapat merusak harta tersebut, sehingga akhirnya engkau menjadi fakir di dunia maupun akhirat”. Waktu mudamu sebelum datang waktu tuamu maksudnya: “Lakukanlah ketaatan ketika dalam kondisi kuat untuk beramal (yaitu di waktu muda), sebelum datang masa tua renta”. Masa luangmu sebelum datang masa sibukmu, maksudnya: “Manfaatkanlah kesempatan (waktu luangmu) di dunia ini sebelum datang waktu sibukmu di akhirat nanti. Dan awal kehidupan akhirat adalah di alam kubur”. Waktu sehatmu sebelum datang waktu sakitmu, maksudnya: “Beramallah di waktu sehat, sebelum datang waktu yang menghalangi untuk beramal seperti di waktu sakit”. Hidupmu sebelum datang kematianmu, maksudnya: “Lakukanlah sesuatu yang bermanfaat untuk kehidupan sesudah matimu, karena siapapun yang mati, maka akan terputus amalnya” (Bahar, 2015).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendekatan Penelitian**

Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Menurut Arikunto (1997) pendekatan kuantitatif lebih banyak dituntut menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya.

#### **3.2 Waktu dan Tempat**

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 6 sampai 8 September 2016 di kantor CV Fitra Arta Prima yang terletak di Perum Wisma Lidah Kulon A118 Surabaya.

#### **3.3 Data dan Sumber Data**

Dalam penelitian ini data berupa data sekunder yang diambil dari proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri Jombang yang diperoleh dari CV Fitra Arta Prima selaku pelaksana proyek.

#### **3.4 Analisis Data**

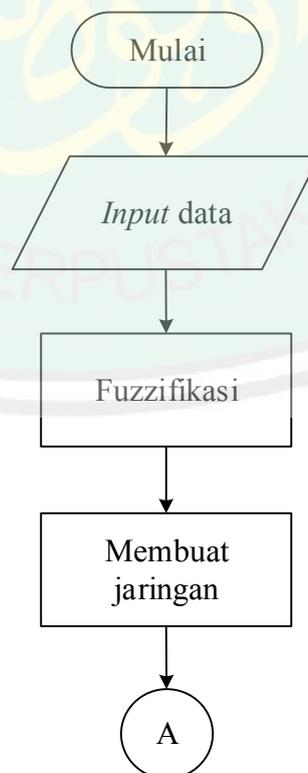
Analisis data dilakukan setelah data terkumpul, kemudian data tersebut dianalisis berdasarkan teori yang terdapat dalam ilmu teori graf yang mendukung pada penelitian ini. Adapun tahapan-tahapannya sebagai berikut:

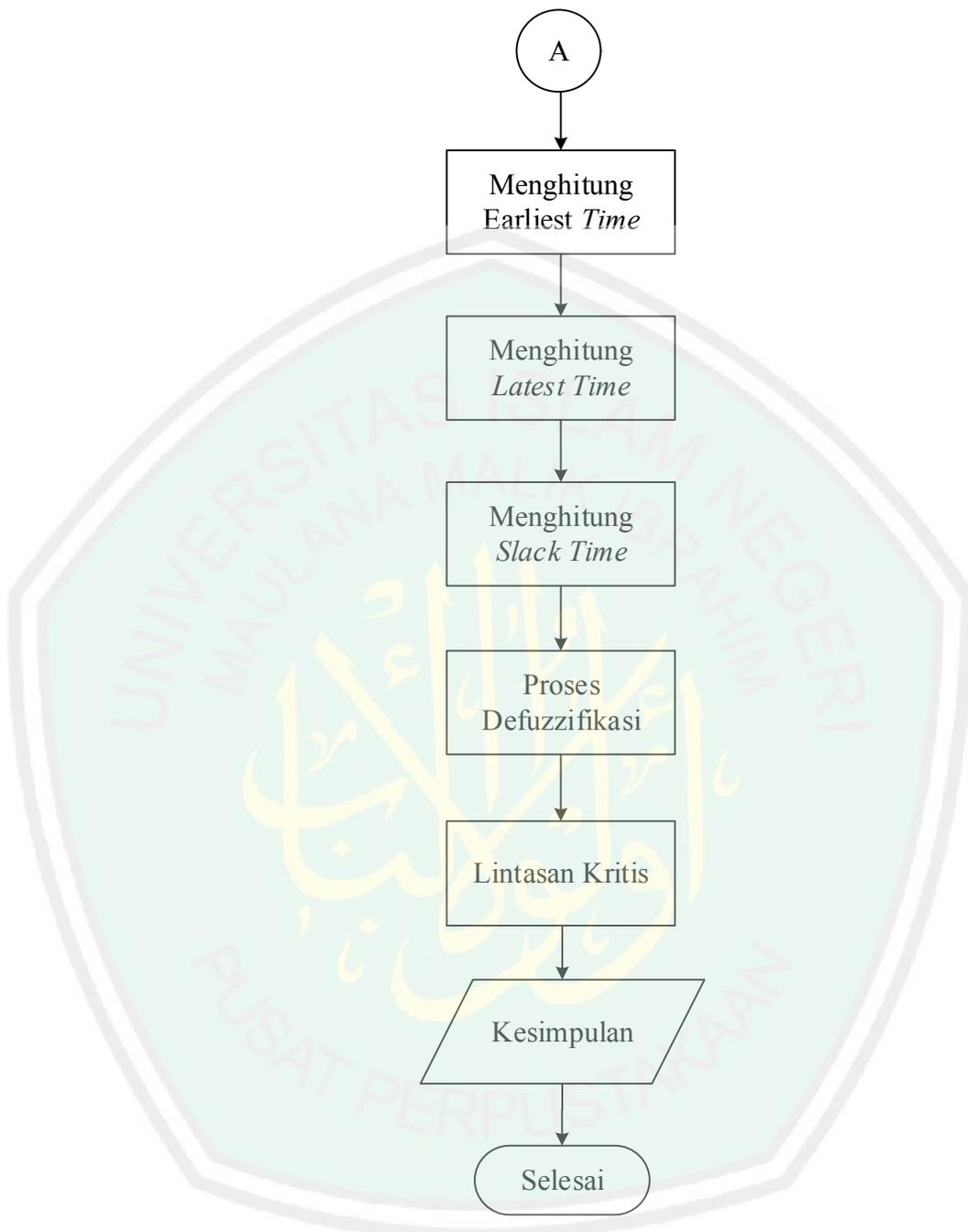
1. Diberikan penjadwalan proyek
2. Membuat jaringan kerja pada masing-masing aktivitas pekerjaan.

3. Fuzzifikasi setiap aktivitas pekerjaan.
4. Menghitung nilai *earliest time* untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
5. Menghitung nilai *latest time* untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
6. Menghitung nilai *slack time* untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
7. Defuzzifikasi setiap aktivitas *fuzzy* menggunakan metode *magnitude measure* pada nilai *slack time*.
8. Menemukan aktivitas *fuzzy* yang memiliki nilai defuzzifikasi sama dengan 0. Aktivitas tersebut merupakan aktivitas kritis yang jika terhubung satu sama lain akan membentuk lintasan kritis.
9. Menarik kesimpulan.

### 3.5 Diagram Alur Penelitian

Dalam penelitian ini alur pengerjaan mengikuti bagan berikut.





Gambar 3.1 Alur Penelitian

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Penerapan *Fuzzy Critical Path Method* pada Jaringan Proyek

Pada penelitian ini, penulis menggunakan *Fuzzy Critical Path Method* untuk menganalisis penjadwalan proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri yang beralamat di Desa Kayen, Kecamatan Bandar Kedungmulyo, Jombang. Adapun rincian aktivitas dan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri

No.	Event	Nama Aktivitas	Syarat	Durasi (hari)	Fuzzifikasi
1.	1	Pekerjaan pondasi	-	30	(27, 29, 33, 37)
2.	2	Pekerjaan beton	1	36	(33, 35, 39, 45)
3.	3	Pekerjaan dinding	2	42	(39, 41, 45, 49)
4.	4	Pekerjaan kap dan atap	3	36	(34, 35, 37, 42)
5.	5	Pekerjaan plafon	4	36	(33, 34, 38, 43)
6.	6	Pekerjaan plasteran dan acian	3	48	(46, 47, 51, 56)
7.	7	Pekerjaan lantai	5	36	(32, 34, 37, 40)
8.	8	Pekerjaan pintu dan jendela	7	48	(44, 46, 52, 58)
9.	9	Pekerjaan pengecatan	6, 8, 10	24	(22, 23, 27, 33)
10.	10	Pekerjaan instalasi dan sanitasi	3, 4	18	(14, 16, 22, 28)
11.	11	Pekerjaan perlengkapan luar	9	24	(21, 22, 26, 30)

Sumber: CV. Arta Prima, Oktober 2016

Keterangan:

Nilai bilangan *fuzzy* trapesium (27, 29, 33, 37) menyatakan bahwa perkiraan durasi optimum selesainya pekerjaan adalah 29 sampai 33 hari, dengan durasi tercepat membutuhkan waktu 27 hari, dan durasi terlama membutuhkan waktu 37 hari.

## 4.2 Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan *Fuzzy Critical Path Method*

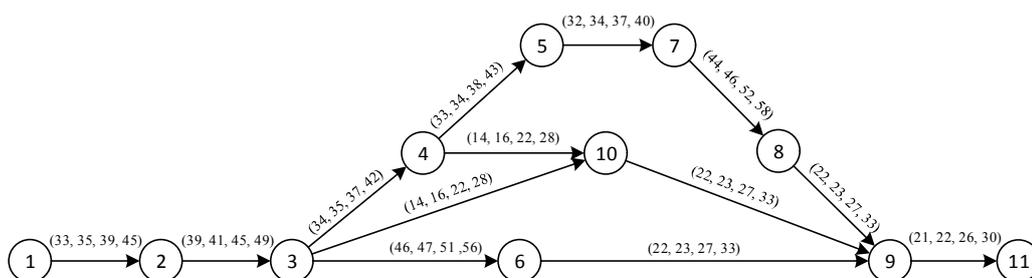
Pada dasarnya *Fuzzy Critical Path Method* sama dengan *Critical Path Method* biasa, yang membedakan adalah karakteristik durasi aktivitasnya. Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk menemukan lintasan kritis adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan jaringan kerja.
2. Perhitungan nilai *earliest time* untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
3. Perhitungan nilai *latest time* untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
4. Perhitungan nilai *slack time* untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
5. Proses defuzzifikasi pada *slack time*.
6. Lintasan kritis.

### 4.2.1 Pembuatan Jaringan Kerja

Jaringan kerja  $G(V,E)$ , dengan  $V$  adalah himpunan titik dan  $E$  adalah himpunan garis.  $G$  adalah digraf asiklik dan bobot sisi menggunakan bilangan *fuzzy* trapesium. Titik merepresentasikan kejadian dan garis merepresentasikan aktivitas dari 2 kejadian yang terhubung.

Dari Tabel 4.1 digambarkan dalam bentuk jaringan asiklik dengan mengikuti aturan hubungan antar aktivitas seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Jaringan Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri

#### 4.2.2 Perhitungan Nilai *Earliest Time* untuk Setiap Aktivitas *Fuzzy*

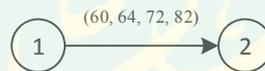
Waktu *fuzzy* paling awal terjadinya aktivitas 1 ( $\widehat{TE}_1$ ) adalah (27, 29, 33, 37), maka saat paling cepat dimulainya aktivitas 1 – 2 ( $\widehat{E}_{1-2}^S$ ) adalah (33, 35, 39, 45), sehingga ( $\widehat{E}_{1-2}^f$ ) dapat dihitung sebagai berikut:

Aktivitas 1-2

$$\begin{aligned}\widehat{E}_{1-2}^S &= \widehat{TE}_1 \\ \widehat{E}_{1-2}^f &= \widehat{E}_{1-2}^S \oplus \widehat{t}_{1-2} \\ &= \widehat{TE}_1 \oplus \widehat{t}_{1-2} \\ &= (27, 29, 33, 37) \quad (33, 35, 39, 45) \\ &= (60, 64, 72, 82)\end{aligned}$$

Karena node 1 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki node 2, maka

$$\begin{aligned}\widehat{TE}_2 &= \widehat{E}_{1-2}^f \\ &= (60, 64, 72, 82)\end{aligned}$$



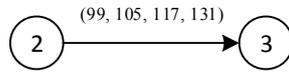
Gambar 4.2 Aktivitas 1-2

Aktivitas 2-3

$$\begin{aligned}\widehat{E}_{2-3}^S &= \widehat{TE}_2 \\ \widehat{E}_{2-3}^f &= \widehat{E}_{2-3}^S \oplus \widehat{t}_{2-3} \\ &= \widehat{TE}_2 \oplus \widehat{t}_{2-3} \\ &= (60, 64, 72, 82) \quad (39, 41, 45, 49) \\ &= (99, 105, 117, 131)\end{aligned}$$

Karena node 2 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 3, maka

$$\begin{aligned}\widehat{TE}_3 &= \widehat{E}_{2-3}^f \\ &= (99, 105, 117, 131)\end{aligned}$$



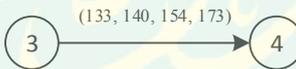
Gambar 4.3 Aktivitas 2-3

Aktivitas 3-4

$$\begin{aligned}\widehat{E}_{3-4}^S &= \widehat{TE}_3 \\ \widehat{E}_{3-4}^f &= \widehat{E}_{3-4}^S \oplus \widehat{t}_{3-4} \\ &= \widehat{TE}_3 \oplus \widehat{t}_{3-4} \\ &= (99, 105, 117, 131) \quad (34, 35, 37, 42) \\ &= (133, 140, 154, 173)\end{aligned}$$

Karena *node* 3 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 4, maka

$$\begin{aligned}\widehat{TE}_4 &= \widehat{E}_{3-4}^f \\ &= (133, 140, 154, 173)\end{aligned}$$



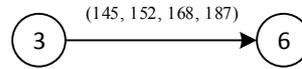
Gambar 4.4 Aktivitas 3-4

Aktivitas 3-6

$$\begin{aligned}\widehat{E}_{3-6}^S &= \widehat{TE}_3 \\ \widehat{E}_{3-6}^f &= \widehat{E}_{3-6}^S \oplus \widehat{t}_{3-6} \\ &= \widehat{TE}_3 \oplus \widehat{t}_{3-6} \\ &= (99, 105, 117, 131) \quad (46, 47, 51, 56) \\ &= (145, 152, 168, 187)\end{aligned}$$

Karena *node* 3 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 6, maka

$$\begin{aligned}\widehat{T}E_6 &= \widetilde{E}_{3-6}^f \\ &= (145, 152, 168, 187)\end{aligned}$$



Gambar 4.5 Aktivitas 3-6

Aktivitas 3-10

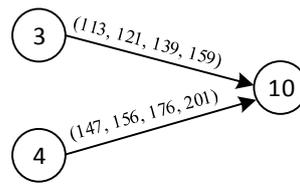
$$\begin{aligned}\widetilde{E}_{3-10}^S &= \widehat{T}E_3 \\ \widetilde{E}_{3-10}^f &= \widetilde{E}_{3-10}^S \oplus \widetilde{t}_{3-10} \\ &= \widehat{T}E_3 \oplus \widetilde{t}_{3-10} \\ &= (99, 105, 117, 131) \quad (14, 16, 22, 28) \\ &= (113, 121, 139, 159)\end{aligned}$$

Aktivitas 4-10

$$\begin{aligned}\widetilde{E}_{4-10}^S &= \widehat{T}E_4 \\ \widetilde{E}_{4-10}^f &= \widetilde{E}_{4-10}^S \oplus \widetilde{t}_{4-10} \\ &= \widehat{T}E_4 \oplus \widetilde{t}_{4-10} \\ &= (133, 140, 154, 173) \quad (14, 16, 22, 28) \\ &= (147, 156, 176, 201)\end{aligned}$$

Node 10 merupakan suatu *merge event*, sehingga  $\widehat{T}E_{10}$  sama dengan nilai terbesar dari waktu *fuzzy* awal untuk menyelesaikan setiap aktivitas yang berakhir pada event 10, maka dapat ditunjukkan sebagai berikut

$$\begin{aligned}\widehat{T}E_{10} &= \max(\widetilde{E}_{3-10}^f, \widetilde{E}_{4-10}^f) \\ &= \max((113, 121, 139, 159), (147, 156, 176, 201)) \\ &= (147, 156, 176, 201)\end{aligned}$$



Gambar 4.6 Aktivitas-aktivitas yang Menuju Node 10

Aktivitas 4-5

$$\tilde{E}_{4-5}^S = \widehat{T}E_4$$

$$\tilde{E}_{4-5}^f = \tilde{E}_{4-5}^S \oplus \tilde{t}_{4-5}$$

$$= \widehat{T}E_4 \oplus \tilde{t}_{4-5}$$

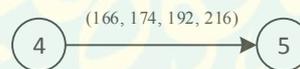
$$\tilde{E}_{4-5}^f = (133, 140, 154, 173) \quad (33, 34, 38, 43)$$

$$= (166, 174, 192, 216)$$

Karena *node* 4 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 5, maka

$$\widehat{T}E_5 = \tilde{E}_{4-5}^f$$

$$= (166, 174, 192, 216)$$



Gambar 4.7 Aktivitas 4-5

Aktivitas 5-7

$$\tilde{E}_{5-7}^S = \widehat{T}E_5$$

$$\tilde{E}_{5-7}^f = \tilde{E}_{5-7}^S \oplus \tilde{t}_{5-7}$$

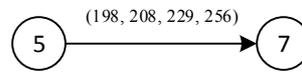
$$= \widehat{T}E_5 \oplus \tilde{t}_{5-7}$$

$$= (166, 174, 192, 216) \quad (32, 34, 37, 40)$$

$$= (198, 208, 229, 256)$$

Karena *node* 5 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 7, maka

$$\begin{aligned}\widehat{T}E_7 &= \widetilde{E}_{5-7}^f \\ &= (198, 208, 229, 256)\end{aligned}$$



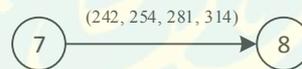
Gambar 4.8 Aktivitas 5-7

Aktivitas 7-8

$$\begin{aligned}\widetilde{E}_{7-8}^S &= \widehat{T}E_7 \\ \widetilde{E}_{7-8}^f &= \widetilde{E}_{7-8}^S \oplus \widetilde{t}_{7-8} \\ &= \widehat{T}E_7 \oplus \widetilde{t}_{7-8} \\ &= (198, 208, 229, 256) \quad (44, 46, 52, 58) \\ &= (242, 254, 281, 314)\end{aligned}$$

Karena *node 7* merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node 8*, maka

$$\begin{aligned}\widehat{T}E_8 &= \widetilde{E}_{7-8}^f \\ &= (242, 254, 281, 314)\end{aligned}$$



Gambar 4.9 Aktivitas 7-8

Aktivitas 6-9

$$\begin{aligned}\widetilde{E}_{6-9}^S &= \widehat{T}E_6 \\ \widetilde{E}_{6-9}^f &= \widetilde{E}_{6-9}^S \oplus \widetilde{t}_{6-9} \\ &= \widehat{T}E_6 \oplus \widetilde{t}_{6-9} \\ &= (145, 152, 168, 187) \quad (22, 23, 27, 33) \\ &= (167, 175, 195, 220)\end{aligned}$$

Aktivitas 8-9

$$\bar{E}_{8-9}^S = \bar{T}E_8$$

$$\bar{E}_{8-9}^f = \bar{E}_{8-9}^S \oplus \bar{t}_{8-9}$$

$$\bar{E}_{8-9}^f = \bar{T}E_8 \oplus \bar{t}_{8-9}$$

$$= (242, 254, 281, 314) \quad (22, 23, 27, 33)$$

$$= (264, 277, 308, 347)$$

Aktivitas 10-9

$$\bar{E}_{1(-9)}^S = \bar{T}E_{10}$$

$$\bar{E}_{1(-9)}^f = \bar{E}_{1(-9)}^S \oplus \bar{t}_{1(-9)}$$

$$= \bar{T}E_{10} \oplus \bar{t}_{1(-9)}$$

$$\bar{E}_{1(-9)}^f = (147, 156, 176, 201) \quad (22, 23, 27, 33)$$

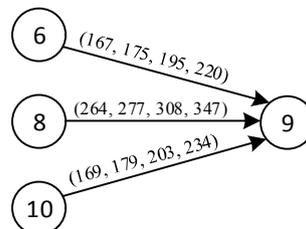
$$= (169, 179, 203, 234)$$

Node 9 merupakan suatu *merge event*, sehingga  $\bar{T}E_9$  sama dengan nilai terbesar dari waktu *fuzzy* awal untuk menyelesaikan setiap aktivitas yang berakhir pada event 9, maka dapat ditunjukkan sebagai berikut

$$\bar{T}E_9 = \max(\bar{E}_{6-9}^f, \bar{E}_{8-9}^f, \bar{E}_{1(-9)}^f)$$

$$= \max((167, 175, 195, 220), (264, 277, 308, 347), (169, 179, 203, 234))$$

$$= (264, 277, 297, 347)$$



Gambar 4.10 Aktivitas-aktivitas yang Menuju Node 9

Aktivitas 9-11

$$\widehat{E}_{\zeta-11}^S = \widehat{T}E_9$$

$$\widehat{E}_{\zeta-11}^f = \widehat{E}_{\zeta-11}^S \oplus \widehat{t}_{\zeta-11}$$

$$= \widehat{T}E_{\zeta} \oplus \widehat{t}_{\zeta-11}$$

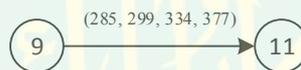
$$= (264, 277, 308, 347) \quad (21, 22, 26, 30)$$

$$= (285, 299, 334, 377)$$

Karena *node* 9 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 11, maka

$$\widehat{T}E_{11} = \widehat{E}_{\zeta-11}^f$$

$$= (285, 299, 334, 377)$$



Gambar 4.11 Aktivitas 9-11

Dari perhitungan nilai *earliest time* dengan perhitungan alur maju dapat diketahui total waktu penyelesaian proyek, yaitu (285, 299, 334, 377). Total hari tersebut digunakan sebagai acuan untuk melakukan perhitungan nilai *latest time* dengan perhitungan alur mundur.

#### 4.2.3 Perhitungan Nilai *Latest Time* untuk Setiap Aktivitas *Fuzzy*

Pada perhitungan mundur berlaku di *terminal event*  $\widehat{T}E = \widehat{T}L$ , dari perhitungan maju sebelumnya diperoleh  $\widehat{T}E_{11} = (285, 299, 334, 377)$ , sehingga  $\widehat{T}L_{11} = (285, 299, 334, 377)$ , maka nilai *latest time* dapat dihitung sebagai berikut:

Aktivitas 9-11

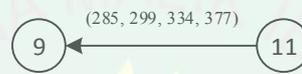
$$\widehat{L}_{\zeta-11}^S = \widehat{L}_{\zeta-11}^f \quad \widehat{t}_{\zeta-11}$$

$$\widehat{Tl}_{11} = \tilde{l}_{c-11}^f, \text{ sehingga}$$

$$\begin{aligned}\tilde{l}_{c-11}^s &= \widehat{Tl}_{11} \quad \tilde{t}_{c-11} \\ &= (285, 299, 334, 377) \quad (21, 22, 26, 30) \\ &= (264, 277, 308, 347)\end{aligned}$$

Karena *node* 11 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 9, maka

$$\begin{aligned}\widehat{Tl}_9 &= \tilde{l}_{c-11}^s \\ &= (264, 277, 308, 347)\end{aligned}$$



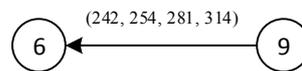
Gambar 4.12 Aktivitas 11-9

Aktivitas 6-9

$$\begin{aligned}\tilde{l}_{c-9}^s &= \tilde{l}_{c-9}^f \quad \tilde{t}_{c-9} \\ \widehat{Tl}_9 &= \tilde{l}_{c-9}^f, \text{ sehingga} \\ \tilde{l}_{c-9}^s &= \widehat{Tl}_9 \quad \tilde{t}_{c-9} \\ &= (264, 277, 308, 347) \quad (22, 23, 27, 33) \\ &= (242, 254, 281, 314)\end{aligned}$$

Karena *node* 9 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 6, maka

$$\begin{aligned}\widehat{Tl}_6 &= \tilde{l}_{c-9}^s \\ &= (242, 254, 281, 314)\end{aligned}$$



Gambar 4.13 Aktivitas 9-6

Aktivitas 8-9

$$\tilde{l}_{c-9}^s = \tilde{l}_{c-9}^f \quad \tilde{t}_{c-9}$$

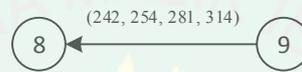
$$\widehat{T}l_9 = \widehat{L}_{\xi-9}^f \text{ sehingga}$$

$$\widehat{L}_{\xi-9}^s = \widehat{T}l_9 \quad \widehat{t}_{\xi-9}$$

$$\begin{aligned} \widehat{L}_{\xi-9}^s &= (264, 277, 308, 347) \quad (22, 23, 27, 33) \\ &= (242, 254, 281, 314) \end{aligned}$$

Karena *node* 9 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 8, maka

$$\begin{aligned} \widehat{T}l_8 &= \widehat{L}_{\xi-9}^s \\ &= (242, 254, 281, 314) \end{aligned}$$



Gambar 4.14 Aktivitas 9-8

Aktivitas 10-9

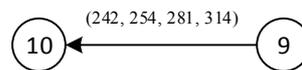
$$\widehat{L}_{1(-9)}^s = \widehat{L}_{1(-9)}^f \quad \widehat{t}_{1(-9)}$$

$$\widehat{T}l_9 = \widehat{L}_{1(-9)}^f \text{ sehingga}$$

$$\begin{aligned} \widehat{L}_{1(-9)}^s &= \widehat{T}l_9 \quad \widehat{t}_{1(-9)} \\ &= (264, 277, 308, 347) \quad (22, 23, 27, 33) \\ &= (242, 254, 281, 314) \end{aligned}$$

Karena *node* 9 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 10, maka

$$\begin{aligned} \widehat{T}l_{10} &= \widehat{L}_{1(-9)}^s \\ &= (242, 254, 281, 314) \end{aligned}$$



Gambar 4.15 Aktivitas 9-10

Aktivitas 7-8

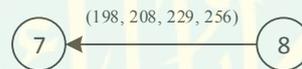
$$\widehat{L}_{7-8}^s = \widehat{L}_{7-8}^f \quad \widehat{t}_{7-8}$$

$$\widehat{T}l_8 = \widehat{L}_{7-8}^f, \text{ sehingga}$$

$$\begin{aligned}\widehat{L}_{7-8}^s &= \widehat{T}l_8 \quad \widehat{t}_{7-8} \\ &= (242, 254, 281, 314) \quad (44, 46, 52, 58) \\ &= (198, 208, 229, 256)\end{aligned}$$

Karena *node* 8 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 7, maka

$$\begin{aligned}\widehat{T}l_7 &= \widehat{L}_{7-8}^s \\ &= (198, 208, 229, 256)\end{aligned}$$



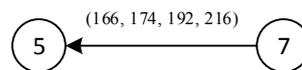
Gambar 4.16 Aktivitas 8-7

Aktivitas 5-7

$$\begin{aligned}\widehat{L}_{5-7}^s &= \widehat{L}_{5-7}^f \quad \widehat{t}_{5-7} \\ \widehat{T}l_7 &= \widehat{L}_{5-7}^f, \text{ sehingga} \\ \widehat{L}_{5-7}^s &= \widehat{T}l_7 \quad \widehat{t}_{5-7} \\ &= (198, 208, 229, 256) \quad (32, 34, 37, 40) \\ &= (166, 174, 192, 216)\end{aligned}$$

Karena *node* 7 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 5, maka

$$\begin{aligned}\widehat{T}l_5 &= \widehat{L}_{5-7}^s \\ &= (166, 174, 192, 216)\end{aligned}$$



Gambar 4.17 Aktivitas 7-5

Aktivitas 4-5

$$\tilde{L}_{4-5}^S = \tilde{L}_{4-5}^f \quad \tilde{t}_{4-5}$$

$$\tilde{T}L_5 = \tilde{L}_{4-5}^f, \text{ sehingga}$$

$$\tilde{L}_{4-5}^S = \tilde{T}L_5 \quad \tilde{t}_{4-5}$$

$$= (166, 174, 192, 216) \quad (33, 34, 38, 43)$$

$$= (133, 140, 154, 173)$$

Aktivitas 4-10

$$\tilde{L}_{4-10}^S = \tilde{L}_{4-10}^f \quad \tilde{t}_{4-10}$$

$$\tilde{T}L_{10} = \tilde{L}_{4-10}^f, \text{ sehingga}$$

$$\tilde{L}_{4-10}^S = \tilde{T}L_{10} \quad \tilde{t}_{4-10}$$

$$= (242, 254, 270, 314) \quad (14, 16, 22, 28)$$

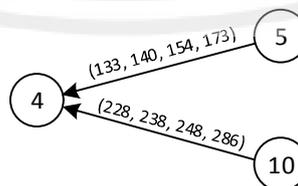
$$= (228, 238, 248, 286)$$

Untuk mengisi  $\tilde{T}L$  node 4, maka digunakan nilai terkecil dari  $\tilde{L}^S$  pada *node-node* yang berpangkal pada *node* 4

$$\tilde{T}L_4 = \min(\tilde{L}_{4-5}^S, \tilde{L}_{4-10}^S)$$

$$= \min((133, 140, 154, 173), (228, 238, 248, 286))$$

$$= (133, 140, 154, 173)$$



Gambar 4.18 Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada *Node* 4

Aktivitas 3-4

$$\tilde{L}_{3-4}^S = \tilde{L}_{3-4}^f \quad \tilde{t}_{3-4}$$

$$\widehat{T}l_4 = \widehat{L}_{3-4}^f, \text{ sehingga}$$

$$\begin{aligned}\widehat{L}_{3-4}^s &= \widehat{T}l_4 \quad \widehat{t}_{3-4} \\ &= (133, 140, 154, 173) \quad (34, 35, 37, 42) \\ &= (99, 105, 117, 131)\end{aligned}$$

Aktivitas 3-6

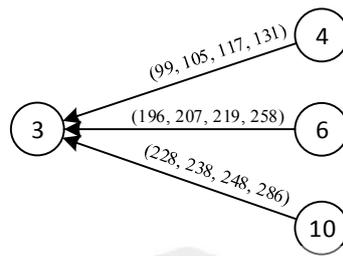
$$\begin{aligned}\widehat{L}_{3-6}^s &= \widehat{L}_{3-6}^f \quad \widehat{t}_{3-6} \\ \widehat{T}l_6 &= \widehat{L}_{3-6}^f, \text{ sehingga} \\ \widehat{L}_{3-6}^s &= \widehat{T}l_6 \quad \widehat{t}_{3-6} \\ &= (242, 254, 270, 314) \quad (46, 47, 51, 56) \\ &= (196, 207, 219, 258)\end{aligned}$$

Aktivitas 3-10

$$\begin{aligned}\widehat{L}_{3-10}^s &= \widehat{L}_{3-10}^f \quad \widehat{t}_{3-10} \\ \widehat{T}l_{10} &= \widehat{L}_{3-10}^f \text{ sehingga} \\ \widehat{L}_{3-10}^s &= \widehat{T}l_{10} \quad \widehat{t}_{3-10} \\ &= (242, 254, 270, 314) \quad (14, 16, 22, 28) \\ &= (228, 238, 248, 286)\end{aligned}$$

Untuk mengisi  $\widehat{T}l_{node 3}$ , maka digunakan nilai terkecil dari  $\widehat{L}^s$  pada *node-node* yang berpangkal pada *node 3*

$$\begin{aligned}\widehat{T}l_3 &= \min(\widehat{L}_{3-4}^s, \widehat{L}_{3-6}^s, \widehat{L}_{3-10}^s) \\ &= \min((99, 105, 117, 131), (196, 207, 219, 258), (228, 238, 248, 286)) \\ &= (99, 105, 117, 131)\end{aligned}$$

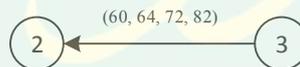
Gambar 4.19 Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada *Node 3*

Aktivitas 2-3

$$\begin{aligned}\bar{l}_{2-3}^s &= \bar{l}_{2-3}^f \quad \bar{t}_{2-3} \\ \bar{T}l_3 &= \bar{l}_{2-3}^f, \text{ sehingga} \\ \bar{l}_{2-3}^s &= \bar{T}l_3 \quad \bar{t}_{2-3} \\ &= (99, 105, 117, 131) \quad (39, 41, 45, 49) \\ &= (60, 64, 72, 82)\end{aligned}$$

Karena *node 3* merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node 2*, maka

$$\begin{aligned}\bar{T}l_2 &= \bar{l}_{2-3}^s \\ &= (60, 64, 72, 82)\end{aligned}$$



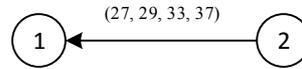
Gambar 4.20 Aktivitas 3-2

Aktivitas 1-2

$$\begin{aligned}\bar{l}_{1-2}^s &= \bar{l}_{1-2}^f \quad \bar{t}_{1-2} \\ \bar{T}l_2 &= \bar{l}_{1-2}^f, \text{ sehingga} \\ \bar{l}_{1-2}^s &= \bar{T}l_2 \quad \bar{t}_{1-2} \\ &= (60, 64, 72, 82) \quad (33, 35, 39, 45) \\ &= (27, 29, 33, 37)\end{aligned}$$

Karena *node 3* merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node 2*, maka

$$\begin{aligned}\widehat{TL}_1 &= \widehat{L}_{1-2}^S \\ &= (27, 29, 33, 37)\end{aligned}$$



Gambar 4.21 Aktivitas 2-1

#### 4.2.4 Perhitungan Nilai *Slack Time* untuk Setiap Aktivitas *Fuzzy*

Setelah diselesaikannya perhitungan maju dan perhitungan mundur selanjutnya dilakukan perhitungan kelonggaran durasi atau dapat disebut dengan *slack time* dari aktivitas ( $i, j$ ). *Slack time* ( $\widehat{TF}_{ij}$ ) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\widehat{TF} = \widehat{TL} - t_{(ij)} - \widehat{TE}$$

Aktivitas 1-2

$$\widehat{TF}_{1-2} = \widehat{TL}_{1-2} - t_{1-2} - \widehat{TE}_1$$

$$\begin{aligned}\widehat{TF}_{1-2} &= (60, 64, 72, 82) - (33, 35, 39, 45) - (27, 29, 33, 37) \\ &= (0, 0, 0, 0)\end{aligned}$$

Aktivitas 2-3

$$\widehat{TF}_{2-3} = \widehat{TL}_{2-3} - t_{2-3} - \widehat{TE}_2$$

$$\begin{aligned}&= (99, 105, 115, 131) - (39, 41, 45, 49) - (60, 64, 72, 82) \\ &= (0, 0, 0, 0)\end{aligned}$$

Aktivitas 3-4

$$\widehat{TF}_{3-4} = \widehat{TL}_{3-4} - t_{3-4} - \widehat{TE}_3$$

$$\begin{aligned}&= (133, 140, 152, 173) - (34, 35, 37, 42) - (99, 105, 117, 131) \\ &= (0, 0, 0, 0)\end{aligned}$$

Aktivitas 3-6

$$\begin{aligned}\widehat{Tl}_{3-6} &= \widehat{Tl}_6 \quad t_{3-6} \quad \widehat{TE}_3 \\ &= (242, 254, 270, 314) \quad (46, 47, 51, 56) \quad (99, 105, 117, 131) \\ &= (97, 102, 102, 127)\end{aligned}$$

Aktivitas 3-10

$$\begin{aligned}\widehat{Tl}_{3-10} &= \widehat{Tl}_{10} \quad t_{3-10} \quad \widehat{TE}_3 \\ &= (242, 254, 270, 314) \quad (14, 16, 22, 28) \quad (99, 105, 117, 131) \\ &= (129, 133, 131, 155)\end{aligned}$$

Aktivitas 4-5

$$\begin{aligned}\widehat{Tl}_{4-5} &= \widehat{Tl}_5 \quad t_{4-5} \quad \widehat{TE}_4 \\ &= (166, 174, 192, 216) \quad (33, 34, 38, 43) \quad (133, 140, 154, 173)\end{aligned}$$

$$\widehat{Tl}_{4-5} = (0, 0, 0, 0)$$

Aktivitas 4-10

$$\begin{aligned}\widehat{Tl}_{4-10} &= \widehat{Tl}_{10} \quad t_{4-10} \quad \widehat{TE}_4 \\ &= (242, 254, 270, 314) \quad (14, 16, 22, 28) \quad (133, 140, 154, 173) \\ &= (95, 98, 94, 113)\end{aligned}$$

Aktivitas 5-7

$$\begin{aligned}\widehat{Tl}_{5-7} &= \widehat{Tl}_7 \quad t_{5-7} \quad \widehat{TE}_5 \\ &= (198, 208, 229, 256) \quad (32, 34, 37, 40) \quad (166, 174, 192, 216) \\ &= (0, 0, 0, 0)\end{aligned}$$

Aktivitas 7-8

$$\begin{aligned}\widehat{Tf}_{7-8} &= \widehat{Tl}_8 \quad t_{7-8} \quad \widehat{Tf}_7 \\ &= (242, 254, 281, 314) \quad (44, 46, 52, 58) \quad (198, 208, 229, 256)\end{aligned}$$

$$\widehat{Tf}_{7-8} = (0, 0, 0, 0)$$

Aktivitas 6-9

$$\begin{aligned}\widehat{Tf}_{6-9} &= \widehat{Tl}_9 \quad t_{6-9} \quad \widehat{Tf}_6 \\ &= (264, 277, 297, 347) \quad (22, 23, 27, 33) \quad (145, 152, 168, 187) \\ &= (97, 102, 102, 127)\end{aligned}$$

Aktivitas 8-9

$$\begin{aligned}\widehat{Tf}_{8-9} &= \widehat{Tl}_9 \quad t_{8-9} \quad \widehat{Tf}_8 \\ &= (264, 277, 308, 347) \quad (22, 23, 27, 33) \quad (242, 254, 281, 314) \\ &= (0, 0, 0, 0)\end{aligned}$$

Aktivitas 10-9

$$\begin{aligned}\widehat{Tf}_{10-9} &= \widehat{Tl}_9 \quad t_{10-9} \quad \widehat{Tf}_{10} \\ &= (264, 277, 308, 347) \quad (22, 23, 27, 33) \quad (147, 156, 173, 201) \\ &= (95, 98, 97, 113)\end{aligned}$$

Aktivitas 9-11

$$\begin{aligned}\widehat{Tf}_{9-11} &= \widehat{Tl}_{11} \quad t_{9-11} \quad \widehat{Tf}_9 \\ &= (285, 299, 334, 377) \quad (21, 22, 26, 30) \quad (264, 277, 308, 347) \\ &= (0, 0, 0, 0)\end{aligned}$$

Untuk lebih memudahkan memahami, penulis merangkum semua informasi atau hasil perhitungan ke dalam Tabel 4.2. Hasil perhitungan ini selanjutnya dilakukan proses defuzzifikasi pada nilai *slack time*.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Earliest Time*, *Latest Time*, dan *Slack Time*

Aktivitas	Durasi <i>fuzzy</i>	<i>Earliest time</i>	<i>Latest time</i>	<i>Slack time</i>
1-2	(33, 35, 39, 45)	(60, 64, 72, 82)	(27, 29, 33, 37)	(0, 0, 0, 0)
2-3	(39, 41, 45, 49)	(99, 105, 117, 131)	(60, 64, 72, 82)	(0, 0, 0, 0)
3-4	(34, 35, 37, 42)	(133, 140, 154, 173)	(99, 105, 117, 131)	(0, 0, 0, 0)
4-5	(33, 34, 38, 43)	(166, 174, 192, 216)	(133, 140, 154, 173)	(0, 0, 0, 0)
3-6	(46, 47, 51, 56)	(145, 152, 168, 187)	(196, 207, 219, 258)	(97, 102, 102, 127)
5-7	(32, 34, 37, 40)	(198, 208, 229, 256)	(166, 174, 192, 216)	(0, 0, 0, 0)
7-8	(44, 46, 52, 58)	(242, 254, 281, 314)	(198, 208, 229, 256)	(0, 0, 0, 0)
6-9	(22, 23, 27, 33)	(167, 175, 195, 220)	(242, 254, 281, 314)	(97, 102, 102, 127)
8-9	(22, 23, 27, 33)	(264, 277, 308, 347)	(242, 254, 281, 314)	(0, 0, 0, 0)
10-9	(22, 23, 27, 33)	(169, 179, 203, 234)	(242, 254, 281, 314)	(95, 98, 97, 113)
3-10	(14, 16, 22, 28)	(113, 121, 139, 159)	(228, 238, 248, 286)	(129, 133, 131, 155)
4-10	(14, 16, 22, 28)	(147, 156, 176, 201)	(228, 238, 248, 286)	(95, 98, 94, 113)
9-11	(21, 22, 26, 30)	(285, 299, 334, 377)	(264, 277, 308, 347)	(0, 0, 0, 0)

#### 4.2.5 Proses Defuzzifikasi pada *Slack Time*

Setelah dihitung nilai *slack time* untuk setiap aktivitas pada proyek, maka dilakukan proses defuzzifikasi dengan menggunakan metode *magnitude*.

Aktivitas 1-2

$$A_{1-2} = \frac{0 + 7(0) + 0}{12}$$

$$= 0$$

Aktivitas 2-3

$$A_{2-3} = \frac{0 + 7(0) + 0}{12}$$

$$= 0$$

Aktivitas 3-4

$$A_{3-4} = \frac{0 + 7(0) + 0}{12}$$

$$= 0$$

Aktivitas 3-6

$$A_{3-6} = \frac{97 + 7(102) + 127}{12}$$

$$= 78,167$$

Aktivitas 3-10

$$A_{3-10} = \frac{129 + 7(132) + 155}{12}$$

$$= 100,667$$

Aktivitas 4-5

$$A_{4-5} = \frac{0 + 7(0) + 0}{12}$$

$$= 0$$

Aktivitas 4-10

$$A_{4-10} = \frac{95 + 7(96) + 113}{12}$$

$$= 73,333$$

$A_{4-10}$

Aktivitas 5-7

$$A_{5-7} = \frac{0 + 7(0) + 0}{12}$$

$$= 0$$

Aktivitas 7-8

$$A_{7-8} = \frac{0 + 7(0) + 0}{12}$$

$$= 0$$

Aktivitas 6-9

$$A_{6-9} = \frac{97 + 7(102) + 127}{12}$$

$$= 78,167$$

Aktivitas 8-9

$$A_{8-9} = \frac{0 + 7(0) + 0}{12}$$

$$= 0$$

Aktivitas 10-9

$$A_{10-9} = \frac{95 + 7(97,5) + 113}{12}$$

$$= 74,208$$

Aktivitas 9-11

$$A_{9-11} = \frac{0 + 7(0) + 0}{12}$$

$$= 0$$

Dari perhitungan proses defuzzifikasi pada *slack time* di atas, maka dapat ditunjukkan dalam bentuk Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Aktivitas Kritis

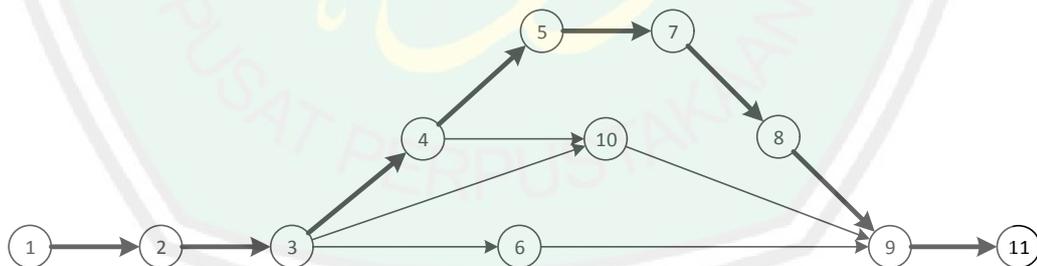
No	Aktivitas	<i>Slack time</i>	Defuzzifikasi	Aktivitas Kritis
1.	1-2	(0, 0, 0, 0)	0	Ya
2.	2-3	(0, 0, 0, 0)	0	Ya
3.	3-4	(0, 0, 0, 0)	0	Ya
4.	3-6	(97, 102, 102, 127)	78,167	Tidak
5.	3-10	(129, 133, 131, 155)	100,667	Tidak
6.	4-5	(0, 0, 0, 0)	0	Ya
7.	4-10	(95, 98, 94, 113)	73,333	Tidak
8.	5-7	(0, 0, 0, 0)	0	Ya

9.	7-8	(0,0,0,0)	0	Ya
10.	6-9	(97,102,102,127)	78,167	Tidak
11.	8-9	(0,0,0,0)	0	Ya
12.	10-9	(95,98,97,113)	74,208	Tidak
13.	9-11	(0,0,0,0)	0	Ya

Tabel 4.3 di atas menunjukkan bahwa aktivitas-aktivitas pada jaringan proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri Jombang yang mempunyai nilai defuzzifikasi sama dengan nol disebut aktivitas kritis. Aktivitas-aktivitas kritis pada Tabel 4.3 di antaranya aktivitas 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-7, 7-8, 8-9, dan 9-11.

#### 4.2.6 Lintasan Kritis

Aktivitas-aktivitas kritis pada Tabel 4.3 yang saling terhubung disebut lintasan kritis. Pada jaringan proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri Jombang diperoleh suatu lintasan kritis yang ditunjukkan pada Gambar 4.22 berikut.



Gambar 4.22 Lintasan Kritis pada Jaringan Perumahan Graha Kayen Asri Jombang

Gambar 4.22 menunjukkan bahwa lintasan yang bertanda anak panah tebal merupakan lintasan kritis pada jaringan proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri Jombang.

### 4.3 Kajian Agama

Surat al-‘Ashr yang mengingatkan manusia untuk selalu menghitung dan mempertimbangkan waktu. Bahkan, setelah bersumpah demi waktu, Allah Swt. kemudian menyatakan bahwa manusia akan rugi, kecuali orang yang beriman dan beramal saleh. Berikut penjelasannya:

Secara bahasa “iman” berarti membenaran hati, kemantapan hati atau percaya, sedangkan secara syari’at “iman” berarti mengetahui Allah Swt. dan sifat-sifatnya disertai dengan menjalankan semua perintah-Nya dan menjauhi semua yang dilarang-Nya. Allah Swt. telah menjelaskan pengertian orang yang beriman seperti dalam al-Quran surat al-Baqarah/2:3 yang berbunyi:

الَّذِينَ يُؤْمِنُونَ بِالْغَيْبِ وَيُقِيمُونَ الصَّلَاةَ وَمِمَّا رَزَقْنَاهُمْ يُنْفِقُونَ

“(orang yang beriman adalah) mereka yang beriman kepada yang ghaib, yang mendirikan shalat, dan menafkahkan sebagian rizki yang Kami anugerahkan kepada mereka” (QS. al-Baqarah/2: 3).

Sedangkan pengertian iman menurut hadits Rasulullah Saw adalah sebagai berikut:

عَنْ ابْنِ حَجْرٍ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ الْإِيمَانُ مَعْرِفَةُ الْقَلْبِ وَقَوْلٌ بِاللِّسَانِ وَعَمَلٌ بِالْأَرْكَانِ (رواه ابن ماجه والطبراني)

Dari Ibnu Hajar radhiyallahu ‘anhu beliau berkata: Rasulullah Saw telah bersabda: “Iman adalah pengetahuan hati, pengucapan lisan dan pengamalan dengan anggota badan” (H.R. Ibnu Majah dan At-Tabrani).

Ciri-ciri orang saleh juga sudah dijelaskan dalam al-Quran surat Ali’Imran/3:113-114 yang berbunyi:

لَيْسُوا سَوَاءً مِنْ أَهْلِ الْكِتَابِ أُمَّةٌ قَائِمَةٌ يَتْلُونَ آيَاتِ اللَّهِ آنَاءَ اللَّيْلِ وَهُمْ يَسْجُدُونَ

“Mereka itu tidak sama, di antara Ahli Kitab itu ada golongan yang berlaku lurus, mereka membaca ayat-ayat Allah Swt. pada beberapa waktu di malam hari, sedang mereka juga bersujud (shalat)” (QS. Ali’Imran/3:113).

يُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ الْيَوْمِ الْآخِرِ وَيَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَيَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَيُسَارِعُونَ فِي الْخَيْرَاتِ وَأُولَئِكَ مِنَ الصَّالِحِينَ

*“Mereka beriman kepada Allah Swt. dan hari penghabisan mereka menyuruh kepada yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar dan bersegera kepada (mengerjakan) berbagai kebajikan, mereka itu termasuk orang-orang yang saleh” (QS. Ali’Imran/3:114).*



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa perhitungan *Fuzzy Critical Path Method* dalam menemukan lintasan kritis pada jaringan proyek *fuzzy* adalah:

a. *Earliest time*

Nilai *earliest time* dari hasil analisis aktivitas proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri didapat:

(285, 299, 323, 377)

Angka 285 menunjukkan durasi waktu tercepat dalam menyelesaikan aktivitas akhir proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri, 299 sampai 323 menunjukkan durasi waktu optimal dalam menyelesaikan aktivitas akhir proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri dan 377 menunjukkan durasi waktu terlama dalam menyelesaikan aktivitas akhir proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri.

b. *Latest time*

Nilai *latest time* dari hasil analisis aktivitas proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri didapat:

(27, 29, 33, 37)

Angka 27 menunjukkan durasi waktu tercepat dalam menyelesaikan aktivitas awal proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri, 29 sampai 33 menunjukkan durasi waktu optimal dalam menyelesaikan aktivitas awal

proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri dan 37 menunjukkan durasi waktu terlama dalam menyelesaikan aktivitas awal proyek pembangunan Perumahan Graha Kayen Asri.

c. Lintasan kritis

Aktivitas-aktivitas kritis tersebut tidak boleh tertunda dalam jadwal pengerjaannya, karena akan sangat mempengaruhi waktu selesainya proyek pembangunan sehingga mengakibatkan penambahan biaya yang akan dikeluarkan. Lintasan kritis tersebut melewati aktivitas-aktivitas 1-2-3-4-5-7-8-9-11 yang urutannya sebagai berikut, pekerjaan pondasi → pekerjaan beton → pekerjaan dinding → pekerjaan kap dan atap → pekerjaan plafon → pekerjaan lantai → pekerjaan pintu dan jendela → pekerjaan pengecatan → pekerjaan perlengkapan luar.

## 5.2 Saran

Pada penelitian ini, penulis menggunakan bilangan *fuzzy* trapesium dan pada proses *defuzzifikasi* menggunakan metode *magnitude measure*. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan beberapa kasus dengan kemungkinan pekerjaan yang dapat diselesaikan lebih cepat sehingga bilangan *fuzzy* yang digunakan secara tidak simetri lebih panjang ke depan. Sedangkan jumlah data yang lebih banyak dan kompleks yang dapat diselesaikan lebih cepat, lebih tepat, dan akurat dengan menggunakan program komputasi.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah. 2005. *Tafsir Ilmu Katsir, Jilid 8*. Terjemahan M. Abdul Ghoffar. Bogor: Pustaka Imam asy-Syafi'i.
- Arikunto, S. 1997. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [Bahar](#), K.E. 2015. *Gunakan 5 Perkara Sebelum Datang 5 Perkara*. Yogyakarta: Diva Press.
- Dimiyati, A. dan Dimiyati, T. 1999. *Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan*. Bandung: PT. Sinar Baru Algensindo.
- Dubbois, D. dan Prade, H. 1980. *Fuzzy Sets and Systems, Theory and Applications*. New York: Academic Press.
- Dubois, H. dan Fargier, V. 2003. On Latest Starting Times and Floats in Task Networks with Ill-Known Durations. *European Journal of Operational Research*, 147 (1): 266-280.
- Heizer, J. dan Render, B. 2009. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Herjanto, E. 2008. *Manajemen Operasi*. Jakarta: PT. Grasindo.
- Hong, T., Hyun, K., dan Han, S. 2011. Simulation-Based Schedule Estimation Model for ACS-Based Core Wall Construction of High-Rise Building. *Journal of Construction Engineering and Management*, (Online), 137(6): 393-402, ([http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000300](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000300)), diakses 25 Juni 2016.
- Hutchings, J.F. 2004. *Project Scheduling Handbook*. New York: Marcell Dekker, Inc.
- Klir, G.J. dan Yuan, B. 1995. *Fuzzy Set and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. New Jersey: Prentice Hall International.
- Kumar, A. 2010. *Some Methods for Analyzing The Fuzzy Critical Path for a Project Network*. Patiala: Digital Repository
- Laksito, B. 2005. Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Konstruktif Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM). *Jurnal Media Teknik Sipil*, (Online), 5 (2): 85-92, (<http://media.sipil.ft.uns.ac.id>), diakses 20 Agustus 2016.

Nasution, S.H. 1996. Metode Lintasan Kritis Kabur: Hasil yang Telah Dicapai. *Majalah BPPT*, (Online), No.: LXXII/Agustus/96, ISSN 0216-6569, (<http://ejurnal.bppt.go.id/>), diakses 24 Juli 2016.

Shankar, N.R. dan Saradhi, B.P. 2011. Fuzzy Critical Path Method in Interval-Valued Activity Networks. *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, 3 (2): 72-79, (<https://www.researchgate.net/>), diakses 20 Agustus 2016.

Shankar, N.R., Sireesha, V., dan Rao, P.B.B. 2010. An Analytical Method for Finding Critical Path. *Int. J. Contemp. Math. Sciences*, (Online), 5 (20): 953-962, (<https://www.researchgate.net/>) diakses 20 Agustus 2016.

Sivanandam, S.N., Sumathi, S., dan Deepa, S.N. 2006. *Introduction to Fuzzy Logic Using Matlab*. Berlin: Springer.

Susilo, F. 2006. *Himpunan dan Logika Kabur Serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.



## RIWAYAT HIDUP

Sigit Fembrianto, lahir di Kabupaten Tuluangagung pada tanggal 02 Pebruari 1992, biasa dipanggil Sigit, menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Pakijangan dan lulus pada tahun 2004, setelah itu melanjutkan ke SMP Negeri 1 Purwosari dan lulus pada tahun 2007. Kemudian dia melanjutkan pendidikan ke SMAN 1 Purwosari dan lulus pada tahun 2010. Selanjutnya tahun 2010 menempuh kuliah di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Jurusan Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, dia berperan aktif dalam berbagai organisasi, baik itu mulai dari Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Matematika, Dewan Eksekutif Mahasiswa (DEMA) Fakultas Saintek, PMII pencerahan Galileo, serta dia juga berperan aktif sebagai Garda Muda NU. Selain itu disela-sela aktifitasnya sebagai akademisi dan aktifis dia juga bekerja untuk meringankan beban orang tuanya, sebagai pengolah data analisa jabatan di berbagai daerah.



**KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341) 558933**

### **BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Sigit Fembrianto  
NIM : 10610047  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika  
Judul Skripsi : Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan  
Graha Kayen Asri Menggunakan *Fuzzy Trapezoidal  
Critical Path Method*  
Pembimbing I : Evawati Alisah, M.Pd  
Pembimbing II : Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	3 Oktober 2016	Konsultasi Bab I	1.
2.	1 November 2016	Konsultasi Kajian Keagamaan	2.
3.	27 Oktober 2016	Revisi Bab I dan Konsultasi Bab II	3.
4.	3 November 2016	Konsultasi Kajian Keagamaan	4.
5.	10 November 2016	Revisi Bab II dan Konsultasi Bab III	5.
6.	4 November 2016	Konsultasi Kajian Keagamaan	6.
7.	1 Desember 2016	Revisi Bab III dan Konsultasi Bab IV	7.
8.	2 Desember 2016	Revisi Kajian Keagamaan	8.
9.	7 November 2016	Revisi Bab IV Konsultasi Bab V	9.
10.	5 Desember 2016	ACC Kajian Agama	10.
11.	8 Desember 2016	ACC Bab IV dan Revisi Bab V	11.
12.	13 Desember 2016	ACC Keseluruhan Kajian Keagamaan	12.
13.	14 Desember 2016	ACC Bab V	13.
14.	15 Desember 2016	ACC Keseluruhan	14.

Malang, 28 Desember 2016  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd  
NIP. 19751006 200312 1 001